

PENGARUH FERMENTASI KOTORAN KAMBING PADA EMISI GAS (CO₂, CH₄, N₂O) VERMICOMPOSTING SAMPAH ORGANIK

Endro Sutrisno, Irawan Wisnu Wardana, Ika Bagus Priyambada

Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Sudarto, SH., Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275
Email: e.sutrisno@undip.ac.id

ABSTRAK

Kegiatan pengelolaan sampah dapat melepaskan gas rumah kaca (GRK) ke atmosfer dan mengintensifkan iklim global. Pengomposan adalah proses komponen aerobik karbon degradable organik dalam limbah diubah menjadi karbon dioksida. Menggabungkan pra-kompos dan vermicomposting berpotensi menimbulkan emisi amonia dan gas rumah kaca. Desain percobaan dilakukan dengan memberikan fermentasi kotoran kambing dalam vermicomposting sampah organik dengan jumlah yang berbeda untuk mengetahui pengaruh fermentasi kotoran kambing terhadap emisi gas CO₂, CH₄, N₂O saat kematangan kompos. Desain penelitian ini menggunakan 4 kombinasi yaitu kombinasi pertama 80% sampah organik, 20% kotoran kambing; kombinasi kedua yaitu 80% sampah organik, 20% kotoran kambing, 100 mL *Aspergillus niger*; kombinasi ketiga yaitu 60% sampah organik, 40% kotoran kambing; dan kombinasi keempat yaitu 60% sampah organik, 40% kotoran kambing, 100 mL *Aspergillus niger*. Kriteria pengujian yang digunakan adalah pengujian emisi gas CO₂, CH₄, N₂O di akhir kematangan kompos. Dengan adanya penambahan kotoran kambing, semakin banyak kotoran kambing ditambahkan emisi gas CO₂, CH₄ dan N₂O semakin banyak. Sedangkan dengan ditambahkan *Aspergillus niger*, proses fermentasi semakin cepat dalam menghasilkan emisi gas CO₂, CH₄ dan N₂O.

Keywords: Sampah organik, kotoran kambing, *Aspergillus niger*, CO₂, CH₄, N₂O

PENDAHULUAN

Pada beberapa tahun terakhir, efek rumah kaca adalah fenomena yang dikhawatirkan para ilmuwan lingkungan. Kegiatan antropogenik dapat membuat troposfer, lapisan paling bawah dari atmosfer, terperangkap oleh proses alami karena adanya gas-gas tertentu. Karbon dioksida (CO₂), Chlorofluorocarbon (CFCs), Metana (CH₄) dan Nitrous Oxide (N₂O) adalah efek gas dari proses industri, pembakaran, memecah bahan organik, dll yang berkontribusi dalam pemanasan global. Hal ini menjadi tugas kita dan dunia di masa depan untuk mengurangi emisi pemanasan global tanpa mengurangi pembangunan ekonomi dan sosial (Calabro, 2009).

Kegiatan pengelolaan sampah dapat melepaskan gas rumah kaca ke atmosfer dan mengintensifkan iklim global (Zhang *et al.*, 2014). Telah banyak studi tentang pengolahan sampah kota, misalnya pembakaran menghasilkan Green House Gas (GHG) pada prosesnya. Emisi di semua tahap proses dari pembakaran sampah padat (*Municipal Solid Waste – MSW*) menghasilkan fosil CO₂ tinggi. Di Cina emisi CO₂ adalah 111-254 kg CO₂-eq t⁻¹ rw Yang (2012). Meskipun ada *recovery energy* pada proses pembakaran dan

pemisahan jenis MSW dapat mengurangi dampak lingkungan. Pembakaran masih memiliki dampak yang lebih tinggi dari Gas Rumah Kaca. Jadi, kita perlu proses pengolahan MSW yang ramah lingkungan.

Kompos telah diterima oleh masyarakat sebagai cara pengolahan sampah organik yang ramah lingkungan (Hellebrand *et al.*, 2008). Pengomposan adalah proses komponen aerobik karbon degradable organik (DOC) dalam limbah diubah menjadi karbon dioksida (CO₂). Namun, pada tahun 1993, beberapa tokoh peneliti menemukan terdapat emisi amonia (NH₃) dan gas-gas rumah kaca, seperti nitrous oxide (N₂O) dan metana (CH₄) dari kompos (Hellebrand *et al.*, 2008; Hobson *et al.*, 2005). Keberlanjutan kompos membutuhkan kontrol yang lebih baik terhadap beberapa dampak emisi gas yang terjadi. Pemanfaatan kompos juga dapat mengurangi penggunaan pupuk kimia dan pestisida. Kompos berhubungan dengan transformasi nitrogen. Nitrogen merupakan faktor kunci dalam kaitannya dengan baik tidaknya kualitas kompos dan dampak lingkungan dari cara pengomposan.

Banyak proses organik limbah menggunakan teknik tradisional, tapi teknik tersebut kurang tepat diterapkan khususnya di Indonesia dengan cuaca ekstrim akhir-akhir ini. Berbagai proses pengomposan

untuk mengurangi emisi gas dan menghasilkan kompos yang baik, studi yang dilakukan Wang *et al.* (2014) menggunakan cacing tanah untuk pupuk kompos bebek, Chen *et al.* (2014) memanfaatkan energi surya di lumpur limbah kompos. Biotrickling penyaring (BTF) untuk mengatasi NH₃ yang dipancarkan dari gas buang kompos kotoran ternak, Hao *et al.* (2011) menggantikan jagung kering penyuling biji-bijian pada pengomposan kotoran makanan ternak.

Pengomposan sampah dapur dengan tangki timbun dapat mengurangi emisi CH₄ dan N₂O (Yang, F. *et al.*, 2013). Menggabungkan pra-kompos dan vermicomposting berpotensi untuk reklamasi limbah padat, yang merupakan sumber signifikan dari amonia (NH₃), dan gas rumah kaca (GRK) termasuk nitrous oksida (N₂O), metana (CH₄) dan karbon dioksida (CO₂). Cacing tanah dan perubahan juga dapat mempengaruhi NH₃ dan emisi gas rumah kaca (Wang, 2014). Emisi N₂O rendah ditemukan pada awal proses dan selama tahap pematangan, fluktuasi CO₂ memiliki hubungan langsung dengan temperatur puncak. Pada penelitian – penelitian sebelumnya pengujian emisi gas dilakukan terhadap pengomposan satu jenis perlakuan pembuatan kompos. Namun, pada penelitian ini akan dilakukan dua tahap pembuatan kompos organik yaitu pembuatan kompos dari sampah organik melalui tahap vermicomposting dan penambahan fermentasi kotoran kambing. Pengujian emisi gas (CO₂, CH₄, N₂O) dilakukan pada kompos di akhir kematangan kompos. Desain percobaan dilakukan dengan memberikan fermentasi kotoran kambing dalam *vermicomposting* sampah organik dengan jumlah yang berbeda untuk mengetahui pengaruh fermentasi kotoran kambing terhadap emisi gas (CO₂, CH₄, N₂O) saat kematangan kompos. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah fermentasi jumlah kotoran kambing terhadap emisi gas (CO₂, CH₄, N₂O) pada vermicomposting limbah padat.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini adalah jenis penelitian lapangan. Penelitian dilakukan selama bulan Agustus – September 2016. Pengambilan sampel GRK dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro dan analisis sampel gas dilakukan di Laboratorium Gas Rumah Kaca, Balington, Pati menggunakan *Gas Chromatography 14 A*. komposisi penelitian

diantara kombinasi a) 80% sampah organik, 20% kotoran kambing; b) kombinasi kedua yaitu 80% sampah organik, 20% kotoran kambing, 100 mL *Aspergillus Niger*; c) kombinasi ketiga yaitu 60% sampah organik, 40% kotoran kambing; dan d) kombinasi keempat yaitu 60% sampah organik, 40% kotoran kambing, 100 mL *Aspergillus Niger*.

Teknik sampling

Pengambilan sampel Gas Rumah Kaca (GRK) dilakukan sebanyak 5 kali selama 12 hari untuk Gas CO₂, CH₄, dan N₂O (hari ke-0, 3, 6, 9, dan 12). Waktu tersebut merupakan waktu proses penguraian sampah daun agar siap dijadikan makanan cacing dalam proses vermicomposting. Konsentrasi GRK (ppm), kemudian dikonversi menjadi satuan mg/m³ dengan rumus:

$$K_n \text{ GRK } \text{ mg/m}^3 = \frac{(P_1) \times I}{24,5}$$

Analisis nilai fluks digunakan untuk menyempurnakan hasil penelitian. Fluks adalah kecepatan mengalirnya gas rumah kaca. Hasil analisis laboratorium untuk gas rumah kaca berupa satuan (ppm), kemudian dihitung agar mendapatkan nilai fluks (mg/m²/menit) gas rumah kaca dengan menggunakan rumus perhitungan. Konsentrasi yang telah dikonversi digunakan untuk menghitung fluks GRK:

$$F \text{ GRK } = \frac{d}{d} \times \frac{V}{A \times t} \times \frac{m}{m} \times \left(\frac{2 \times d}{2 \times d + 1} \right)$$

Hasil observasi serta hasil uji laboratorium selanjutnya dianalisis melalui grafik serta dijelaskan secara deskriptif dan kajian pustaka.

HASIL DAN PEMBAHASAN

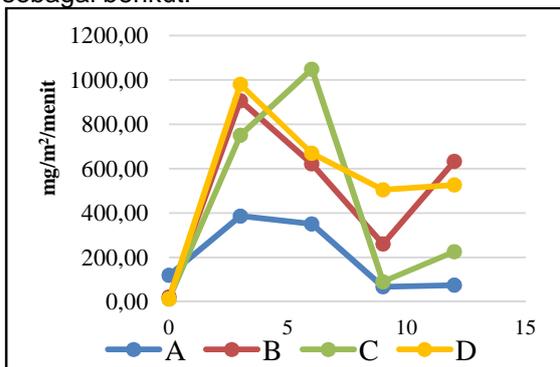
Pengomposan dan Pengambilan Sampel

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah kompos sampah daun kering. Kompos sampah daun kering merupakan kompos yang berbahan baku sampah dedaunan yang berasal dari beberapa kegiatan dan sudah dikeringkan sampai berwarna coklat. Daun kering yang termasuk sampah coklat kaya akan karbon (C) yang menjadi sumber energi atau makanan untuk mikroorganisme. Ciri-ciri sampah daun biasanya kering, kasar, berserat dan berwarna coklat (sampah coklat). Pengomposan sampah daun kering ini memanfaatkan campuran kotoran kambing dan juga fungi *Aspergillus niger*. Kotoran kambing berperan sebagai bahan pengering yang dalam proses

dekomposisinya dapat menghasilkan bau yang tidak sedap sehingga dapat meningkatkan mikroorganisme selama proses dekomposisi (Syafudin, 2007). Sedangkan penambahan *Aspergillus niger* ini berfungsi untuk mempercepat penguraian bahan organik dan meningkatkan aktivitas mikroorganisme. Hal ini dikarenakan *Aspergillus niger* dapat memproduksi asam-asam organik. Proses komposting dijaga tetap kondisi aerobik.

Pengaruh Fermentasi Kotoran Kambing pada Emisi Gas CO₂

Pengaruh fermentasi kotoran kambing terhadap emisi gas CO₂ adalah sebagai berikut:

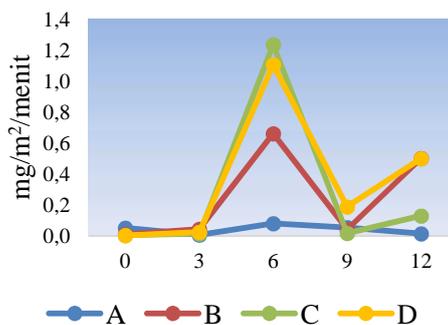


Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Fermentasi Campuran Kotoran Kambing dengan Sampah Organik terhadap Fluks CO₂

Berdasarkan gambar 4.1 di atas, dapat diketahui bahwa fluks CO₂ mengalami fluktuatif selama proses penguraian sampah daun kering. Gas CO₂ banyak dihasilkan pada proses pengomposan aerobik, dimana gas tersebut merupakan hasil samping dari aktifitas mikroorganisme dalam menguraikan senyawa organik dan dapat menurunkan kandungan karbon selama proses pengomposan aerobik. Pada hari ke-12 terjadi kenaikan fluks CO₂ dimana pada saat yang sama terjadi kenaikan fluks CH₄. Hal ini menandakan bahwa pada hari ke-12 terjadi kondisi anaerob. Sementara itu, jika dibandingkan antar reaktor dapat diketahui apabila reaktor B dan reaktor D memiliki pola grafik fluks yang hampir sama. Hal ini dikarenakan adanya aktifitas dari fungsi *Aspergillus niger* yang berperan dalam proses penguraian.

Pengaruh Fermentasi Kotoran Kambing pada Emisi Gas CH₄

Pengaruh fermentasi kotoran kambing terhadap emisi gas CO₂ adalah sebagai berikut:

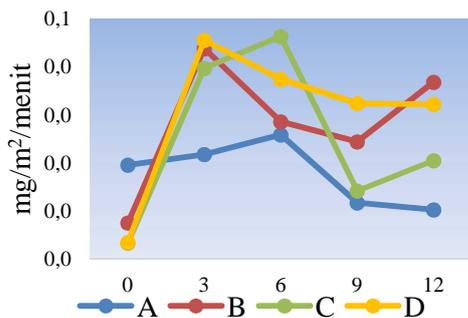


Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Fermentasi Campuran Kotoran Kambing dengan Sampah Organik terhadap Fluks CH₄

Berdasarkan gambar 4.2 dapat diketahui bahwa fluks CH₄ mengalami fluktuatif. Gas CH₄ yang terbentuk lebih sedikit dari pada gas CO₂. Hal ini dikarenakan proses penguraian bersifat aerobik sehingga lebih banyak menghasilkan CO₂ dan bakteri penghasil metan tidak bisa hidup dalam keadaan aerobik. Pada grafik di atas juga dapat dilihat bahwa pada hari ke-6 terjadi kenaikan CH₄. Hal ini dikarenakan gas CO₂ yang terbentuk terkonversi menjadi CH₄ (Yokoyama, 2008), sehingga gas CO₂ mengalami penurunan pada hari ke-6 seperti pada gambar 4. Sementara itu, jika dibandingkan antar reaktor dapat diketahui apabila reaktor B dan reaktor D memiliki pola grafik fluks yang hampir sama. Hal ini dikarenakan adanya aktifitas dari fungsi *Aspergillus niger* yang berperan dalam proses penguraian.

Pengaruh Fermentasi Kotoran Kambing pada Emisi Gas N₂O

Pengaruh fermentasi kotoran kambing terhadap emisi gas N₂O ditampilkan pada gambar 4.3. Berdasarkan gambar 4.3, dapat diketahui bahwa fluks gas N₂O mengalami fluktuatif. Gas N₂O pada proses composting aerobik sangatlah kecil nilainya dikarenakan oleh adanya penurunan nilai N pada kompos (Hobson, 2005). Menurut Hobson (2005) menyatakan bahwa jika adanya nilai N₂O pada proses composting berarti pada proses dekomposisi bahan organik terjadi dalam suasana mesofilik, dimana suhu kompos antara 25°C sampai 35°C. Jika dikaitkan dengan nilai suhu rata-rata yang diukur pada saat proses composting yaitu ± 30°C. Sementara itu, jika dibandingkan antar reaktor dapat diketahui apabila reaktor B dan reaktor D memiliki pola grafik fluks yang hampir sama. Hal ini dikarenakan adanya aktifitas dari fungsi *Aspergillus niger* yang berperan dalam proses penguraian.



Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Fermentasi Campuran Kotoran Kambing dengan Sampah Organik terhadap Fluks N₂O

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian hasil dan pembahasan di atas, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

Dengan adanya penambahan kotoran kambing, semakin banyak kotoran kambing ditambahkan emisi gas CO₂, CH₄ dan N₂O semakin banyak. Sedangkan dengan ditambahkan *Aspergillus niger*, proses fermentasi semakin cepat dalam menghasilkan emisi gas CO₂, CH₄ dan N₂O

DAFTAR PUSTAKA

- Calabro, Paolo S, 2009, *Green house gases emission from municipal waste management : The role of separate collection*, Waste Management 29 : 2178 – 2187.
- Chen, Y., Yu, F., Liang, S., Wang, Z., Liu, Z., Xiong, Y. Utilization of solar energy in sewage sludge composting : Fertilizer effect and application. Waste Management 34 : 2014-2021.
- Hao, X., Benke, M.B., Li, C., Larney, F.J., Beauchemin, K. A., McAllister, T.A. Nitrogen transformations and greenhouse gas emissions during composting of manure from cattle fed diets containing corn dried distillers grains with soluble and condensed tannins. Animal Feed Science and Technology 166 – 167 : 539-549.
- Hellebrand, H.J, G.W. Scade, 2008, *Carbon Monoxide from Composting Due to Thermal Oxidation of Biomass*, Journal Environmental Quality 37:592-598, USA.
- Hobson A, Frederickson J and Dise N. 2005. *CH₄ and N₂O from mechanically turned windrow and vermicomposting systems following in-vessel pre-treatment*. Waste Management 25: 345–352.
- Hobson, F., Dise. 2005. *CH₄ dan N₂O From Mechanically Turned Windrow and*

vermicomposting System Following in-Vessel Pre-treatment. Milton Keynes: Department Of Earth Sciences The Open Of University Walton Hall

Muna, Neli. 2011. *Skripsi Aplikasi Kompos Bungkil Jarak Pagar Untuk Mereduksi Emisi Gas Rumah Kaca Karbondioksida (CO₂), Metana (CH₄) dan Dinitro Oksida (N₂O) dari Perkebunan Jarak Pagar*. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.

Syafrudin dan Badrus Z. 2007. *Pengomposan Limbah Teh Hitam Dengan Penambahan Kotoran Kambing Pada Variasi Yang Berbeda Dengan Menggunakan Starter Em4 (Effective Microorganism-4)*. Jurnal Teknik. Universitas Diponegoro. (<http://www.ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik/article/view/2143/1881>)

Wang, J., Hu, Z., Xu, X., Jiang, X., Zheng, B., Liu, X., Pan, X., Kardol, P. *Emissions of ammonia and greenhouse gases during combined pre-composting and vermicomposting of duck manure*. Waste Management 34:1546-1552.

Yang, N., H. Zang, M. Chen, L. Shao, P. He, 2012, *Greenhouse gas emission from MSW incineration in China : Impacts of waste characteristics and energy recovery*, Waste Management 32 : 2552-2560.

Yokoyama, S. 2008. *Buku Panduan Biomassa Asia (Panduan untuk Produksi dan Pemanfaatan Biomassa)*. The Japan Institute of Energy.

Zhang, X., G. Huang, 2014, *Municipal solid waste management planning considering greenhouse gas emission trading under fuzzy environment*. Journal of Environmental Management 135 : 11 – 18.