



PROSIDING SEMINAR NASIONAL HARI LINGKUNGAN HIDUP 2011

PENGELOLAAN SUMBERDAYA ALAM DAN LINGKUNGAN HIDUP BERBASIS KEARIFAN LOKAL



KERJASAMA:

**PPLH - LPPM UNSOED
DENGAN
IKATAN AHLI LINGKUNGAN HIDUP INDONESIA**



**PUSAT PENELITIAN LINGKUNGAN HIDUP
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN
2011**



**Pusat Penelitian Lingkungan Hidup-LPPM
Universitas Jenderal Soedirman**
e-mail: pplh_unsoed@yahoo.com | <http://pplh.unsoed.ac.id>



PEMANFAATAN SUMBERDAYA ALAM RAMAH LINGKUNGAN

PENGARUH PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK GERGAJI DAN LIMBAH SEKAM PADI PADA PROSES PEMBUATAN SEMEN TERHADAP KUALITAS SEMEN <i>Gathot Heri Sudibyo</i>	2
KAJIAN PENGOLAHAN LIMBAH JENKOK TEMBAKAU PABRIK ROKOK SEBAGAI PUPUK ORGANIK <i>Abu Talkah</i>	9
ALTERNATIF POLA PENGANGKUTAN DAN POTENSI PENGOMPOSAN DALAM SISTEM PENGELOLAAN SAMPAH TERPADU KOTA BANDUNG <i>Allen Kurniawan dan Arief Sabdo Yuwono</i>	17
BIOPROSES <i>LEACHATE</i> MENJADI PUPUK ORGANIK CAIR SEBAGAI KONTRIBUSI PERTANIAN RAMAH LINGKUNGAN <i>Eko Dewanto, Sri Lestari dan Slamet Priyanto</i>	26
FITOREMEDIASI TIMBAL (Pb) PADA <i>LEACHATE</i> TPA GUNUNG TUGEL OLEH ECENG GONDOK (<i>Eichhornia crassipes</i>) <i>Slamet Santoso, Sri Lestari, dan Slamet Priyanto</i>	30
ISOLASI DAN KARAKTERISASI JAMUR INDIGENOUS PENDEKOLORISASI LIMBAH WARNA BATIK TULIS <i>Ratna Stia Dewi dan Sri Lestari</i>	34
DEGRADASI SENYAWA ORGANIK PADA LIMBAH BATIK TULIS OLEH JAMUR INDIGENOUS <i>Sri Lestari dan Ratna Stia Dewi</i>	39
EFEK PENAMBAHAN GARAM DAPUR PADA PENGOLAHAN LIMBAH ZAT WARNA INDUSTRI BATIK DENGAN METODE ELEKTROLISIS MENGGUNAKAN ELEKTRODA PLATINUM <i>Riyanto</i>	43
PEMANFAATAN LIMBAH TAHU SEBAGAI BIOGAS PADA INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) DI DESA SOKARAJA TENGAH KECAMATAN SOKARAJA KABUPATEN BANYUMAS <i>Hendri Wasito dan Catur Hadik Setyowati</i>	52
STRATEGI REDUKSI EMISI GAS RUMAH KACA TINGKAT KABUPATEN/KOTA MELALUI IDENTIFIKASI DAN KARAKTERISASI SUMBER EMISI <i>Arief Sabdo Yuwono</i>	57
PENGAWASAN PENGENDALIAN RADIASI LINGKUNGAN DI KAWASAN INSTALASI NUKLIR <i>Lilin Indrayani</i>	65
STATUS KUALITAS PERAIRAN WADUK SERBAGUNA PB SOEDIRMAN DAN STRATEGI PENGELOLAANNYA BAGI BUDIDAYA IKAN DALAM KERAMBA JARING APUNG <i>Endang Widyastuti, Much. Sri Saeni, Daniel Djokosetiyanto, Hartrisari Hardjomidjojo</i>	71
DAYA DUKUNG PERAIRAN WADUK PB SOEDIRMAN KAITANNYA DENGAN BUDIDAYA IKAN DALAM KERAMBA JARING APUNG <i>Endang Widyastuti, Much. Sri Saeni, Daniel Djokosetiyanto, Hartrisari Hardjomidjojo</i>	77



Alternatif Pola Pengangkutan Dan Potensi Pengomposan Dalam Sistem Pengelolaan Sampah Terpadu Kota Bandung

Allen Kurniawan¹⁾ dan Arief Sabdo Yuwono²⁾

Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB Dramaga PO. BOX 220, Bogor 16680
allen.kurniawan@gmail.com¹⁾, arief_sabdo_yuwono@yahoo.co.id²⁾

ABSTRAK

Pengelolaan sampah terpadu dengan mengoptimalkan potensi 3R (Reuse-Reduce-Recycle) merupakan pendekatan terbaik bagi kota-kota besar di Indonesia. Penelitian skala kecil melalui pola perjalanan sampah dari sumber hingga tempat pembuangan akhir (TPA) merepresentasikan karakteristik dan pola pengelolaan sampah perkotaan, sehingga memberikan solusi alternatif dalam perbaikan sistem pengelolaan antara penghasil, pengangkut dan pengelola sampah. Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi karakteristik fisik dan kimia sampah, merumuskan alternatif pengolahan sampah dan menyusun model sistem pengangkutan sampah di Kota Bandung. Penelitian ini diawali dengan pengambilan sampling secara komposit pada empat titik sampling di kontainer dan variasi kedalaman yang sama. Hasil sampling diukur melalui uji laboratorium dan menghasilkan parameter pH (2,82), kadar air (66,04%), kadar volatil (90,85%), kadar abu (9,15%), karbon organik (53,59%), total Kjeldhal nitrogen (1,46%) dan nilai kalor (4293,25 kal/gr). Secara teoritis, apabila kadar volatil sampah tinggi (berbanding terbalik dengan kadar abu) dan nilai kalor sampah mencapai minimal 1500 kal/gr, maka sampah dapat dibakar (insinerasi). Alternatif lain berupa pengomposan yang ditunjukkan dengan nilai perbandingan C/N (kadar karbon/total nitrogen Kjeldhal) sebesar 37. Walaupun rasio maksimum C/N dalam proses pengomposan sebesar 40, namun proses mekanisme biologis cenderung tetap berjalan optimal dalam menjaga kelangsungan hidup mikroorganisme. Tahap penelitian ini dilanjutkan dengan analisis kondisi eksisting proses pewadahan dan proses pengangkutan sampah dari TPS hingga TPA. Komponen-komponen yang perlu direvisi dari hasil analisis ini adalah perbaikan prasarana di TPS, pemuatan sampah di dalam truk pengangkut, tinggi muatan sampah, kedekatan bak kontainer pengumpul sampah, alternatif model sistem penampungan dan pengangkutan sampah, serta lintasan perjalanan pengangkutan sampah.

Kata kunci: karakteristik sampah, pengelolaan sampah terpadu, pengomposan, pola pengangkutan sampah.

PENDAHULUAN

Pertambahan penduduk disertai dengan tingginya arus urbanisasi ke perkotaan telah menyebabkan tingginya volume sampah yang dikelola setiap hari. Hal tersebut dipersulit karena terbatasnya lahan untuk penyediaan Tempat Pembuangan Sementara (TPS) dan Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Distribusi pengangkutan sampah dari sumber ke TPS dan dari TPS ke TPA mengalami kendala karena jumlah kendaraan yang tidak mencukupi dan kondisi peralatan yang telah tua.

Masalah lain yang berkembang saat ini adalah pengelolaan sampah yang tidak sesuai dengan kaidah-kaidah pengelolaan yang ramah lingkungan. Permasalahan yang kompleks tersebut memerlukan sistem pengelolaan terpadu yang melibatkan beragam teknologi dan disiplin ilmu dengan cakupan pengontrolan timbulan sampah, pengumpulan, pemindahan, pengangkutan dan perlakuan pada pembuangan akhir. Seluruh proses tersebut ditujukan dalam upaya perlindungan terhadap kesehatan masyarakat, kelestarian lingkungan, layak secara ekonomi dan estetika.

Faktor utama yang berperan sangat penting dalam mendukung kelancaran pengelolaan sistem persampahan adalah aspek sosial, budaya dan ekonomi masyarakat. Beberapa komponen yang mendukung aspek-aspek tersebut antara lain adalah tingkat kesejahteraan masyarakat, sistem pendanaan untuk pengelolaan sampah yang teralokasikan dengan lancar, pola hidup bersih dan pengelolaan sampah yang melibatkan partisipasi masyarakat. Dengan aplikasi 3R (*Reduce-Reuse-Recycle*) pada negara berkembang seperti Indonesia maka ketergantungan terhadap TPA dapat dikurangi, efisiensi dan efektivitas penggunaan sarana dan prasarana persampahan dapat ditingkatkan,



terciptanya peluang usaha bagi masyarakat dari pengelolaan sampah, serta terciptanya kerjasama antara pemerintah kabupaten/kota dan masyarakat/swasta dalam rangka terlaksananya pelayanan pengelolaan sampah yang berkualitas.

Kota Bandung sebagai salah satu kota dengan tingkat kepadatan penduduk terbesar di dunia seyogyanya perlu mengkaji ulang sistem pengelolaan sampah yang telah diterapkan. Sistem pengelolaan yang digunakan saat ini belum mampu mereduksi sampah secara optimal. Melalui penelitian skala kecil dengan mengamati pola perjalanan sampah dari TPS hingga TPA, dapat dihasilkan representasi yang cocok terhadap karakteristik, sistem pengangkutan dan alternatif pengolahan sampah tepat guna, sehingga memberikan input perbaikan pada sistem pengolahan terkini.

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengidentifikasi karakteristik fisik dan kimia sampah Kota Bandung.
- b. Merumuskan alternatif pengolahan sampah Kota Bandung.
- c. Menyusun model sistem pengangkutan sampah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan selama dua (2) bulan dari awal Oktober hingga akhir November tahun 2009 di Kota Bandung. Ruang lingkup penelitian secara umum terbagi menjadi dua analisis, yaitu analisis kuantitatif fisik dan kimia sampel sampah di TPS dan analisis sistem pengangkutan sampah dari sumber hingga TPA sebagai acuan dalam merekomendasikan adanya perubahan di dalam sistem pengelolaan sampah.

Metodologi penelitian yang dilakukan disajikan pada Gambar 1. Contoh uji sampah diambil di TPS Jalan Ambon yang merupakan salah satu TPS resmi yang didirikan oleh Dinas Kebersihan Kota Bandung, melalui pengambilan komposit pada empat (4) titik sampel di kontainer dengan variasi kedalaman yang sama. Contoh uji sampah kemudian dicampur kembali untuk mendapatkan karakteristik sampah yang serupa dengan kondisi pada kontainer. Sampah yang telah tercampur tersebut kemudian diambil kembali pada empat titik pengambilan contoh, sehingga didapatkan campuran sampah yang telah siap untuk dibawa ke laboratorium dan dianalisis. Parameter analisis terdiri dari kadar air, kadar volatil dan abu, karbon organik, total Kjeldhal nitrogen (TKN), dan nilai kalor. Analisis dilakukan di Laboratorium Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Bandung (ITB).



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Sisa sampah yang tidak terambil pada saat proses pengambilan contoh uji kemudian dipilah berdasarkan nilai kelayakan daur ulang untuk ditimbang dan diketahui komposisinya. Pengukuran karakteristik kimia sampah akan menentukan pendekatan pola pengolahan yang tepat dalam mereduksi sampah yang masuk ke TPS dan TPA. Analisis kondisi sampah yang ada saat ini dimulai dengan mengamati proses pengumpulan sampah di tengah masyarakat, proses pewadahan, proses pengangkutan dari TPS ke TPA, dan pengelolaan pengelolaan sampah di TPS yang melibatkan pemulung dalam proses sortasi sampah. Berdasarkan hasil observasi ini dirumuskan rekomendasi perbaikan dalam memodifikasi penanganan sampah terkini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Kuantitatif Sampah

Kuantitas sampah yang dihasilkan pada satu kota sangat tergantung dari jumlah penduduk dan tingkat aktivitas masyarakat. Semakin bervariasi jenis aktivitas, semakin kompleks penanganan sampah yang perlu diaplikasikan (Tchobanoglous dkk., 1993). Pengukuran kuantitatif sampah dapat ditinjau dari aspek fisik, kimia, dan biologis. Pada penelitian ini pengukuran kuantitas sampah didasarkan pada karakteristik fisik dan kimiawi melalui uji laboratorium pada sampah yang diambil dari TPS Jalan Ambon. Hasil keseluruhan analisis (Tabel 1) kemudian dibandingkan dengan data total sampah Kota Bandung tahun 1988. Walaupun data pembanding merupakan data lama, namun cukup representatif untuk mengetahui kelayakan hasil analisis laboratorium.

**Tabel 1.** Perbandingan Karakteristik Sampel dan Total Sampah Kota Bandung (1988)

Jenis Sampah	Sampel	Sampah Kota Bandung (1998)
Kadar Air (%)	66,04	-
Kadar Volatil (%)	90,85	-
Kadar Abu (%)	9,15	23,09
Total Kjeldhal Nitrogen (%)	1,46	1,56
Karbon Organik (%)	53,59	44,70
Nilai Kalor (kal/gr)	4293,25	1197
pH	2,82	6,27
Fosfor (%)	-	0,241

Sumber: Hasil Pengukuran (2009) dan Damanhuri(1988)

Tabel 1 memberi indikasi bahwa proses pengolahan sampah lanjutan dapat ditangani melalui proses insinerasi atau pembakaran. Hal ini disebabkan karena kadar volatil sampah yang sangat tinggi (sebesar 90,85%) dan didukung nilai kalor sampah sebesar 4293,25 kal/gr. Secara teoritis, apabila kadar volatil sampah tinggi (berbanding terbalik dengan kadar abu) dan nilai kalor sampah mencapai minimal 1500 kal/gr, maka sampah tersebut dapat dibakar di insinerator. Nilai yang tinggi tersebut kemungkinan besar disebabkan mayoritas komposisi sampah berupa sampah kering dengan sedikit kandungan sampah basah.

Walaupun hasil penelitian tersebut belum merepresentasikan nilai kuantitatif seluruh sampah di kota Bandung karena proses pengambilan contoh uji dilakukan pada satu lokasi, namun nilai analisis di atas dapat dijadikan acuan dasar dalam menganalisis karakteristik sampah kota Bandung secara menyeluruh. Wacana alternatif pengelolaan sampah melalui proses insinerasi pernah dikemukakan dalam beberapa tahun ini, namun sulit dilaksanakan karena adanya friksi sosial masyarakat dan efek yang ditimbulkan saat hasil pembakaran dibuang ke udara, sehingga alternatif tersebut belum dapat diterapkan.

3.2. Pengembangan Perbaikan Sistem Penampungan di TPS dan Pengangkutan Sampah ke TPA

3.2.1. Perbaikan Prasarana TPS

Sebagian besar TPS di Kota Bandung tidak dilengkapi dengan fasilitas pelindung yang memadai terhadap adanya lindi. Fasilitas pelindung hanya terdapat pada dasar bak dengan luasan yang sangat kecil untuk menampung seluruh sampah, sehingga lindi tercecer dan terserap langsung ke dalam tanah. Dibutuhkan adanya perluasan dasar area TPS berdasarkan besarnya volume sampah yang ditampung.

3.2.2. Pemuatan Sampah di Dalam Truk

Pengaturan muatan sampah di dalam truk diusahakan dengan cara memuat volume yang besar namun tetap dalam batas kapasitas yang diizinkan. Berdasarkan hasil survey pada TPS Jalan Ambon, tipe truk pengangkut berupa truk terbuka tanpa dilengkapi alat pemadat (kompaktor) sehingga kepadatan muatan menjadi tidak merata. Terkadang volume sampah relatif kecil walaupun sampah telah memenuhi bak. Papan sekat dan terpal sering digunakan untuk menambah volume sampah dan menghindari jatuhnya sampah di tengah perjalanan. Hal tersebut tidak memenuhi persyaratan estetika, higienis dan keselamatan kerja, sehingga penggunaan truk terbuka sudah selayaknya diganti dengan truk tertutup yang dilengkapi dengan alat kompaksi mekanis.

3.2.3. Tinggi Muatan

Tinggi muatan pada kendaraan pengumpul sampah merupakan salah satu elemen yang esensial untuk mengetahui intensitas pengangkutan. Semakin rendah tinggi muatan, semakin cepat dan mudah sampah dimasukkan. Seringkali dijumpai tinggi muatan tidak memenuhi standar keamanan, karena badan truk pengangkut ikut terangkat saat proses pemasukan sampah ke dalam bak, sehingga membahayakan keselamatan petugas. Muatan berlebih juga menyebabkan durasi truk pengangkut ke TPA menjadi lebih lama. Dengan menambah jumlah trip pengangkutan dalam sehari, permasalahan tersebut dapat ditanggulangi walaupun jarak TPA Sarimukti yang melayani sampah Kota Bandung cukup



jauh (± 30 km). Dengan demikian alternatif untuk menambah unit truk pengangkut merupakan solusi utama untuk mengeliminasi sampah.

3.2.4. Kecedapan Bak Kontainer Pengumpul Sampah

Untuk menghindari lindi dari sampah yang dimuat dalam kontainer tidak bocor dan menetes selama perjalanan, maka bak perlu dibuat kedap dan diberi perlengkapan tangki pengumpul khusus. Apabila hal tersebut sulit untuk dilaksanakan, maka dasar dan dinding kontainer perlu diberikan pembungkus berbahan plastik misalnya terpal. Selama ini terpal berfungsi hanya menutup sampah pada lapisan permukaan.

3.2.5. Alternatif Model Sistem Penampungan dan Pengangkutan Sampah

Beberapa alternatif sistem penampungan dan pengangkutan sampah yang dapat diterapkan untuk mengubah sistem yang adadisajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Pilihan Model Sistem Penampungan di TPS dan Pengangkutan ke TPA

Penampungan dan Pemindahan di TPS	Pengangkutan ke TPA
<p>Model 1 (Konvensional)</p> <ul style="list-style-type: none"> Sampah yang dikumpulkan di dalam gerobak dibuang ke lokasi TPS. Pemuatan sampah dari di kontainer dilakukan oleh 4 orang awak petugas yang merupakan awak truk. 	<p>Model 1 (Konvensional)</p> <ul style="list-style-type: none"> Apabila pengangkutan sampah menggunakan truk terbuka yang kapasitas volumenya 12 m^3, maka berat sampah yang dapat diangkut adalah 3 ton/trip (densitas sampah dalam truk diperkirakan bertambah dari 0,2 menjadi 0,25 ton/m^3). Bila diasumsikan produksi sampah sebanyak 21 ton/hari, maka dapat dibersihkan dengan 7 kali pemuatan. Jumlah trip yang dapat dilakukan sebanyak 2 trip/hari, dan jam kerja 8 jam/hari. Kebutuhan akan truk diperhitungkan dengan tingkat kemampuan operasi rata-rata kendaraan sebesar 75% (25% lainnya untuk cadangan, keperluan pemeliharaan, dan perbaikan). Dengan demikian jumlah truk yang dibutuhkan: $\frac{7 \text{ pemuatan/hari}}{2 \frac{\text{trip}}{\text{hari}} \times 0,75} = 4,67 \text{ truk}$ <ul style="list-style-type: none"> Awak kendaraan hanya terdiri dari seorang, dengan 4 orang sebagai tenaga pemuat. Jarak perjalanan diperhitungkan sejauh 30 km, yakni jarak rata-rata kota Bandung ke TPA Sarimukti. Bila jarak per trip adalah $2 \times 30 \text{ km} = 60 \text{ km}$, dengan 312 hari kerja, maka jarak perjalanan per tahun adalah $7 \times 312 \times 60 \text{ km} = 131.040 \text{ km}$. Konsumsi bahan bakar untuk truk jenis ini diperhitungkan $\pm 0,3 \text{ liter/km}$, sehingga kebutuhan total adalah 39.312 liter/tahun.
<p>Model 2</p> <ul style="list-style-type: none"> Gerobak yang berisi sampah datang ke TPS, kemudian sampah dituangkan ke tempat penampungan dengan volume sebesar 50 m^3 ($\pm 50\%$ dari jumlah sampah/hari). Kemudian sampah dalam penampungan dipindahkan ke dalam truk dengan menggunakan crane yang mempunyai kapasitas angkut $\pm 30 \text{ ton/jam}$. 	<p>Model 2</p> <ul style="list-style-type: none"> Apabila pengangkutan sampah menggunakan truk tripper dengan kapasitas volume 12 m^3, maka berat sampah yang dapat diangkut adalah 3 ton/trip (densitas sampah dalam truk diperkirakan bertambah dari 0,2 menjadi 0,25 ton/m^3). Bila diasumsikan produksi sampah sebanyak 21 ton/hari maka dapat dibersihkan



<ul style="list-style-type: none"> • <i>Crane</i> yang perlu disiapkan selama operasi adalah 2 unit (satu unit sebagai cadangan). • Luas lahan yang dibutuhkan untuk tempat pemindahan dengan 2 truk beroperasi dalam waktu bersamaan adalah 800 m². • Tenaga listrik <i>crane</i> yang beroperasi adalah sekitar 4 kWh/ton sampah, sehingga jumlah kebutuhan seluruhnya adalah 21 x 312 x 4 kWh = 26.208 kWh/tahun. • Tenaga yang bekerja dalam pengangkutan ini terdiri 1 orang pengawas di tempat pemindahan dan 2 orang montir yang mengatur <i>crane</i> di TPS. 	<p>dengan 7 kali pemuatan.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Jumlah trip yang dapat dilakukan sebanyak 4 trip/hari, dan jam kerja berkisar 8 jam/hari. • Kebutuhan akan truk diperhitungkan dengan tingkat kemampuan operasi rata-rata kendaraan sebesar 75% (25% lainnya untuk cadangan, keperluan pemeliharaan, dan perbaikan). Dengan demikian jumlah truk yang dibutuhkan: $\frac{7 \text{ pemuatan/hari}}{4 \frac{\text{trip}}{\text{hari}} \times 0,75} = 2,33 \text{ truk}$ <ul style="list-style-type: none"> • Jumlah awak truk hanya terdiri dari satu orang pengemudi. • Bila jarak rata-rata dari kota Bandung ke TPA Sarimukti adalah 30 km, dan jarak yang ditempuh tiap trip adalah 2 x 30 km = 60 km, maka jarak yang dapat ditempuh oleh setiap truk tipper adalah 7 x 312 x 60 km = 131.040 km. • Konsumsi bahan bakar untuk truk jenis ini diperhitungkan ± 0,3 liter/km, sehingga kebutuhan total adalah 39.312 liter/tahun.
<p>Model 3</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gerobak datang ke TPS kemudian sampah dituang ke dalam kontainer. • TPS yang digunakan adalah tempat sampah yang khusus disediakan untuk memudahkan proses pengkaitan kontainer oleh truk. Tempat tersebut dibangun di salah satu sisi jalan, sedangkan pada sisi lainnya dibangun "ramp" yang fungsinya untuk mempermudah pengisian sampah dari gerobak ke kontainer yang telah tersedia. • Lahan yang diperlukan untuk setiap stasiun kontainer ialah seluas 254 m² yang sanggup menampung 3 buah kontainer. • Setiap stasiun kontainer dikelola oleh seorang petugas yang mengawasi proses pemindahan sampah dari gerobak ke kontainer. 	<p>Model 3</p> <ul style="list-style-type: none"> • Truk dengan volume 10 m³ dapat mengangkut sampah sebesar 2,5 ton/trip (densitas sampah dalam truk diperkirakan bertambah dari 0,2 menjadi 0,25 ton/m³). Bila diasumsikan produksi sampah sebanyak 21 ton/hari maka dapat dibersihkan dengan 8,4 kali pemuatan. • Jumlah trip yang dapat dilakukan sebanyak 4 trip/hari, dan jam kerja berkisar 8 jam/hari. • Kebutuhan akan truk diperhitungkan dengan tingkat kemampuan operasi rata-rata kendaraan sebesar 75% (25% lainnya untuk cadangan, keperluan pemeliharaan, dan perbaikan). Dengan demikian jumlah truk yang dibutuhkan: $\frac{8,4 \text{ pemuatan/hari}}{4 \frac{\text{trip}}{\text{hari}} \times 0,75} = 2,8 \text{ truk}$ <ul style="list-style-type: none"> • Awak truk hanya terdiri dari satu orang pengemudi. • Bila jarak angkut rata-rata 30 km/hari ke TPA, maka jarak perjalanan yang ditempuh setiap tahun adalah: 8,4 x 312 x 60 km = 157.248 km. • Konsumsi bahan bakar untuk truk jenis ini diperhitungkan ± 0,3 liter/km, sehingga kebutuhan total adalah 47.174,4 liter/tahun.
<p>Model 4</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pengosongan <i>bin</i> dilakukan oleh dua orang awak yang selalu berhubungan dengan truk kompaktor. • Kapasitas truk kompaktor adalah 2 ton/trip (dengan berat densitas sampah di luar 	<p>Model 4</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bila kapasitas kompaktor kecil dengan volume 4 m³ (berat densitas 0,5 ton/m³) adalah 2 ton/trip, maka untuk membersihkan sampah sebesar 21 ton/hari diperlukan:



<p>kompaktor $0,2 \text{ ton/m}^3$). Dalam satu trip jumlah <i>bin</i> yang dapat dikosongkan adalah sebanyak:</p> $\frac{2000 \text{ kg/trip}}{4 \frac{\text{kg}}{\text{bin}} \text{ trip}} = 19 \text{ bin}$ <ul style="list-style-type: none">• Apabila setiap pengangkutan satu <i>bin</i> sampah ke dalam kompaktor memerlukan waktu ± 45 detik, maka waktu yang dibutuhkan untuk mengosongkan sampah sebanyak 190 buah <i>bin</i> adalah: $190 \times 44 / 60 \text{ menit} = 140 \text{ menit}$	$\frac{21 \text{ ton/hari}}{2 \text{ ton/trip}} = 10,5 \text{ trip/hari}$ <ul style="list-style-type: none">• Jumlah truk yang beroperasi setiap hari sebesar 75% dari kondisi yang ada (25% lainnya untuk cadangan, keperluan pemeliharaan, dan perbaikan). Bila waktu operasi selama 8 jam per hari, maka kapasitas angkut truk kompaktor adalah 2 trip/hari. Dengan demikian untuk membersihkan 21 ton sampah, setiap harinya dibutuhkan truk sebanyak: $\frac{10,5 \text{ pemuatan/hari}}{2 \frac{\text{trip}}{\text{hari}} \times 0,75} = 7 \text{ truk}$ <ul style="list-style-type: none">• Awak truk hanya terdiri dari seorang pengemudi, dan 2 orang pengangkut <i>bin</i> dari setiap rumah tangga ke dalam truk kompaktor.• Bila jarak perjalanan ke TPA 30 km/trip maka total jarak perjalanan yang ditempuh adalah: $10,5 \times 2 \times 312 \times 30 \text{ km} = 196.560 \text{ km}$.• Bahan bakar yang dibutuhkan oleh truk kompaktor kecil adalah 0,25 liter/km minyak disel. Dengan demikian, bahan bakar yang dibutuhkan seluruhnya adalah 49.140 liter/tahun.
<p>Model 5</p> <ul style="list-style-type: none">• Pembongkaran sampah dari <i>bin</i> ke truk dilakukan oleh dua orang petugas.• Jumlah sampah pada truk kompaktor menjadi 2 kali lebih besar dari model terdahulu.	<p>Model 5</p> <ul style="list-style-type: none">• Kapasitas angkut kompaktor besar dengan volume 10 m^3 (densitas $0,4 \text{ ton/m}^3$) adalah 4 ton/trip, maka untuk membersihkan sampah sebesar 21 ton/hari diperlukan: $\frac{21 \text{ ton/hari}}{4 \text{ ton/trip}} = 5,25 \text{ trip/hari}$ <ul style="list-style-type: none">• Dengan asumsi bahwa waktu angkut <i>bin</i> sama dengan 44 detik, dan waktu perjalanan sama dengan waktu perjalanan truk kompaktor pada model 4, maka jumlah trip yang dapat ditempuh setiap hari sama dengan 2 trip.• Bila tingkat kemampuan operasi kendaraan sebesar 75% (25% lainnya untuk cadangan, keperluan pemeliharaan, dan perbaikan), maka jumlah truk yang dibutuhkan untuk membersihkan sampah sebesar 21 ton/hari adalah: $\frac{5,25 \text{ pemuatan/hari}}{2 \frac{\text{trip}}{\text{hari}} \times 0,75} = 3,5 \text{ truk}$ <ul style="list-style-type: none">• Awak truk hanya terdiri dari seorang pengemudi, dan 2 orang petugas yang mengangkut <i>bin</i>.• Bila jarak tempuh rata-rata 30 km per trip, maka total jarak tempuh adalah: $5,25 \times 2 \times 312 \times 30 \text{ km} = 98.280 \text{ km}$.• Kebutuhan bahan bakar setiap truk kompaktor, adalah 0,3 liter/km. Dengan demikian, bahan bakar seluruhnya adalah 29.484 liter/tahun.



3.2.6. Lintasan Perjalanan Pengangkutan Sampah

Permasalahan yang terjadi pada proses pengumpulan sampah adalah adanya fasilitas antara (*intermediate facility*) yang harus dilewati oleh setiap lintasan sebelum kembali ke depo. Fasilitas antaramempengaruhi proses pengumpulan sampah sehingga diperlukan adanya model khusus. Menurut Fitria dkk. (2009), sistem pengangkutan sampah ini dapat dimodelkan sebagai suatu varian dari masalah penentuan lintasan kendaraan (*vehicle routing problem*) dengan adanya lintasan majemuk (*multiple route*) dan fasilitas antara (*intermediate facility*). Model lintasan perjalanan ini dapat ditentukan atas pertimbangan estimasi waktu efektif yang dibutuhkan kendaraan untuk mengangkut sampah di beberapa TPS hingga ke TPA.

3.3. Konsep Sistem Pengelolaan Sampah Terpadu

Pengelolaan sampah tidak hanya dilakukan dengan sistem pengelolaan 3P (Pengumpulan, Pengangkutan dan Penimbunan) di TPA, namun diperlukan adanya konsep pengelolaan sampah yang mampu menghasilkan produk yang tepat guna. Penumpukkan sampah di TPA diakibatkan hampir seluruh aparat pemerintah daerah di Indonesia menganut paradigma lama dalam menangani sampah kota, dengan hanya menekankan pada pengangkutan dan pembuangan akhir. TPA dengan sistem lahan urug ataupun saniter yang dianggap ramah lingkungan ternyata tidak ramah dalam aspek pembiayaan karena membutuhkan biaya tinggi untuk investasi, konstruksi, operasi dan pemeliharaan.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, pemerintah kabupaten/kota sepatutnya mengubah pola pikir aparatatur dan masyarakat sehingga lebih berwawasan lingkungan. Konsep pengelolaan sampah yang terpadu sudah saatnya diterapkan, yaitu dengan meminimalkan sampah, memaksimalkan daur ulang dan pengomposan dan disertai pengelolaan TPA yang ramah lingkungan. Paradigma baru penanganan sampah merupakan satu siklus yang sejalan dengan konsep ekologi.

Sistem pengelolaan sampah terpadu mengkombinasikan pendekatan antara pengurangan sumber sampah, daur ulang, pengomposan, insinerasi dan pembuangan akhir. Pengurangan sumber sampah untuk industri dilakukan dengan teknologi proses yang sedikit menghasilkan limbah serta kemasan produk yang ringkas dan ramah lingkungan. Sedangkan bagi rumah tangga implementasi sistem ini adalah dengan menanamkan kebiasaan efisien dalam penggunaan barang-barang kebutuhan sehari-hari.

Pengolahan sampah menjadi bahan-bahan yang berguna dapat memberikan keuntungan dalam memberikan peningkatan efisiensi produksi dan keuntungan ekonomi bagi pengolah sampah, pengurangan biaya pengangkutan ke pembuangan akhir (TPA) dan biaya pembuangan akhir, penghematan sumber daya alam dan lahan dan pengurangan energi. Melalui konsep *zero wasteyang* merupakan penerapan prinsip 3R (*Reduce, Reuse, dan Recycle*) pada sistem pengolahan dan teknologi sampah perkotaan dalam skala kawasan terpadu, volume sampah diharapkan menjadi minimal dan pada akhirnya akan tercipta industri kecil daur ulang yang bisa dikelola oleh masyarakat atau pemerintah daerah setempat.

3.4. Potensi Pengomposan

Alternatif lain apabila proses insinerasi tidak dapat dijalankan adalah proses pengomposan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai perbandingan C/N (kadar karbon/total nitrogen Kjeldhal) sebesar 37 yang mendekati nilai rasio maksimum C/N sebesar 40. Nilai tersebut akan mempengaruhi proses mekanisme biologis dalam menjaga supaya karbon tidak terdekomposisi dan jumlah nitrogen tetap tersedia, sehingga kelangsungan hidup mikroorganisme tetap terjaga (Sulaiman, 2009).

Pengomposan sampah padat perkotaan merupakan salah satu alternatif yang dipandang ramah lingkungan karena dengan solusi ini sampah menjadi bahan dasar bagi proses pembuatan material (kompos) yang sangat berguna untuk menjaga kesuburan tanah. Sampah yang dikomposkan adalah bagian sampah yang bersifat organik. Perhitungan potensi kompos yang bisa dihasilkan dari sampah Kota Bandung disajikan dalam Tabel 3.

**Tabel 3.** Perhitungan Potensi Kompos Kota Bandung

No	Komponen	Satuan	Kuantitas
1	Jumlah penduduk ^a	Kapita	2.393.633
2	Produksi sampah ^b	kg/kapita/hari	0,70
3	Total sampah	kg/hari	1.675.543
4	Fraksi organik	%	60
5	Total sampah organik	kg/hari	1.005.326
6	Efisiensi proses	%	30
7	Potensi kompos	ton/hari	302

^a BPS Kota Bandung (2010)^b Kementerian Lingkungan Hidup (2003)

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Karakteristik fisik dan kimia sampah terukur adalah pH sebesar 2,82; kadar air sebesar 66,04%; kadar volatil sebesar 90,85%; kadar abu sebesar 9,15%; karbon organik sebesar 53,59%; total Kjeldhal nitrogen sebesar 1,46% dan nilai kalor sebesar 4293,25 kal/gr.
- Proses insinerasi dan pengomposan merupakan alternatif pengolahan untuk mengolah sampah Kota Bandung. Pengomposan sampah merupakan alternatif terbaik karena dipandang lebih ramah terhadap lingkungan.
- Komponen-komponen yang perlu direvisi pada sistem pengangkutan sampah adalah perbaikan prasarana di TPS, pemuatan sampah di dalam truk pengangkut, tinggi muatan sampah, kedekatan bak kontainer pengumpul sampah, alternatif model sistem penampungan dan pengangkutan sampah, serta lintasan perjalanan pengangkutan sampah.

DAFTAR PUSTAKA

- Damanhuri, E. (2008): *Pengelolaan Sampah – Sumber, Karakteristik, dan Timbulan Sampah*, ITB, Bandung.
- Fitria, L., Susanty S., Suprayogi (2009): Penentuan Rute Truk Pengumpulan dan Pengangkutan Sampah di Bandung, *Jurnal Teknik Industri*, Vol.11 (1), 51-60.
- Sulaiman, D: *Pengomposan Salah Satu Alternatif Pengolahan Sampah Organik*, Direktorat Pengolahan Hasil Pertanian, Departemen Pertanian, <http://agribisnis.deptan.go.id/Pustaka/dede.pdf> (diakses: 14 November 2009).
- Tchobanoglous, G., Theisen H., Vigil, S. A. (1993): *Integrated Solid Waste Management: Engineering, Principles, and Management Issues*, McGraw-Hill, New York.