

KARAKTERISTIK FISIK DAN KIMIA KOMPOS, ARANG SEKAM, DAN ARANG KAYU TERHADAP PENYERAPAN GAS AMONIA

PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF COMPOST, HUSK CHARCOAL AND WOOD CHARCOAL TO AMMONIA GAS ABSORPTION

Mohamad Yani^{1)*} dan Mia Juliana²⁾

¹⁾Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB Darmaga, Kotak Pos 122, Bogor 16002
Email: f226yani@yahoo.co.id, moh.yani@ipb.ac.id

²⁾PT. Indofood Fritolay Makmur
Jl. Wisma Damatex, Cikokol, Tangerang

ABSTRACT

Ammonia is an odorous gas emitted from many industries and natural activities. The ammonia pollutant was treated by physical and chemical absorptions and biological oxidation (biofiltration). The objective of this research was to determine the physical and chemical characteristics of bokashi compost, husk charcoal, and wood charcoal and their composition by weight (K). This packing materials were analyzed to physical and chemical characteristics, such as moisture content, density, porosity, C/N ratio, water absorption capacity (WAC), and ammonia absorption capacity (AHC). The characteristics of husk charcoal were better than those of wood charcoal and compost. The husk charcoal had moisture content of 7%, density of 136 kg/m³, porosity of 86%, pressure drops of 434 Pa, C/N ratio of 41.60, WAC of 51%, AAC of 1.5x10⁻³g-N/g-dry-material, its saturated with ammonia for 5 hours and it was needed 30 minutes to detached the ammonia. The composition of packing materials of K122 and K221 were better than that of K212 or K221. The K122 had density of 220 kg/m³, porosity of 78%, pressure drops of 643 Pa, C/N ratio of 35, moisture content of 19%, WAC of 49%, AAC of 4.7x10⁻³g-N/g-dry-material, saturated with ammonia for 4 hours. The K221 had density of 247 kg/m³, porosity of 77%, pressure drops of 627Pa, C/N ratio of 36, moisture content of 26%, WAC of 17%, AHC of 4.3x10⁻⁵g-N/g-dry-material, saturated with ammonia for 6 hours. The physical and chemical characteristics of husk charcoal single or mixed packing materials influenced by the water and ammonia holding capacity. However, compost addition would support the microbial growth in biofilter.

Keywords: ammonia absorbtion, compost, husk charcoal, wood charcoal

ABSTRAK

Amonia adalah gas berbau yang dikeluarkan dari banyak industri dan kegiatan alami. Pencemaran amonia dihilangkan dengan cara penyerapan fisik-kimia dan biofiltrasi. Tujuan penelitian ini adalah menentukan karakteristik fisik-kimia bahan pengisi yaitu kompos, arang sekam dan arang kayu, secara tunggal dan campuran yang akan digunakan sebagai bahan pengisi pada teknik biofiltrasi. Bahan pengisi ini dianalisis sifat fisik dan kimia bahan meliputi densitas, porositas, mikroskopik, *pressure drop*, pH, rasio C/N, kadar air, kapasitas penyerapan air (WAC), dan kapasitas penyerapan amonia (AAC). Hasil pengamatan menunjukkan, secara tunggal, arang sekam lebih baik dari pada arang kayu dan kompos dalam hal densitas 136 kg/m³, porositas 86%, penurunan tekanan 434 Pa, rasio C/N 41,6, kadar air 7%, kapasitas penyerapan air 51% dan kapasitas penyerapan amonia 1,5x10⁻³g-N/g-bahan kering, waktu penjenhuan amonia dalam 5 jam dan pelepasannya dalam 30 menit. Campuran bahan pengisi K122 dan K221 ternyata lebih baik dari pada campuran lain (K212 dan K222). Campuran K122 memiliki densitas 220 kg/m³, porositas 78%, penurunan tekanan 643Pa, rasio C/N 35, kadar air 19%, kapasitas penyerapan air 49% dan kapasitas penyerapan amonia 4,7x10⁻³g-N/g-bahan kering, waktu penjenhuan amonia dalam 4 jam dan pelepasannya dalam 30 menit. Campuran K221 memiliki densitas 247 kg/m³, porositas 77%, penurunan tekanan 62Pa, rasio C/N 36, kadar air 26%, kapasitas penyerapan air 17% dan kapasitas penyerapan amonia 4,3x10⁻⁵g-N/g-bahan kering, waktu penjenhuan amonia dalam 6 jam dan pelepasannya dalam 30 menit. Karakteristik fisik-kimia bahan tunggal arang sekam atau campurannya akan mempengaruhi tingkat penyerapan air dan amonia, sedangkan penambahan kompos akan mendukung pertumbuhan mikroba dalam operasi biofilter.

Kata kunci: penyerapan amonia, kompos, arang sekam, arang kayu

PENDAHULUAN

Biofiltrasi merupakan metode biologis dalam penanganan limbah udara yang ramah lingkungan karena memanfaatkan mikroorganisme untuk mendegradasi limbah bau dan yang paling

umum digunakan adalah teknik biofiltrasi. Keuntungan metode biofiltrasi antara lain; pengoperasiannya sederhana, modalnya sedikit, biaya pengoperasian rendah, dan dapat mengurangi polusi bau (Iranpour *et al.*, 2005). Proses degradasi dalam biofilter berlangsung dengan diawali terjadinya

proses adsorpsi dan absorpsi gas penyebab bau ke dalam lapisan tipis (*biofilm*) yang terbentuk dalam bahan pengisi, selanjutnya bakteri akan mendegradasi polutan dan dihasilkan gas yang lebih ramah lingkungan dan bahan mineral lainnya.

Dalam aplikasi sistem biofilter tersebut memerlukan karakteristik fisik, kimia dan biologi masing-masing bahan yang akan digunakan. Informasi dari karakteristik setiap bahan yang akan digunakan sebagai bahan pengisi pengadsorpsi gas menjadi landasan yang mendukung keberhasilan proses degradasi dan jumlah gas yang mampu dijerap oleh bahan. Karakteristik bahan pengisi meliputi *pressure drop*, ukuran partikel, porositas, densitas, dan kapasitas penyerapan air (*water absorption capacity*, WAC) dan kapasitas penyerapan ammonia (*ammonia absorption capacity*, AAC) telah dilakukan oleh beberapa peneliti (Hirai *et al.*, 2001; Akdeniz *et al.*, 2011). Bahan pengisi biofilter yang telah digunakan untuk penghilangan ammonia antara lain *activated carbon fiber* (Yani *et al.*, 1998); *rock wool*, granular tanah, *cristobalt*, dan *obsidian* (Hirai *et al.*, 2001); campuran kompos (Pagans *et al.*, 2005); *pine nuggets* dan *larva rock* (Akdeniz *et al.*, 2011); *rock wool* (Yasuda *et al.*, 2009). Bahan pengisi biofilter umumnya menggunakan campuran dari bahan organik dan anorganik untuk mendapatkan sifat fisik-kimia yang baik dan mendukung pertumbuhan mikroba yang berperan, baik autotrof maupun heterotrof.

Tujuan penelitian adalah menentukan sifat fisik dan kimia bahan pengisi campuran bahan kompos, arang sekam, dan arang kayu. Sifat fisik yang diamati meliputi densitas, porositas, morfologi dan penurunan tekanan (*pressure drop*), sedangkan sifat kimia untuk menentukan penyerapan air dan ammonia, rasio C/N terbaik sebagai bahan pengisi biofilter. Kompos merupakan bahan organik yang kaya akan nutrisi bagi mikroorganisme dan mengandung populasi bakteri. Arang sekam merupakan bahan yang bersifat poros. Arang kayu digunakan untuk melihat sifat-sifatnya yang dapat menggantikan arang aktif yang mahal. Karakteristik campuran ketiga bahan pengisi tersebut akan memberikan pengaruh terhadap kinerja biofilter.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Metode

Penyiapan Bahan Pengisi dan Amonia

Bahan kompos bokashi (KB), arang sekam (AS) dan arang kayu (AK) diperkecil ukurannya sekitar 20-40 mesh. Bahan tersebut digunakan sebagai bahan pengisi tunggal dan campuran dengan komposisi tertentu (Tabel 1). Bahan pencemar bau berupa larutan ammonia 5%.

Tabel 1. Perlakuan komposisi bahan pengisi tunggal kompos bokashi (KB), arang sekam (AS) dan arang kayu (AK) dan campuran

Perlakuan	Komposisi (g)
-----------	---------------

	(KB : AS : AK)
K200	2 : 0 : 0
K020	0 : 2 : 0
K002	0 : 0 : 2
K222	2 : 2 : 2
K122	1 : 2 : 2
K212	2 : 1 : 2
K221	2 : 2 : 1

Pengukuran Densitas

Pengukuran densitas curah bahan dilakukan dengan menimbang 2 g contoh bahan, kemudian dimasukkan ke dalam gelas ukur 25 mL dan diukur volumenya (Jury dan Horton, 2005).

Pengamatan Mikroskopik

Pengamatan mikroskopik dilakukan untuk meletakkan partikel bahan pada objek gelas dan diamati di bawah mikroskop Olympus CHBS yang dilengkapi dengan *digital camera* (CCD) dan monitor dengan menggunakan perbesaran 40x.

Pengukuran Porositas dengan Metode Gravimetri

Menurut Akadeniz *et al.* (2011), porositas diukur sebagai perbandingan antara volume air dan volume kamba bahan. Perhitungan porositas dilakukan dengan menimbang air dan udara yang dapat diserap bahan pengisi. Masing-masing bahan pengisi tunggal sebanyak 2 g ditimbang dan dituang ke dalam kertas saring yang telah disiapkan dan dibasahi akuades hingga bahan terendam. Bahan ditiriskan dan dibiarkan pada suhu ruang hingga akuades tidak menetes lagi, kemudian ditimbang. Setelah 1 jam, bahan ditimbang lagi. Bahan dibiarkan hingga 24 jam, kemudian ditimbang kembali (Nurcahyani, 2010). Bobot akuades yang terserap dalam bahan dihitung sebagai porositas bahan. Besar pori memegang air selama satu jam menunjukkan banyaknya air yang dapat dijerap setelah satu jam, sedangkan besar pori memegang udara setelah satu jam menunjukkan ruang pori untuk sirkulasi udara.

Pengujian Penurunan Tekanan

Kolom yang digunakan adalah pipa PVC berdiameter 2 inchi dan panjang 40 cm. Bagian atas dan bawah pipa ditutup dengan penutup paralon, dilubangi, dan diberi selang sebagai tempat aliran udara masuk (*inlet*) dan keluar (*outlet*). Selang *inlet* diberi keran untuk mengatur aliran udara yang masuk. Bagian bawah kolom dihubungkan dengan pipa U yang salah satu ujungnya ditutup. Pipa U dibuat untuk mengukur penurunan tekanan kolom bahan pengisi dengan melihat perbedaan ketinggian air pada selang. Pipa U menggunakan selang plastik dengan $\Theta = 1/5$ inchi, panjang 50 cm, dan volume air 5 mL. Bahan pengisi tunggal dan campuran, dengan berat masing-masing 20 g dimasukkan ke dalam kolom. Selang pada *inlet* dan *outlet* kolom dihubungkan dengan pipa U. Pompa dinyalakan hingga terjadi perbedaan ketinggian air pada pipa U dan mencapai ketinggian

yang konstan. Dari perbedaan ketinggian air pada pipa U dihitung penurunan tekanan antara lubang *inlet* dan *outlet* tersebut, dihitung penurunan tekanannya (Hirai *et al.*, 2001; Shahmansouri, 2005).

Water Absorption Capacity (WAC)

Bahan pengisi tunggal dan campuran, dengan berat masing-masing 2 g, dicampurkan dan dituangkan ke dalam kertas saring. Bahan diberikan air hingga semua bahan terendam oleh air. Setelah tidak ada air yang menetes, bahan ditimbang kembali. Selanjutnya, bahan ditimbang tiap 3 jam hingga 24 jam. Sisa air yang dipertahankan oleh bahan setelah 24 jam dihitung sebagai WAC dalam satuan persen. Prosedur ini hampir sama dengan yang dilakukan oleh Akadeniz *et al.* (2011) sebagai WAC dalam 3 menit.

Amonia Absorption Capacity (AAC)

Untuk pengukuran penyerapan amonia (AAC) bahan pengisi digunakan toples plastik dengan $\Theta = 8$ inchi dan volume 4 liter yang berisi larutan 1 l larutan amonia 5%. Cawan yang berisi bahan pengisi dimasukkan ke dalam toples yang dibatasi saringan plastik agar tidak menyentuh larutan amonia. Bahan pengisi tunggal dan campuran, dengan berat masing-masing 2 g dimasukkan ke dalam cawan aluminium, kemudian cawan ditempatkan di atas saringan, dalam toples yang berisi larutan amonia 5%. Stoples kemudian ditutup dan amonia gas akan terserap ke dalam bahan pengisi. Penyerapan amonia dalam bahan setiap jam, ditimbang hingga bahan jenuh atau tercapai berat konstan. Penambahan bobot bahan hingga konstan, dihitung sebagai AAC.

Analisis Kimia

Parameter analisis kimia bahan pengisi dilakukan terhadap kadar air, pH, kandungan C, N dan P total (AOAC, 2005).

Analisis Data

Data yang diperoleh disajikan menggunakan metode deskriptif dengan grafik yang menggambarkan sifat masing-masing bahan. Penentuan bahan pengisi terbaik dilakukan dengan menggunakan metode peringkat dengan parameter uji yaitu, kadar air, densitas, porositas bahan, *pressure drops*, WAC, AAC, waktu jenuh bahan, dan rasio C/N bahan. Pembobotan nilai peringkat dilakukan setelah uji rataan Duncan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

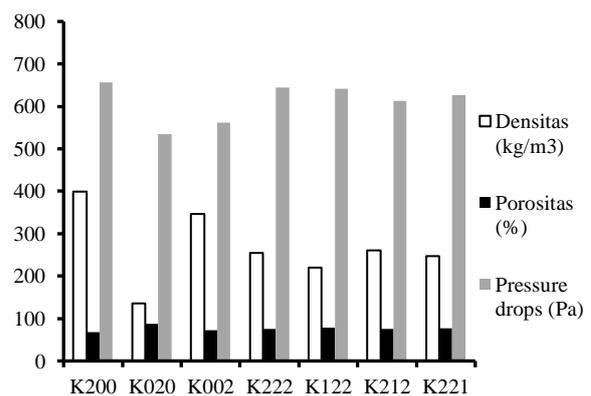
Karakteristik Fisik Bahan

Densitas

Densitas bahan pengisi kompos bokashi, arang sekam dan arang kayu masing-masing adalah 399, 136 dan 347 kg/m³ (Gambar 1). Kompos bokashi memiliki tingkat kerapatan yang paling tinggi

dibandingkan arang kayu dan arang sekam. Ukuran partikel bahan akan menentukan besarnya densitas bahan. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan kompos membutuhkan ruang yang kecil. Kompos disusun oleh partikel-partikel yang berukuran lebih kecil dibandingkan dengan arang kayu dan arang sekam. Densitas menunjukkan tingkat kerapatan bahan, semakin tinggi densitas bahan akan semakin tinggi tingkat kerapatannya, sehingga akan meningkatkan efisiensi proses penyerapan (Rahmani *et al.*, 2004).

Setelah dicampur, campuran bahan pengisi K212 memiliki nilai densitas yang paling tinggi, yaitu 260 kg/m³ (Gambar 1), hal ini menunjukkan bahwa K212 membutuhkan volume yang lebih kecil sebagai bahan pengisi kolom filter, dibandingkan K222; 255 kg/m³, K221; 247 kg/m³, dan K122; 220 kg/m³.



Gambar 1. Perbedaan densitas, porositas dan *pressure drops* dari bahan pengisi tunggal dan campuran bahan pengisi

Porositas

Porositas arang sekam lebih tinggi dibandingkan arang kayu dan kompos bokashi (Gambar 2a). Arang sekam memegang air sebesar 85%, memegang udara 2%, sehingga nilai porositas bahan adalah 87%. Arang kayu mampu menahan air sebesar 67%, memegang udara 5%, sehingga nilai porositas bahan adalah 72%. Kompos mampu memegang air sebanyak 63%, memegang udara sebesar 5%, sehingga nilai porositas kompos adalah 68%.

Campuran K122 memiliki nilai porositas yang paling besar 78% (Gambar 2b). Bahan dengan densitas yang tinggi berbanding terbalik dengan porositasnya. K122 adalah komposisi dengan nilai densitas paling rendah. K221 mampu memegang air (WAC) sebesar 18% dan nilai porositas bahan sebesar 77%. K222 mampu memegang air sebesar 26%, dan nilai porositas 75%. K212 mampu memegang air sebesar 20% dan nilai porositas sebesar 75% (Gambar 1).

Penurunan Tekanan (*Pressure Drops*)

Penurunan tekanan terjadi karena adanya gesekan (friksi) antara udara dengan bahan pengisi

biofilter. Menurut Jekayinfa (2006) tahanan gesekan tumpukan bahan pengisi dipengaruhi oleh kecepatan aliran udara, karakteristik, dan kadar air bahan. Aliran udara yang diberikan adalah sebesar 1 liter/menit. Tekanan sebelum melewati kolom adalah 725.2 Pa dan setelah melewati kolom bahan pengisi masing-masing bahan pengisi menjadi berkurang, penurunan tekanan tersebut disajikan pada Tabel 2.

Bahan pengisi kompos bokashi mengalami penurunan tekanan yang paling besar, yaitu 657Pa (Tabel 2). Penurunan tekanan akan menunjukkan umur pakai bahan pengisi. Bahan pengisi dalam kolom akan tertekan dengan adanya aliran gas polutan masuk, sehingga bahan akan memampatkan hingga kerapatan tertentu dan berkurang atau hilang kemampuan untuk mengalirkan udara, pada akhirnya perlu dibongkar atau diganti. Bahan dengan penurunan tekanan yang paling besar akan memiliki kesempatan untuk menyumbat lebih cepat.

Campuran K122 memiliki penurunan tekanan yang paling besar dan K221 lebih besar dari pada K212. Pada campuran K122, jumlah arang kayu mempengaruhi penurunan tekanan bahan, karena ukuran partikel arang kayu yang berbentuk partikel, sehingga lebih kecil dibandingkan dengan arang sekam. Penurunan tekanan dari bahan pengisi tunggal maupun campuran ini cukup tinggi, diduga karena ukuran partikelnya terlalu halus (20-40 mesh). Campuran bahan pengisi kompos dan chip kayu (70:30) memiliki penurunan tekanan hanya 125Pa (Hood, 2011), diduga karena ukuran kompos dan

kayu jauh lebih kasar (besar), sehingga porositasnya sangat besar.

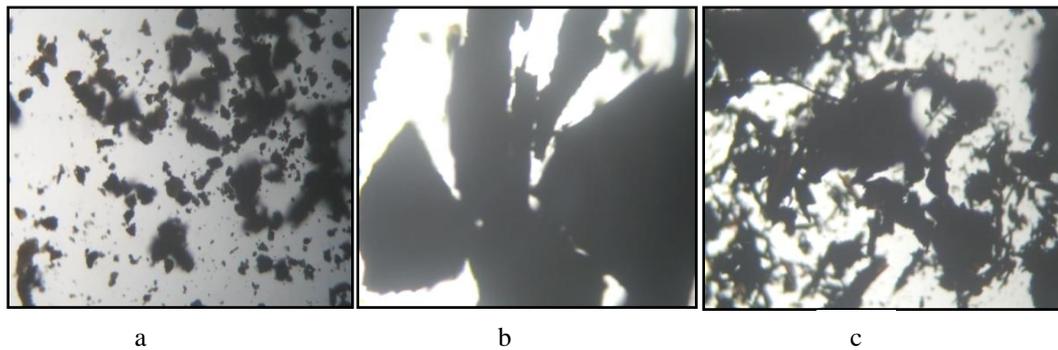
Pengamatan Mikroskopik

Pengamatan mikroskopik dilakukan untuk melihat morfologi bahan dengan menggunakan perbesaran 40x. Kompos bokashi terdiri dari material organik yang tersusun atas jerami, daun-daunan, dan tanah (Gambar 2a). Komponen dalam kompos yang beragam menyebabkan kompos mengandung bahan organik yang lebih banyak dibandingkan arang sekam dan arang kayu, sehingga kadar airnya yang tinggi. Bentuk (morfologi) dari penampakan mikroskopik ini, belum terlalu jelas untuk membedakan karakteristik fisik dan kimia bahan pengisi ini. Struktur arang sekam yang lebih kasar (Gambar 2b) dari pada kompos (Gambar 2a) atau arang kayu (Gambar 2c). Sifat fisik arang sekam menunjukkan bahwa arang sekam memiliki densitas dan *pressure drop* terendah, sedangkan porositasnya tertinggi (Gambar 1).

Pada Gambar 2b, terlihat bentuk arang sekam dengan ukuran partikel yang lebih besar dibandingkan kompos bokashi (Gambar 2a). Hal ini menyebabkan arang sekam memiliki densitas yang lebih kecil dibandingkan kompos bokashi. Arang kayu memiliki ukuran partikel yang lebih kecil (Gambar 2c) dibandingkan arang sekam. Ukuran partikel penyusun bahan pengisi akan mempengaruhi tingkat kerapatan atau densitas bahan pengisi.

Tabel 2. Karakteristik bahan pengisi tunggal dan hasil penilaian peringkat

No	Karakteristik	Perlakuan bahan pengisi			Nilai peringkat		
		K200	K020	K002	K200	K020	K002
1	Densitas (kg/m ³)	399	136	347	3	1	2
2	Porositas (%)	68	87	72	3	1	2
3	<i>Pressure drops</i> (Pa)	657	534	561	3	1	2
4	pH	7,9	7,2	8,4	2	1	2
5	Kadar air (%)	56	7	13	1	3	3
6	WAC (%)	0	51	6	3	1	2
7	AAC(g-N/g-bk)	0	0,0015	0,0004	3	1	2
8	Waktu jenuh (jam)	4	5	6	3	2	1
9	C (%)	26,6	55,3	25,6	1	2	1
10	N (%)	0,83	1,33	0,98	2	1	2
11	P (%)	0,36	0,27	0,15	1	2	3
12	Rasio C/N	32	42	26	2	1	3
Jumlah nilai					27	17	25



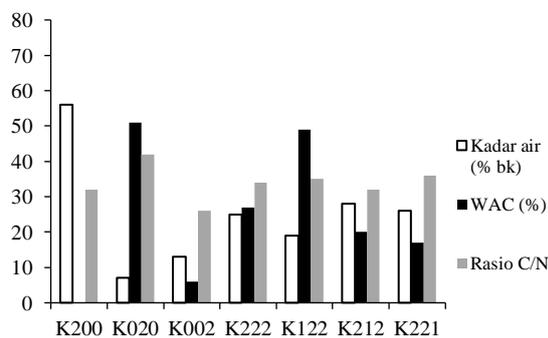
Gambar 2. Penampakan mikroskopik dari kompos bokashi (a), arang sekam (b) dan arang kayu (c)

Karakteristik Kimia Bahan

Kadar air

Kadar air bahan pengisi kompos bokashi, arang sekam dan arang kayu masing-masing adalah 56,7 dan 13% (Gambar 3). Kompos bokashi memiliki kadar air yang paling tinggi dan yang paling kecil adalah arang sekam. Perbedaan kadar air ini, disebabkan oleh penyerapan air kandungan bahan organik dalam bahan. Kadar air untuk pertumbuhan bakteri pada biofilter umumnya dipertahankan antara 20-60%.

Kadar air campuran bahan pengisi, K212 memiliki kadar air paling tinggi yaitu 28%, K222 memiliki kadar air sebesar 25%, dan K221 26% (Gambar 3). Pada K122 dengan kadar air 19% tidak optimal sebagai bahan pengisi biofilter. Bahan dengan jumlah kompos bokashi paling kecil akan menghasilkan kadar air bahan yang rendah. Kompos bokashi akan mempengaruhi kadar air bahan pengisi.



Gambar 3. Perbedaan sifat kimia: kadar air, WAC dan rasio C/N bahan pengisi tunggal dan campuran

Komposisi C, N, dan P bahan

Karbon dan nitrogen merupakan elemen yang diperlukan untuk pertumbuhan mikroorganisme dalam jumlah besar. Unsur karbon dapat meningkatkan energi dan biosintesis, sehingga unsur karbon yang cukup sangat diperlukan. sedangkan

unsur nitrogen untuk mempercepat pertumbuhan sel. Fosfor diperlukan dalam jumlah yang cukup untuk perkembangbiakan dan pertumbuhan mikroorganisme.

Pada Tabel 2, karbon dan nitrogen lebih banyak terkandung pada arang sekam yaitu 55% dan 1,3%. Unsur karbon banyak terkandung pada bahan-bahan yang mengalami pembakaran, seperti arang sekam. Persentase C/N paling besar terkandung pada arang sekam, yaitu sebesar 41 (Gambar 3). Kompos bokashi hanya memiliki kandungan C/N 32 dan arang kayu memiliki C/N yang paling kecil, yaitu 26. Rasio C/N merupakan indikator yang dapat digunakan dalam pemenuhan nutrisi bagi bakteri. Dari rasio C/N dapat diketahui nilai optimum nutrisi dalam bahan untuk pertumbuhan bakteri pendegradasi. K221 memiliki nilai nutrisi yang lebih tinggi dibandingkan komposisi yang lainnya.

Kompos bokashi lebih banyak mengandung fosfor yaitu sebesar 0,36% (Tabel 2), sedangkan arang sekam dan arang kayu masing-masing 0,27 dan 0,15%. Kompos lebih banyak menyediakan fosfor bagi keperluan pertumbuhan mikroba. Untuk pertumbuhan mikroorganisme biasanya memerlukan rasio C:N:P sekitar 100:5:1.

Water Absorption Capacity (WAC)

Water Absorption Capacity (WAC) adalah kemampuan bahan dalam menahan air. Seperti yang terlihat pada Gambar 4a, pada jam pertama, arang sekam lebih banyak menyerap air dibanding dengan kompos bokashi dan arang, yaitu sebesar 87% dilanjutkan hingga 24 jam diperoleh 51%. Arang kayu menyerap air sebesar 72% pada jam pertama dan dilanjutkan hingga 24 jam diperoleh 6% air yang dapat ditahan oleh bahan. Kompos bokashi menyerap sebesar 68% air pada jam pertama dan mencapai nilai 0 setelah 24 jam. Berarti, kompos bokashi sudah tidak mampu menahan air lagi setelah 24 jam.

Jumlah air yang diserap bahan campuran disajikan pada Gambar 4b. Pada waktu awal pemberian air, campuran K221 mampu menyerap air sebesar 80% lebih besar dibandingkan dengan K122 78%, K222 75%, dan K212 75%. Setelah 24 jam,

jumlah air yang mampu ditahan oleh campuran K122 sebesar 49%, K222 27%, K212 20%, dan K221 17%. Penurunan yang dialami oleh campuran bahan K122 lebih landai dan lebih mampu menahan air lebih lama, bila dibandingkan dengan K222, K212, dan K221 (Gambar 4b). Kemampuan menyerap air (WAC) dan menahan air dari bahan campuran paling tinggi adalah campuran K122 (Gambar 3), dimana komponen arang sekam dan arang kayu lebih banyak, karena kadar airnya keduanya relatif rendah (Gambar 3) dibandingkan dengan kompos bokashi.

Ammonia Absorption Capacity (AAC)

Ammonia absorption capacity (AAC) menunjukkan kemampuan bahan menyerap senyawa polutan bau amonia. Jumlah amonia yang diserap oleh bahan dipengaruhi oleh ukuran partikel bahan, bahan dengan densitas yang tinggi memiliki tingkat kerapatan yang tinggi sehingga meningkatkan efisiensi proses penyerapan (Rahmani *et al.*, 2004). Arang sekam jenuh menyerap amonia hingga jam ke-5 dengan menahan gas sebesar $1,5 \times 10^{-3}$ g-N/g-bk dan lebih tinggi dibandingkan dengan arang kayu mampu menahan 4×10^{-4} g-N/g-bk dan jenuh selama 6 jam. Kompos terlihat tidak menahan amonia dan cenderung mengalami penurunan tiap jamnya. Sampai jam ke-6 kompos belum juga jenuh oleh gas amonia (Gambar 5a). Tingkat kerapatan bahan mempengaruhi lamanya bahan menyerap amonia hingga bahan tersebut jenuh.

Pada Gambar 5b, terlihat campuran K222 memerlukan waktu 5 jam untuk jenuh dan mampu menahan $2,9 \times 10^{-5}$ g-N/g-bk. Campuran K122 mampu mengabsorpsi amonia pada jam ke-4 dan mampu menyerap amonia sebesar $4,7 \times 10^{-5}$ g-N/g-bk. Bahan

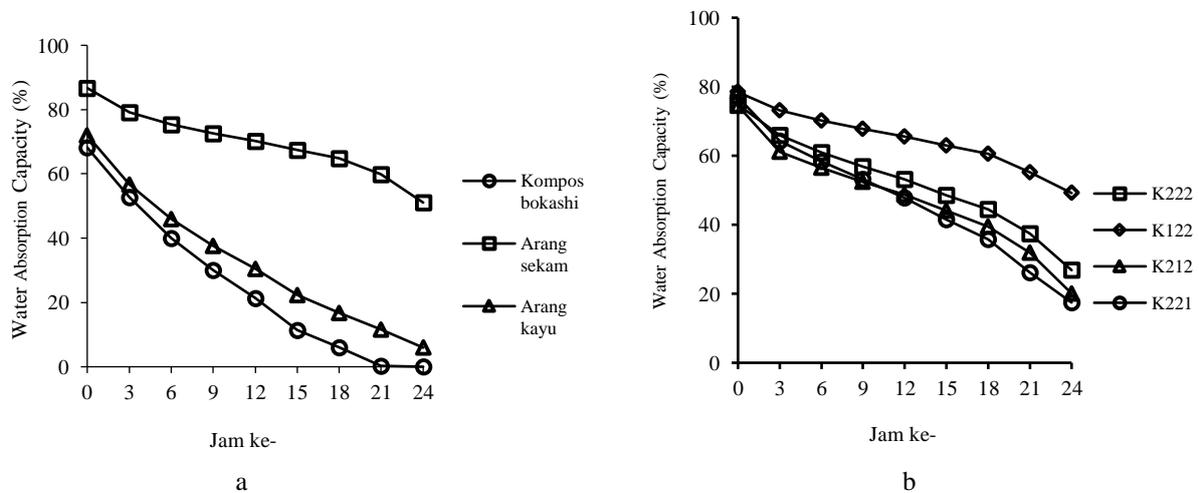
campuran K212 mencapai jenuh pada jam ke-6 dan mampu menahan sebesar $2,8 \times 10^{-4}$ g-N/g-bk. Campuran K221 mencapai jenuh pada jam ke-6 dan menahan amonia sebesar $4,3 \times 10^{-5}$ g-N/g-bk.

Campuran K212 merupakan campuran bahan pengisi yang memiliki tingkat kerapatan paling tinggi dibandingkan K122, K221, dan K222, sehingga jumlah amonia yang diserap paling banyak. Campuran bahan pengisi dengan jumlah kompos lebih banyak akan lebih lama jenuh dibandingkan dengan komposisi bahan yang menggunakan kompos lebih sedikit

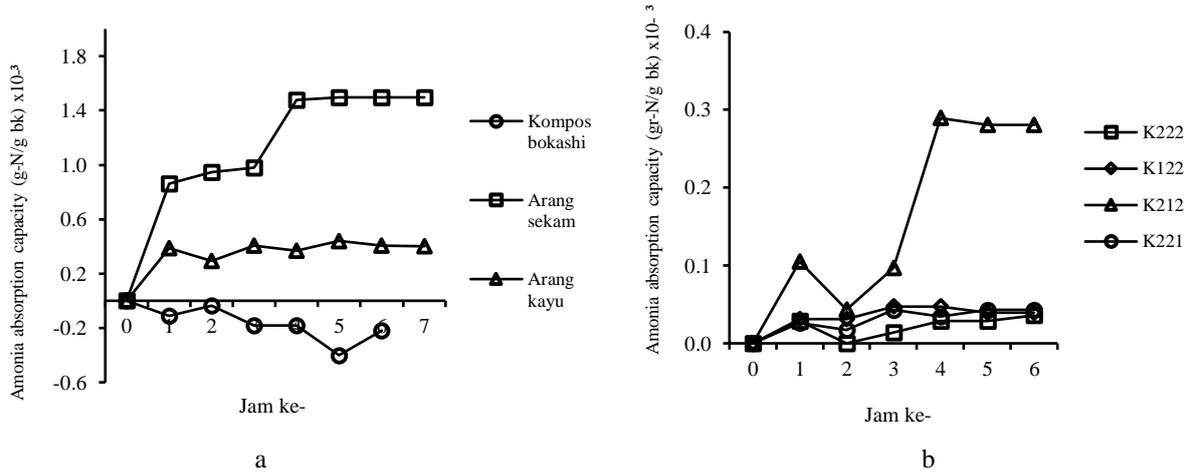
Total kemampuan AAC dari bahan tunggal arang sekam lebih tinggi dari pada arang kayu (Gambar 6), sedangkan kompos tidak mampu menyerap amonia. Pada proses pengomposan dan kompos matang terjadi pengeluaran amonia (Suprihatin *et al.*, 2008). Total kemampuan AHC dari bahan campuran jauh lebih rendah dari pada bahan tunggal, walaupun campuran K212 relatif sama dengan bahan tunggal arang kayu (Gambar 6). Hal ini diduga arang sekam dan arang aktif menyerap amonia atau senyawa organik lainnya dari komponen kompos.

pH bahan

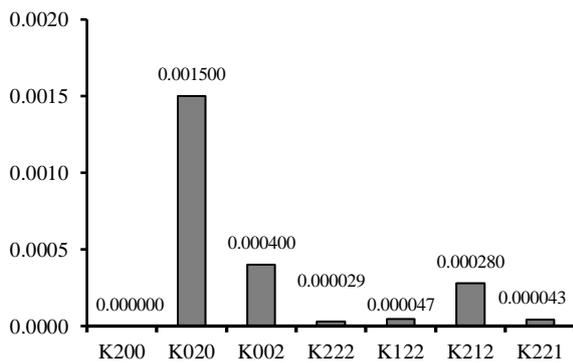
Derajat keasaman (pH) yang optimum bagi pertumbuhan bakteri pengoksidasi amonia bersifat autotrofik berkisar 7,5 sampai dengan 8,5 (Agustiyani *et al.*, 2004). Semua bahan pengisi memiliki pH di atas 7 (Gambar 7). Penggunaan ketiga bahan tersebut akan mendukung perkembangan mikroba secara umum, terutama bakteri pengoksidasi ammonium, *Nitrosomonas sp.* (pH optimum 6 – 8) (Yani *et al.*, 1998).



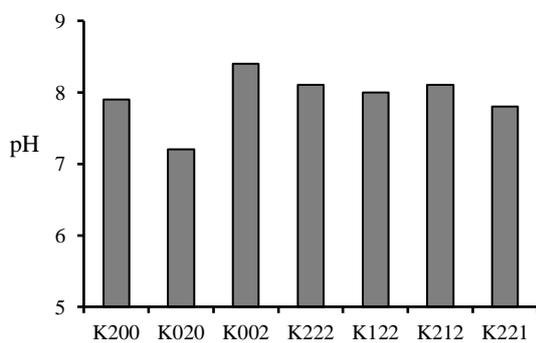
Gambar 4. Penurunan WAC bahan pengisi tunggal (a) dan campuran bahan pengisi (b) selama 24 jam pengukuran.



Gambar 5. Perubahan AAC bahan pengisi tunggal (a) dan campuran bahan pengisi (b) selama pengukuran



Gambar 6. Perbedaan total penyerapan amonia (AAC) bahan pengisi tunggal dan campuran bahan



Gambar 7. Perbedaan pH bahan pengisi tunggal dan campuran bahan

Perbandingan Bahan dengan Metode Peringkat

Metode peringkat dilakukan dengan cara memberikan nilai secara berurutan. Pembobotan dilakukan dengan menganalisis nilai rata-rata karakteristik fisik-kimia dengan uji Duncan. Pemberian nilai 1 adalah untuk bahan pengisi dengan

hasil pengukuran yang paling baik sesuai dengan nilai parameter karakteristik bahan dan yang paling buruk bernilai 4. Jumlah paling kecil akan diberikan peringkat 1.

Pemberian bobot nilai 1 (Tabel 2) pada bahan, diberikan apabila memiliki kadar air yang optimum bagi pertumbuhan mikroorganisme, yaitu 20-60%, memiliki porositas, kemampuan menahan air, dan kemampuan menahan polutan amonia yang paling tinggi, memiliki densitas, pori memegang udara, *pressure drops* yang paling rendah, memiliki waktu jenuh yang paling lama, dan rasio C/N yang paling tinggi. Arang sekam mendapatkan total nilai terendah menjadi yang terbaik (nilai 1), selanjutnya arang kayu mendapat peringkat 2, dan kompos bokashi pada posisi peringkat 3. Hal ini menunjukkan bahwa arang sekam memiliki sifat paling baik dalam penyerapan gas amonia.

Arang sekam memiliki nilai total peringkat terendah 17 (Tabel 2) dengan kadar air 7%, densitas 136 kg/m³, porositas 87%, *pressure drops* (penurunan tekanan) 534 Pa, WAC 51%, dan AAC 1,5x10⁻³ g-N/g bk dengan waktu jenuh 5 jam, rasio C/N 42, dan waktu untuk melepaskan gas adalah 30 menit.

Campuran Bahan Pengisi

Pemberian bobot nilai 1 (Tabel 3) diberikan apabila campuran bahan memiliki kadar air paling tinggi dan memenuhi kriteria kadar air optimum bagi biofilter, yaitu 20-60%, memiliki densitas paling rendah, nilai porositas yang paling tinggi, *pressure drops* yang paling rendah, kemampuan menyerap air yang besar, kemampuan menahan polutan yang paling tinggi dengan waktu jenuh yang paling lama, dan rasio C/N yang paling tinggi. Pencampuran yang tidak sesuai dengan kriteria akan diberikan bobot nilai 2, 3, dan paling rendah yaitu 4. Jumlah nilai yang paling rendah diberikan peringkat 1 dan paling tinggi diberikan peringkat 4.

Tabel 3. Karakteristik campuran bahan pengisi dan penilaian peringkat

No	Karakteristik	Nilai sampel campuran bahan pengisi				Nilai peringkat			
		K222	K122	K212	K221	K222	K122	K212	K221
1	Densitas (kg/m ³)	255	220	260	247	3	1	4	2
2	Porositas (%)	75	78	75	77	3	1	4	2
3	Pressure drops (Pa)	644	642	613	627	4	3	1	2
4	pH	8,1	8,0	8,1	7,8	1	1	1	1
5	Kadar air (%)	25	19	28	26	3	4	1	2
6	WAC (%)	27	49	20	17	2	1	3	4
7	AAC(g-N/g bk)	2,9x10 ⁻⁵	4,7x10 ⁻⁵	2,8x10 ⁻⁴	4,3x10 ⁻⁵	4	2	1	3
8	Waktu jenuh (jam)	5	4	6	6	2	3	1	1
9	C (%)	71,7	37,7	32	37,9	2	1	1	1
10	N (%)	2,09	1,09	0,99	1,06	1	2	2	2
11	P (%)	0,52	0,24	0,26	0,28	1	2	2	2
12	Rasio C/N (%)	34	35	32	36	3	2	4	1
Jumlah nilai						29	23	25	23

Peringkat pada Tabel 3 menunjukkan bahwa bahan pengisi dengan perbandingan campuran K122 dan K221 bernilai rendah sama-sama 23. Dengan demikian K122 atau K221 merupakan campuran bahan yang terbaik sebagai bahan pengisi pada biofilter untuk penyerapan bau gas amonia. Ternyata, campuran yang memiliki komponen arang sekam paling banyak, menunjukkan campuran yang terbaik sebagai bahan pengisi biofilter.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Secara fisik dan kimia, arang sekam memiliki sifat yang dapat dijadikan sebagai salah satu bahan yang dapat menyerap bau amonia. Hal ini dapat dilihat dari sifat arang sekam memiliki sifat yang baik dalam menyerap bau amonia, yaitu porositas, WAC, dan AAC yang paling tinggi, memiliki densitas, penurunan tekanan bahan yang paling rendah, waktu jenuh yang lama, rasio C/N yang tinggi, serta waktu yang paling lama untuk melepaskan gas amonia.

Campuran perbandingan bahan terbanyak mengandung arang sekam (K122 atau K221) lebih baik dibandingkan campuran lainnya. Campuran ini menghasilkan sifat yang baik, antara lain porositas, densitas dan kadar air yang rendah, AAC tinggi dan waktu jenuh yang lebih singkat, dan rasio C/N yang tinggi. Penambahan kompos akan membantu perkembangan mikroorganisme dalam biofilter.

Saran

Sebaiknya pemilihan bahan pengisi biofilter dan pencampuran bahan dilakukan berdasarkan karakteristik fisik-kimia bahan dan kemampuannya menyerap bahan pencemar target. Kemampuan pertumbuhan mikroba pendegradasi polutan pada biofilter merupakan kajian yang diperlukan pula untuk keberhasilan biofilter.

DAFTAR PUSTAKA

- Akdeniz N, Janni KA, dan Salnikov IA. 2011. Biofilter Performance of Pine Nuggets and Lava Rock as Media. *Biores Technol.* 102: 4974–4980.
- Agustiyani D, Imamuddin H, Faridah EN, Oedjijono. 2004. Pengaruh pH dan Substrat Organik Terhadap Pertumbuhan dan Aktivitas Bakteri Pengoksidasi Amonia. *J. Biodiversitas.* 5 (2): 43-47.
- AOAC. 2005. *Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemist.* Washington: AOAC.
- Hirai M, Kamamoto M, Yani M, Shoda M. 2001. Comparison of the Biological NH₃ Removal Characteristics Among Four Inorganic Packing Materials. *J Biosci Bioeng.* 91:428-430.
- Iranpour R, Cox HHI, dan Deshusses MA, Schroeder ED. 2005. Literature Review of Air Pollution Control Biofilters and Biotrickling Filters for Odor and Volatile Organic Compound Removal. *Environ Progress.* 24 (3): 254-267.
- Jekayinfa S. 2006. Effect of Airflow Rate, Moisture Content and Pressure Drop on the Airflow Resistance of Locust Bean Seed. *Agricultural Engineering International: the CIGR E-Journal.* Manuscript FP 06 010. Vol. VIII.
- Jury WA dan Horton R. 2005. *Soil Physics.* 6th ed. New Jersey: John Willey & Sons. Inc.
- Hood MC. 2011. Design and Operation of a Biofilter for Treatment of Swine House Pit Ventilation Exhaust. [Thesis]. North Carolina: The Graduate Faculty of North Carolina State University.

- Nurcahyani PR. 2010. Penghilangan Polutan Gas Amonia dengan Biofilter Skala Pilot. [Tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Pagans E, Font X, dan Sanchez A. 2005. Biofiltration for Ammonia Removal from Composting Exhaust Gases. *Chem Eng J.* 113:105–110.
- Rahmani AR, Mahvi AH, dan Nasser S. 2004. Investigation of Ammonia Removal from Polluted Waters by Clinoptilolite Zeolite. *National. J Environ Sci Technol.* 1(2):125-133.
- Shahmansouri MR, Bina HTB, dan Movahedian H. 2005. Biological Removal of Ammonia from Contaminated Air Streams using Biofiltration System. *Iranian J Environ Sci Eng.* 2 (2): 17-25.
- Suprihatin, Indrasti NS, dan Romli M. 2008. Potensi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca Melalui Pengomposan Sampah. *J Tek Ind Pert.* 18 (1): 53-59.
- Yani M, Hirai M, dan Shoda M, 1998. Ammonia Removal Characteristic by Biofilter using Activated Carbon Fiber as Carrier. *J Environ Eng.* 19:709-715.