

**FAKTOR PENENTU EMISI GAS RUMAH KACA
DALAM PENGELOLAAN SAMPAH PERKOTAAN
Determinant Factor of Greenhouse Gas Emission
In Urban Waste Management**

¹Tuti Kustiasih, ²Lya Meilany Setyawati, ³Fitriyani Anggraini, ⁴Sri Darwati, ⁵Aryenti

Pusat Litbang Permukiman, Badan Litbang, Kementerian Pekerjaan Umum

Jl. Panyaungan, Cileunyi Wetan-Kabupaten Bandung 40393

¹E-mail : utut_albar@yahoo.com

²E-mail : lyataufik@yahoo.com

³E-mail : fitrijaniana@yahoo.com

⁴E-mail : darwa69@yahoo.com

⁵E-mail : aryentilen@ymail.com

Diterima : 05 Mei 2014 ; Disetujui : 17 Juni 2014

Abstrak

Sampah merupakan salah satu sumber penyebab terjadinya emisi gas rumah kaca (GRK), diantaranya gas metana (CH₄) dan karbondioksida (CO₂). Pengelolaan sampah yang ramah lingkungan dapat mengurangi jumlah emisi gas rumah kaca melalui kegiatan 3R (reduce, reuse, recycle), perbaikan proses pengelolaan sampah di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah dan pemanfaatan sampah menjadi produksi energi. Perhitungan emisi gas rumah kaca di Indonesia masih mengacu pada "Default Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Tahun 2006", karena belum tersedianya data country specific parameter. Dalam memperkirakan emisi gas rumah kaca diperlukan komposisi dan karakteristik sampah. Metode penelitian secara kuantitatif dan kualitatif dalam menganalisis hasil pengumpulan data penelitian dengan uji komposisi sampah sesuai dengan SNI 19-3964-1994 dan uji karakteristik dengan ultimate dan proximate analysis untuk menjelaskan struktur kimia sampah, dengan perhitungan berdasarkan reaksi stokiometri. Tujuan penelitian ini adalah menentukan faktor emisi gas rumah kaca dari data spesifik di Indonesia dengan mengidentifikasi parameter komposisi dan karakteristik sampah serta meningkatkan aktifitas pengelolaan sampah untuk mendukung mitigasi dan adaptasi bidang persampahan. Hasil perhitungan degradable organic carbon (DOC) sampah di TPA 0,15 kg CH₄/kg berat kering dan faktor emisi CH₄ sampah organik adalah (0,07 - 0,11) kg CH₄ per berat kering sampah organik atau (0,42 - 0,47) kg CH₄ per berat basah sampah organik dari data spesifik sampah di Indonesia.

Kata Kunci : Emisi GRK, sampah, spesifik, komposisi, pengelolaan sampah

Abstract

Waste is one of the resources that contribute to greenhouse gas, such as methane (CH₄), and carbon dioxide (CO₂). The amount of greenhouse gas emission can be reduced through 3R activities (reduce, reuse, recycle), the effective process of waste management in landfills and the waste utilization to become energy. The calculation of greenhouse gas emission in Indonesia is still based on "Default Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) in 2006" due to absence of country specific parameter data. In order to estimate the greenhouse gas emission, composition and characteristic of waste are needed. This research uses quantitative and qualitative method in analyzing the result of data collection by examining waste composition pursuant to SNI 19-3964-1994 and garbage characteristic by means of ultimate and proximate analysis to elaborate garbage chemical structure with stoichiometry-reaction calculation. The aim of this research is to determine factor of greenhouse gas emission from specific data in Indonesia by identifying waste composition parameter and its characteristic, and to intensify waste management activity to support mitigation and adaptation in waste area. Calculation result of degradable organic carbons (DOC) of waste in landfills is 0.15 kg CH₄/ kg dry weight and CH₄ emission factor of organic garbage is (0.07 -0.11) kg CH₄ per dry weight of organic garbage or (0.42 - 0.47) kg CH₄ per wet weight of organic garbage as from specific data of garbage in Indonesia.

Keyword : Greenhouse gas emission, garbage, specific, composition, waste management

PENDAHULUAN

Gas rumah kaca merupakan gas-gas yang ada di atmosfer yang menyebabkan efek gas rumah kaca,

karbondioksida (CO₂), metana (CH₄), dinitroksida (N₂O), dan chlorofluorocarbon (CFC). Gas-gas tersebut sebenarnya muncul secara alami di

lingkungan, tetapi dapat juga timbul akibat aktivitas manusia. Dalam troposfer terdapat gas-gas rumah kaca yang menyebabkan efek rumah kaca dan pemanasan global. Gas Rumah Kaca dapat terbentuk secara alami maupun sebagai akibat pencemaran. Perubahan iklim menunjukkan adanya perubahan pada iklim yang disebabkan secara langsung maupun tidak langsung oleh kegiatan manusia yang mengubah komposisi atmosfer global dan juga terhadap variabilitas iklim alami yang diamati selama periode waktu tertentu (Rahmawati 2013).

Dalam program penurunan emisi GRK, Pemerintah Republik Indonesia melalui Kementerian Lingkungan Hidup, memberikan apresiasi terhadap partisipasi aktif masyarakat yang telah melaksanakan upaya mitigasi dan adaptasi perubahan iklim secara terintegrasi, sehingga dapat mendukung target penurunan emisi GRK nasional dan meningkatkan ketahanan masyarakat terhadap perubahan iklim. Mitigasi merupakan upaya mengurangi penambahan konsentrasi GRK pada sumber emisi (*emission source*) dan penyerap emisi (*carbon sink*) dan adaptasi upaya untuk menyesuaikan terhadap dampak negatif perubahan iklim karena adanya penambahan konsentrasi GRK. Pemahaman atas konsep ini diperlukan untuk menentukan pembiayaan pengelolaan sampah.

Kebijakan dan strategi, dan program mitigasi dan adaptasi bidang Pekerjaan Umum diantaranya mengembangkan teknologi pengelolaan sampah yang ramah lingkungan (tidak menimbulkan gas rumah kaca ke atmosfer, dan mengembangkan konsep pengelolaan sampah domestik sesuai dengan konsep 3R (*reduce, reuse, recycle*) [Dep. Pekerjaan Umum 2007] dengan mengurangi jumlah sampah dari rumah tangga, pemilahan sampah untuk tujuan daur ulang, dan pemanfaatan gas metan dari sampah sebagai sumber energi.

Estimasi besaran emisi gas rumah kaca yang dapat dikurangi dari sampah tergantung pada upaya mitigasi dan adaptasi pada pengelolaan sampah dengan mengetahui komposisi dan karakteristik sampah. Komposisi sampah merupakan penggambaran dari masing-masing komponen yang terdapat pada sampah dan distribusinya. Data ini diperlukan untuk mengevaluasi peralatan yang diperlukan, sistem pengolahan sampah dan rencana pengelolaan persampahan. Pengelompokan sampah yang paling sering dilakukan berdasarkan komposisinya. Komposisi sampah yang akan ditampilkan dalam persentase (%) berat (biasanya berat basah) atau % dari volume (basah). Sampah yang dihasilkan dapat dikategorikan sebagai sampah organik dan

anorganik. Sampah organik dapat dikategorikan ke dalam mudah terurai, yaitu termasuk sampah dapur, sampah makanan, sampah sayuran, buah, dan sampah organik yang sulit terurai, kertas, tekstil, karet, kayu, dan kulit. Sampah anorganik yang tidak dapat terurai termasuk logam, besi, kaca, tembikar. Disamping komposisi sampah, karakteristik fisik dan kimia limbah juga penting dalam proses pengelolaan sampah. Karakteristik kimia menjelaskan struktur kimia dari limbah, yang terdiri dari beberapa elemen, seperti : C, N, O, P, H, dan S.

Komposisi dan karakteristik sampah tersebut dapat digunakan untuk memperkirakan emisi GRK, sehingga dapat memperkirakan jenis pengelolaan sampah yang bertujuan untuk mengurangi timbulnya gas metan (CH₄). Jumlah dan komposisi gas yang dihasilkan sangat ditentukan oleh karakteristik sampah (Suprihatin dan Romli 2008).

Indonesia belum mempunyai angka *default* DOC. Untuk menentukan angka DOC tersebut ditentukan dengan *ultimate analysis (dry base)* komponen elementer C, H, N, O, S, abu (*reduce, reuse, recycle*) [Dep. Pekerjaan Umum 2007]. Indonesia dalam memperkirakan emisi CH₄ masih menggunakan *default* IPCC, 2006, karena belum memiliki *country specific* komposisi sampah yang dibuang di TPA. Ada tiga tingkat (Tier) untuk memperkirakan emisi CH₄ (IPCC, 2006) dari tempat pemrosesan akhir sampah (TPA) [2] :

Tier 1 : estimasi metode Tier 1 didasarkan pada metode IPCCFOD menggunakan data *default* utama kegiatan dan *parameter default*.

Tier 2 : menggunakan metode IPCC FOD dan beberapa *default* parameter, tetapi menggunakan data kegiatan yang spesifik untuk suatu negara pada waktu sekarang dan data sampah beberapa tahun ke belakang.

Tier 3 : menggunakan metode IPCC FOD menggunakan data yang spesifik di suatu negara

Tujuan penelitian ini adalah menentukan faktor emisi gas rumah kaca dari data spesifik di Indonesia dengan mengidentifikasi parameter komposisi dan karakteristik sampah serta meningkatkan aktifitas pengelolaan sampah untuk mendukung mitigasi dan adaptasi bidang persampahan.

Sampah adalah sisa dari aktivitas sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat yang dihasilkan dari berbagai sumber sampah. Sampah yang di buang ke lingkungan akan menimbulkan masalah bagi kehidupan dan kesehatan lingkungan, terutama kehidupan

manusia. Pengelolaan sampah bertujuan untuk meningkatkan kesehatan masyarakat dan kualitas lingkungan serta menjadikan sampah sebagai sumber daya, yang dilakukan secara sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah.

Pengelolaan dan pemusnahan akhir sampah yang selama ini dilakukan dengan kumpul-angkut-buang (*end-of-pipe*), harus segera diakhiri. Di Indonesia pada umumnya pembuangan sampah di tempat pemrosesan akhir atau *landfill* dilakukan dengan *open dumping*, akan menghasilkan emisi relatif lebih tinggi dibandingkan dengan insinerasi (KLH 2012). Selain itu dengan *open dumping*, berpotensi mendatangkan masalah pada lingkungan, terutama dari air sampah (*leachate*) yang dapat mencemari air tanah serta timbulnya bau dan lalat yang mengganggu, karena biasanya sarana ini tidak disiapkan dan tidak dioperasikan dengan baik. Sampah berperan sebagai penyumbang GRK berupa gas metana (CH₄) yang memiliki potensi pemanasan global 21 kali lebih besar dari pada gas karbon dioksida/CO₂ (Suprihatin dan Romli 2008).

Salah satu gas rumah kaca yang dihasilkan dari tempat pembuangan sampah akhir merupakan adalah gas metan. Pencegahan timbulnya efek rumah kaca dari gas metan diperlukan melalui usaha-usaha penanggulangan yang diarahkan kepada pengendalian sumber-sumbernya, diantaranya dengan penerapan konsep 3R (*reduce, reuse, recycle*) dalam pengelolaan sampah.

Data mengenai timbulan, komposisi, dan karakteristik sampah merupakan hal yang sangat menunjang dalam menyusun sistem pengelolaan persampahan di suatu wilayah. Data tersebut harus tersedia agar dapat disusun suatu alternatif sistem pengelolaan sampah yang baik. Jumlah timbulan sampah ini biasanya akan berhubungan dengan elemen-elemen pengelolaan sampah antara lain (Damanhuri dan Tri Padmi 2010) :

- Pemilihan peralatan, misalnya wadah, alat pengumpulan, dan pengangkutan
- Perencanaan rute pengangkutan
- Fasilitas untuk daur ulang
- Luas dan jenis TPA

Sumber-sumber Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Sampah

Sumber-sumber emisi GRK pada kegiatan penanganan sampah dapat diklasifikasikan berdasarkan IPCC 2006 GL sebagaimana disampaikan berikut ini, yaitu (KLH 2012) :

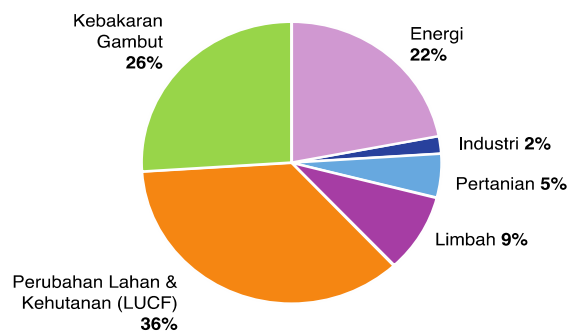
- 1) Penanganan dan pembuangan sampah
 - a) Tempat pemrosesan akhir sampah domestik/kota yang dibedakan meliputi :
 - TPA yang dikelola dengan baik

- TPA yang tidak dikelola dengan baik (*open dumping*)
- TPA yang tidak dapat dikategorikan sebagai yang dikelola dengan baik dan yang tidak dikelola dengan baik (*uncategorized*)

- b) Pengelolaan sampah industri (seperti sampah sisa proses, lumpur unit pengolahan limbah cair, dan lain-lain), yang dapat dikategorikan sebagai TPA yang dikelola dengan baik

- 2) Pengelolaan sampah secara biologis (pengomposan dan fasilitas biogas)
- 3) Insinerasi dan pembakaran sampah secara terbuka
 - Insinerasi sampah
 - Pembakaran sampah terbuka
- 4) Pengelolaan limbah cair dan pembuangannya :
 - Pengelolaan limbah cair kota dan pembuangannya
 - Pengelolaan limbah cair industri dan pembuangannya
- 5) Limbah lainnya : limbah rumah sakit dan B3

Sumber emisi gas rumah kaca di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1.



Emisi Indonesia 2004 (KLH, 2010)

Gambar 1 Sumber Emisi Gas Rumah Kaca Di Indonesia

Sampah terdiri dari sampah organik dan sampah anorganik. Pengertian sampah organik adalah sampah yang cepat terdegradasi (cepat membusuk), terutama yang berasal dari sisa makanan. Sampah yang membusuk (*garbage*) adalah sampah yang dengan mudah terdekomposisi karena aktivitas mikroorganisme. Dengan demikian pengelolaannya harus dilakukan dengan cepat, baik dalam pengumpulan, pembuangan, maupun pengangkutannya, sehingga penumpukan disuatu tempat perlu dihindari. Proses pembusukan sampah ini akan menghasilkan bau tidak enak, seperti amoniak dan asam-asam volatil lainnya. Selain itu, dihasilkan pula gas-gas hasil dekomposisi, seperti gas metan dan sejenisnya, yang dapat membahayakan keselamatan bila tidak ditangani secara baik. Sampah kelompok ini kadang dikenal sebagai

sampah basah, atau juga dikenal sebagai sampah organik. Kelompok inilah yang berpotensi untuk diproses dengan bantuan mikroorganisme, misalnya dalam pengomposan atau gasifikasi. Di Indonesia, dengan kondisi kelembaban dan temperatur udara yang relatif tinggi, maka kecepatan mikroorganisme dalam menguraikan sampah yang bersifat hayati ini akan lebih cepat pula (Damanhuri dan Tri Padmi 2010).

Secara umum, bahan organik yang ada dalam sampah dapat dibagi menjadi dua klasifikasi (Tchobanoglous and Theisen 1993) :

1. Bahan-bahan yang akan terurai dengan cepat (tiga bulan sampai lima tahun)
2. Bahan-bahan yang akan terurai perlahan-lahan (sampai 50 tahun atau lebih)

Fraksi komponen organik yang terurai cepat dan terurai perlahan-lahan terurai dalam pengelolaan sampah diidentifikasi dalam Tabel 1.

Tabel 1 Penguraian Unsur-unsur Organik

| Komponen Organik | Terurai Cepat | Terurai Perlahan/Lambat |
|----------------------|----------------|-------------------------|
| Sampah makanan | √ | |
| Koran | √ | |
| Kertas | √ | |
| Kardus, karton | √ | |
| Plastik ^a | | |
| Tekstil/kain | | √ |
| Karet | | √ |
| Kulit | | √ |
| Sampah halaman | √ ^b | √ ^c |
| Kayu/ranting | | √ |

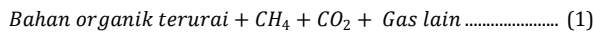
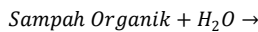
^a Plastik umumnya dianggap tidak terurai

^b Daun dan pangkasan rumput, khususnya 60% dari sampah halaman

^c Kayu bagian sampah halaman

Sumber : Tchobanoglous and Theisen 1993

Produksi gas dari proses anaerobik terdomposisi sampah dapat dilihat pada reaksi (1).



Volume gas yang dihasilkan selama dekomposisi organik dapat dijadikan angka perkiraan produksi gas. Senyawa organik dalam pengelolaan sampah dinyatakan dalam rumus $\text{C}_a\text{H}_b\text{O}_c\text{N}_d$, yang kemudian total volume gas dapat diperkirakan.

Pengaruh Pengelolaan Sampah Terpadu Terhadap Pengurangan Emisi GRK

Sampah sebetulnya menyimpan energi yang dapat dimanfaatkan. Pemanfaatan energi sampah dapat dilakukan dengan cara :

- Menangkap gasbio hasil proses degradasi secara anaerobik pada sebuah reaktor (*digester*),
- Menangkap gas bio yang terbentuk dari sebuah *landfill*,
- Menangkap panas yang keluar akibat pembakaran, misalnya melalui insinerasi.
- Generasi terbaru dari teknologi ini dikenal sebagai *waste-to-energy*.

Beberapa teknologi berbasis *recovery energy* yang ditawarkan dalam memecahkan masalah sampah kota adalah :

- Teknologi termal sejenis insinerator dengan beragam nama :
 - o *Waste-to-energy*
 - o *Thermal converter*
 - o *Floating resource recovery facility*

- Teknologi termal sejenis gasifikasi atau pirolisis :
 - o *Gasification*
 - o *Energy generation*
- Teknologi yang terkait dengan proses anaerob, khususnya produksi gasbio dalam sebuah *digester*, pupuk padat dan cair, serta *recovery* biogas dari TPA.

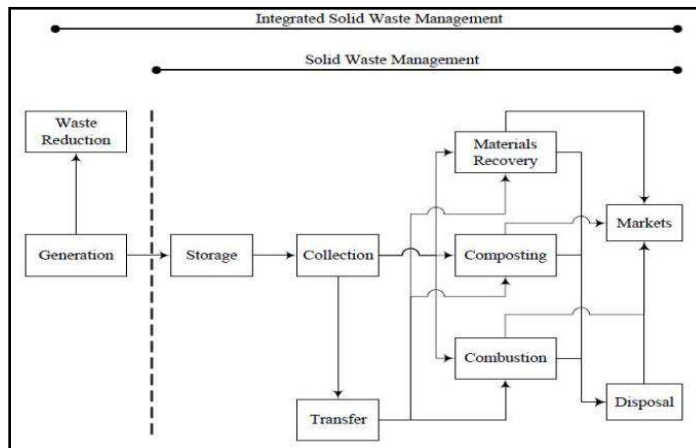
Gas-bio (CO_2 dan CH_4) dari sebuah *digester* anaerob : dari sebuah *digester*, perkiraan kasar akan dihasilkan gas-bio sebesar 0,5-0,7 L/kg sampah basah, dengan proporsi metan dapat mencapai 60% (Damanhuri dan Tri Padmi 2010).

Gas-bio dari sebuah *landfill*, melalui penangkapan gas dari sebuah *landfill* yang telah cukup waktunya. *Recovery gas* ini banyak diterapkan pada *landfill* yang dari awal telah disiapkan dan dioperasikan secara sistematis. Efektivitas penangkapan gas-bio akan tergantung dari perpipaan dan sistem penyedotan yang digunakan, serta sistem *landfill* itu sendiri. Tetapi dapat dikatakan bahwa produknya akan jauh lebih kecil dibanding dari gas-bio sebuah *digester* yang terkontrol dengan baik. Sebagian dari gas tersebut akan keluar ke tempat lain tanpa melalui sistem perpipaan.

Pengelolaan sampah terpadu dipahami sebagai suatu proses untuk mencapai pengelolaan sampah yang berkelanjutan dengan cara mengurangi volume sampah yang dibuang ke TPA, memaksimalkan pemulihan sampah untuk bahan daur ulang dan energi, dan meminimalkan pencemaran terhadap lingkungan (Hickman *et al.*,

1999; McDougall *et al.*, 2001; Tchobanoglous *et al.*, 2002; dan Anschutz *et al.*, 2004) dalam (Sumarto dan Ourwanto 2013). Pengelolaan sampah kota terpadu yang dikembangkan memberikan penekanan pada penanganan sampah di sumber asalnya dengan cara reduksi (Gambar 2). Secara hirarkis, dari empat hirarki pengelolaan sampah kota terpadu, yaitu reduksi sampah di sumber

asalnya, daur ulang, transformasi sampah, dan pembuangan. Hirarki yang lebih awal adalah hirarki yang lebih dikehendaki dari pada hirarki yang lain dalam pengelolaan sampah kota terpadu karena menimbulkan risiko terhadap lingkungan yang terendah dan memerlukan biaya manajemen yang juga terendah.



Gambar 2 Pengelolaan Sampah Kota Terpadu

METODE

Objek penelitian adalah menentukan komposisi dan karakteristik sampah di tingkat pengelola di TPS dan TPA untuk memperkirakan potensi emisi gas rumah kaca dari sampah yang dihasilkan dengan parameter data spesifik di Indonesia dan inventarisasi pengelolaan sampah.

Pendekatan penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dan kualitatif. Metode kuantitatif digunakan untuk menghitung komposisi, timbunan sampah (secara statistik) dan perkiraan penurunan emisi yang dapat dilakukan di tingkat masyarakat dalam hal ini dalam pengelolaan sampah skala kawasan/lingkungan di TPS, parameter uji sesuai

IPCC 2006 dan perkiraan dari perhitungan jumlah gas yang dihasilkan dari hasil uji laboratorium *ultimate analysis* : persen C (karbon), H (hidrogen), O (Oksigen), N (Nitrogen), S (Sulfur), dan Abu dan *proximate analysis* (berat kering, berat basah, *volatile*). Uji komposisi sampah mengacu pada SNI 19-3964-1994, tentang Metode Pengambilan Dan Pengukuran Contoh Timbulan Dan Komposisi Sampah Perkotaan. Penentuan komposisi sampah dilakukan berdasarkan sampel sampah yang dianggap mewakili komposisi sampah di TPS (pasar, permukiman, dan penerapan 3R) dan TPA.

Jenis atau komponen sampah yang diukur seperti tertera pada Tabel 2.

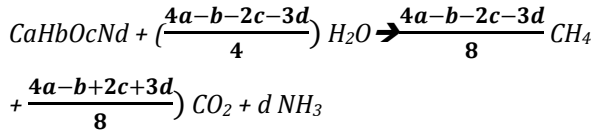
Tabel 2 Klasifikasi Komponen Sampah

| No | Manual Survei Komposisi Sampah dan Kandungan Bahan Kering |
|----|---|
| 1 | Sampah makanan |
| 2 | Sampah kebun dan tanaman |
| 3 | Kayu |
| 4 | Kertas dan karton |
| 5 | Tekstil |
| 6 | Nappies (disposable diapers) |
| 7 | Karet dan kulit |
| 8 | Plastik keras dan lembaran |
| 9 | Logam/kaleng |
| 10 | Gelas/kaca (keramik dan tembikar) |
| 11 | Lain-lain (abu, debu, sampah elektronik) |

Sumber : KLH, 2012

Volume gas yang dilepaskan selama dekomposisi anaerob dapat diperkirakan dalam beberapa cara. Sebagai contoh, jika unsur organik individu yang ditemukan di pengelolaan sampah (dengan perkecualian dari plastik) direpresentasikan

dengan rumus umum dalam bentuk $C_aH_bO_cN_d$, maka total volume gas dapat diperkirakan dengan menggunakan persamaan di bawah ini dengan asumsi konversi lengkap sampah organik *biodegradable* untuk CO_2 dan CH_4 [6] :



Analisis deskripsi kualitatif dilakukan terhadap pengelolaan sampah perkotaan dan pelaksanaan pengelolaan sampah berbasis 3R di sumber, TPS dan TPA dalam upaya pengurangan emisi gas rumah kaca di sumber sebelum ditimbun di TPA. Perhitungan perkiraan potensi emisi gas rumah kaca melalui reaksi stoikiometri untuk berat kering sampah yang terdegradasi dan DOC dihitung berdasarkan komposisi (% berat) dan *Dry Matter Content* (kandungan berat kering) masing-masing komponen sampah berdasarkan persamaan :

$$DOC = \sum_i DOC_i \times W_i \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

- DOC = fraksi *degradable* organik carbon pada sampah, Ggram C/Gram sampah
- DOC_i = fraksi *degradable* organik carbon pada komponen sampah i (basis berat basah)
- W_i = fraksi komponen sampah jenis i (basis berat basah)
- I = komponen sampah (sampah makanan, kertas, kayu, plastik, dll)

Untuk menghitung DOC_i basis berat basah seperti pada persamaan :

$$DOC_i \text{ basis berat basah} = \frac{DOC_i \text{ basis berat kering} \times \text{kand. bahan kering}}{100} \dots\dots\dots (3)$$

Lokasi uji komposisi dan karakteristik sampah dilakukan di Kota Bandung, Kabupaten Bandung, Kota Cimahi, Kota Batam dan Kota Mataram.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan data komposisi, karakteristik dan aktivitas pengelolaan sampah merupakan bagian penting dalam menentukan besar emisi gas rumah kaca dalam kegiatan pengolahan sampah. Data-data penentuan faktor emisi, yaitu diantaranya jumlah (dalam satuan massa) sampah yang terbentuk, jumlah sampah yang diolah di masing-masing sistem pengolahan sampah (neraca limbah), karakteristik sampah dan sistem pengolahan sampah. Data aktivitas merupakan besaran kuantitatif kegiatan manusia (*anthropogenic*) yang melepaskan emisi GRK. Selain itu dalam perencanaan sistem pengelolaan persampahan suatu kota perlu diketahui data awal berupa timbulan, komposisi dan karakteristik sampah, sehingga pengelolaan persampahan mulai dari sumber, pewadahan, pengumpulan, transfer dan transpor, pengolahan serta pembuangan akhir akan lebih optimal.

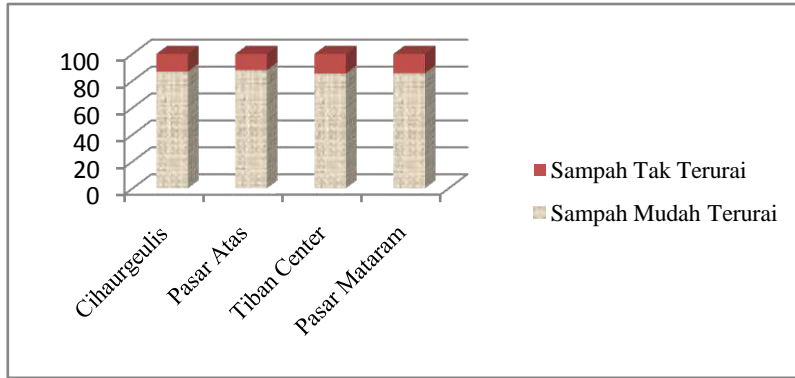
Dalam hal pengelolaan sampah, besaran kuantitatif adalah yang terkait dengan *waste generation* (laju timbulan sampah), jumlah (massa sampah yang ditangani setiap jenis pengolahan limbah), komposisi/ karakteristik sampah, dan sistem pengolahan sampah.

Berikut adalah hasil uji komposisi sampah yang dilakukan di beberapa TPS dan TPA lokasi survei, sesuai dengan sumber yang dikelompokkan terhadap pasar, permukiman dan perkotaan.

Tabel 3 Komposisi Sampah Di TPS Pasar

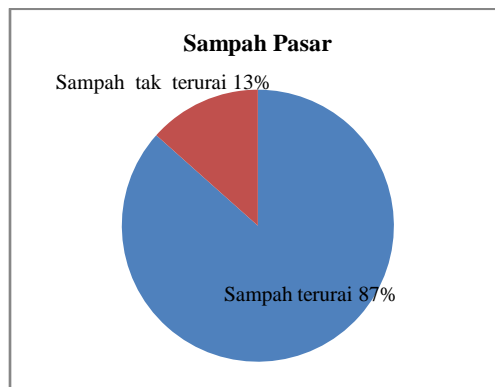
| No | Jenis Sampah | TPS Pasar | | | |
|----|-------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | Cihaurgeulis | Pasar Atas | Tiban Center | Pasar Mataram |
| 1 | Sampah sayuran | 80,73 | 80,97 | 72,68 | 74,42 |
| 2 | Sampah halaman | 1,85 | 2,55 | 3,26 | 5,52 |
| 3 | Plastik | | | | |
| | - Kerasan | 1,85 | 1,24 | 0,59 | 0,62 |
| | - Lembaran | 11,03 | 10,477 | 10,58 | 8,97 |
| 4 | Kertas | 4,44 | 3,22 | 6,19 | 4,95 |
| 5 | Kaca/gelas | | 0,168 | 1,03 | 0,5 |
| 6 | Kain/tekstil | | 0,22 | 1,52 | 0,16 |
| 7 | Pampers/ <i>diapers</i> | | 0,067 | 1,04 | 0,52 |
| 8 | Stereofom | | 0,006 | 0,79 | 0,14 |
| 9 | Kulit/karet | | 1,04 | 0,85 | 0,14 |
| 10 | Kaleng/logam | | 0,04 | 1,3 | 0,04 |
| 11 | B3 | | 0,002 | 0,11 | 0,005 |
| 12 | Lain-lain | 0,103 | | 0,06 | 4,015 |
| | | 100,00 | 100 | 100 | 100 |
| | Berat Jenis | 238,94 | 202,76 | 196,66 | 275 |

Sumber : Hasil Uji Lapangan, 2013



Gambar 3 Perbandingan Sampah Penimbul Gas Emisi Gas Rumah Kaca Di Pasar

Dari hasil pengujian komposisi sampah di lapangan, maka sampah yang dapat menimbulkan emisi gas rumah kaca di pasar rata-rata sesuai dengan waktu penguraiannya :

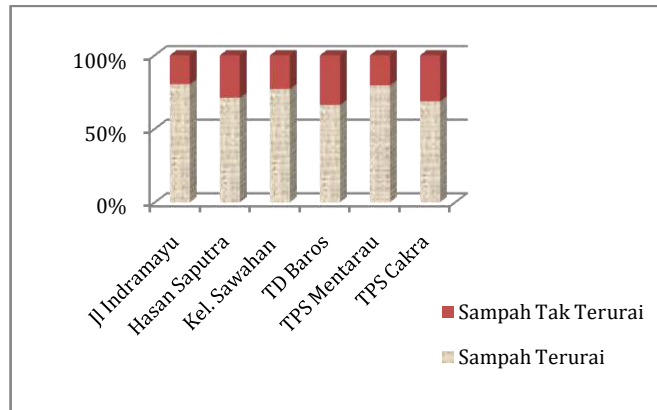


Gambar 4 Komposisi Sampah Pasar Terurai Dan Tidak Terurai

Tabel 4 Komposisi Sampah Di TPS Permukiman

| No | Jenis Sampah | TPS Permukiman | | | | | |
|----|------------------------|-------------------------|---------------|---------------------|----------|--------------|-----------|
| | | Jalan Indramayu Bandung | Hasan Saputra | Kel. Sawahan Cimahi | TD Baros | TPS Mentarau | TPS Cakra |
| 1 | Sampah sayuran + dapur | 39,33 | 44,12 | 42,19 | 43,14 | 38,68 | 20,08 |
| 2 | Sampah halaman | 7,48 | 8,55 | 7,1 | 8,42 | 7,89 | 45,01 |
| 3 | Plastik | | | | | | |
| | - Kerasan | 1,73 | 1,24 | 2,48 | 1,63 | 1,32 | 1,3 |
| | - Lembaran | 19,62 | 12,477 | 28,25 | 15,98 | 18,58 | 16,01 |
| 4 | Kertas | 8,02 | 6,22 | 4,47 | 7,95 | 6,78 | 11,04 |
| 5 | Kaca/gelas | 1,56 | 1,46 | 2,03 | 1,5 | 2,16 | 0,81 |
| 6 | Kain/tekstil | 3,46 | 5,22 | 2,9 | 3,86 | 3,27 | 2,34 |
| 7 | Pampers/diapers | 8,46 | 10,37 | 8,05 | 9,54 | 10,52 | 1,03 |
| 8 | Stereofom | 0,45 | 0,67 | 0,44 | 0,14 | 0,66 | 0,58 |
| 9 | Kulit/karet | 1,97 | 5,04 | 1,5 | 4,14 | 3,979 | 0,81 |
| 10 | Kaleng/logam | 0,52 | 1,84 | 0,33 | 1,96 | 2,54 | 0,04 |
| 11 | B3 | 0,39 | 0,32 | 0,26 | 0,59 | 0,45 | 0,02 |
| 12 | Lain-lain | 5,2 | 2,473 | 0,06 | 1,15 | 3,17 | 0,93 |
| | Berat Jenis | 100,00 | 100,00 | 100 | 100 | 100,00 | 100,00 |
| | | 185,45 | 164,68 | 135,88 | 174,23 | 146,43 | 128,75 |

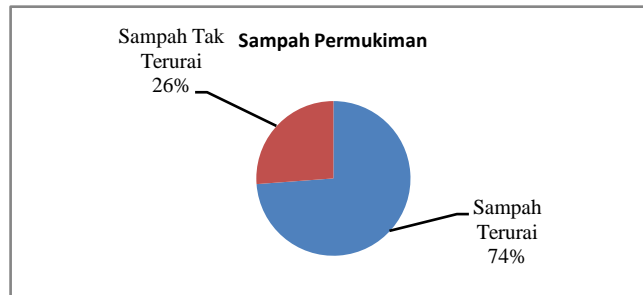
Sumber : Hasil Uji Lapangan, 2013



Gambar 5 Perbandingan Sampah Penghasil Gas Emisi Gas Rumah Kaca Di Permukiman

Dari hasil pengujian komposisi sampah di lapangan terhadap sampah permukiman yang dikelompokkan terhadap waktu penguraian

sampah yang dapat menimbulkan emisi gas rumah kaca di permukiman adalah sebagai berikut :



Gambar 6 Komposisi Sampah Permukiman Berdasarkan Mudah Terurai Dan Tak Terurai

Plastik, kaca, kaleng / logam, digolongkan pada sampah yang tidak terurai, dengan komposisi 26%, dengan plastik jumlahnya dominan. Dengan sifat tersebut, plastik semakin banyak digunakan sebagai bahan pengemas. Pada saat ini, 40% produk plastik dunia digunakan untuk bahan pengemas. Sebagai akibatnya, jutaan ton plastik dibuang sebagai sampah setiap harinya. Data di negara maju menunjukkan setiap orang membuang 398 kg sampah plastik setiap tahunnya, 33 kali lebih besar dari jumlah sampah plastik yang dihasilkan oleh setiap orang di Surabaya (Trihadiningrum 2006).

Meskipun jumlah sampah plastik hanya meliputi 12% saja dari sampah kota, akibat berat jenisnya yang rendah, volumenya membutuhkan ruang sebesar 25-35% lebih banyak dari volume total sampah. Akibatnya, apabila komponen sampah plastik terus meningkat jumlahnya, kebutuhan

lahan TPA akan lebih meningkat pula. Hasil analisis komposisi deposit sampah pada *sampling* di TPA Keputih, yang telah dihentikan operasinya pada tahun 2001, menunjukkan kandungan plastik yang cukup tinggi, yaitu antara 14,3 - 33,5%, dengan rata-rata 23,5% [9].

Hasil survei lapangan dilakukan terhadap uji komposisi sampah dan untuk perhitungan dikelompokkan dalam sampah organik dapat terurai baik yang mudah terurai (*rapidly degradation*) maupun yang lambat terdegradasi (*slowly*), berdasarkan klasifikasi kota metropolitan, dan kota sedang-besar sesuai dengan sumber sampah, pasar, permukiman dan perkotaan.

Setelah dilakukan analisis statistik terhadap data-data yang diperoleh baik data sekunder maupun primer, dengan mencari rata-rata, nilai maksimum dan nilai minimum berdasarkan klasifikasi kota dapat dilihat pada Tabel 5, 6 dan 7.

Tabel 5 Komposisi Sampah Perkotaan Yang Dapat Terdegradasi

| | Kota Metropolitan (%) | | | Kota Sedang-Besar (%) | | |
|---------------------|-----------------------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|
| | Rata-rata | Min | Maks | Rata-rata | Min | Maks |
| Sampah organik | 62,64 | 54,68 | 70,60 | 66,60 | 56,33 | 76,86 |
| Kertas/koran/kardus | 11,47 | 6,79 | 16,16 | 9,49 | 6,22 | 12,75 |
| Karet/kulit | 0,97 | 0,29 | 1,26 | 1,82 | 0,82 | 2,82 |
| Kayu/sampah halaman | 4,29 | 1,20 | 7,37 | 5,40 | 2,57 | 8,23 |
| Kain | 2,83 | 2,07 | 3,59 | 1,66 | 0,71 | 2,62 |

Sumber : Hasil Perhitungan, 2013

Tabel 6 Komposisi Sampah Pasar Yang Dapat Terdegradasi

| | Kota Metropolitan (%) | | | Kota Sedang-Besar (%) | | |
|---------------------|-----------------------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|
| | Rata-rata | Min | Maks | Rata-rata | Min | Maks |
| Sampah organik | 84,94 | 78,99 | 90,88 | 76,83 | 73,24 | 80,43 |
| Kertas/koran/kardus | 3,88 | 3,09 | 4,67 | 3,55 | 0,79 | 6,31 |
| Karet/kulit | | | | | | |
| Kayu/sampah halaman | 1,54 | 1,10 | 1,98 | 2,91 | 0,75 | 5,06 |
| Kain | 0,63 | 0,26 | 1,00 | 0,85 | 0,22 | 1,47 |

Sumber : Hasil Perhitungan, 2013

Tabel 7 Komposisi Sampah Permukiman Di TPS Yang Dapat Terurai

| | Kota Metropolitan (%) | | | Kota Sedang-Besar (%) | | |
|---------------------|-----------------------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|
| | Rata-rata | Min | Maks | Rata-rata | Min | Maks |
| Sampah organik | 42,64 | 40,52 | 44,76 | 36,01 | 25,22 | 46,80 |
| Kertas/koran/kardus | 7,12 | 5,85 | 8,39 | 7,56 | 4,83 | 10,29 |
| Karet/kulit | 3,51 | 1,33 | 5,68 | 2,61 | 0,91 | 4,31 |
| Kayu/sampah halaman | 8,02 | 7,26 | 8,77 | 12,11 | 11,45 | 12,77 |
| Kain | 4,34 | 3,10 | 5,58 | 3,09 | 2,45 | 3,73 |

Sumber : Hasil Perhitungan, 2013

Dari hasil uji komposisi diperoleh persentase bahan organik lebih dominan di setiap sumber sampah, dengan demikian dalam pengelolaan sampah pengomposan dapat dijadikan sebagai solusi yang layak secara teknis dalam meningkatkan pengelolaan sampah perkotaan. Komposisi sampah organik pasar sampai 90%. Dengan demikian pengomposan sebagai alternatif bagi pola pengelolaan sampah saat ini dan merupakan cara murah untuk mengantisipasi peningkatan jumlah produksi sampah dan dapat memperpanjang usia TPA dan terbentuknya gas metan di TPA, sebab bahan organik dalam sampah diurai secara aerobik ke dalam bentuk yang stabil (kompos) dan karbon dioksida, serta tidak dihasilkan metana. Tingkat reduksi emisi metana proporsional dengan jumlah sampah yang dibuang ke *landfill* atau jumlah sampah yang dikomposkan (KLH 2012).

Jumlah dan komposisi gas yang dihasilkan sangat ditentukan oleh komposisi dan karakteristik sampah. DOC adalah karakteristik menentukan besarnya gas CH₄ yang terbentuk pada proses degradasi organik/karbon yang ada pada sampah. Pada sampah kota, DOC sampah *bulk* diperkirakan

berdasarkan angka rata-rata DOC masing-masing komponen sampah.

Ultimate dan Proximate Analysis

Karakteristik ini diperlukan untuk menentukan pengolahan yang tepat dalam hal penanganan sampah. *Ultimate Analysis* meliputi unsur karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), dan sulfur (S) sampah. Uji karakteristik kimia untuk menjelaskan struktur kimia sampah selain itu, berdasarkan nilai C dan N ini dapat ditentukan rasio C/N sampah. Rasio C/N menunjukkan kandungan nitrogen pada akhir proses dekomposisi yang terjadi. Rasio C/N juga menunjukkan tingkat kematangan kompos. Kriteria desain rasio C/N bahan baku untuk kompos adalah 25-50 (KLH 2012).

Karakteristik fisik yang diteliti adalah berat jenis. Karakteristik kimia yang diteliti adalah kadar air, kadar volatil, kadar abu, dan nilai kalori (*calorific value*). Pengujian *Proximate* untuk mengetahui kandungan *moisture*, *volatilematter*, *ash* dan *fixed carbon*.

Hasil uji karakteristik terhadap *Proximate* dan analisis *Ultimate* adalah sebagai berikut :

Tabel 8 Hasil Uji Karakteristik Sampah Permukiman

| | Karakteristik Sampah Permukiman | | | | |
|------------------|---------------------------------|---------|----------------|---------------|---------|
| | Sampah Makanan | Kertas | Halaman + Kayu | Kulit + Karet | Kain |
| Proximate | | | | | |
| Kadar air | 76,46 | 42,74 | 71,59 | 57,17 | 64,38 |
| Kadar volatil | 91,07 | 86,91 | 74,93 | 80,92 | 77,92 |
| Kadar abu | 8,92 | 13,09 | 25,0625 | 19,08 | 22,07 |
| Fixed carbon | 0,82 | 2,69 | 4,68 | 3,69 | 4,18 |
| NTK | 0,31 | 0,17 | 0,2525 | 0,21 | 0,23 |
| Ultimate | | | | | |
| Karbon | 73,27 | 57,39 | 61,94 | 59,67 | 60,80 |
| Hidrogen | 7,13 | 6,83 | 5,87 | 6,35 | 6,11 |
| Oksigen | 19,33 | 35,43 | 31,5875 | 33,51 | 32,55 |
| Nitrogen | 0,28 | 0,36 | 0,6025 | 0,48 | 0,54 |
| Phospat | 2012,35 | 411,94 | 1208,38 | 810,16 | 1009,27 |
| Sulfur | 0,95 | 0,72 | 2,0125 | 1,36 | 1,69 |
| Nilai kalor | 4708,11 | 3123,06 | 4181,23 | 3652,15 | 3916,69 |
| Density | 0,26 | 0,05 | 0,11 | 0,08 | 0,09 |

Sumber : Uji Laboratorium, Teknik Lingkungan ITB, 2013 dan Perhitungan

Tabel 9 Proximate dan Ultimate Analysis Sampah Perkotaan

| | (%) |
|---------------|------------|
| Kadar air | 15 - 40 |
| Kadar volatil | 40 - 60 |
| Kadar abu | 1-10 |
| Fixed carbon | 5 - 12 |
| Carbon | 40 - 60 |
| Hidrogen | 4 - 8 |
| Oksigen | 30 - 50 |
| Nitrogen | 0,2 - 1,0 |
| Sulfur | 0,05 - 0,3 |

Tabel 10 Proximate dan Ultimate Analysis Sampah Perkotaan

| | Karakteristik Sampah Kota | | | | |
|------------------|---------------------------|---------|--------------|-------------|---------|
| | Sampah Makanan | Kertas | Halaman+Kayu | Kulit+Karet | Kain |
| Proximate | | | | | |
| Kadar air | 79,64 | 42,11 | 69,61 | 55,86 | 62,73 |
| Kadar volatil | 86,00 | 86,93 | 76,81 | 81,87 | 79,34 |
| Kadar abu | 13,99 | 13,06 | 23,07 | 18,06 | 20,56 |
| Fixed carbon | 1,92 | 2,51 | 4,53 | 3,52 | 4,02 |
| NTK | 0,33 | 0,17 | 0,25 | 0,21 | 0,23 |
| Ultimate | | | | | |
| Carbon | 72,69 | 57,51 | 62,04 | 59,78 | 60,91 |
| Hidrogen | 6,73 | 6,82 | 6,03 | 6,42 | 6,22 |
| Oksigen | 20,20 | 35,31 | 31,37 | 33,34 | 32,35 |
| Nitrogen | 0,38 | 0,36 | 0,56 | 0,46 | 0,51 |
| Phospate | 1754,22 | 411,87 | 1091,00 | 751,43 | 921,22 |
| Sulfur | 0,79 | 0,64 | 1,76 | 1,20 | 1,48 |
| Fisik | | | | | |
| Nilai Kalor | 4279,79 | 3476,59 | 4158,98 | 3817,78 | 3988,38 |
| Density | 0,23 | 0,08 | 0,11 | 0,09 | 0,10 |

Tabel 11 Proximate dan Ultimate Analysis Sampah Pasar

| | Sampah Makanan | Kertas | Halaman+Kayu | Kulit+Karet | Kain |
|------------------|----------------|---------|--------------|-------------|---------|
| Proximate | | | | | |
| Kadar air | 83,89 | 41,485 | 61,68 | 51,58 | 56,63 |
| Kadar Volatil | 79,24 | 86,96 | 84,31 | 85,64 | 84,97 |
| Kadar abu | 20,75 | 13,03 | 15,08 | 14,06 | 14,57 |
| Fixed carbon | 3,40 | 2,32 | 3,92 | 3,12 | 3,52 |
| NTK | 0,36 | 0,175 | 0,25 | 0,21 | 0,23 |
| Ultimate | | | | | |
| Carbon | 71,91 | 57,63 | 62,45 | 60,04 | 61,25 |
| Hidrogen | 6,20 | 6,815 | 6,65 | 6,73 | 6,69 |
| Oksigen | 21,38 | 35,195 | 30,49 | 32,84 | 31,67 |
| Nitrogen | 0,51 | 0,36 | 0,41 | 0,39 | 0,40 |
| Phospat | 1410,06 | 411,795 | 621,48 | 516,64 | 569,06 |
| Sulfur | 0,57 | 0,555 | 0,76 | 0,66 | 0,71 |
| Fisik | | | | | |
| Nilai Kalor | 3708,70 | 3830,12 | 4092,21 | 3961,17 | 4026,69 |
| Density | 0,20 | 0,105 | 0,1 | 0,10 | 0,10 |

Sumber : Uji Laboratorium Dan Perhitungan

Dari data *ultimate dan proximate analysis* dapat menentukan angka DOC, karena data *default* DOC di Indonesia belum ada, dengan demikian maka dalam perhitungan masih merujuk ke *default* IPCC, 2006. Hasil pengujian awal menunjukkan bahwa sampah sampel mengandung air di atas 50%,

apabila akan dimanfaatkan untuk menjadi bahan bakar pada pembangkit listrik kadar air yang diizinkan adalah harus di bawah 50%. Karena nilai kalor dipengaruhi oleh nilai *moisture* dalam sampel sampah.

Tabel 12 Dry Matter Content Sampah

| Tipe Limbah padat | Komposisi % berat | Dry Matter Content, % (Data Sekunder)[4] | Dry Matter Content, % (Data Primer Puskim) |
|------------------------------|-------------------|--|--|
| (1). Sisa Makanan | 24,60 | 40% | 20,36 |
| (2). Kayu | 13,41 | 85% | 31,37 |
| (3). Kebun dan taman | 20,12 | 40% | 28,96 |
| (4). Kertas dan karton | 11,53 | 90% | 57,89 |
| (5). Nappies* | 3,53 | 40% | 40 |
| (6). Kain dan produk tekstil | 3,03 | 80% | 67,11 |
| (7). Karet dan kulit | 1,43 | 84% | 85,73 |
| (8). Plastik | 17,3 | 100% | 100 |
| (9). Logam | 0,42 | 100% | 100 |
| (10). Gelas/kaca | 1,82 | 100% | 100 |
| (11) Lain-lain (inert)* | 2,79 | 90% | 90% |

Sumber : Pusat Litbang Permukiman, 2013

* Sumber : KLH 2011

DOC diperkirakan berdasarkan angka rata-rata DOC masing-masing komponen sampah. DOC ini dihitung berdasarkan komposisi (% berat) dan *dry matter content* (kandungan berat kering) masing-masing komponen sampah.

$$DOC = \sum_i DOC_i \times W_i \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

DOC = fraksi *degradable* organic carbon pada sampah buk, Ggram C/Gram sampah

DOC_i = fraksi *degradable* organic carbon pada komponen sampah i (basis berat basah)

W_i = fraksi komponen sampah jenis i (basis berat basah)

i = komponen sampah (sampah makanan, kertas, kayu, plastik, dll)

Tabel 13 Hasil Perhitungan DOC Sampah di TPA

| No | Jenis Sampah | Wi Mataram | Wi Batam | Wi (Sumut+Sulsel)* | Wi Rata-rata | Dry Matter Content | C | DOC |
|-------------------------------------|---------------------|------------|----------|--------------------|--------------|--------------------|--------|-------|
| 1 | Sisa makanan | 0,246 | 0,4528 | 0,544 | 0,4984 | 0,2036 | 0,7269 | 0,074 |
| 2 | Kayu | 0,1341 | 0,0574 | 0,087 | 0,0722 | 0,3137 | 0,573 | 0,013 |
| 3 | Kebun + halaman | 0,2012 | 0,0239 | | 0,0239 | 0,2896 | 0,6915 | 0,005 |
| 4 | Kertas + karton | 0,1153 | 0,0803 | 0,142 | 0,11115 | 0,5789 | 0,5751 | 0,037 |
| 5 | Nappies | 0,0352 | 0,0511 | | 0,0511 | 0,4 | 0,5751 | 0,012 |
| 6 | Kain+produk tekstil | 0,0303 | 0,0166 | 0,025 | 0,0208 | 0,6711 | 0,5205 | 0,007 |
| 7 | Karet+kulit | 0,0143 | 0,0104 | 0,004 | 0,0072 | 0,8573 | 0,3446 | 0,002 |
| 8 | Plastik | 0,1733 | 0,2188 | 0,146 | 0,1824 | - | - | - |
| 9 | Logam | 0,0042 | 0,0053 | 0,004 | 0,00465 | - | - | - |
| 10 | Gelas/kaca | 0,0183 | 0,0203 | 0,013 | 0,01665 | - | - | - |
| 11 | Lain-lain | 0,0279 | 0,0631 | 0,035 | 0,04905 | 0,90 | - | - |
| Hasil Perhitungan DOC Sampah Di TPA | | | | | | | | 0,150 |

Sumber : Hasil perhitungan 2013

Hasil perhitungan faktor emisi spesifik di (ultimate dan proximate analysis) sampah dapat Indonesia dari uji komposisi dan karakteristik dirangkum dalam Tabel 14.

Tabel 14 Faktor Emisi

| Aktivitas | Hasil Pusat Litbang Permukiman, 2013 | | DOC, Default IPCC, 2006 [4] | |
|------------------------|--------------------------------------|--------------|-----------------------------|-------------|
| | Berat Kering | Berat Basah | Berat Kering | Berat Basah |
| Pengomposan Permukiman | 0,42 - 0,47 | 0,07 - 0,114 | 0,08 - 20 | 0,03 - 8 |
| TPA | 0,15 | 0,062 | 0,182 | 0,126 |

Sumber : Hasil Perhitungan

Menurut Henry and Heinke (1996), estimasi produksi gas teoritis dapat mencapai 200-270 L CH₄ per kg sampah, tergantung pada karakteristik sampah dan kondisi fisik TPA, temperatur dan kelembaban. Sebagai contoh jika digunakan nilai produksi gas spesifik rata-rata 235 L CH₄/kg sampah dan 80% sampah di Jabotabek dibuang ke TPA (Gusmailina 2006).

Dengan mengetahui angka faktor emisi dan jumlah aktivitas sampah yang dikelola dapat menentukan dan menyesuaikan terhadap dampak negatif

perubahan iklim akibat adanya penambahan konsentrasi GRK. Pemahaman atas konsep ini penting karena mempengaruhi pembiayaan pengelolaan sampah.

Masih dalam kerangka bahasan *millenium goals* keenam, yaitu *sustainability* lingkungan, berbagai komponen sampah menyimpan potensi untuk dapat dimanfaatkan kembali, atau diolah untuk menghasilkan produk baru non energi melalui proses *recovery* dan *recycling*. Potensi reduksi sampah kota dapat ditetapkan berdasarkan

material balance, dengan memperhitungkan *recovery factor* setiap komponen sampah, yaitu prosentasi setiap komponen sampah yang dapat dimanfaatkan kembali, di-*recovery* atau didaur ulang. Selebihnya merupakan residu yang memerlukan pembuangan akhir atau pemusnahan. *Recovery factor* dari jenis-jenis sampah yang telah dihitung di Kota Surabaya (Trihadiningrum 2006).

Pengomposan merupakan salah satu alternatif yang dianjurkan dalam menangani sampah kota. Kementerian Lingkungan Hidup dengan bantuan Bank Dunia sejak beberapa tahun yang lalu memperkenalkan subsidi kompos yang dihasilkan, untuk merangsang pertumbuhan penanganan sampah melalui pengomposan. Dari pengomposan 1,9 ton sampah dapat dihasilkan satu ton kompos, sedangkan satu ton sampah jika ditimbun di *landfill* dapat menghasilkan 0,20-0,27 metana. Dengan demikian, dengan menghasilkan satu ton kompos, emisi gas rumah kaca sebesar 0,21-0,29 ton metana atau 5-7 ton karbon dioksida ekuivalen dapat dicegah (Suprihatin dan Romli 2008).

Upaya meminimalkan emisi gas rumah kaca dari berbagai sektor pengolahan sampah :

- Mengurangi jumlah sampah dari rumah tangga / sumber sampah akhir di TPA
- Permanfaatan sampah untuk tujuan daur ulang : pengomposan
- Pemanfaatan gas metana dari sampah sebagai sumber energi
- Melalui kegiatan *reduce, reuse, recycle* (3 R); *Waste to Energy* (menggunakan energi sampah) dan *Clean Development Mechanism* (CDM).

Pada RAN-GRK terdapat kebijakan pengelolaan sampah dalam rangka mitigasi perubahan iklim dilakukan dengan pengelolaan sampah dengan penerapan konsep 3R (*reduce, reuse, recycle*), fasilitasi prasarana pengumpulan / pengangkutan sampah, pembangunan / peningkatan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah menjadi *sanitary landfill* dan juga pengembangan TPA yang terpadu dengan teknologi pemanfaatan GRK untuk energi. Kebijakan pengelolaan sampah kedepan sekiranya harus menerapkan kebijakan utama pengurangan sampah di sumber dengan konsep 3R sesuai dengan strategi dan kebijakan pemerintah dalam pengelolaan sampah. Hal tersebut untuk mengurangi jumlah atau volume sampah sebelum diangkut ke TPA. Untuk pengelolaan sampah dengan konsep 3R harus dilakukan dengan mengintegrasikan partisipasi masyarakat dalam program 3R sampah dimulai dari tingkat perumahan dengan mengubah kebiasaan masyarakat menjadi lebih bersih dan sehat dan juga keterlibatan industri antara lain dengan melaksanakan EPR (*Extended Producer*

Responsibility) yaitu prinsip untuk produsen dan importir sampah B3 (KLH 2011).

KESIMPULAN

Data spesifik di Indonesia dari hasil perhitungan komposisi sampah dan karakteristik sampah sebagai berat kering sampah, hasil perhitungan DOC sampah di TPA adalah 0,150 kg CH₄/kg sampah, sisa makanan 0,074; Kayu 0,013 dan Kebun dan halaman 0,005. Faktor emisi CH₄ sampah organik adalah (0,07 - 0,11) kg CH₄ per berat kering atau (0,42 - 0,47) kg CH₄ per berat basah dari data spesifik sampah di Indonesia.

Pengelolaan sampah ditingkatkan dengan menunjang pada mitigasi dan adaptasi emisi GRK. Besarnya emisi gas rumah kaca tergantung pada komposisi sampah dan karakteristik sampah dan jumlah aktivitas pengelolaan sampah. Program 3R mengubah bentuk dan sifat sampah melalui proses bio-fisik-kimiawi menjadi produk baru yang lebih berharga, merupakan langkah untuk mengurangi emisi gas rumah kaca di TPA, antara lain mengubah sampah basah menjadi kompos sistem aerobik dan anaerobik serta sistem *anaerobic digestion*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Pusat Litbang Permukiman selaku Kepala Satuan Kerja Pusat Litbang Permukiman, Pejabat Pembuat Komitmen dan kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan masukan materi selama pelaksanaan kegiatan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Damanhuri, Enri dan Tri Padmi. 2010. *Pengelolaan Sampah*. Diklat Kuliah T8L-3104. ITB. Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2007. *Rencana Aksi Nasional Mitigasi Dan Adaptasi Bidang Pekerjaan Umum*.
- Gusmailina. 2004. *Penerapan Teknologi Arang Kompos Bioaktif Sampah Kota Di TPA; Suatu Alternatif Reduksi Emisi Dan Pemanasan Global*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2011. *Panduan Penyusunan Rencana Aksi Daerah Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca (RAD-GRK)*
- Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. 2012. *Metodologi Perhitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca Pengelolaan Limbah*. Buku II. Volume 4. Kementerian Lingkungan Hidup. Jakarta.

- Rahmawati, Aisa. 2013. *Gas Rumah Kaca, Dampak, Dan Sumbernya. Pencemaran Udara*. Teknik Lingkungan. ITB. Bandung.
- SNI19-3964-1994, tentang Metode Pengambilan Dan Pengukuran Contoh Timbulan Dan Komposisi Sampah Perkotaan.
- Sunarto, Sudharto P. Hadi dan Purwanto. 2013. Pengolahan Sampah Di TPS Tlogomas Malang untuk Mereduksi Jejak Karbon. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan*. ISBN 978-602-17001-1-2 107.
- Suprihatin, Nastiti Siswi Indrasti, dan Muhammad Romli 2008. Potensi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca Melalui Pengomposan Sampah. Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian-IPB. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. Vol. 18(1), 53-59.
- Tchobanoglous, George, and Hillary Theisen. 1993. *Integrated Solid Waste Management-Engineering Principles And Management Issues*. McGraw-Hill, Inc. University of California. Davis.
- Trihadiningrum, Yulinah. 2006. Reduction potential of domestic solid waste in Surabaya City, Indonesia. *Proceedings, The 4th International Symposium On Sustainable Sanitation*, Bandung, 4-6 September 2006. ISBN 979-26-2496-1. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.