

## Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca yang Dihasilkan dari Pembakaran Sampah di Jawa Tengah

### Greenhouse Gas (GHG) Emission Estimation From Open Burning Solid Waste in Central Java

Setyo Prabowo<sup>1,\*</sup>, Pranoto<sup>2</sup>, Sri Budiastuti<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Pascasarjana Ilmu Lingkungan, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta 57126, Jawa Tengah, Indonesia

<sup>2</sup>Fakultas MIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta JL. Ir. Sutami 36 A Surakarta 57126, Jawa Tengah, Indonesia

<sup>3</sup>Pascasarjana Ilmu Lingkungan, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta 57126, Jawa Tengah, Indonesia

\*Corresponding author: prabowiblh@gmail.com

**Abstract:** Climate change is no longer an issue but has become evident in environmental issues. The concentration of CO<sub>2</sub> from year to year rises proportional to the increase in the earth's temperature. One of the components causing climate change is open burning solid waste. Burnt solid waste will produce GHG emissions in addition to affecting human health. Currently, there is no one in 35 districts/municipalities to process waste thoroughly in accordance with the requirements. The pattern of behavior in managing solid waste is carried out by the highest society by burning waste openly that is 42.07%. In this study the calculation of emissions by projecting emissions without any action of GHG emission reduction, action and emission reduction targets in 2010-2020 resulting from burning solid waste. The calculation of GHG emission levels for the waste sector in 35 districts/cities is done by referring to the method developed by IPCC 2006. The emissions generated in 2010-2020 from waste burning activities amounted to 1357,53 Gg CO<sub>2</sub>e or 24,72 % of the total emissions of the solid waste sector. Based on the results of research, the ability of Local Government of Regency/City to take action and plan of GHG emission reduction mitigation until 2020 to burning solid waste activity equal to 305,36 Gg CO<sub>2</sub>e. These types of actions include solid waste bank, solid waste house, 3R unit and thermal unit. The low target of the decline is due to budget constraints from the government so that the self-supporting role of the community, is necessary. The number of solid waste banks, 3R units and and the solid waste house of 2010-2016 as mitigation action amounted to 1462 units, 135 units and 458 units respectively. Meanwhile, the mitigation action plan for 2017-2020 through solid waste bank activities, 3R units, thermal unit are 1129 units, 177 units and 3 units.

**Keywords:** Solid Waste, Greenhouse Gas, Open Burning

## 1. PENDAHULUAN

Wilayah Provinsi Jawa Tengah berada pada 5<sup>o</sup>40' - 8<sup>o</sup>30' Lintang Selatan dan 108<sup>o</sup>30' - 111<sup>o</sup>30' Bujur Timur. Secara administratif wilayah Provinsi Jawa Tengah berbatasan dengan Samudera Hindia dan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta di sebelah selatan; Provinsi Jawa Barat di sebelah barat; Provinsi Jawa Timur di sebelah timur, dan Laut Jawa di sebelah utara. Provinsi Jawa Tengah terbagi menjadi 29 kabupaten dan 6 kota, dan terdiri dari 573 kecamatan yang meliputi 7810 desa dan 767 kelurahan dengan luas wilayah sebesar 3,254,412 Ha atau 25.04% dari luas Pulau Jawa. Pertumbuhan jumlah penduduk dari tahun ke tahun sebesar 0.01 % akan berpengaruh pada jumlah timbulan sampah (Hezhong T, et al., 2013).

Menurut Tchobanoglous et al., (1993) sampah merupakan buangan padat yang dihasilkan dari seluruh kegiatan manusia dan hewan yang tidak

berguna atau tidak diinginkan. Menurut Undang-Undang Nomor 18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Sampah yang timbul dari aktivitas manusia telah menjadi salah satu masalah lingkungan utama dan menyebabkan pencemaran serta ancaman bagi kesehatan manusia (Vyas P, 2011).

Keberadaan sampah tidak hanya mengganggu sanitasi tetapi juga berpengaruh pada perubahan iklim. Keberadaan emisi Gas Rumah Kaca (GRK). GRK merupakan gas-gas yang memiliki efek rumah kaca, seperti gas Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>), Metana (CH<sub>4</sub>), Dinitrogen Mono Oksida (N<sub>2</sub>O), Hidro Fluorocarbon (HFCs), Sulfur Hexaflorida (SF<sub>6</sub>) dan Perfluoro Karbon (PFCs) (KLH, 2012). Beberapa gas tersebut memiliki efek rumah kaca lebih besar daripada gas lainnya. Sebagai contoh, gas CH<sub>4</sub> memiliki efek 25 kali lebih besar dibanding dengan gas CO<sub>2</sub> (Solomon et al., 2007). Emisi GRK tersebut juga dihasilkan dari kegiatan pembakaran sampah (IPCC, 2006).



Proses pengolahan sampah secara termal bertujuan untuk mereduksi volume sampah dan daya cemar sampah, dengan tingkat oksidasi yang lebih tinggi ketimbang proses fisika dan proses biologi. Umumnya dilakukan dengan eskalasi temperatur, sehingga kandungan air pada sampah akan berkurang (menguap) dan akhirnya mengalami proses pembakaran (PU, 2013). Di wilayah Jawa Tengah diperkirakan masih tinggi pola pengelolaan sampah dengan cara dibakar secara terbuka dikarenakan belum ada teknologi termal diterapkan di Jawa Tengah.

Bagi masyarakat pembakaran sampah secara terbuka dianggap yang termudah, termurah khususnya yang tidak memiliki akses penanganan sampah dari Pemerintah. Pembakaran terbuka merupakan proses kimia yang akan menghasilkan polutan berbahaya dan tidak dapat diterima sesuai Konvensi Stockholm yang berkaitan dengan pencemar organik yang persisten: seperti Polychlorinated Dibenzo-p-Dioksin (PCDDs), Dibenzofuran Polychlorinated (PCDF), Polychlorinated Biphenyls (PCB) dan Hexachloro Benzene (HCB) sebagai produk dari pembakaran tidak sempurna yang berbahaya bagi kesehatan (UNEP, 2004). Selain itu emisi yang dihasilkan dari pembakaran sampah akan berdampak pada penambahan emisi GRK. Jenis emisi GRK dihasilkan berupa CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>.

Sebagai bentuk upaya mendukung Pemerintah Indonesia yang telah berkomitmen menurunkan emisi s.d. 2020 oleh Mantan Presiden Susilo Bambang Yudoyono, maka perlu ditetapkan target penurunan emisi GRK sektor sampah (TPA) di wilayah Jawa Tengah. Sebelum menetapkan target penurunan emisi GRK, maka perlu dilakukan perhitungan emisi tanpa adanya kegiatan penurunan yang kita sebut dengan istilah BAU (*Business as Usual*) dengan tahun dasar mulai 2010. Untuk melakukan perhitungan BAU diperlukan data-data sampah terangkut, pola distribusi pengelolaan sampah, jumlah sampah yang dibakar secara terbuka (Bappenas, 2016). Pedoman yang digunakan untuk menghitung adalah Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Sektor Limbah (KLH, 2012).

## 2. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui estimasi besarnya emisi GRK yang terbentuk tahun 2010 s.d. 2020 akibat dari pembakaran sampah secara terbuka dan menentukan jenis, target penurunan emisi dari sektor sampah domestik di Kabupaten/Kota.

## 3. METODE

### 3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di 35 Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Tengah. Penelitian dilaksanakan pada Tanggal 18 Januari 2017 sampai 21 Juni 2017.

### 3.2 Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan meliputi tulis kertas, kamera, laptop, software kalkulator perhitungan emisi GRK.

### 3.3 Sampel

Sampel yang digunakan mencakup proyeksi penduduk Jawa Tengah tahun 2010-2020, pola pengelolaan sampah 35 Kabupaten/Kota, karakteristik dan komposisi sampah pada sumbernya, jumlah timbulan sampah yang dihasilkan 35 Kabupaten/Kota.

### 3.4 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan sampel/data primer maupun sekunder melalui kuisisioner, data sampling, observasi lapangan, dan *indepth interview*.

### 3.5 Tahapan Penelitian

#### 3.5.1 Identifikasi sumber penghasil emisi GRK

Pada tahapan penelitian, langkah-langkah yang harus dilakukan untuk menghitung emisi adalah Identifikasi sumber penghasil emisi GRK sektor sampah dan kegiatan yang mempengaruhi emisi GRK. Identifikasi dimaksud meliputi.

- Komposisi sampah di sumbernya  
Terdapat 12 komponen/jenis sampah yang diperlukan untuk menentukan laju pembentukan emisi GRK. 112 komponen sampah tersebut meliputi : sampah dapur, daun/tanaman, kayu, plastik, kertas, logam, karet/kulit, tekstil, kaca/gelas, nappies, B3, lain-lain.
- Jumlah sampah yang dihasilkan tahun 2010-2020.  
Jumlah sampah diperoleh melalui proyeksi penduduk oleh BPS dikalikan dengan jumlah sampah yang dihasilkan per kapita.
- Pola pengelolaan sampah  
Pola pengelolaan sampah dapat diketahui berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh 35 Kabupaten/Kota pada tahun 2010-2012 melalui Program Percepatan Sanitasi Permukiman (PPSP). Pola pengelolaan sampah digunakan untuk menghitung jumlah sampah yang dibakar.

#### 3.5.2 Perhitungan BAU Emisi 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 (Weitz et al., 2008), (Wangyao et al., 2009). Potensi emisi GRK yang berasal dari pembakaran sampah adalah CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, dan CH<sub>4</sub>.



- a. Fraksi Berat Kering Sampah yang Dibakar ( $dm_i$ )  
Data utama lain yang diperlukan untuk prediksi emisi GRK dari proses pembakaran adalah fraksi berat kering sampah. Berat sampah yang dibakar harus diubah dari berat basah menjadi berat kering. Jika faktor konversi menggunakan dasar berat kering maka berat kering sampah dapat lebih kecil dari 50% apabila sampah didominasi oleh sampah dapur dan dapat lebih dari 60% apabila sampah didominasi oleh sampah kertas dan sampah berbahan dasar fosil karbon. Dan persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai kadar kering sampah sebagai berikut.

$$dm = \sum(WFi * dmi) \quad (1)$$

Dimana.

- $dm$  : Fraksi berat kering sampah  
 $WFi$  : Fraksi komponen sampah  $i$   
 $dmi$  : Fraksi berat kering komponen sampah  $i$

- b. 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.

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

Dimana.

- $CF$  : Fraksi karbon sampah  
 $WFi$  : Fraksi komponen sampah  $i$   
 $CFi$  : Kadar karbon pada sampah jenis  $i$

- c. Perhitungan Emisi  $CO_2$

$$CO_2 = SW_i * dm_i * CF_i * FCF_i * OF_i * 44/12 \quad (3)$$

Dimana.

- $SW_i$  : Total sampah yang dibakar (Gg/tahun)  
 $dm_i$  : Fraksi berat kering sampah yang dibakar  
 $CF_i$  : Fraksi kadar karbon berat kering  
 $FCF_i$  : Fraksi fosil karbon dari total karbon  
 $OF_i$  : Faktor oksidasi, 58% untuk pembakaran terbuka  
44/12 : Faktor konversi dari C ke  $CO_2$

- d. Perhitungan Emisi  $CH_4$

$$CH_4 = \sum(IW_i * EFi) / 10^6 \quad (4)$$

Dimana.

- $IW_i$  : Jumlah sampah yang dibakar (Gg/tahun)

- $EF_i$  : Fraksi emisi  $CH_4$ , yaitu sebesar 6500g/ton (berat kering) untuk pembakaran terbuka  
 $10^6$  : Faktor konversi kg ke Gg

- e. Perhitungan Emisi  $N_2O$

$$N_2O = (IW_i * EFi) / 10^6 \quad (5)$$

Dimana.

- $IW_i$  : Jumlah sampah yang dibakar (Gg/tahun)  
 $EF_i$  : Fraksi emisi  $N_2O$ , yaitu sebesar 150 g/ton (berat kering) untuk pembakaran terbuka  
 $10^6$  : Faktor konversi kg ke Gg

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Komposisi Sampah

Komposisi sampah salah satu parameter yang menunjukkan fraksi dari berat basah sampah atau berat kering dari komponen-komponen sampah. Komposisi sampah biasanya dinyatakan dalam berat basah. Faktor ini menentukan tingkat emisi GRK.

Namun keterbatasan anggaran maka dapat menggunakan hasil survey yang dilakukan oleh KLH di TPA Medan, Palembang pada tahun 2011 dan hasil survey yang dilakukan GIZ di Kota Pekalongan tahun 2013. Pada penelitian ini penulis menggunakan data komposisi sampah Kota Pekalongan yang mana pola konsumsi masyarakat di Kabupaten/Kota lainnya tidak jauh berbeda dengan yang dihasilkan di Kota Pekalongan daripada menggunakan data komposisi sampah di Medan dan Palembang. Berikut tabel 1 data komposisi sampah di TPA Kota Pekalongan:

Tabel 1. Komposisi sampah

No	Jenis Sampah	Komposisi Sampah (%)	
		Sumber	TPA
1	Sampah dapur	42.36	47.75
2	Sampah daun	20.62	8.99
3	Kayu	0.39	4.63
4	Plastik	17.78	12.69
5	Kertas	12.07	8.95
6	Logam	0.42	3.97
7	Karet dan kulit	0.24	0.89
8	Kain	0.87	5.26
9	Kaca/Gelas	1.42	0.20
10	B3	0.30	1.14
11	Nappies	2.30	3.61
12	Lain-lain	1.24	1.92

Sumber : Study GIZ, 2013

### 4.2 Pola Pengelolaan Sampah

Pola pengelolaan sampah merupakan cerminan bagaimana sampah dikelola dengan banyak cara di



tengah-tengah masyarakat. Terdapat 7 pola pengelolaan sampah dimana pembakaran secara terbuka menunjukkan prosentase yang paling tinggi yakni 41.41 % dibandingkan yang lainnya. Pola pengelolaan sampah dengan cara dibakar merupakan gambaran bagi negara berkembang termasuk Indonesia yang kesadaran masyarakatnya masih rendah dalam mengelola sampah secara benar (Candak, S.P. 2010).

Berikut secara lengkap komposisi pola pengelolaan sampah pada Tabel 2.

Tabel 2. Pola pengelolaan sampah

No	Pola Pengelolaan Sampah	%
1	Terangkut ke TPA	13.47
2	Dikubur/ <i>Uncategory</i>	9.71
3	Dibuang ke sungai/ <i>Uncategory</i>	9.18
4	Dibiarkan saja	5.49
5	Dibuang ke lahan kosong	15.79
6	Dibakar	41.41
7	Lain-lain	4.95

Sumber : Bappeda Kab/Kota, 2012

### 4.3 Timbulan Sampah Sampah dibakar

Guna mengetahui pengaruh sampah yang dibakar terhadap terbentuknya emisi GRK, maka perlu dihitung jumlah timbulan sampah yang dihasilkan tahun 2010-2020 melalui proyeksi penduduk dari BPS (Bappenas, 2016) yakni jumlah timbulan sampah yang dihasilkan per kapita sebesar 0,00025 Giga gram (Gg) dan pola pengelolaan sampah dibakar sebesar 41.41 %. Berikut tabel 3 proyeksi jumlah penduduk dan timbulan sampah dibakar tahun 2010-2020.

Tabel 3. Jumlah sampah dibakar

Tahun	Jumlah penduduk (Jiwa)	Jumlah sampah dibakar (Gg/thn)
2010	32.382.657	3,356
2011	32.643.612	3,383
2012	33.270.207	3,448
2013	33.264.339	3,447
2014	33.522.663	3,474
2015	33.774.100	3,500
2016	34.019.100	3,526
2017	34.257.900	3,550
2018	34.490.800	3,574
2019	34.718.200	3,598
2020	34.940.100	3,621

Sumber : hasil perhitungan, 2017

### 4.4 Dry Matter Content (DMC)

*Dry Matter Content* merupakan fraksi (%) berat kering suatu komponen sampah basah, yang dihitung

berdasarkan rasio berat kering terhadap berat basah komponen sampah. Kandungan bahan kering ditentukan dengan pendekatan *gravimetry* dan dilakukan untuk setiap jenis komponen sampah yang dianggap memiliki kandungan air.

Penentuan kandungan berat kering diterapkan untuk komponen makanan, kertas/karton, nappies, kayu/sampah taman, kain/produk tekstil, karet/kulit, dan sampah lainnya dari sumbernya. KLH dan JICA telah bekerja sama melakukan studi kandungan berat kering pada tahun 2011 di Sumatra Utara dan Sumatra Barat. Berikut tabel 4 kandungan berat kering sampah.

Tabel 4 Kandungan berat kering sampah

No	Jenis Sampah	Kandungan berat kering (%)
1	Sampah Dapur	59
2	Daun/Tanaman	57
3	Kayu	57
4	Plastik	57
5	Kertas	44
6	Logam	0,00
7	Karet & Kulit	89
8	Tekstil	73
9	Kaca/Gelas	0,00
10	B3	0,00
11	Nappies	44
12	Lain-Lain	0,00

Sumber : KLH, 2012

### 4.5 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.

$$F = \sum (WFi * CFi) \quad (6)$$

Dimana.

CF : Fraksi karbon sampah

WFi : Fraksi komposisi sampah jenis i

CFi : 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 dapat dilihat pada tabel 5 berikut.

Tabel 5. 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



Jenis sampah	Kadar karbon (CF, % berat kering)		Kadar fosil karbon (FCF, % % berat kering)	
	Rata-Rata	Rentang	Rata-Rata	Rentang
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

Berikut contoh perhitungan besarnya BAU emisi yang dihasilkan pada pembakaran sampah kertas tahun 2010.

a. Perhitungan Emisi CO<sub>2</sub>

$$CO_2 = SW_i * dm_i * CF_i * FCF_i * Of_i * 44/12$$

$$CO_2 = 482300 * 0,44 * 0,46 * 0,01 * 0,58 * 3,66$$

$$CO_2 = 2,07 \text{ Gg}$$

b. Perhitungan Emisi CH<sub>4</sub>

$$CH_4 = \sum (IW_i * EF_i) / 10^6$$

$$CH_4 = 482300 * 6500 / 10^6$$

$$CH_4 = 3,13 \text{ Gg}$$

c. Perhitungan Emisi N<sub>2</sub>O

$$N_2O = (IW_i * EF_i) / 10^6$$

$$N_2O = 482300 * 150 / 10^6$$

$$N_2O = 0,072 \text{ Gg}$$

Dengan menggunakan kalkulator perhitungan emisi GRK maka diperoleh besarnya emisi dari pembakaran sampah tanpa ada aksi mitigasi/BAU dari tahun 2010-2020 sebagai berikut.

Tabel 6. Besarnya BAU emisi GRK

Tahun	Emisi CH4 (ton)		Emisi N2O (ton)		Emisi CO2 (ton)	Total Gg CO2eq
	CH4	CO2eq	N2O	CO2eq		
2010	21,82	550,88	0,503	156,07	551,21	1258,16
2011	21,99	555,32	0,508	157,33	555,65	1268,30
2012	22,41	565,98	0,517	160,35	566,32	1292,65
2013	22,41	565,88	0,517	160,32	566,22	1292,42
2014	22,58	570,27	0,521	161,57	570,62	1302,46
2015	22,75	574,55	0,525	162,78	574,90	1312,23
2016	22,92	578,72	0,529	163,96	579,07	1321,75
2017	23,08	582,78	0,533	165,11	583,13	1331,02
2018	23,24	586,74	0,536	166,24	587,10	1340,07
2019	23,39	590,61	0,540	167,33	590,97	1348,91
2020	23,54	594,38	0,543	168,40	594,74	1357,53

Sumber : Hasil perhitungan, 2017

Berdasarkan tabel 6 di atas, besarnya BAU emisi gas CO<sub>2</sub> dihasilkan lebih besar dibandingkan gas CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O. CO<sub>2e</sub> dari gas CH<sub>4</sub> diperoleh dari

perhitungan CH<sub>4</sub> dikalikan 21 dimana emisi gas CH<sub>4</sub> memiliki tingkat bahaya/daya rusak 21 x lebih besar dibandingkan CO<sub>2</sub>, sedangkan CO<sub>2e</sub> dari gas N<sub>2</sub>O diperoleh dari perhitungan N<sub>2</sub>O dikalikan 310 dimana emisi gas N<sub>2</sub>O memiliki tingkat bahaya/daya rusak 310 x lebih besar dibandingkan CO<sub>2</sub> (Solomon et al., 2007).

Guna mengurangi emisi yang dihasilkan dari kegiatan pembakaran sampah maka perlu adanya aksi mitigasi pengelolaan sampah dari sumbernya dengan target pengurangan emisi s.d 2020. Berdasarkan hasil identifikasi di lapangan, bentuk aksi mitigasi yang saat ini bisa dilakukan berupa pembangunan bank sampah, TPS 3R, rumah rosok/lapak. Aksi mitigasi akan dibagi menjadi 2 tahap yakni tahap I tahun 2010-2016 aksi mitigasi yang telah dilakukan di Kabupaten/Kota dan tahap II rencana aksi mitigasi tahun 2017-2020. Berdasarkan hasil identifikasi di Kabupaten/Kota berikut aksi mitigasi yang telah dilakukan tahun 2010-2016 dan rencana penurunan emisi GRK tahun 2017-2020 sebagai berikut.

### 4.5.1 Aksi mitigasi dan rencana dengan Bank Sampah

Bank sampah merupakan kegiatan pengurangan sampah yang dapat dilakukan oleh masyarakat. Jenis sampah yang dikelola di bank sampah pada umumnya berupa sampah anorganik dan kegiatan bank sampah dilakukan oleh kelompok ibu-ibu PKK, siswa-siswi, ibu-ibu pengajian. Berdasarkan hasil penelitian, jumlah total bank sampah di Jawa Tengah dari tahun 2010 s.d tahun 2016 sebanyak 1462 unit atau 34,15 % dari total bank sampah di Indonesia yakni 4280 unit. Dengan bank sampah sebanyak 1462 unit mampu mengurangi timbulan sampah yang selama ini diasumsikan dibakar sembarang tempat sebanyak 13,66 Gg (Gigagram) atau 13660 ton s.d. tahun 2016 dan penurunan emisi CO<sub>2e</sub> sebanyak 1,22 Gg. Berikut tabel 7 hasil penelitian dari 35 Kabupaten/Kota atas aksi mitigasi dan rencana penurunan emisi dengan kegiatan bank sampah.

Tabel 7. Aksi dan rencana dengan bank sampah

Tahun	Jumlah Bank Sampah	Sampah yang dikurangi (Gg/thn)	Penurunan Emisi CO <sub>2e</sub> (Gg/thn)	Penurunan Emisi Akumulatif s.d. 2020 CO <sub>2e</sub> (Gg/thn)
2010	25	0,28	0,050	0,05
2011	26	0,23	0,036	0,09
2012	92	1,56	0,258	0,35
2013	276	0,99	0,170	0,52
2014	377	1,20	0,204	0,73
2015	348	2,33	0,367	1,10
2016	318	7,07	0,116	1,22
2017	331	34,06	5,361	6,58
2018	341	5,53	0,870	7,45
2019	228	4,05	0,637	8,09
2020	229	4,06	0,639	8,73

Sumber : Hasil perhitungan, 2017



#### 4.5.2 Aksi mitigasi dan rencana dengan TPS 3R

Kegiatan pengurangan sampah lainnya yang dapat dilakukan oleh masyarakat adalah melalui kegiatan Tempat Pengolahan Sampah dengan prinsip *Reduced*, *Reused* dan *Recycle* (3R). Jenis kegiatan di TPS 3R tidak hanya mengelola sampah organik namun juga sampah organik. Diasumsikan bahwa sampah yang dibakar oleh masyarakat dapat dikurangi melalui kegiatan TPS 3R. Jumlah TPS 3R di Jawa Tengah saat ini mencapai 135 unit atau 24,5 % dari total di Indonesia yakni 550 unit. Selama tahun 2010 s.d. 2016 pengurangan sampah melalui TPS 3R mencapai 95,63 Gg dan mampu mengurangi emisi CO<sub>2</sub>e sebesar 8,37 Gg. Berikut tabel 8 aksi dan rencana penurunan emisi dengan kegiatan TPS 3R.

Tabel 8. Aksi dan rencana dengan TPS 3R

Tahun	Jumlah TPS 3R	Sampah yang dikurangi (Gg/thn)	Penurunan Emisi CO <sub>2</sub> e (Gg/thn)	Penurunan Emisi Akumulatif s.d. 2020 CO <sub>2</sub> e (Gg/thn)
2010	32	19,26	1,96	1,96
2011	8	0,96	0,12	2,08
2012	17	14,28	1,53	3,61
2013	13	12,46	0,87	4,48
2014	16	10,91	0,65	5,13
2015	26	23,65	1,93	7,06
2016	23	14,11	1,31	8,37
2017	44	5,86	3,70	12,07
2018	47	6,11	4,35	16,42
2019	42	6,22	4,44	20,86
2020	44	6,76	4,82	25,68

Sumber : Hasil perhitungan, 2017

#### 4.5.3 Aksi mitigasi dan rencana dengan Rumah Rosok

Keberadaan rumah rosok selama ini ternyata juga mempunyai peran dalam pengurangan sampah dan penurunan emisi yang selama ini dianggap sebelah mata dan dianggap *profit oriented*. Dibandingkan dengan kegiatan bank sampah dan TPS 3R ternyata peran rumah rosok lebih baik dalam pengurangan sampah. Berdasarkan hasil penelitian, jumlah rumah rosok saat ini mencapai 458 unit yang tersebar di wilayah Jawa Tengah. Jumlah sampah yang dikurangi dari kegiatan rumah rosok mencapai 103,84 Gg dan penurunan emisi CO<sub>2</sub>e s.d. tahun 2016 mencapai 12,22 Gg. Berikut tabel 9 aksi dan rencana penurunan emisi dengan kegiatan rumah rosok.

Tabel 9. Aksi dan rencana dengan rumah rosok

Tahun	Jumlah Rumah Rosok	Sampah yang dikurangi (Gg/thn)	Penurunan Emisi CO <sub>2</sub> e (Gg/thn)	Penurunan Emisi Akumulatif s.d. 2020 CO <sub>2</sub> e (Gg/thn)
2010	237	35,06	4,55	4,55
2011	33	27,23	2,29	6,83
2012	42	12,83	1,50	8,34
2013	46	15,38	2,15	10,49
2014	38	8,41	0,98	11,47
2015	33	2,50	0,35	11,82
2016	29	2,43	0,41	12,22
2017	-	-	-	-
2018	-	-	-	-
2019	-	-	-	-
2020	-	-	-	-

Sumber : Hasil perhitungan, 2017

#### 4.5.4 Aksi mitigasi dan rencana dengan Teknologi Termal

Salah satu bentuk pengurangan sampah dari kegiatan pembakaran sampah secara terbuka adalah penerapan teknologi. Teknologi saat ini masih dianggap sebelah mata dalam pengelolaan sampah di Indonesia. Namun kondisi pengelolaan sampah yang tidak kunjung membaik/tidak optimal maka pemerintah menyusun program pengelolaan sampah dengan melibatkan unsur teknologi. Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan teknologi yang akan dikembangkan menjadi pembangkit listrik/PLTsa maupun briket sampah (*Refuse Derived Fuel/RDF*) masing-masing berada di Kota Surakarta, Kota Semarang dan Kabupaten Cilacap. Rencana jumlah sampah yang akan dikurangi dengan PLTsa di Kota Surakarta sebanyak 450 ton/hari, PLTsa di Kota Semarang sebanyak 1000 ton/hr dan Kabupaten Cilacap dengan RDF sebesar 120 ton/hr. Operasional ketiga unit direncanakan akan dilakukan pada tahun 2018, 2019 dan 2020. Berdasarkan tabel 10 total pengurangan sampah s.d. tahun 2016 belum ada, dan target pengurangan sampah s.d. tahun 2020 sebesar 573,05 Gg dan penurunan emisi sebesar 425,39 Gg.

Tabel 10. Aksi dan rencana dengan teknologi termal

Tahun	Jumlah Teknologi Termal	Sampah yang dikurangi (Gg/thn)	Penurunan Emisi CO <sub>2</sub> e (Gg/thn)	Penurunan Emisi Akumulatif s.d. 2020 CO <sub>2</sub> e (Gg/thn)
2010	-	-	-	-
2011	-	-	-	-
2012	-	-	-	-
2013	-	-	-	-
2014	-	-	-	-
2015	-	-	-	-
2016	-	-	-	-
2017	-	-	-	-
2018	1	43,80	32,51	32,51
2019	1	164,25	121,93	154,44
2020	1	365	270,95	425,39

Sumber : Hasil perhitungan, 2017

#### 4.5.5 Target penurunan emisi

Adanya aksi dan rencana penurunan emisi dari kegiatan pembakaran sampah secara terbuka maka akan diperoleh total penurunan emisi yang dapat digunakan sebagai target penurunan emisi di Jawa Tengah. Aksi dan rencana penurunan emisi berupa kegiatan Bank Sampah, TPS 3R, Rumah Rosok dan Teknologi Termal. Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 11 di bawah ini diperoleh target penurunan emisi s.d. tahun 2020 sebesar 22,49 % dari total emisi yang dihasilkan dari kegiatan pembakaran sampah secara terbuka. Besarnya target penurunan emisi ini dapat digunakan sebagai salah satu referensi bagi Pemerintah Provinsi Jawa Tengah dalam menyusun target penurunan emisi GRK s.d. 2020 dikarenakan dalam penelitian ini telah dilakukan identifikasi dan kuisioner serta wawancara secara langsung ke 35 Kabupaten/Kota di Jawa Tengah dalam rangka memperoleh data kegiatan dan rencana yang telah dan/atau akan dilakukan dalam penurunan emisi dari tahun 2010 s.d. 2020. Besarnya penurunan emisi menunjukkan kemampuan dari anggaran daerah (APBD) yang tersedia sehingga agar mampu menurunkan emisi secara maksimal maka perlu dicari anggaran lain yang tidak tergantung pada APBD misal melalui pinjaman lunak luar negeri ataupun hibah dari negara lain yang memang menjadi kewajiban bagi negara maju untuk membantu penurunan emisi di negara-negara berkembang.

Selain itu perlu dilakukan sosialisasi kepada masyarakat bahwa pembakaran sampah pada prinsipnya dilarang dikarenakan selain berpengaruh pada peningkatan emisi GRK juga akan menghasilkan polutan berbahaya seperti logam berat, abu terbang, abu sisa pembakaran, dioksin dan furan, HCl, HF, SO<sub>2</sub> dan CxHy. Produk hasil pembakaran yang berpotensi mencemari lingkungan perlu dikontrol sampai mencapai ambang batas yang diperbolehkan (Eko dan Soemarno, 2013).

Tabel 11. Prosentase aksi dan target penurunan emisi GRK

Tahun	Jumlah Total Emisi CO <sub>2</sub> e (Gg)	Total Penurunan Emisi CO <sub>2</sub> e (Gg)	% Penurunan Emisi CO <sub>2</sub> e
2010	1258,16	6,56	0,52
2011	1268,30	9,00	0,71
2012	1292,65	12,30	0,95
2013	1292,42	15,49	1,20
2014	1302,46	17,33	1,33
2015	1312,23	19,98	1,52
2016	1321,75	21,81	1,65
2017	1331,02	18,64	1,40
2018	1340,07	56,32	4,20
2019	1348,91	150,88	11,18
2020	1357,53	305,36	22,49

Sumber : Hasil perhitungan, 2017

Aktivitas manusia maupun proses alam pada dasarnya berpotensi menimbulkan emisi. Salah satu kegiatan yang menghasilkan emisi adalah pembakaran sampah secara terbuka. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Bestar (2012) terkait studi kuantifikasi

pencemaran udara akibat pembakaran sampah secara terbuka di Kota Depok menunjukkan hasil bahwa gas CO dan CH<sub>4</sub> merupakan emisi yang paling banyak dihasilkan dari gas-gas lainnyadalam penelitian tersebut.

Wibowo (2010) menyatakan bahwa pola pemusnahan yang sangat sederhana dan belum dirasakan efek negatifnya memicu masyarakat untuk melakukan pengolahan sampah secara keliru, seperti pembakaran. Teori yang dikemukakan oleh Anwar (1979), menjelaskan bahwa semakin tinggi tingkat ekonomi seseorang, maka akan cenderung menghasilkan sampah yang lebih banyak dan biasanya lebih bersifat anorganik. Sementara golongan kelas bawah dengan tingkat ekonomi rendah cenderung lebih sedikit menghasilkan sampah dan lebih organik (Damanhuri, 2010). Keadaan tersebut ditambah dengan pola pikir masyarakat bahwa membakar sampah terasa lebih praktis.

## 5. KESIMPULAN

- Pengelolaan sampah dengan cara dibakar secara terbuka sebesar 41,41 % dari total sampah yang dihasilkan akan memberikan kontribusi emisi sebesar 1357,53 Gg CO<sub>2</sub>e di Jawa Tengah.
- Upaya penurunan emisi GRK dengan aksi mitigasi tahun 2010-2016 dan rencana aksi s.d 2020 diperkirakan hanya mampu menurunkan emisi sebesar 22,49 % karena keterbatasan biaya dari Pemerintah Daerah Kabupaten/Kota.
- Perlunya didorong peran serta swasta melalui kegiatan CSR sebagai bagian dari kegiatan bina lingkungan untuk membantu penurunan emisi GRK.
- Mendorong masyarakat agar tidak membakar sampah disertai sanksi yang tegas sesuai UU no 18 tahun 2008 serta mengembangkan kegiatan bank sampah, TPS 3R di tengah-tengah masyarakat.

## 6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Bupati/Walikota 35 Kabupaten/Kota di Jawa Tengah, Kepala Instansi Lingkungan Hidup 35 Kabupaten/Kota, rekan-rekan staf Instansi Lingkungan Hidup Kabupaten/Kota yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, A. 1979. *Pengantar Ilmu Kesehatan Masyarakat*. Penerbit Mutiara : Jakarta.
- Bappenas, 2016. *Modul Pelatihan BAU Baseline RAD-GRK Bidang Limbah*. Bappenas. Jakarta
- Bestar, Niknik. 2012. *Studi dan Kuantifikasi Emisi Pencemar Udara Akibat Pembakaran Sampah Rumah Tangga Secara Terbuka di Kota Depok*. Skripsi. Universitas Indonesia : Depok
- Candak, S.P. (2010). *Trend in Solid Waste Management—Issues, Challenges, and*



*Opportunities Presented at the International Consultative Meeting on Expanding Waste Management Services in Developing Countries*, 18-19 March 2010, Tokyo, Japan

- Damanhuri, E. 2010. *Pengelolaan Sampah*. Diklat Kuliah TL-3104 Edisi Semester 1. ITB : Bandung.
- Deutsche Gesellschaft Fur Internationale Zusammenarbeit (GIZ), 2013. *Studi Awal Potensi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Sektor Persampahan Perkotaan*. Kota Pekalongan
- Eko, N. Dan Soemarno. (2013). *Perancangan Sistem Pemilahan, Pengeringan dan Pembakaran Sampah Organik Rumah Tangga*. Malang. Indonesian Green Technology Journal
- Hezhong, T., Jiajia , G., Long, L., Cuangyong, Z., Peipei, Q., 2013. *Atmospheric Pollution Problems and Control*. Proposals Associated with Solid Waste Management in China
- IPCC, 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Intergovernmental Panel on Climate Change, Vol. 5-Waste*, IGES, Japan
- KLH, 2012. *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional*. Deputi Bidang Pengendalian Kerusakan Lingkungan dan Perubahan Iklim. Jakarta
- P.B.Vyas, 2011. *Municipal Solid Waste Management At India*. Sigma Institute of Engineering Bakrol, Vadodara, India. Jr. of Industrial Pollution Control 27(1)(2011) pp 79-81
- PU, 2013. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum no 3 Tahun 2013 tentang *Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga*. Jakarta
- Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, et al. (2007) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*, IPCC Fourth Assessment Report
- Tchobanoglous G., Theisen H. and Eliassen R. (1993) *Integrated Solid Waste Management*. McGraw-Hill
- UNEP–United Nations Environment Programme, 2004. *Waste management planning – An environmentally sound approach for sustainable urban waste management, An introductory guide for decision-makers, Report prepared by the Division of Technology, Industry and Economics, Integrative management series No. 6*, Report downloaded from (Dec 2010)
- Wangyao, K., Towprayoon, S., Chiemchaisri, C., Gheewala, S.H., Nopharatana, A., 2009. *Application of the IPCC waste model to solid waste disposal sites in tropical countries: case study of Thailand*. *Environmental Monitoring and Assessment* 164, 249–261.
- Weitz, M., Coburn, J.B., Salinas, E., 2008. *Estimating national landfill methane emissions: an application of the 2006 Intergovernmental Panel on Climate Change waste model in Panama*. *Journal of the Air & Waste Management Association* 58, 636–640
- Wibowo, H.E. 2010. *Perilaku Masyarakat dalam Mengelola Sampah Permukiman di Kampung*

*Kamboja Kota Pontianak*. Tesis. Universitas Diponegoro : Semarang.

## DISKUSI

### Rahmawati Tri Yustikarini

Pasca Sarjana Ilmi Lingkungan UNS

#### Pertanyaan:

Kesimpulan perlu dipertajam, turun berapa dari bank sampah, TPS 3R dan teknologi termal dari tahun 2010-2020?

#### Jawaban:

Masukan diterima. Kesimpulan akan disesuaikan dengan abstrak. Dari tahun 2010-2020 merupakan angka estimasi dari kabupaten/kota.