

ESTIMASI EMISI GAS RUMAH KACA (GRK) KEGIATAN PENGELOLAAN SAMPAH DI KELURAHAN KARANG JOANG, BALIKPAPAN

Abstrak

Kegiatan pengelolaan sampah di Kota Balikpapan pada saat ini yaitu pengangkutan dari sumber dan penimbunan di tempat pemrosesan akhir (TPA) Manggar. Pengangkutan sampah dari sumber dan penimbunan sampah di TPA menghasilkan gas rumah kaca seperti gas karbondioksida dan metana. Data timbulan dan komposisi yang digunakan dalam estimasi emisi gas rumah kaca didapatkan dengan sampling di kawasan permukiman Kelurahan Karang Joang, Balikpapan. Metode sampling timbulan dan komposisi dilakukan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 19-3964-1994. Estimasi emisi gas rumah kaca dihitung berdasarkan metode The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Tahun 2019 Tier 1. Rata-rata timbulan sampah perumahan di Kelurahan Karang Joang adalah 0,25 kg/orang/hari. Komposisi sampah didominasi sampah organik dan kertas dengan persentase rata-rata 49,09% dan 21,82%. Emisi total gas rumah kaca dari proses pengangkutan sampah adalah 460,11 kg ekuivalen CO₂/tahun/ton sampah. Emisi gas rumah kaca dari proses pemrosesan akhir sampah dihitung berdasarkan tiga skenario pengelolaan sampah yaitu penimbunan sampah di TPA, penimbunan dan pembakaran sampah secara terbuka, serta daur ulang dan pengomposan sampah. Proses pemrosesan akhir dengan cara penimbunan menghasilkan emisi gas rumah kaca 3237 kg ekuivalen CO₂ per ton sampah basah yang ditimbun. Proses penimbunan dan pembakaran sampah menghasilkan emisi 2433 kg ekuivalen CO₂ per ton sampah basah yang dibakar dan ditimbun. Untuk mengurangi jumlah emisi yang ditimbulkan dari proses pengangkutan dan penimbunan sampah di TPA, perhitungan emisi dengan skenario pengomposan sampah organik dan daur ulang sampah dilakukan. Proses pengomposan menghasilkan emisi 386 kg ekuivalen CO₂ per ton sampah. Skenario ketiga, proses pengomposan dan penimbunan sampah residu menghasilkan emisi gas rumah kaca sebesar 913 kg ekuivalen CO₂ per ton sampah. Proses daur ulang dan pengomposan sampah dapat menurunkan emisi gas rumah kaca sebesar 62,34% dari kondisi BAU.

Kata kunci: Emisi Gas Rumah Kaca, IPCC, Pemrosesan Akhir Sampah, Pengangkutan Sampah, Pengomposan

1. PENDAHULUAN

Peningkatan gas rumah kaca (GRK) merupakan salah satu pemicu terjadinya peningkatan temperatur bumi yang menyebabkan terjadinya pemanasan global. Salah satu sumber penghasil gas rumah kaca adalah kegiatan pengelolaan sampah yang menyumbang sebesar 4% emisi gas rumah kaca yang ada di bumi (Vergara and Tchobanoglous, 2012). Sumber terbesar emisi gas rumah kaca dari kegiatan pengelolaan sampah berasal dari proses pengangkutan sampah dari sumber ke tempat penimbunan dan penimbunan sampah di TPA.

Proses pengangkutan sampah dari sumber ke TPS atau dari TPS ke TPA pada umumnya menggunakan kendaraan pengangkut *pick-up* atau truk. Kendaraan bermotor pengangkut sampah menggunakan bahan bakar fosil dalam operasionalnya. Pembakaran bahan bakar fosil menghasilkan gas karbondioksida (CO₂) yang merupakan salah satu gas rumah kaca. Estimasi gas rumah kaca yang dihasilkan dari pengangkutan sampah adalah 9.4 – 368 kg CO₂ ekuivalen (CO₂-eq) per ton sampah yang diangkut (Eisted *et al.*, 2009). Besarnya emisi CO₂ dari kegiatan pengangkutan sampah bergantung pada metode, jarak pengangkutan, jenis, kapasitas kendaraan pengangkutan, dan jumlah bahan bakar yang digunakan (Chaerul *et al.*, 2020).

Metode pemrosesan akhir sampah yang umum dilakukan di Indonesia adalah penimbunan sampah di TPA. Pada kondisi anaerobik, timbunan sampah menghasilkan gas metana (CH_4) yang merupakan salah satu gas rumah kaca. Sampah organik merupakan penghasil emisi gas metana terbesar pada proses penimbunan sampah di TPA. Sampah organik memiliki faktor emisi CH_4 sebesar 0,42-0,47 kg CH_4 per berat sampah organik yang ditimbun (Kustiasih *et al.*, 2014). Gas metana mempunyai *global warming potential* (GWP) sebesar 34 kali lebih besar dibandingkan gas karbondioksida (Myhre *et al.*, 2013).

Kota Balikpapan adalah salah satu kota dengan kepadatan penduduk tinggi di provinsi Kalimantan timur. Kota Balikpapan memiliki penduduk 645.727 jiwa yang setiap harinya menghasilkan sampah (Badan Pusat Statistik Kota Balikpapan, 2019). Pada periode tahun 2017-2018, kota Balikpapan menghasilkan sampah sebesar 457,93 ton/hari. Permukiman menyumbang sampah sebesar 70,30% dari total sampah kota Balikpapan (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2020). Pada umumnya, sampah yang dihasilkan di sumber dikumpulkan di Tempat pembuangan Sementara (TPS). Dari TPS yang tersebar di Kota Balikpapan, sampah diangkut ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Manggar untuk dilakukan pemrosesan akhir.

Timbulan sampah yang dihasilkan Kota Balikpapan akan diangkut dan ditimbun di TPA Manggar yang memiliki luas area penimbunan 10 Ha sampai penutupan. Pertumbuhan jumlah timbulan sampah yang terus meningkat menyebabkan sel penimbunan semakin sedikit. Di sisi lain, penimbunan sampah menghasilkan gas metana yang merupakan salah satu penyebab pemanasan global. Praktik pembakaran sampah terbuka oleh masyarakat masih banyak ditemukan di Kota Balikpapan. Berdasarkan hasil korespondensi, 50% responden penduduk di Kelurahan Karang Joang melakukan pemrosesan akhir sampah dengan cara membakar karena kurang efektifnya pengangkutan sampah ke TPA (Rachman and Matsumoto, 2015). Kota Balikpapan memiliki satu Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) di Kelurahan Gunung Bahagia dengan *recovery factor* untuk sampah kertas, plastik, logam dan kaca sebesar 84% (Cahya and Pandebesie, 2017). Komposisi sampah organik yang tinggi menyebabkan TPST belum optimal untuk mereduksi sampah yang masuk ke TPA. Proses pengomposan diperlukan untuk mereduksi sampah organik yang dihasilkan permukiman. Tiga skenario pemrosesan akhir sampah yaitu penimbunan sampah di TPA, pembakaran sampah secara terbuka dan proses pengomposan disimulasikan untuk mengestimasi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan.

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

2.1 Timbulan Dan Komposisi Sampah

Data timbulan dan komposisi sampah merupakan data awal yang digunakan dalam mengestimasi gas rumah kaca dari kegiatan pengelolaan sampah. Timbulan sampah pada lokasi penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1. Perumahan Nirmala yang merupakan perumahan kategori menengah atas menghasilkan sampah 0,33 kg/orang/hari. Nilai ini adalah nilai tertinggi jika dibandingkan dengan perumahan lainnya yang termasuk kategori perumahan menengah. Timbulan sampah untuk kategori perumahan menengah adalah 0,22 dan 0,21 kg/orang/hari. Nilai timbulan ini hampir sama dengan penelitian timbulan sampah permukiman perumahan di Surabaya yaitu 0,27 kg/orang/hari (Ratya and Herumurti, 2017).

Data komposisi sampah sangat diperlukan untuk mengetahui potensi gas rumah kaca yang dihasilkan dari kegiatan pemrosesan akhir sampah. Data komposisi sampah juga diperlukan untuk menganalisis pemilihan metode pemrosesan akhir sampah yang tepat agar tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca yang tinggi. Komposisi sampah untuk perumahan Nirmala, Pondok Joang Indah dan Kumala ditunjukkan pada Gambar 2, Gambar3 dan Gambar 4 secara berurutan. Dari tiga perumahan lokasi *sampling* dapat diketahui bahwa komposisi terbesar sampah adalah sampah organik. Komposisi sampah organik tertinggi berasal dari perumahan kategori menengah yaitu perumahan Pondok Joang Indah dan Kumala dengan persentase 52,0% dan 51,1%. Perumahan Nirmala yang termasuk perumahan kelas menengah atas menghasilkan sampah organik sebesar 44,4%. Sampah organik rumah tangga ini didominasi dari sampah sisa sayuran dan sisa makanan. Komposisi terbesar tipikal sampah Indonesia adalah sampah organik yang memerlukan kecepatan dalam pengelolaan karena mudah membusuk (Damanhuri, 2010).

2.2 Emisi Pengangkutan Sampah

Emisi gas rumah kaca dari kegiatan pengangkutan sampah perumahan di Kelurahan Karang Joang ditunjukkan pada Tabel 2. Jarak pengangkutan di perumahan Nirmala merupakan jarak terjauh tetapi bahan bakar yang dibutuhkan cukup kecil yaitu 0,40 liter pertalite/hari.

Perumahan Nirmala menggunakan dua jenis kendaraan yaitu gerobak dan sepeda motor untuk mengangkut sampah ke TPS. Pengangkutan sampah dari rumah ke rumah menggunakan gerobak dorong, apabila sampah sudah terkumpul diangkut menggunakan sepeda motor ke TPS. Perumahan Pondok Joang Indah membutuhkan bahan bakar jenis pertalite sebanyak 4,06 L/hari. Penggunaan bahan bakar yang tinggi disebabkan oleh kendaraan pengangkut sampah

adalah *pick up* dengan kondisi kurang pemeliharaan rutin dan umur kendaraan yang sudah lama. Kendaraan yang kurang mendapatkan perawatan akan menghasilkan emisi gas buang termasuk gas karbondioksida yang tinggi (Kusumawati *et al.*, 2013). Perumahan Kumala menggunakan sepeda motor untuk mengangkut sampah ke TPS dan memiliki jarak pengangkutan ke TPS 1311 km/hari.

Emisi gas rumah kaca dihitung berdasarkan jumlah bahan bakar. Jenis bahan bakar yang digunakan di tiga lokasi *sampling* adalah pertalite. Nilai kalor yang digunakan dalam perhitungan adalah nilai *default* kalor bensin 33×10^{-6} TJ/liter (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012). Pembakaran bahan bakar fosil menghasilkan beberapa macam gas yang didominasi gas karbondioksida. Faktor emisi *default* untuk gas CO₂ dari proses pembakaran premium atau pertamax adalah 69.300 kg/TJ bahan bakar (IPCC, 2019). Nilai ini dapat digunakan untuk mengestimasi emisi gas karbondioksida, karena perbedaan persentase volume gas buang yang dihasilkan dari pembakaran berbagai jenis bahan bakar adalah 1%. Persentase volume gas karbondioksida yang dihasilkan dari pembakaran premium, pertalite, dan pertamax adalah 7%, 6%, dan 5% secara berturut-turut (Ningrat *et al.*, 2016).

Emisi gas rumah kaca dari kegiatan pengangkutan sampah di Perumahan Pondok Joang Indah adalah 285,16 kg ekuivalen CO₂/tahun/ton sampah yang diangkut. Emisi yang tinggi disebabkan kendaraan yang sudah tidak layak dipakai dan kurang perawatan. Emisi terendah dihasilkan oleh kegiatan pengangkutan sampah di perumahan Nirmala. Penggunaan kendaraan yang tidak membutuhkan bahan bakar dapat menurunkan emisi yang dihasilkan per ton sampah yang diangkut. Namun, diperlukan pembiayaan tenaga kerja untuk mengangkut sampah dari sumber penghasil sampah ke TPS

2.3 Emisi Pemrosesan Akhir Sampah

Skenario pertama yang akan digunakan untuk mengestimasi jumlah gas rumah kaca adalah semua sampah yang telah diangkut kemudian akan ditimbun di tempat pemrosesan akhir sampah. Selama proses penimbunan sampah, kondisi anaerobik pada tempat penimbunan menyebabkan terbentuk gas metana. Estimasi jumlah pembentukan gas metana dalam proses penimbunan ditentukan berdasarkan data faktor emisi gas rumah kaca. Nilai DOC *default* untuk sampah organik dan sampah kertas yang digunakan dalam estimasi emisi gas rumah kaca adalah 0,15 dan 0,4 dari berat sampah basah. Nilai DOCf *default* untuk sampah organik dan sampah kertas adalah 0,7 dan 0,5. Faktor koreksi metana (MCF) yang digunakan pada perhitungan emisi gas metana adalah 0,5 (IPCC, 2019). Nilai MCF digunakan dalam estimasi berdasarkan

TPA Manggar Balikpapan yaitu proses penimbunan terkelola dengan baik dengan kondisi semi aerobik. Metode penimbunan TPA Manggar adalah *sanitary landfill* dengan tanah penutup yang dilengkapi dengan sistem pengendali gas, saluran lindi dan instalasi pengolahan air lindi (Purwaningrum *et al.*, 2014). Fraksi gas CH₄ dari gas landfill yang digunakan dalam estimasi adalah 50% (IPCC, 2019).

Emisi gas metana yang ditimbulkan dari proses penimbunan sampah di lokasi *sampling* dapat dilihat pada Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5.

Penimbunan sampah dari perumahan Nirmala menghasilkan emisi gas metana tertinggi yaitu 576,96 kg CH₄/tahun atau 19616,71 kg ekuivalen CO₂ per tahun karena jumlah timbunan sampah yang dihasilkan tinggi. Dari Tabel 3, 4, dan 5 dapat diestimasi bahwa Perumahan Nirmala, Pondok Joang Indah dan Kumala menghasilkan emisi gas rumah kaca sebesar 1109, 935, dan 1193 ekuivalen CO₂/ton sampah yang ditimbun di TPA. Emisi gas rumah kaca per ton sampah yang ditimbun tinggi di perumahan Kumala disebabkan oleh komposisi sampah organik dan kertas yang mencapai 76%. Nilai ini lebih tinggi jika dibandingkan komposisi sampah organik dan kertas perumahan Nirmala serta Pondok Joang Indah.

Proses pembakaran sampah secara terbuka oleh masyarakat masih banyak ditemukan. Pembakaran terbuka sampah permukiman masih dilakukan karena biaya yang cukup murah dan tidak membutuhkan waktu yang lama untuk memusnahkan sampah. Pembakaran secara terbuka adalah proses membakar sampah di ruang terbuka dengan kondisi proses rendah oksigen serta tanpa kontrol gas dan partikulat yang dihasilkan. Proses pembakaran tanpa pengendalian emisi menyebabkan gas dan partikulat langsung diemisikan ke udara ambien. Proses pembakaran sampah secara terbuka menghasilkan gas-gas seperti gas karbondioksida, metana, karbonmonoksida. Potensi emisi gas metana dan gas karbondioksida dari proses pembakaran sampah global adalah 4,5% dan 1% (Wiedinmyer *et al.*, 2014). Selain gas rumah kaca, pembakaran sampah secara terbuka menghasilkan partikulat dan senyawa-senyawa yang berbahaya bagi kesehatan yaitu *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon* (PAHs), *Polychlorinated Biphenyls* (PCB), *Polychlorinated Dibenzodioxins* (PCDD), *Polychlorinated Dibenzofuran* (PCDF) dan benzena (Cogut, 2016). Paparan jangka pendek senyawa-senyawa tersebut dapat menyebabkan gangguan pernafasan dan penyakit kulit.

Skenario kedua dalam pemrosesan akhir sampah adalah pembakaran sampah. Asumsi sampah yang dibakar sebesar 50%. Jumlah sampah yang masuk ke TPA Manggar pada Tahun 2017 sekitar 128,94 ton (Banaget *et al.*, 2020). Persentase nilai ini lebih rendah dari 50% total timbunan sampah Kota Balikpapan pada periode Tahun 2017-2018. Emisi gas rumah kaca yang

ditimbulkan jika sampah permukiman dibakar secara terbuka ditunjukkan pada Tabel 6, Tabel 7 dan Tabel 8. Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui bahwa gas karbondioksida merupakan emisi terbesar dibandingkan gas CH_4 dan N_2O . Perumahan Nirmala menghasilkan emisi ekuivalen CO_2 paling tinggi karena jumlah sampah yang dihasilkan paling besar. Kandungan karbon fosil yang tinggi yaitu 75% pada sampah plastik menyebabkan sampah plastik menjadi penyumbang tertinggi gas karbondioksida pada proses pembakaran terbuka.

Komposisi sampah organik, kertas dan plastic yang tinggi sangat dimungkinkan untuk melakukan daur ulang serta pengomposan di sumber penghasil sampah. Proses daur ulang yang dilakukan di sumber dapat mengurangi emisi dari proses pengangkutan sampah ke TPA dan penimbunan di TPA. Proses pengomposan menghasilkan emisi gas metana dengan faktor emisi 4 kg CH_4/kg dan 0,3 kg $\text{N}_2\text{O}/\text{kg}$ sampah organik yang dikomposkan. Faktor emisi yang cukup kecil menyebabkan jumlah emisi gas metana yang dihasilkan lebih kecil jika dibandingkan dengan penimbunan sampah organik di TPA. Skenario ketiga adalah proses pengomposan sampah organik dan daur ulang sampah kertas, plastik serta logam dengan faktor reduksi masing-masing 80%. Sampah residu yang dihasilkan dari proses daur ulang dan pengomposan akan ditimbun di TPA. Emisi gas rumah kaca yang dihasilkan jika sampah organik dikomposkan ditunjukkan pada Tabel 9. Jumlah sampah yang dikomposkan adalah 3125, 1886, dan 1385 kg sampah organik untuk Perumahan Nirmala, Pondok Joang Indah, dan Kumala. Emisi tertinggi gas rumah kaca per ton sampah pada proses pengomposan adalah Perumahan Pondok Joang Indah dan Perumahan Kumala dikarenakan komposisi sampah organik yang tinggi jika dibandingkan dengan Perumahan Nirmala. Emisi gas rumah kaca ini cukup kecil jika dibandingkan pemrosesan akhir sampah organik dengan cara penimbunan di TPA atau pembakaran terbuka.

Skenario ketiga menghasilkan emisi gas rumah kaca yang paling rendah jika dibandingkan pemrosesan akhir sampah pada skenario pertama dan kedua. Jumlah emisi yang dihasilkan dari penimbunan residu sampah di TPA masih lebih tinggi dibandingkan proses pengomposan. Pada pengomposan terjadi proses degradasi material organik seperti penimbunan sampah di TPA tetapi dalam kondisi aerobik. Gas rumah kaca yang dihasilkan dari proses dekomposisi material organik cenderung lebih tinggi untuk proses penimbunan dibanding pengomposan (Lou dan Nair, 2009). Selain itu proses pengomposan menghasilkan produk yang ekonomis dan efisien secara ekologis serta dapat membangun sistem pengelolaan sampah dengan siklus tertutup (Zeman *et al.*, 2002). Produk kompos yang dihasilkan akan digunakan untuk menanam tumbuhan dan nantinya yang akan menjadi sampah organik.

Estimasi emisi ekuivalen CO₂ per ton sampah basah dengan tiga skenario pemrosesan akhir yang berbeda ditunjukkan pada Gambar 5.

Grafik tersebut menunjukkan proses penimbunan sampah di TPA menghasilkan emisi gas rumah kaca yang paling tinggi. Estimasi emisi yang paling tinggi dihasilkan dari sampah yang berasal dari perumahan Nirmala dan Kumala. Emisi ekuivalen CO₂ yang dihasilkan adalah 1192,62 kg/ton dan 1109,18 kg/ton sampah basah. Proses daur ulang dan pengomposan sampah dapat mengurangi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari proses penimbunan sampah di TPA. Penurunan emisi gas rumah kaca yang cukup signifikan dari penimbunan sampah di TPA terjadi jika proses daur ulang diterapkan pada pemrosesan akhir sampah. Hal ini disebabkan persentase sampah organik dan kertas yang tinggi. Jika persentase reduksi sampah yang didaur ulang lebih tinggi, maka emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari proses penimbunan sampah akan menurun. Upaya perubahan pengelolaan sampah dari proses penimbunan di TPA ke proses daur ulang bertujuan untuk mencegah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari proses penimbunan (De La Barrera dan Hooda, 2016). Kondisi *Business as Usual* (BAU) terdapat pada skenario kedua, di mana 50% sampah ditimbun di TPA dan 50% sampah dibakar secara terbuka. Penurunan emisi gas rumah kaca tiga permukiman dari kondisi BAU adalah 63,67%; 62,67%; dan 60,78%.

3. KESIMPULAN

Emisi gas rumah kaca dari kegiatan pengangkutan sampah dari sumber ke TPS bergantung pada jenis kendaraan yang digunakan, kondisi kendaraan, dan jumlah bahan bakar yang digunakan. Emisi gas rumah kaca dari proses penimbunan sampah di TPA ditentukan jumlah dan komposisi sampah yang ditimbun. Sampah organik dan kertas merupakan penyumbang terbesar emisi gas rumah kaca dari proses penimbunan. Jumlah emisi gas kg ekuivalen CO₂/tahun/ton sampah yang dihasilkan dari ketiga skenario adalah 3237, 2423, dan 913 kg/tahun/ton. Untuk mengurangi jumlah emisi gas rumah kaca dari kegiatan penimbunan sampah dan pembakaran sampah secara terbuka, proses daur ulang dan pengomposan perlu dilakukan. Proses daur ulang dan pengomposan sampah dapat menurunkan emisi gas rumah kaca sebesar 62,34% dari kondisi BAU.