

Adsorpsi Emisi Amonia pada Proses Pengomposan Limbah Padat Rumah Potong Hewan menggunakan Media Kompos Matang

Sugito¹ dan Rhenny Ratnawati²

^{1,2} Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya, Jalan Dukuh Menanggal XII Surabaya 60234, Indonesia
E-mail: ratnawati@unipasby.ac.id

ABSTRAK

Rumah Potong Hewan (RPH) merupakan unit pelayanan yang melakukan aktivitas pemotongan hewan ternak namun selain menghasilkan produk daging juga menghasilkan limbah padat berupa rumen dan sisa pakan. Proses komposting dapat mereduksi volume limbah padat RPH juga menghasilkan gas amonia yang dapat mencemari lingkungan, menghambat aktivitas mikroorganisme pada proses komposting, dan pemanasan global. Salah satu upaya untuk mereduksi gas amonia yaitu dengan menggunakan media biofilter. Penelitian bertujuan untuk mengkaji efisiensi penurunan emisi gas amonia menggunakan media adsorben kompos matang. Metode penelitian ini adalah menggunakan 8 reaktor komposter terpadukan dengan reaktor biofilter yang digunakan untuk mereduksi gas amonia pada proses komposting. Proses komposting dilakukan secara aerobik selama 50 hari. Variabel dalam penelitian ini adalah komposisi bahan baku proses komposting (60% rumen:40% jerami, 50% rumen:50% jerami, 40% rumen:40% jerami, dan 100% rumen) dan jenis rumen sapi yang digunakan (BX dan Madura). Media biofilter berupa kompos matang. Analisis gas amonia menggunakan metode Nessler dengan spektrofotometer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media adsorben kompos matang memiliki efisiensi sebesar 90% pada R1 dicapai pada proses komposting hari ke-40.

Kata kunci: Biofilter, Emisi gas amonia, Komposting, Kompos matang, Limbah padat rumah potong hewan.

ABSTRACT

Slaughterhouse is a service unit that carries out livestock slaughtering activities but besides producing meat products also produces solid waste in the form of rumen and leftovers. The composting process can reduce the volume of solid waste RPH also produces ammonia gas that can pollute the environment, inhibit the activity of microorganisms in the composting process, and global warming. One of the efforts to reduce ammonia gas is by using biofilter media. The study aims to assess the efficiency of reducing ammonia gas emissions using mature compost adsorbent media. This research method is using 8 composter reactors integrated with biofilter reactors used to reduce ammonia gas in the composting process. The composting process is carried out aerobically for 50 days. The variables in this study were the composition of the composting process raw material (60% rumen: 40% straw, 50% rumen: 50% straw, 40% rumen: 40% straw, and 100% rumen) and the types of beef rumen used (BX and Madura). Biofilter media in the form of mature compost. Ammonia gas analysis using the Nessler method with a spectrophotometer. The results showed that the mature compost adsorbent media had an efficiency of 90% in the R1 achieved in the 40th day composting process.

Keywords: Ammonia emission, Biofilter, Composting, Compost, Slaughterhouse solid waste

1. PENDAHULUAN

Rumah Pematangan Hewan (RPH) merupakan unit pelayanan yang melakukan aktivitas pematangan hewan ternak. RPH tidak hanya menghasilkan produk daging tetapi juga menghasilkan limbah. Setiap harinya aktivitas RPH di Surabaya menghasilkan limbah padat mencapai 5 ton. Limbah padat yang dihasilkan dari RPH yaitu rumen, dan sisa pakan ternak. Limbah padat yang dibiarkan begitu saja tanpa diolah dapat memberikan dampak negatif berupa pencemaran air permukaan, air tanah, tanah, dan udara [1]. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya untuk mengolah limbah padat tersebut menggunakan proses komposting.

Proses komposting adalah proses penguraian bahan organik oleh mikroba seperti bakteri, jamur yang memanfaatkan bahan organik sebagai sumber energi [2]. Selama proses komposting limbah padat RPH berupa rumen sapi memiliki rasio C/N sebesar 6,44-13,71 rasio tersebut rendah dibandingkan dengan rasio C/N pada idealnya yang berkisar 25-35 sehingga akan menghasilkan gas ammonia (NH_3) yang tinggi [3]. Proses komposting selain dapat mereduksi limbah padat RPH juga menghasilkan bau.

Menurut Ratnawati dkk. [4], bau yang tidak sedap dihasilkan dari gas pengolahan bahan organik secara aerobik dan anaerobik. Gas yang dihasilkan berupa NH_3 , CH_4 , N_2O , dan NO . Salah satu gas yang dihasilkan pada proses komposting adalah gas ammonia (NH_3). Gas NH_3 dapat menghambat aktivitas mikroorganisme yang berperan pada saat proses komposting, menyebabkan pencemaran lingkungan dan pemanasan

global, Selain menyebabkan pemanasan global, gas NH_3 juga menimbulkan bau tidak sedap yang akan mengganggu lingkungan [5]. Salah satu upaya untuk mengurangi gas NH_3 yang dihasilkan dari proses komposting yaitu menggunakan media biofilter yang berisi media adsorben.

Biofilter merupakan salah satu teknologi alternatif yang digunakan dalam menyisihkan gas ammonia dan bau pada pengolahan air limbah, gas buang, dan proses pengomposan [6]. Beberapa teknologi yang berkaitan dengan penggunaan biofilter yaitu penelitian yang dilakukan oleh Suprayogi dkk. [5] dan Rahmawati dkk. [6] mengenai pengaplikasian biofilter dalam pengomposan untuk menghilangkan ammonia (NH_3) dan *volatile organic compound* (VOC). Penggunaan media adsorben sebagai bahan adsorben di dalam biofilter menentukan kinerja dari sebuah biofilter karena bahan adsorben merupakan inti operational di dalam biofilter [7].

Menurut Rahmawati dkk. [6] bahwa media adsorben ada dua berdasarkan sifat kimianya (media adsorben organik dan anorganik) material media adsorben organik yang dapat digunakan dalam biofilter yaitu tanah, serpihan kayu, dan arang aktif. Sedangkan media adsorben anorganik yaitu *Granular Activated Carbon* (GAC), koral dan zeolit. Adapun bahan media adsorben yang pernah dilakukan dalam mereduksi gas NH_3 , H_2S , SO_2 adalah kompos, gambut, serbuk gergaji kayu, koral [8].

Dalam penelitian ini media adsorben yang digunakan adalah kompos matang dan zeolit sebagai media adsorben dalam biofilter untuk mereduksi gas NH_3 .

Penelitian terdahulu menggunakan system A²O dalam mereduksi gas ammonia pada proses pengomposan limbah padat rumah potong hewan dengan menggunakan media zeolit dan karbon aktif. Efisiensinya zeolit sebesar 98,03-99,40% efisiensi karbon aktif sebesar 98,42-99,65% [5]. Penggunaan biofilter untuk mereduksi gas ammonia menggunakan media kompos matang dengan sistem five-stage sequencing batch reactor efisiensi sebesar 87,96% [6].

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kinerja media adsorben dalam biofilter untuk mereduksi gas NH₃ pada proses komposting. Variasi jenis media adsorben berpengaruh terhadap proses reduksi gas NH₃ yang dihasilkan dari proses komposting limbah padat RPH rumen dan sisa pakan ternak sapi.

2. METODE PENELITIAN

Penurunan emisi amonia menggunakan filter dilakukan selama proses pengomposan sistem aerobik limbah padat RPH dengan waktu 50 hari. Variasi komposisi bahan baku adalah perbandingan rumen sapi Brahmana Cross (BX) dan jerami. Tiga variasi komposisi rumen:jerami masing-masing adalah 40:60; 50:50; dan 60:40. Pemilihan ketiga komposisi campuran bahan baku ini didasarkan pada perhitungan estimasi nilai rasio C/N yang sesuai dengan baku mutu untuk proses pengomposan. Dari variasi komposisi bahan baku ini diharapkan rasio C/N berkisar antara 20-25. Pengaturan terhadap rasio C/N dengan menambahkan sumber C, yaitu rumput sisa pakan ternak dan jerami. Pengaturan rasio C/N ini dimaksudkan untuk mengkondisikan rasio C/N awal bahan baku sesuai dengan kondisi optimum proses pengomposan, yaitu 20-35 [9]. Variasi

media filter yang digunakan adalah kompos matang. Rincian kebutuhan reaktor disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Kebutuhan Reaktor

No reaktor	Komposisi rumen:jerami	Jenis media
R1	40:60	Kompos matang
R2	50:50	Kompos matang
R3	60:40	Kompos matang
RK1	100:0	Kompos matang

Keterangan: R= Reaktor Uji; RK= Reaktor Kontrol; (-)= Tidak ada perlakuan

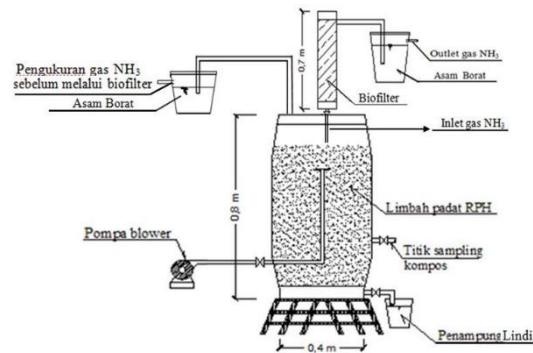
Kebutuhan udara minimum untuk pengomposan limbah padat RPH secara aerobik sebanyak 20 kg bahan baku per reaktor adalah sebesar 0,47 L/menit \approx 0,5 L/menit udara. Namun Ratnawati dkk. [9] menyatakan bahwa untuk meyakinkan bahwa suplai yang diberikan tidak turun dibawah 50% kebutuhan, maka suplai udara yang diberikan dapat dinaikkan sampai dengan dua kali kebutuhan. Oleh karena itu, suplai udara yang akan diberikan pada fase aerobik dalam penelitian ini akan dinaikkan menjadi sebesar 0,75 L/menit (1,6 kali kebutuhan). Meskipun besaran suplai udara yang diberikan tidak sampai 2 kali kebutuhan (karena menyesuaikan ketersediaan peralatan suplai udara/kompresor), namun peningkatan suplai ini diharapkan dapat menjaga suplai udara tidak berada di bawah 50% dari kebutuhan.

Sampel basah kompos seberat \pm 5 gram digunakan untuk analisis parameter pH. Pengukuran emisi gas amonia dilakukan pada inlet dan outlet gas. Pengukuran inlet gas atau sebelum masuk filter dilakukan dengan mengambil gas menggunakan alat suntik 50 mL. Selanjutnya disuntikkan kedalam larutan asam borat (H₃BO₃) 25 mL. Pengukuran emisi amonia pada outlet atau

setelah filter dilakukan dengan mengambil larutan asam borat sebanyak 25 mL yang telah digunakan untuk menampung emisi amonia setelah melewati absorben. Emisi gas NH_3 ditangkap dengan larutan asam borat sebesar 2%. Asam borat ini dibuat dengan melarutkan 20 gram asam borat berbentuk serbuk ke dalam aquades satu liter. Pengenceran asam borat dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan. Selanjutnya asam borang yang mengandung NH_3 tersebut dianalisis dengan metode nessler, larutan diukur menggunakan spektrofotometri.

Reaktor yang digunakan berbentuk *standing drum* dengan kapasitas 120 L. Bagian bawah reaktor dibuat saluran untuk mengalirkan lindi keluar dari reaktor yang kemudian ditampung pada wadah kedap udara. Bagian samping reaktor diberi lubang dilengkapi penyumbat untuk memudahkan pengambilan sampel. Media filter baik kompos matang maupun GAC akan ditempatkan pada tabung PVC diameter 4" setinggi 0,7 m. Filter ini diletakkan dibagian atas *standing drum* yang dihubungkan melalui pipa PVC diameter 1". Bagian atas tabung filter akan dibuat saluran yang dihubungkan ke larutan asam borat sebagai penangkap gas NH_3 . Reaktor uji adanya penggunaan filter yang dihubungkan dengan larutan asam borat, sedangkan reaktor kontrol tanpa adanya penggunaan filter. Gas yang keluar dari reaktor langsung dihubungkan dengan larutan asam borat. Gambar desain reaktor uji yang digunakan dapat dilihat pada **Gambar 1**. Bahan baku yang digunakan pada penelitian, yaitu rumen sapi yang berasal dari RPH Krian. Kadar air limbah padat RPH umumnya mempunyai nilai tinggi karena bersifat basah, yaitu 61,35-84,32%. Kondisi kadar air ideal untuk

proses pengomposan, yaitu 50-60%. Oleh karena itu, sebelum digunakan untuk penelitian limbah padat RPH diangin-anginkan dan dijemur untuk mengkondisikan terciptanya kadar air ideal proses pengomposan. Penjemuran dilakukan selama $\pm 4-5$ hari.



Gambar 1. Desain Reaktor [10]

3. HASIL PENELITIAN

3.1 Karakteristik Awal Limbah Padat RPH

Karakteristik awal limbah padat RPH disajikan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Karakteristik Awal Limbah Padat RPH

Parameter	Satuan	Isi rumen	Jerami
Kadar air	%	54,00	58,00
Nilai pH	-	8,40	7,49
Kadar C-organik	%	31,31	22,37
Kadar N-total	%	3,31	1,05
Rasio C/N	-	9,46	21,30
Hara makro P	%	0,15	0,02
Hara makro K	%	0,11	1,40

Rasio C/N pada isi rumen, yaitu 9,46 mempunyai nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan jerami (21,30). Rendahnya rasio C/N ini disebabkan oleh tingginya kandungan nutrisi dalam isi rumen [10].

3.2 Kadar NH_3 yang dihasilkan dari Proses Pengomposan

Emisi gas NH_3 yang timbul selama proses komposting mempunyai nilai yang berbeda-beda. Kurva perubahan nilai emisi gas NH_3 tersebut dilakukan dengan perhitungan efisiensi removal. Perhitungan efisiensi removal biofilter untuk masing-masing media adsorben dalam reaktor disajikan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil Analisis Pengukuran Emisi Gas NH_3

Konsentrasi NH_3 (mg/L)			
Media Adsorben Kompos Matang			
Hari Ke-	Reaktor	Inlet	Outlet
10	R1	0,0000	0,0000
	R2	0,0006	0,0001
	R3	0,0013	0,0011
	RK1	0,0000	0,0000
20	R1	0,0125	0,0112
	R2	0,0115	0,0110
	R3	0,0245	0,0192
	RK1	0,0078	0,0047
30	R1	0,0053	0,0051
	R2	0,0090	0,0037
	R3	0,0037	0,0028
	RK1	0,0045	0,0029
40	R1	0,6032	0,0613
	R2	0,0647	0,0352
	R3	0,0435	0,0379
	RK1	0,2775	0,0936
50	R1	0,0518	0,0364
	R2	0,0482	0,0364
	R3	0,0360	0,0358
	RK1	0,0530	0,0360

Pada Tabel 3. terlihat perbedaan emisi gas NH_3 antara emisi gas NH_3 sebelum melalui

media adsorben (inlet) dan setelah melalui media adsorben (oulet) kompos matang maupun zeolit selama proses komposting berlangsung. Selama proses komposting dengan sistem aerobik berlangsung menghasilkan emisi gas NH_3 . Perubahan kadar gas NH_3 merupakan indikator berjalanya proses penguraian bahan organik. Pengukuran emisi gas NH_3 pada inlet dan outlet dilakukan 10 hari sekali. Kadar emisi gas NH_3 selama proses komposting terbesar adalah 0.6032 mg/l pada hari ke-40 reaktor 1.

3.3 Kemampuan Adsorben dan Efisiensi Penurunan Kadar NH_3

Emisi gas NH_3 yang timbul selama proses komposting mempunyai nilai yang berbeda-beda. Kurva perubahan nilai emisi gas NH_3 tersebut dilakukan dengan perhitungan efisiensi removal. Perhitungan efisiensi removal biofilter untuk masing-masing media adsorben dalam reaktor disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisis Pengukuran Emisi Gas NH_3

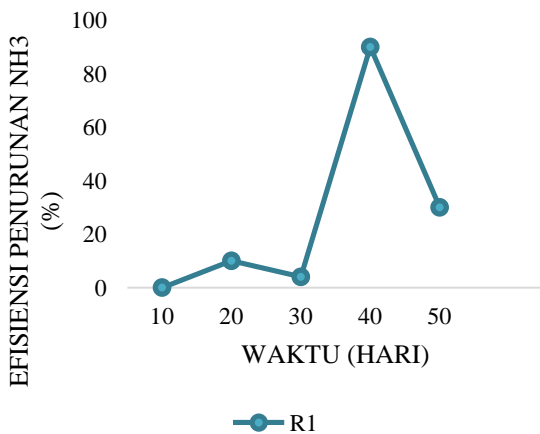
Hari Ke-	Efisiensi penurunan kadar amonia (%)			
	R1	R2	R3	RK1
10	0	83	15	0
20	10	4	22	40
30	4	59	24	36
40	90	46	13	66
50	30	24	1	32

Berdasarkan Tabel 4 Penggunaan media adsorben yang digunakan dalam biofilter untuk mereduksi emisi gas NH_3 sangat mempengaruhi kinerja proses adsorpsi dalam biofilter. Efisiensi emisi gas NH_3 pada setiap masing-masing reaktor biofilter

dari hari ke-10 hingga ke-50 menunjukkan nilai efisiensi yang berbeda-beda.

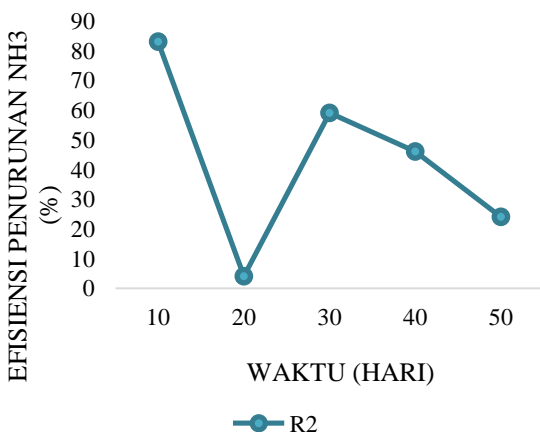
4. PEMBAHASAN

Kurva nilai efisiensi emisi gas NH_3 disajikan dalam bentuk diagram batang dapat dilihat pada Gambar 2, Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5.



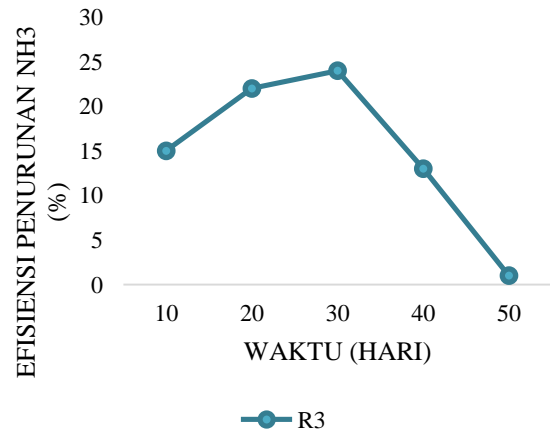
Gambar 2. Efisiensi Emisi Gas NH_3 Reaktor 1

Berdasarkan pada Gambar 2 Menunjukkan perbandingan efisiensi reduksi emisi gas NH_3 antara media adsorben kompos matang pada Reaktor 1 efisiensi emisi gas NH_3 terbesar 90% pada hari ke 40.



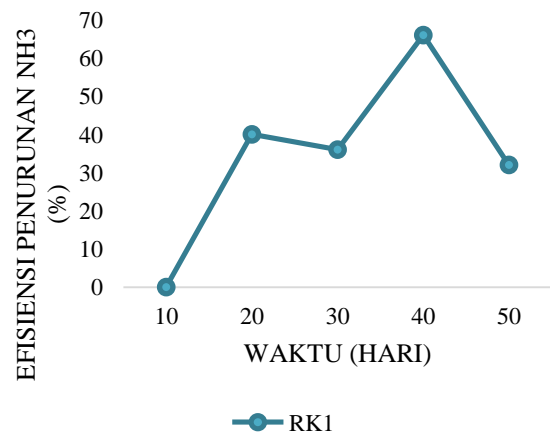
Gambar 3. Efisiensi Emisi Gas NH_3 pada Reaktor 2

Berdasarkan pada Gambar 3 menunjukkan perbandingan efisiensi reduksi emisi gas NH_3 pada media adsorben kompos matang pada reaktor 2. Pada Gambar 3 menunjukkan efisiensi tertinggi sebesar 83% pada hari ke 10.



Gambar 4. Efisiensi Emisi Gas NH_3 pada Reaktor 3

Berdasarkan pada Gambar 4 menunjukkan perbandingan efisiensi reduksi emisi gas NH_3 pada media adsorben kompos matang pada reaktor 3 dengan efisiensi tertinggi sebesar 24% pada hari ke 30.



Gambar 5. Efisiensi Emisi Gas NH_3 pada Reaktor Kontrol 1

Berdasarkan pada Gambar 5 menunjukkan perbandingan efisiensi reduksi emisi gas

NH₃ pada media adsorben kompos matang pada RK1 dengan tertinggi 66% pada hari ke 40.

Jika dilihat perbandingan efisiensi media adsorben dan perbandingan efisiensi media adsorben dalam mereduksi emisi gas NH₃ dari hari ke hari selama proses komposting. Efisiensi reduksi emisi gas NH₃ menggunakan media adsorben kompos matang sebesar 83%. Selanjutnya pada hari ke-30 dan ke- 40 mengalami peningkatan efisiensi secara signifikan pada media kompos matang sebesar 90% reaktor biofilter R1. Peningkatan pada hari ke- 30 dan ke- 40 dikarenakan perlakuan regenerasi media adsorben. Selanjutnya pada hari ke-50 efisiensi emisi gas NH₃ mengalami penurunan. Menurut Trihadiningrum dkk. [11] kenaikan dan penurunan ammonia juga disebabkan oleh kadar ammonia awal pengomposan masih tinggi kemudian turun drastis karena sebagian mengalami nitrifikasi. Menurut Rini dkk. [8] kelembaban media adsorben yang optimum diperlukan untuk menghasilkan proses adsorpsi gas NH₃ yang efektif, mencegah *clogging* pada medium, dan menjaga aktivitas mikroorganisme. Sehingga efisiensi media adsorben didalam biofilter berlangsung dengan baik, tetapi pada penelitian ini tidak dilakukan penjagaan kelembaban media adsorben.

Dari hasil analisis diatas dapat dijelaskan bahwa reduksi emisi gas NH₃ selama proses komposting dari limbah rumen dan sisa pakan ternak sapi berlangsung dengan menggunakan media kompos matang efisiensi emisi gas NH₃ dari hari ke-10 sampai dengan ke-50 efisiensi reduksi emisi gas NH₃ pada biofilter menggunakan kompos matang mencapai

90%. Namun bila dihitung rata-rata keseluruhan dengan mengabaikan data-data yang menyimpang diperoleh hasil efisiensi media adsorben kompos matang sebesar 39,75%

Metode composting merupakan teknologi pengolahan limbah padat RPH namun proses komposting pada limbah padat RPH rumen dan sisa pakan ternak sapi ini menimbulkan masalah yaitu bau. Bau yang timbul dikarenakan salah satu emisi gas yaitu emisi gas NH₃. Emisi gas bau yang khas antara lain berasal dari lepasan senyawa-senyawa sulfida, ammonia, karbon, monoksida, karbon dioksida serta senyawa organik lainnya yang mudah menguap [11]. Untuk mereduksi timbulan emisi gas NH₃ pada proses komposting dapat dilakukan dengan reaktor biofilter yang terdiri dari jenis media adsorben yaitu kompos matang. Berdasarkan hasil penelitian ini bahwa kedua media adsorben bisa mereduksi emisi gas NH₃ melalui proses penyerapan. Efisiensi pada ke dua media adsorben menunjukkan nilai yang berbeda-beda setiap harinya.

Rahmawati dkk. [6] menyatakan bahwa proses adsorpsi emisi gas NH₃ menggunakan media adsorben anorganik seperti GAC, zeolit dll. Model adsorpsi yang sesuai adalah model adsorpsi Langmuir. Model adsorpsi Langmuir berdasarkan asumsi adalah bahwa pada permukaan media hanya terbentuk satu lapisan molekul yang tebal dan proses adsorpsi di setiap bagian dari permukaan pori-pori media berjalan secara homogen [12]. Sedangkan efisiensi reduksi emisi gas NH₃ pada biofilter yang menggunakan media adsorben kompos matang sebesar 90%. Hal ini sesuai dengan pernyataan Rahmawati dkk. [6]. Penggunaan media adsorben kompos matang pada

penelitiannya efisiensi emisi gas NH_3 mencapai 86,85%. Jika dibandingkan nilai efisiensi emisi gas NH_3 pada media adsorben kompos matang dengan hasil penelitian terdahulu maka efisiensi kompos matang pada hasil penelitian ini lebih baik dibandingkan dengan efisiensi kompos matang pada penelitian terdahulu.

Rahmawati dkk. [6] menyatakan bahwa model adsorpsi yang sesuai untuk kompos matang adalah model adsorpsi BET. Menurut Sugito dan Ratnawati [12] model persamaan adsorpsi BET berdasarkan asumsi adalah bahwa molekul yang diadsorpsi lebih dari satu lapisan tebal pada permukaan media dan proses adsorpsi disetiap permukaan mempunyai komposisi yang heterogen. Selain itu proses adsorpsi yang terjadi antara kompos matang dan emisi gas NH_3 merupakan proses adsorpsi secara biologis. Pengaruh efisiensi dalam mereduksi emisi gas NH_3 juga dipengaruhi oleh tinggi media adsorben semakin tinggi media maka semakin banyak juga gas NH_3 yang teradsorb oleh media adsorben [13]. Sedangkan pada media adsorben kompos matang dalam biofilter sebagai substrat untuk mendukung pertumbuhan *biofilm* mikroba yang dapat membantu dalam mendegradasi senyawa polutan gas NH_3 [14] dan media adsorben kompos matang memiliki keragaman dan jumlah mikroorganisme yang tinggi, kapasitas penyangga air yang tinggi, serta pH yang netral [12].

Selain itu, semakin lama proses reduksi emisi gas NH_3 selama proses komposting maka efisiensi media adsorben juga semakin menurun kinerjanya [13]. Agar diperoleh efisiensi reduksi emisi gas NH_3 tetap maksimum selama proses komposting,

maka perlu dilakukan regenerasi media adsorben secara berkala.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka kesimpulan dari penelitian ini adalah efisiensi reduksi gas ammonia (NH_3) pada proses komposting menggunakan media adsorben kompos matang sebesar 90 % pada reaktor R1 dicapai pada proses komposting hari ke- 40. Rata-rata efisiensi media adsorben kompos matang sebesar 39,75%.

Saran dari penelitian ini adalah:

1. Perlu adanya penelitian lanjutan mengenai penggunaan variasi jenis media adsorben lainnya yang berkaitan dengan reduksi emisi gas ammonia (NH_3) guna mendapatkan efisiensi yang lebih baik.
2. Perlu adanya penelitian lanjutan dengan pengujian parameter emisi gas lainnya yang dihasilkan dari proses komposting seperti: H_2S , SO_2 .
3. Efisiensi reduksi emisi gas ammonia (NH_3) agar tetap optimal maka media adsorben perlu dilakukan regenerasi secara berkala selama penelitian dan media adsorben lebih ditinggikan lagi.

6. UCAPAN TERIMAKASIH

Bagian Penelitian ini didanai oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Adi Buana Surabaya melalui Hibah Penelitian Unggulan Adi Buana Tahun Anggaran 2018, kontrak No. 072.1.2/LPPM/IV/2018. Terima kasih kepada Saudara Nur Imanatus Sholihah yang telah membantu penelitian ini.

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ratnawati, R. dan Trihadiningrum, Y. (2014), "Slaughterhouse Solid Waste Management in Indonesia", *Journal of Biological Researches*, 19: 69-73.
- [2] Dahlianah, I. (2015). Pemanfaatan Sampah Organik Sebagai Bahan Baku Pupuk Kompos dan Pengaruhnya Terhadap Tanaman dan Tanah. Universitas PGRI Palembang.
- [3] Wulandari, R. A. (2014). Proses Komposting Limbah Padat Rumah Potong Hewan dengan Metode Aerobik dan A²O (Anaerobik-Anoksik-Oksik). [Tesis]. Surabaya: Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [4] Ratnawati, R., Wulandari, R.A., dan Matin, N., (2016), "Pengolahan Limbah Padat Rumah Potong Hewan dengan Metode Pengomposan Aerobik dan Anaerobik", *Prosiding Seminar Lingkungan Hidup Universitas Brawijaya*, Malang 24-25 November 2016, p. 277-287.
- [5] Suprayogi, T., Ratnawati, R., Trihadiningrum, Y. (2013). Reduksi Emisi Amonia dengan Zeolit Pada Pengomposan Limbah Padat Rumah Potong Hewan dengan Sistem Anaerobik-anoksik-oksik (A²O). Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Sepuluh Nopember. Surabaya.
- [6] Rahmawati, T., Ratnawati, R., Trihadiningrum, Y. (2013). Reduksi Emisi Amonia Menggunakan Limbah Padat Rumah Potong Hewan dengan Sistem Five-Stage Sequencing Batch Reactor. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Sepuluh Nopember. Surabaya.
- [7] Trihadiningrum, Y., Ratnawati, R., Rini, I.D.W.S., Arudam, A.G., Warmadewanthi, dan Juliastuti, S. R. (2015), "Composting Process of Slaughterhouse Solid Waste using Aerobic Methods", *The 5th Environmental Technology and Management Conference (ETMC)*, November 23-24, 2015, Bandung, Indonesia, p. PP/AE/004-1 s/d PP/AE/004-8.
- [8] Rini, I.D.W.S., Trihadiningrum, Y., dan Ratnawati, R., "Pola Perubahan Kadar N-Anorganik pada Proses Pengomposan Limbah Padat Rumah Potong Hewan dengan Metode Aerobik", *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXII, Program Studi MMT-ITS, Surabaya* 24 Januari 2015, p. A-49-1 s/d A-49-8.
- [9] Ratnawati, R., Trihadiningrum, Y., dan Juliastuti, SR. (2016), "Composting of Rumen Content Waste Using Anaerobic-Anoxic-Oxic (A²O) Methods. *Journal of Solid Waste Technology and Management*, 42 (2): 98-106.
- [10] Ratnawati, R., Sugito, Permatasari, N., dan Arrijal, M.F. (2018), "Pemanfaatan Rumen Sapi dan Jerami sebagai Pupuk Organik", *Prosiding Seminar Nasional Hasil Riset dan Pengabdian (SNHRP)-1 2018 Universitas PGRI Adi Buana Surabaya* 21 Desember 2018, p. 457-467.
- [11] Trihadiningrum, Y., Ratnawati, R., Wulandari, R.A., Radita, D.R., dan Juliastuti, S. R. (2015), "Comparison of Slaughterhouse Solid Waste Treatment using Anaerobic-Anoxic-Oxic and Aerobic Composting Methods", *The 5th Environmental Technology and Management Conference (ETMC)*, November 23-24, 2015, Bandung, Indonesia, p. PP/AE/010-1 s/d PP/AE/010-8.
- [12] Sugito dan Ratnawati, R. (2018), "Aerobic Composting of Rumen Content Waste and Rice Straw at Different C/N Ratios", *The 1st International Conference on*

- Innovation in Research, August 28-29, 2018, Bali, Indonesia.
- [13] Utami, T. S., Adriaty, L., Hermansyah, H., Nasikin, M. (2011). Reducing Nitrous Oxide Emission Using Goat Manure-Compost Based Biofilter. *Word Applied Science Journal*. 13 (2): 226-232.
- [14] Ratnawati, R., dan Trihadiningrum, Y., “Pengolahan Limbah Padat Rumah Potong Hewan dengan Proses Pengomposan Limbah Padat Rumah Potong Hewan dengan Metode A²O dan Five-Stage Sequencing Batch”, Seminar Nasional Waste Management II, Surabaya 4 Februari 2014, p. 64-71.