

ESTIMASI EMISI (N_2O) DARI TIMBULAN SAMPAH DI KAMPUS 3 UPGRIS SEMARANG

Velma Nindita¹⁾

¹⁾ Program Studi Arsitektur Universitas PGRI Semarang
Jln. Sidodadi Timur Nomor 24 - Dr. Cipto Semarang
Email: velmanindita@upgris.ac.id

ABSTRAK

Emisi karbon meningkat seiring pertambahan jumlah penduduk. Meningkatnya aktivitas manusia terutama dalam penghasil sampah untuk memenuhi kehidupan sehari-hari menimbulkan efek negatif terhadap atmosfer salah satunya meningkatnya Gas Rumah Kaca (GRK). Hal ini akan mengakibatkan terjadinya pemanasan global (global warming) seperti yang sedang terjadi saat ini. Penelitian ini bertujuan Menghitung komposisi sampah menurut SNI 19-3964-1994, dan menghitung potensi gas rumah kaca N_2O dari setiap komposisi sampah. Metode pengumpulan data yang digunakan adalah wawancara, sampling secara acak sederhana disertai dengan pengukuran menggunakan analisis secara deskriptif kuantitatif. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa perhitungan komposisi sampah untuk sampah daun $3,58 \times 10^{-3}$ Gg/tahun; sampah ranting $3,6 \times 10^{-4}$ Gg/tahun; sampah kertas $3,57 \times 10^{-4}$ Gg/tahun; sampah plastik $2,02 \times 10^{-4}$ Gg/tahun serta emisi $N_2O = 5,92 \times 10^{-7}$ Gg/tahun (daun), $N_2O = 5,94 \times 10^{-8}$ Gg/tahun (ranting), $N_2O = 5,89 \times 10^{-7}$ Gg/tahun (kertas), $N_2O = 3,33 \times 10^{-8}$ Gg/tahun (plastik). Proses pemisahan sampah dari sumbernya agar memudahkan proses pemilahan sampah harus dapat dilakukan dan pengukuran terhadap timbulan sampah dan komposisi sampah secara kontinyu

Kata kunci: N_2O , emisi, sampah.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Meningkatnya jumlah emisi gas rumah kaca di Indonesia terjadi karena adanya pengaruh dari semua kegiatan manusia tanpa disadari maupun tidak terlebih di bidang transportasi, dengan dukungan dari sektor ekonomi, industri dan unsur alam. Hal ini menunjukkan bahwa dari berbagai kegiatan yang dilakukan tersebut akan membawa dampak pada kondisi lingkungan. Dampak tersebut tidak lain adalah dihasilkannya beberapa macam gas utama yang disebut dengan istilah gas rumah kaca (BMKG, 2012). Menurut Konvensi PBB terdapat 6 jenis gas yang dikelompokkan sebagai gas rumah kaca (GRK) yang diantaranya ialah Karbon Dioksida (CO_2), Dinitroksida

(N_2O), Metana (CH_4), Sulfurheksafluorida (SF_6), Perfluorokarbon (PFCs) dan Hidrofluorokarbon (HFCs).

Pertambahan penduduk dan perubahan pola konsumsi masyarakat menyebabkan bertambahnya volume, jenis, dan karakteristik sampah yang semakin beragam. (Tanod, Rengkung dan Tondobala, 2014). Pengelolaan sampah perkotaan pada umumnya menjalankan sistem pengumpulan dan pengangkutan dan bergantung pada pengelolaan di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA), terlebih sebagian besar daerah di Indonesia masih menganut sistem open dumping sehingga semakin lama TPA tersebut akan semakin besar beban pengolahannya. Volume sampah terus membengkak karena penduduk bertambah,

sementara di lain sisi ketersediaan lahan untuk TPA semakin terbatas (Bappenas, 2011). Pada tahun 2010, penyumbang emisi terbesar Gas Rumah Kaca (GRK) Propinsi Jawa Tengah berasal dari sektor limbah yaitu sebesar 61% (Bappenas, 2011). Pengelolaan sampah organik yang tidak tepat akan meningkatkan gas metan yang merupakan emisi gas rumah kaca yang berkontribusi terhadap pemanasan global dan perubahan iklim. Dampak gas-gas rumah kaca terhadap pemanasan global sangat bervariasi, untuk jumlah konsentrasi yang sama tiap-tiap gas rumah kaca memberikan dampak pemanasan global yang berbeda. (Sudarman, 2010).

Kampus 3 Universitas PGRI Semarang merupakan kampus yang digunakan untuk kegiatan laboratorium fakultas Teknik. Terdapat banyak sekali sampah domestik khususnya sampah jenis organik berasal dari reruntuhan daun pohon, dan sisanya berasal dari aktivitas manusia. Penelitian ini dilakukan dengan mengestimasi berapa jumlah timbunan sampah dan menghitung perkiraan emisi gas rumah kaca (N_2O) dengan perhitungan menggunakan faktor emisi dari IPCC 2006.

Rumusan Masalah

1. Berapa komposisi sampah domestik di kampus 3 UPGRIS
2. Berapa potensi gas rumah kaca (N_2O) yang dihasilkan di kampus 3 UPGRIS

Tujuan Penelitian

1. Menghitung komposisi sampah menurut SNI 19-3964-1994

2. Menghitung potensi gas rumah kaca N_2O dari setiap komposisi sampah.

TINJAUAN PUSTAKA

Gas Rumah Kaca (GRK)

Gas-gas yang tergolong sebagai GRK adalah karbondioksida (CO_2), metana (CH_4), nitrogenoksida (N_2O), hidroflorokarbon (HFC), perflorokarbon (PFC), dan sulfurheksaklorida (SF_6). Keenam GRK tersebut adalah gas-gas berdasarkan Protokol Kyoto yang dianggap bertanggung jawab dalam peningkatan pemanasan global. Gas-gas tersebut memiliki potensi pemanasan global yang diperhitungkan dalam potensi CO_2 atau dikenal sebagai *Global Warming Potential (GWP)*. GWP merupakan besaran efek radioaktif GRK apabila dibandingkan dengan CO_2 . GWP menunjukkan sekian ton CO_2 setara dengan satu ton GRK lainnya. Metana (CH_4) memiliki GWP 21 kali CO_2 , sedangkan nilai GWP untuk N_2O , HFC, PFC dan SF_6 berturut-turut adalah sebesar 310, 140-11.700, 6500-9.200, dan 23.900 kali CO_2 .

Dinitrogen oksida (N_2O)

Dinitrogen oksida memiliki konsentrasi rata-rata yang terus meningkat dari tahun 1978 hingga tahun 2010 pada angka 0,2 sampai 0,3% setiap tahunnya. Aktivitas yang mendukung naiknya konsentrasi dinitrogen oksida di atmosfer antara lain pemupukan tanah, penggunaan lahan, pembakaran biomassa, serta pembakaran bahan bakar fosil (Artadi, 2013).

Efek Rumah Kaca

Efek rumah kaca yaitu efek panas yang ditimbulkan dari

penyerapan pancaran radiasi gelombang panjang matahari oleh gas rumah kaca yang berada pada lapisan atmosfer bawah dekat dengan permukaan bumi. Efek rumah kaca dibutuhkan oleh bumi dalam keadaan normal untuk menjaga keseimbangan suhu bumi. Artinya dengan adanya efek rumah kaca, suhu rata-rata permukaan bumi yang sedang tidak terkena sinar matahari tidak terlalu rendah (KLH, 2012).

Faktor Emisi

Faktor Emisi Perhitungan emisi GRK digunakan faktor emisi, dimana nantinya faktor emisi yang akan dikalikan dengan jumlah penggunaan bahan bakar sehingga akan didapatkan jumlah total emisi yang dikeluarkan. Persamaan perhitungan jejak karbon adalah sebagai berikut : $Emisi = DA \times FE$ dimana DA adalah data dari aktivitas yang dikaji dan FE adalah faktor emisi dari aktivitas yang dikaji. Menurut Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 71 Tahun 2011, Faktor emisi adalah besaran emisi GRK yang dilepaskan ke atmosfer per satuan aktivitas tertentu. Faktor emisi ditentukan berdasarkan penelitian dan sangat spesifik untuk setiap bahan atau produk. Oleh karena belum ada faktor emisi yang spesifik untuk Indonesia, maka digunakan faktor emisi yang sudah ditentukan oleh IPCC.

Komposisi Sampah

Komposisi sampah merupakan penggambaran dari masing-masing komponen yang terdapat pada sampah dan distribusinya. Data ini penting untuk mengevaluasi peralatan yang diperlukan, sistem, pengolahan sampah dan rencana manajemen persampahan suatu kota. Pengelompokan sampah yang paling

sering dilakukan adalah berdasarkan komposisinya, misalnya dinyatakan sebagai % berat atau % volume dari kertas, kayu, kulit, karet, plastik, logam, kaca, kain, makanan, dan sampah lain-lain (Damanhuri dan Padmi, 2004). Komposisi sampah dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut (Tchobanoglous, 1993): 1) Frekuensi pengumpulan. Semakin sering sampah dikumpulkan, semakin tinggi tumpukan sampah terbentuk. Sampah kertas dan sampah kering lainnya akan tetap bertambah, tetapi sampah organik akan berkurang karena terdekomposisi. 2) Musim. Jenis sampah akan ditentukan oleh musim buah-buahan yang sedang berlangsung. 3) Kondisi Ekonomi. Kondisi ekonomi yang berbeda menghasilkan sampah dengan komponen yang berbeda pula. Semakin tinggi tingkat ekonomi suatu masyarakat, produksi sampah kering seperti kertas, plastik, dan kaleng cenderung tinggi, sedangkan sampah makanannya lebih rendah. Hal ini disebabkan pola hidup masyarakat ekonomi tinggi yang lebih praktis dan bersih. 4) Cuaca. Di daerah yang kandungan airnya cukup tinggi, kelembaban sampahnya juga akan cukup tinggi. 5) Kemasan produk. Bahan kebutuhan sehari-hari juga akan mempengaruhi komposisi sampah. Negara maju seperti Amerika sering menggunakan kertas sebagai pengemas, sedangkan negara berkembang seperti Indonesia banyak menggunakan plastik sebagai pengemas.

METODE PENELITIAN

Menghitung Persentase Komposisi

Komposisi sampah dapat dihitung dengan menggunakan

rumus: % komposisi= (\sum berat komponen / berat sampel total) x 100%.

Perhitungan Bau Emisi Gas Rumah Kaca (GRK)

Pehitungan BAU emisi GRK menggunakan referensi dari Bappenas yakni Pedoman Teknis Perhitungan *Baseline* Emisi GRK Sektor Sampah yang mengadopsi dari standar perhitungan IPCC (Bappenas, 2016) berupa kalkulator excel. Perhitungan BAU untuk mengetahui besarnya emisi GRK yang dihasilkan tanpa adanya kegiatan mitigasi/penurunan emisi. Model perhitungan IPCC 2006 telah digunakan di banyak negara berkembang Potensi emisi GRK yang berasal dari pembakaran sampah adalah N₂O.

Perhitungan Emisi N₂O

$$N_2O = (IWi * EFi) / 10^{-6} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana: **IWi** adalah Jumlah sampah yang dibakar (Gg/tahun) sedangkan **EFi** adalah Fraksi emisi N₂O, yaitu sebesar 150 g/ton (berat kering) untuk pembakaran terbuka dan **10⁻⁶** adalah Faktor konversi kg ke Gg.

Fraksi Kadar Karbon (Simbol CF) dan Fraksi Fosil Karbon (Simbol FCF)

Fraksi kadar karbon adalah nilai kadar karbon dan fraksi fosil karbon diperoleh berdasarkan komposisi sampah yang dibakar, dan untuk menghitung nilai kadar karbon dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$F = \sum (WFi * CFi) \dots\dots\dots (2)$$

Dimana: CF adalah Fraksi karbon sampah. Sedangkan WFi adalah Fraksi komposisi sampah jenis I dan

CFi adalah Kadar karbon pada sampah jenis i.

Persamaan di atas dapat pula digunakan untuk menghitung fraksi fosil karbon dengan mengganti komponen CFi dengan FCFi (fraksi fosil karbon pada sampah jenis i), Nilai CF dan FCF untuk masing-masing jenis sampah menurut IPCC, 2006 dapat dilihat pada tabel 1 berikut:

Tabel 1.
Nilai CF dan FCF setiap jenis sampah

Jenis sampah	Kadar karbon (CF, % berat kering)		Kadar fosil karbon (FCF, %% berat kering)	
	Rata-Rata	Rentang	Rata-Rata	Rentang
Kertas	46	42-50	1	0-5
Kain	50	25-50	20	0-50
Sampah dapur	38	20-50	-	-
Kayu	50	46-54	-	-
Daun	49	45-55	0	0
Nappies	70	54-90	10	10
Karet	67	67	20	20
Plastik	75	67-85	100	95-100
Logam	-	-	-	-
Kaca	-	-	-	-
Lain-lain	3	0-5	100	50-100

Sumber : IPCC 2006

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kampus 3 Universitas PGRI Semarang merupakan kampus yang diperuntukkan bagi kegiatan laboratorium mahasiswa Fakultas Teknik dan Pendidikan Biologi. Kampus ini memiliki luas kurang lebih 2200 m². Jumlah mahasiswa, dosen, dan karyawan terdiri dari mahasiswa Teknik Mesin ± 250 orang, Teknik Sipil ± 80 orang, Teknik Elektro ± 80 orang, Teknologi Pangan ± 40 orang, Dosen 30 orang, karyawan 2 orang, dan petugas kebersihan 5 orang. Sampah yang berada di kampus 3 sepenuhnya tidak dilakukan konsep pengelolaan sampah, baik 3R maupun lainnya. Sampah hanya terkumpul di halaman pohon pinus dan langsung dibakar tanpa ada pengolahan lebih lanjut.

Perhitungan Berat Sampah berdasarkan Komposisi

Untuk mengetahui karakteristik komposisi sampah di kampus 3, maka dilakukan pengukuran dan pengambilan sampel dengan mengacu pada SNI_19-2454-2002. Sampel sampah yang telah diambil, ditimbang berat dan diukur volume dengan menggunakan bak ukur yang telah disiapkan. Berdasarkan hasil analisa perhitungan bahwa jumlah timbulan sampah di kampus 3 Universitas PGRI Semarang selama 8 hari berturut-turut dalam waktu 3 bulan dalam selang waktu per bulan terhitung tanggal 8-15 April 2019, 6-13 Mei 2019, dan 17-24 Juni 2019, kemudian dirata-rata untuk dijadikan satu data selama 8 hari dalam 3 bulan, kemudian didapatkan hasil perhitungan sampah yang paling banyak adalah sampah kategori daun sebanyak 88%, komposisi sampah ranting 4,5%, sampah kertas 4,45%, dan sampah plastik 2,51%.

Perhitungan Komposisi Sampah

Perhitungan komposisi sampah dihitung dengan rumus sebagai berikut:

% Komposisi Sampah Daun

$$= \frac{\sum \text{berat komponen (kg)}}{\sum \text{berat total sampah (kg)}} \times 100 \%$$

$$= \frac{44,5}{55,96} \times 100 \%$$

(8 hari)

$$= 79,52 \text{ kg}$$

$$= 298,20 \text{ kg} \times 12 \text{ bulan}$$

(% tahun)

$$= 3578,45 \text{ kg/th}$$

% Komposisi Sampah Ranting

$$= \frac{\sum \text{berat komponen (kg)}}{\sum \text{berat total sampah (kg)}} \times 100 \%$$

$$= \frac{4,5}{55,96} \times 100 \%$$

(8 hari)

$$= 8,04 \text{ kg}$$

$$= 30 \text{ kg} \times 12 \text{ bulan}$$

(% tahun)

$$= 360 \text{ kg/th}$$

% Komposisi Sampah Kertas

$$= \frac{\sum \text{berat komponen (kg)}}{\sum \text{berat total sampah (kg)}} \times 100 \%$$

$$= \frac{44,5}{55,96} \times 100 \%$$

(8 hari)

$$= 7,95 \text{ kg}$$

$$= 29,82 \text{ kg} \times 12 \text{ bulan}$$

(% tahun)

$$= 357,8 \text{ kg/th}$$

% Komposisi Sampah Plastik

$$= \frac{\sum \text{berat komponen (kg)}}{\sum \text{berat total sampah (kg)}} \times 100 \%$$

$$= \frac{2,51}{55,96} \times 100 \%$$

(8 hari)

$$= 4,49 \text{ kg}$$

$$= 16,82 \text{ kg} \times 12 \text{ bulan}$$

(% tahun)

$$= 201,84 \text{ kg/th}$$

Perhitungan Potensi Gas Rumah Kaca (N₂O) berdasarkan Pedoman Teknis GRK Sektor Pengelolaan Limbah (BAPPENAS,2014)

Sampah Daun

Perhitungan Emisi N₂O

$$N_2O = (IWi * EFi) / 10^{-6}$$

IWi : Jumlah sampah yang dibakar (Gg/tahun)

EFi : Fraksi emisi N₂O, yaitu sebesar 150 g/ton (berat kering) untuk pembakaran terbuka.

150 gr/ton dikonversi menjadi Gg
 $1,65 \times 10^{-4}$
 1 ton : 0,000907 Gg
 1gr : 1×10^{-9} Gg
 10^{-6} : Faktor konversi kg ke Gg
 $N_2O = 3,58 \times 10^{-3} * 1,65 \times 10^{-4}$
 $N_2O = 5,92 \times 10^{-7}$ Gg/tahun.

Dari hasil perhitungan dapat terlihat bahwa emisi N_2O yang dihasilkan dari sampah daun menghasilkan $5,92 \times 10^{-7}$ Gg/tahun yang setara dengan $4,93 \times 10^{-8}$ Gg/bulan. Pada perhitungan ini seluruh sampah daun yang seharusnya bisa diolah melalui proses pengomposan namun tidak ada pengolahan sama sekali dan langsung dibakar pada pembakaran terbuka.

Sampah Ranting

Perhitungan Emisi N_2O
 $N_2O = (IWi * EFi) / 10^{-6}$
 IWi : Jumlah sampah yang dibakar (Gg/tahun)
 EFi : Fraksi emisi N_2O , yaitu sebesar 150 g/ton (berat kering) untuk pembakaran terbuka.
 150 gr/ton dikonversi menjadi Gg
 $1,65 \times 10^{-4}$
 1 ton : 0,000907 Gg
 1gr : 1×10^{-9} Gg
 10^{-6} : Faktor konversi kg ke Gg
 $N_2O = 3,6 \times 10^{-4} * 1,65 \times 10^{-4}$
 $N_2O = 5,94 \times 10^{-8}$ Gg/tahun

Dari hasil perhitungan dapat terlihat bahwa emisi N_2O yang dihasilkan dari sampah ranting pun juga tidak dilakukan pengolahan lanjutan dan menghasilkan $5,94 \times 10^{-8}$ Gg/tahun yang setara dengan $4,95 \times 10^{-9}$ Gg per bulan.

Sampah Kertas

Perhitungan Emisi N_2O

$N_2O = (IWi * EFi) / 10^{-6}$
 IWi : Jumlah sampah yang dibakar (Gg/tahun)
 EFi : Fraksi emisi N_2O , yaitu sebesar 150 g/ton (berat kering) untuk pembakaran terbuka.

150 gr/ton dikonversi menjadi Gg
 $1,65 \times 10^{-4}$
 1 ton : 0,000907 Gg
 1gr : 1×10^{-9} Gg
 10^{-6} : Faktor konversi kg ke Gg
 $N_2O = 3,57 \times 10^{-3} * 1,65 \times 10^{-4}$
 $N_2O = 5,89 \times 10^{-7}$ Gg/tahun

Dari hasil perhitungan dapat terlihat bahwa emisi N_2O yang dihasilkan dari sampah kertas menghasilkan $5,89 \times 10^{-7}$ Gg/tahun yang setara dengan $4,91 \times 10^{-8}$ Gg per bulan. Jumlah emisi dari sampah daun dan sampah kertas hampir sama setiap bulannya yang dihasilkan.

Sampah Plastik

Perhitungan Emisi N_2O
 $N_2O = (IWi * EFi) / 10^{-6}$
 IWi : Jumlah sampah yang dibakar (Gg/tahun)
 EFi : Fraksi emisi N_2O , yaitu sebesar 150 g/ton (berat kering) untuk pembakaran terbuka.
 150 gr/ton dikonversi menjadi Gg
 $1,65 \times 10^{-4}$
 1 ton : 0,000907 Gg
 1gr : 1×10^{-9} Gg
 10^{-6} : Faktor konversi kg ke Gg
 $N_2O = 2,02 \times 10^{-4} * 1,65 \times 10^{-4}$
 $N_2O = 3,33 \times 10^{-8}$ Gg/tahun

Dari hasil perhitungan dapat terlihat bahwa emisi N_2O yang dihasilkan dari sampah plastik paling sedikit jumlahnya karena komposisi sampah plastik juga tidak banyak. Emisi N_2O menghasilkan $3,33 \times 10^{-8}$

Gg/tahun yang setara dengan $2,775 \times 10^{-9}$ Gg per bulan.

PENUTUP

Simpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan di kampus 3 Universitas PGRI Semarang dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Komposisi sampah untuk sampah daun $3,58 \times 10^{-3}$ Gg/tahun; sampah ranting $3,6 \times 10^{-4}$ Gg/tahun; sampah kertas $3,57 \times 10^{-4}$ Gg/tahun; sampah plastik $2,02 \times 10^{-4}$ Gg/tahun.
2. Sampah daun : Estimasi emisi N_2O $5,92 \times 10^{-7}$ Gg/tahun
3. Sampah ranting : Estimasi emisi N_2O $25,94 \times 10^{-8}$ Gg/tahun
4. Sampah kertas : Estimasi emisi N_2O $5,89 \times 10^{-7}$ Gg/tahun
5. Sampah plastik : Estimasi emisi N_2O $3,33 \times 10^{-8}$ Gg/tahun
6. Rata-rata, 98% dari total sampah di kampus 3 Universitas PGRI bersifat organik, namun belum dilakukan proses 3R.

Saran

Sebaiknya dilakukan proses pemisahan sampah dari sumbernya agar memudahkan proses pemilahan sampah untuk selanjutnya dilakukan pengolahan sampah dan dilakukan pengukuran terhadap timbulan sampah dan komposisi sampah secara kontinyu.

DAFTAR PUSTAKA

Artadi, F. 2013. *Studi Jejak Karbon dari Aktivitas di Kampus Fakultas Teknik Universitas Indonesia*. Depok: UI Press

Bappenas. 2011. *Pedoman Pelaksanaan Rencana Aksi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca*. Jakarta: BAPPENAS.

Bappenas. 2014. *Pedoman Teknis Perhitungan Baseline Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Pengelolaan Limbah*. Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas) Deputi Bidang Sumber Daya Alam dan Lingkungan Hidup. Jakarta.

BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika). 2012. *Buku Informasi Perubahan Iklim dan Kualitas Udara Di Indonesia*. Jakarta : BMKG.

Damanhuri dan Padi, (2004). *Diktat Pengelolaan Sampah*. Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung (ITB): Bandung.

IPCC 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*. Tokyo: IGES.

Kementerian Lingkungan Hidup. 2012. *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Buku II – Volume 1 Metodologi Perhitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia.

SNI 19-3964-1994. 1994. *Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan komposisi Sampah Perkotaan*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.

Sudarman. 2010. *Meminimalkan Daya Dukung Sampah Terhadap Pemanasan Global*. Jurnal Profesional, Vol. 8, No. 1,

Mei 2010, ISSN 1693-3745. Semarang: Universitas Negeri Semarang.