

**PENGHILANGAN BAU AMONIA MENGGUNAKAN TEKNIK BIOFILTER DENGAN BAHAN  
PENGISI KORAL DAN ARANG AKTIF YANG DIINOKULASI DENGAN  
BAKTERI PENGOKSIDASI AMONIA**

**AMMONIA REMOVAL BY BIOFILTER TECHNIQUE PACKED WITH CORAL AND GRANULATED  
ACTIVATED CARBON (GAC) INOCULATED WITH ENRICHED NITRIFYING BACTERIA**

**Mohamad Yani \*, Puji Rahmawati Nurcahyani dan Mulyorini Rahayuningsih**

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

**ABSTRACT**

*Ammonia removal occurred by biofiltration technique where nitrifying bacteria naturally immobilized on packing material to oxidize ammonium to nitrate. The objective of this study was to compare packing material of coral and granular activated carbon (GAC) on biofilters as supporting material to nitrifying bacterial growth at laboratory scale. The night soil sludge was enriched by addition of ammonium sulphate to foster the nitrifying bacteria and the enriched nitrifying bacteria was inoculated to biofilters. Ammonia gas was introduced to biofilters by gradually increasing from 3-62 ppm and ammonia load from 0.02-1.97 g-N/kg-dry-material/day for 24 days. The average of ammonia removal efficiency were 81% for coral biofilter and 85% for GAC biofilter. During operation, both of biofilters were increased in pH and population of autotrophic nitrifying bacteria, however decrease in water content and population of heterotrophic bacteria. The maximum of ammonia removal capacity were 0.53g-N/kg-dry- coral/day and 0.66 g-N/kg-dry GAC/day. Performance of GAC biofilter was better than coral biofilter.*

*Keywords: biofilter, ammonia, coral, granulated activated carbon, nitrifying bacteria*

**ABSTRAK**

Penghilangan bau amonia dapat dilakukan dengan teknik biofilter di mana mikroorganisme aktif terimobilisasi secara alami dalam bahan pengisinya untuk mengoksidasikan amonia menjadi nitrat. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan bahan pengisi batu koral dan arang aktif sebagai tempat pertumbuhan bakteri pengoksidasi amonia untuk menghilangkan gas amonia, pada skala laboratorium. Lumpur dari pengolahan domestik diperkaya dengan menggunakan media amonium untuk mendukung bakteri pengoksidasi amonia, kemudian konsorsium bakteri pengoksidasi amonia ini diinokulasikan ke dalam biofilter. Gas amonia dialirkan ke dalam kolom biofilter dengan peningkatan konsentrasi secara bertahap dari 3-62 ppm atau beban dari 0,02-1,97 g-N/kg bahan kering/hari, selama 24 hari. Rata-rata efisiensi penghilangan amonia adalah 81% untuk biofilter koral dan 85% untuk biofilter arang aktif. Selama periode aplikasi, masing-masing bahan pengisi mengalami peningkatan pH dan bakteri pengoksidasi amonia autotroph, serta penurunan kadar air dan populasi bakteri heterotroph. Kapasitas penyerapan biofilter adalah 0,53 g-N/kg koral kering/hari dan 0,66 g-N/kg arang-aktif kering/hari. Biofilter dengan bahan pengisi arang aktif menunjukkan kinerja lebih baik dibandingkan dengan biofilter batu koral.

Kata kunci: biofilter, amonia, koral, arang aktif, bakteri pengoksidasi amonia

**PENDAHULUAN**

Emisi gas penyebab kebauan bersifat iritan pada paru-paru dan efek utamanya dapat melumpuhnya saluran pernafasan. Gejala yang ditimbulkan adalah hilangnya kemampuan membau, batuk, sesak nafas, iritasi selaput lendir mata, muntah, dan pusing. Beberapa tahun terakhir ini emisi industri menjadi masalah penting, mengingat masyarakat mulai mengerti dan terganggu dengan adanya polusi udara. Keluhan-keluhan tentang bau busuk atau amis telah dilontarkan oleh sejumlah penduduk sekitar industri tertentu. Keluhan-keluhan ini terjadi, karena lokasi pemukiman yang dekat dengan industri. Baku mutu

kebauan amonia maksimum 2 ppm (KepMen LH No. 50/1996). Pencemaran bau amonia (NH<sub>3</sub>) dari fasilitas pengolahan limbah cair domestik (*septic tank*) 0,2-5 ppm, industri pengolahan ikan (20-200 ppm), industri karet remah (4-20 ppm) (Yani *et al.*, 2012) dan sebagainya.

Teknik biofilter merupakan salah satu alternatif teknologi penghilangan bau amonia. Keuntungan dari pengolahan bau dengan teknik biofilter adalah mekanisme proses yang sederhana, menggunakan biaya investasi yang rendah, stabil pada penggunaan dalam waktu yang relatif lama (2-7 tahun), dan memiliki daya penguraian/ pengolahan yang tinggi serta metode ini tidak menimbulkan masalah baru. Penelitian teknik biofilter telah

dilaporkan untuk penghilangan bau amonia menggunakan serat arang aktif (Yani *et al.*, 1998), biomedial (Kim *et al.*, 2007) dan *rock wool* (Yasuda *et al.*, 2009), *pine nuggets* dan *lava rock* (Akdeniz *et al.*, 2011); campuran kompos dan chip kayu (70:30) (Hood, 2011).

Tujuan dari penelitian ini adalah penghilangan bau amonia dengan menggunakan teknik biofilter, membandingkan pertumbuhan mikroba dan efisiensi penghilangan amonia pada penggunaan bahan pengisi koral dan arang aktif (GAC) pada skala laboratorium. Efektivitas penghilangan gas amonia ditentukan berdasarkan efisiensi penghilangan N-amonia, kapasitas penghilangan N-amonia, perkembangan mikroba pengoksidasi amonia dalam bahan pengisi, dan daya tahan dari masing-masing bahan pengisi dalam kolom biofilter.

### METODE PENELITIAN

#### Kolom Biofilter

Dua buah kolom biofilter terbuat dari pipa PVC dengan ketinggian tabung 60 cm dan diameter dalam 15,24 cm. Masing-masing kolom biofilter diberi 5 lubang yaitu 2 lubang untuk lubang pemasukan gas (Li) dan pengeluaran gas (Lo), 3 lubang untuk pengambilan sampel bahan pengisi (L1, L2, L3) dengan jarak masing-masing lubang sebesar 15 cm (Gambar 1).

#### Bahan Pengisi

Bahan pengisi yang digunakan adalah batuan koral dan arang aktif (GAC). Batuan koral diperoleh dari pantai utara Pulau Jawa yang telah diperkecil ukurannya hingga 1-2 cm, berbentuk tidak beraturan, kemudian dicuci dengan air bersih dan dikeringkan. Bahan pengisi yang digunakan terlebih dahulu dilakukan dianalisa untuk mengetahui karakteristik bahan yang digunakan meliputi: kadar

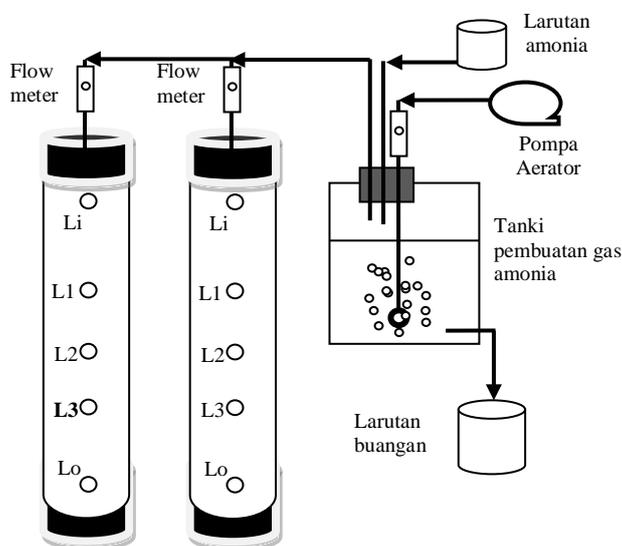
air, kadar karbon organik total, kadar nitrogen, dan kadar sulfida. Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui daya dukung bahan pengisi yang akan digunakan sebagai media perkembangan mikro-organisme. Karakteristik bahan pengisi dianalisis kadar air, pH, kandungan C dan N total (AOAC, 2005).

#### Penyiapan Inokulum Bakteri Pengoksidasi Amonia (*Nitrosomonas sp.*)

Inokulum berupa konsorsium bakteri pengoksidasi amonium yang diisolasi dari *septic tank*, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Pengembangan starter ini, dilakukan dengan teknik pengayaan bakteri pengoksidasi amonium pada media Alexander (AL) (Yani *et al.*, 1998), pada kondisi pH 5,5 - 8,5 dan suhu ruang (25-30°C) secara bertahap selama beberapa bulan. Dalam satu Liter media AL mengandung 0,59 g (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 0,2 g K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>; 0,5 mg Fe-sitrat; 0,04 g CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O; 0,04 g MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O; 0,5 mg Fenol-red (pH 6,2-8,4) dan aquades hingga satu liter. Perkembangan pertumbuhan inokulum selama persiapan ditandai dengan perubahan media warna merah muda (pH 8,5) menjadi kuning (pH 5,5).

#### Pengukuran Bakteri Pengoksidasi Amonia (Autotrof dan Heterotrof)

Pengukuran populasi bakteri pengoksidasi amonia autotrof dilakukan dengan menggunakan media AL dengan metoda Most Probable Number (MPN) (Yani *et al.*, 1998). Sebanyak 1 g sampel bahan pengisi diencerkan dalam larutan NaCl 0,85% pada pengenceran 10<sup>-6</sup>-10<sup>-12</sup>. Sebanyak 1 mL larutan pengenceran ini dimasukkan ke dalam 9 mL media MPN dalam tabung ulir 10 mL dengan tiga ulangan. Seluruh media MPN diinkubasi pada suhu ruang (25-30°C) selama 8 minggu.



Gambar 1. Rancangan biofilter skala laboratorium. (Li) lubang inlet, (L1,L2,L3) lubang sampling dan (Lo) lubang outlet

Tabung yang berubah warna dibandingkan dengan blanko, ditandai positif. Data ini dibandingkan dengan Tabel standar MPN untuk 3 ulangan. Selanjutnya dihitung populasi bakteri untuk setiap gram sampel kering. Pengukuran bakteri pengoksidasi amonia heterotrof dilakukan dengan menggunakan media *Nutrient Agar* dari pengenceran sampel tersebut di atas dan diinkubasikan pada suhu 30°C selama 48 jam.

**Pengamatan Biofilter**

Biofilter yang digunakan sebanyak dua buah kolom yang diisi dengan bahan pengisi yang berbeda, dengan tinggi bahan pengisi ± 45 cm. Gas amonia diperoleh dari larutan NH<sub>4</sub>OH teknis yang diaerasi dengan aliran udara 1–1,3 L/menit dengan rentang konsentrasi gas amonia antara 0,1–70 ppm. Bila efisiensi penghilangan amonia melebihi 90%, maka laju aliran gas amonia dinaikkan secara bertahap untuk mengatur kenaikan konsentrasi gas dan tingkat beban yang masuk ke dalam biofilter. Konsentrasi inlet dan outlet diukur setiap hari. Pengukuran amonia gas menggunakan larutan penjerap asam borat 0,01% sebanyak 10 mL. Pengambilan contoh gas dilakukan selama 1 menit, ditambahkan peraksi Nessler, kemudian dibaca pada spektrofotometer pada panjang gelombang 425 nm (SNI 19-17119.1-2005).

Penyerapan amonia dalam bahan pengisi biofilter menjadi senyawa amonium dan produk nitrifikasi (nitrat). Sampel bahan pengisi diambil pada minggu ke 0-4. Sepuluh gram sampel ditambahkan 90 mL akuades steril dan dihomogenkan, kemudian sediaan sampel ini dianalisis pH, amonium (SNI 06-2479-1991) dan nitrat (SNI 6989.79-2011).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Karakteristik Bahan Pengisi**

Bahan pengisi yang digunakan sangat menentukan kinerja biofilter. Hal ini terkait dengan sifat fisik dan kimia bahan pengisi sebagai tempat tumbuh biofilm dari konsorsium mikroba yang digunakan. Sifat fisik berpengaruh pada penyerapan secara fisik polutan. Mekanisme absorpsi untuk menghilangkan polutan amonia yaitu dengan mengubah polutan dari fasa gas menjadi fasa cair. Bahan pengisi yang dapat digunakan terdiri dari bahan organik dan anorganik. Pada biofilter ini, bahan pengisi yang dipilih adalah koral dan arang aktif sebagai media anorganik yang khas.

Kondisi awal bahan pengisi biofilter koral dan arang aktif, secara fisik dan kimia ditunjukkan pada Tabel 1. Koral yang digunakan memiliki kadar air yang cukup rendah, tetapi porositasnya tinggi dan tidak mudah menyerap air. Oleh karena itu, pada kolom koral diperlukan penambahan air secara

berkala agar kadar air bahan relatif stabil. Kadar karbon dan nitrogen total koral relatif lebih rendah dibanding bahan pengisi arang aktif, sedangkan densitas dan pH koral lebih tinggi dari pada arang aktif.

Tabel 1. Kondisi awal penelitian pada bahan pengisi biofilter koral dan arang aktif

Kondisi biofilter	Koral	Arang aktif
Berat basah (g)	3.500	2.040
Tinggi media (cm)	45	45
Densitas (Kg-bahan kering/m <sup>3</sup> )	206	153
Kadar air (% bk)	22	38
Kadar nitrogen organik (% bk)	0,03	0,05
Kadar karbon organik (% bk)	27	33
pH	7,99	7,28

Arang aktif dipilih sebagai bahan pengisi biofilter karena memiliki sifat penyerapan yang selektif, terutama terhadap bahan nonpolar. Sifat penyerapan arang aktif disebabkan adanya perbedaan muatan listrik, perbedaan potensial dalam sifat kimia dan perbedaan potensial panas. Muatan listrik dari arang adalah elektro positif dalam larutan asam dan elektro negatif dalam larutan alkali.

**Biofilter Koral**

*Perkembangan Populasi Bakteri Pengoksidasi Amonia*

Populasi bakteri pengoksidasi amonia autotrof menunjukkan peningkatan populasi rata-rata dari log 6,7 sel-MPN/g-koral kering menjadi 9,3 sel-MPN/g-koral kering (Gambar 2a). Sukses perkembangan bakteri pada lapisan atas (L1) lebih tinggi dari pada lapisan bawah (L3), karena ketersediaan amonia dan oksigen lebih baik pada lapisan atas, bagi perkembangan bakteri pengoksidasi amonia yang bersifat aerobik. Hal ini menunjukkan bahwa kelompok bakteri ini aktif dalam mengoksidasi amonia yang terjerap dalam bahan koral. Hasil oksidasi amonia berupa akumulasi nitrat pada hari ke 24 mencapai sekitar 2000 ppm. Peningkatan konsentrasi inlet gas amonia pada minggu ke dua dan tiga, telah dioksidasi dengan baik oleh kelompok bakteri ini, hingga efisiensi penghilangan gas amonia mencapai di atas 95% (Gambar 3a).

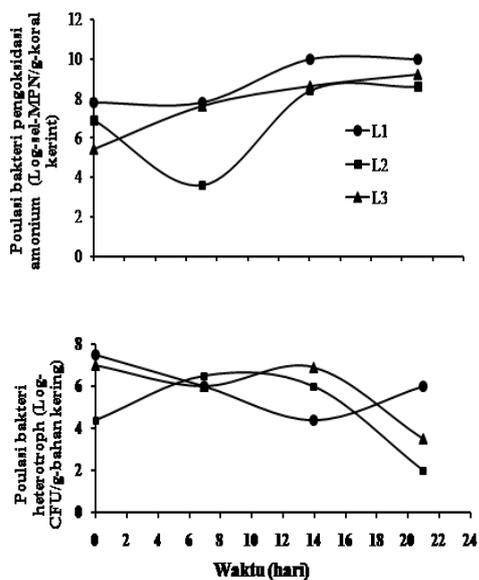
Populasi bakteri pengoksidasi amonia heterotrof menggunakan amonium untuk keperluan pertumbuhannya, namun karena tidak tersedia senyawa organik, maka populasinya menurun dari rata-rata log 6,3 CFU/g-koral kering menjadi log 3,8 CFU/g-koral kering (Gambar 2b). Sejumlah bakteri heterotroph tersebut mampu bertahan hidup, diduga karena menggunakan senyawa organik dari sel-sel lain yang mati dalam bahan pengisi.

*Kinerja Penghilangan Amonia*

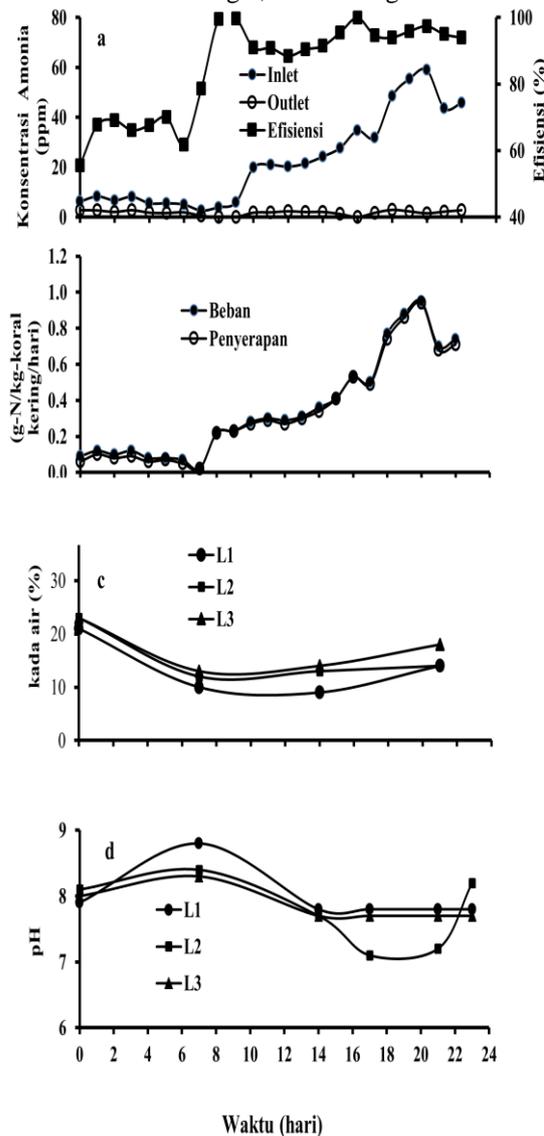
Pada minggu pertama pengoperasian biofilter koral, konsentrasi inlet yang diberikan berfluktuasi antara 2,6-8,3 ppm (rata-rata 6,03 ppm) dan pada outlet biofilter berkisar antara 1,6-2,8 ppm dengan efisiensi antara 55-78% (Gambar 3a). Setelah penyerapan fisik dan biologis ini, efisiensi koral biofilter berangsur naik menjadi lebih dari 90% pada hari ke 8. Pada minggu ke dua, konsentrasi inlet dinaikkan secara bertahap (6-24 ppm) dan efisiensi meningkat di atas 95%. Pada minggu ke 3, konsentrasi inlet amonia dinaikkan lagi mulai 28 - 60 ppm, efisiensi penghilangan amonia 94-100% (rata-rata 96%). Selama gas amonia dialirkan, bahan pengisi telah menerima beban polutan 0,02- 0,95 g-N/kg koral kering/hari (Gambar 3b), atau rata-rata 0,35 g-N/kg koral kering/hari. Penyerapan amonia ke dalam bahan koral menyebabkan akumulasi senyawa nitrogen, berupa amonium dan produk nitrifikasi. Akumulasi nitrat dalam media sekitar 2000 ppm.

Pengaliran udara yang mengandung amonia (Gambar 1) cukup lembab, tetapi tidak mampu mempertahankan kadar air bahan pengisi koral. Kadar air bahan pengisi koral turun dari 23% menjadi sekitar 15% (Gambar 3c), walaupun setiap minggu ditambahkan air untuk pemeliharaan biofilter. Bahan pengisi koral diduga memiliki kemampuan yang rendah untuk menahan air atau uap air yang ditambahkan.

Fluktuasi pH berkisar antara 7,1-8,8 (rata-rata 7,8) (Gambar 3d). Penurunan pH ini mengindikasikan tumbuhnya bakteri pengoksidasi amonia melakukan proses nitrifikasi. Amonia yang bersifat basa akan dioksidasi menjadi nitrit yang bersifat asam. Asam nitrit ini akan dioksidasi menjadi nitrat yang bersifat asam pula. Bahan pengisi koral yang mengandung ion  $Ca^{2+}$ , diduga bereaksi dengan nitrat sehingga pH bahan pengisi koral tetap di atas 7 atau relatif netral.



Gambar 2. Perubahan populasi bakteri pengoksidasi amonia autotrof (a) dan bakteri heterotrof (b) dalam biofilter koral. L-1: lubang 1, L-2: lubang 2, L-3: lubang.



Gambar 3. Penyerapan gas amonia pada biofilter koral yang dinokulasi dengan bakteri pengoksidasi amonia; (a) konsentrasi inlet-outlet amonia, (b) beban dan penyerapan amonia, (c) kadar air dan (d) pH. L1 : lubang 1, L2 : lubang 2, L3 : lubang 3

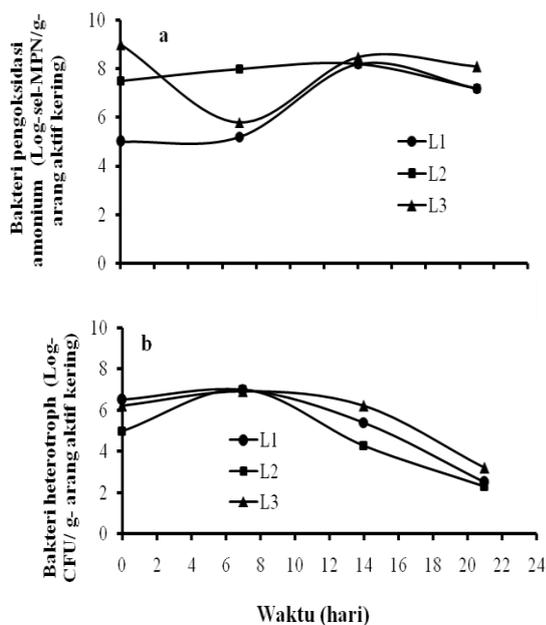
**Biofilter Arang Aktif**

*Perkembangan Populasi Bakteri Pengoksidasi amonia*

Populasi bakteri pengoksidasi amonia autotrof menunjukkan peningkatan populasi rata-rata dari log 7,2 sel-MPN/g-arang aktif kering menjadi 8,3 sel-MPN/g-arang aktif kering, pada minggu ke dua, kemudian turun lagi menjadi log 7,5 (Gambar 4a). Hal ini menunjukkan bahwa kelompok bakteri ini aktif dalam mengoksidasi amonia yang terperap

dalam bahan pengisi arang aktif. Hasil oksidasi amonium tersebut terakumulasi dalam bentuk nitrat yang mencapai 2100 ppm. Peningkatan konsentrasi inlet gas amonia (Gambar 5a) pada minggu kedua dan ketiga, telah dioksidasi dengan baik oleh kelompok bakteri ini, hingga efisiensi penghilangan gas amonia mencapai di atas 92%.

Populasi bakteri pengoksidasi amonia heterotrof menggunakan amonium untuk keperluan pertumbuhannya dari rata-rata log 5,9 CFU/g-arang aktif kering, naik menjadi log 7 pada minggu ke dua. Selanjutnya menurun populasinya menjadi log 2,7 CFU/g-arang aktif kering (Gambar 5b), diduga karena kurang tersedia senyawa organik dalam biofilter. Sebagian bakteri heterotrof ini tetap bertahan hidup, karena menggunakan substrat atau nutrisi dari sel yang mati.



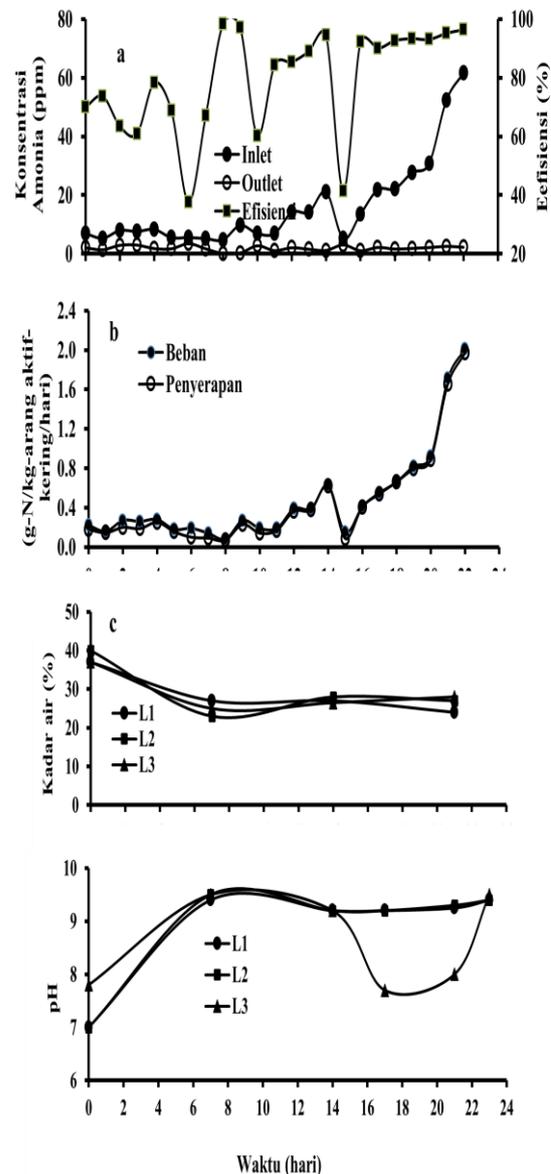
Gambar 4. Perubahan populasi bakteri pengoksidasi amonia autotrof (a) dan bakteri heterotrof (b) dalam biofilter arang aktif. L-1: lubang 1, L-2: lubang 2, L-3: lubang 3

**Kinerja Penghilangan Amonia**

Pada minggu pertama pengoperasian biofilter arang aktif, konsentrasi inlet amonia berfluktuasi antara 5,2-8,3 ppm (rata-rata 6,55 ppm) dan pada outlet biofilter berkisar antara 1,4-3,5 ppm dengan efisiensi antara 38-78% (Gambar 5a). Setelah penyerapan fisik dan biologis ini, efisiensi arang aktif biofilter naik menjadi lebih dari 98% pada hari ke 8, kemudian berfluktuasi antara 60-86%. Pada minggu ke dua, konsentrasi inlet dinaikkan secara bertahap (5-21 ppm) dan efisiensi berfluktuasi sekitar 60-98%.

Pada minggu ke 3, konsentrasi inlet amonia dinaikkan pada kisaran 14-62 ppm dan menunjukkan peningkatan efisiensi penghilangan amonia 80-98% (rata-rata 92%). Selama 3 minggu pengoperasian

biofilter, diketahui beban polutan yang diberikan berkisar antara 0,08-2,01 g-N/kg arang aktif kering/hari (Gambar 5b), atau rata-rata 0,48 g-N/kg arang aktif kering/hari. Penyerapan amonia pada bahan pengisi arang aktif menyebabkan akumulasi senyawa nitrogen, berupa amonium dan produk nitrifikasi. Akumulasi nitrat dalam media mencapai 2110 ppm.



Gambar 5. Penyerapan gas amonia pada biofilter arang aktif yang dinokulasi dengan bakteri pengoksidasi amonia; (a) konsentrasi inlet-outlet amonia, (b) beban dan penyerapan amonia, (c) kadar air dan (d) pH. L1 : lubang 1, L2 : lubang 2, L3 : lubang 3

Pengaliran udara lembab yang mengandung amonia (Gambar 1), tidak mampu memberikan penyerapan air dalam bahan pengisi arang aktif. Kadar air bahan pengisi arang aktif pun menurun

dari 38% menjadi sekitar 26% (Gambar 5c), walaupun setiap minggu ditambahkan air untuk pemeliharaan biofilter. Kemampuan menahan air dari biofilter arang aktif ini lebih baik dari pada koral yang cenderung kadar air sangat rendah hingga 15% (Gambar 3c).

Fluktuasi pH berkisar antara 7,3 – 9,4 (rata-rata 8,8) (Gambar 5d). Peningkatan pH ini mengindikasikan akumulasi amonium dalam media. Amonia yang bersifat basa akan dioksidasi menjadi nitrit yang bersifat asam. Asam nitrit ini akan dioksidasi menjadi nitrat yang bersifat asam pula.

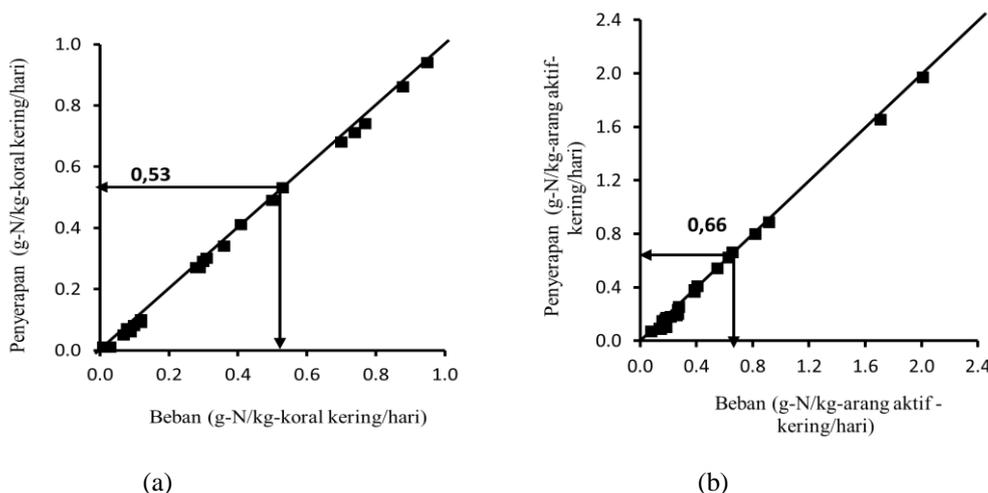
**Kinerja Biofilter Koral vs Arang Aktif**

Hubungan antara beban pencemar amonia yang masuk dan terserap dalam biofilter ditampilkan pada Gambar 6, di mana kapasitas penghilangan atau penyerapan lengkap (100%) ditunjukkan dengan tanda panah. Kapasitas penyerapan amonia oleh biofilter tergantung dari beberapa faktor, antara lain jenis bahan pengisi, populasi mikroorganisma, kadar air, dan pH.

Selama operasional biofilter koral ini (24 hari), telah dimasukkan amonia dengan kisaran beban 0,02-0,95 g-N/kg-koral kering/hari atau rata-rata 0,35 g-N/kg-koral kering/hari (Gambar 3b).

Kapasitas penyerapan lengkap biofilter koral dalam menyerap atau menghilangkan amonia tercapai pada 0,53 g-N/kg-koral kering/hari (Gambar 6a). Selama 24 hari operasi, biofilter arang aktif menunjukkan kisaran penghilangan dari 0,08-2,01 g-N/kg-arang aktif kering/hari atau rata-rata 0,48 g-N/kg-arang aktif kering/hari (Gambar 5b), lebih tinggi dari pada kinerja biofilter koral dan kemampuan penghilangan lengkap biofilter arang aktif mencapai 0,66 g-N/kg-arang aktif kering/hari (Gambar 6b). Kemampuan biofilter arang aktif dalam menyerap amonia ini lebih tinggi, diduga karena arang aktif lebih mampu menahan kadar air yang cukup dan menumbuhkan populasi mikroba lebih baik dari pada biofilter koral.

Kinerja kedua biofilter selama percobaan disajikan pada Tabel 2. Sumber gas amonia kedua biofilter relatif sama, demikian halnya konsentrasi yang diberikan. Namun keluaran (outlet) dari proses biofiltrasi memberikan hasil yang sedikit berbeda. Proses biofiltrasi memberikan hasil yang baik, karena konsentrasi outlet di bawah baku mutu yang dipersyaratkan dalam KepMen LH No. 50/1996 yaitu sebesar 2 ppm. Rata-rata efisiensi penghilangan amonia relatif sama yaitu 85% untuk biofilter koral dan 81% untuk biofilter arang aktif (Tabel 2).



Gambar 6. Kapasitas penyerapan biofilter koral (a) dan biofilter arang aktif (b) terhadap beban

Tabel 2. Kapasitas dan efisiensi penghilangan amonia dari beberapa biofilter

Kapasitas penghilangan amonia Pada biofilter	Efisiensi rata-rata (%)	Sumber
0,53 g-N/kg-koral kering/hari	81	Penelitian ini
0,66 g-N/kg-GAC kering/hari	85	Penelitian ini
1,5 g-N/kg-ACF kering/hari	95	Yani <i>et al.</i> (1998)
0,29 g-N/kg- <i>crisobalt</i> kering/hari	>95	Hirai <i>et al.</i> (2001)
1,50 g-N/kg- <i>obsidian</i> kering/hari	>95	Hirai <i>et al.</i> (2001)
0,30 g-N/kg-granula tanah kering/hari	>95	Hirai <i>et al.</i> (2001)
0,82-1,12 g-N/kg rockwool kering/hari	>90	Yasuda <i>et al.</i> (2009)
- Pine nuggets and lava rock	56	Akdeniz <i>et al.</i> (2011)
- Kompos dan chip kayu	91	Hood (2011)
0,71 g-N/L-sel-imobil/hari	~ 100	Kim <i>et al.</i> (2011)

18 g-N/kg-kompos-kering/hari	>95	Yani <i>et al.</i> (2012)
------------------------------	-----	---------------------------

Densitas bahan pengisi arang aktif ( $153 \text{ kg}/\text{m}^3$ ) lebih rendah dari pada koral ( $206 \text{ kg}/\text{m}^3$ ) (Tabel 1), setara dengan *pine nuggets* ( $190 \text{ kg}/\text{m}^3$ ) dan lebih rendah dari lava rock ( $592 \text{ kg}/\text{m}^3$ ) (Akdeniz *et al.*, 2011). Kemampuan penghilangan beban amonia dari biofilter arang aktif (rata-rata  $0,45 \text{ g-N}/\text{kg}$ -arang aktif kering/hari) sedikit lebih besar dari pada biofilter koral dengan rata-rata  $0,35 \text{ g-N}/\text{kg}$ -koral kering/hari (Tabel 2). Pada 100% efisiensi, kapasitas penghilangan lengkap biofilter arang aktif mencapai  $0,66 \text{ g-N}/\text{kg}$ -arang aktif kering/hari (Gambar 6b, Tabel 2) lebih tinggi dari pada biofilter koral  $0,53 \text{ g-N}/\text{kg}$ -koral kering/hari (Gambar 6a, Tabel 2). Hasil oksidasi amonia menjadi nitrat dalam kedua biofilter ini relatif sama yaitu sekitar 2100 ppm Nitrat.

Bila dibandingkan perubahan kondisi bahan pengisi awal dan akhir penelitian, biofilter arang aktif (Gambar 5c) lebih mampu menahan air dibandingkan dengan biofilter koral (Gambar 3c). Biofilter *rock wool* beroperasi pada kadar air sekitar 45-50% (Yosuda *et al.*, 2009). Bahan pengisi *lava rock* dipertahankan pada kadar air tinggi 73-78%, mampu mencapai efisiensi penghilangan amonia hingga 56% (Akdeniz *et al.*, 2011).

Perubahan pH pada bahan pengisi koral antara 7,7-8,8. Kondisi pH tersebut lebih mendukung untuk aktifitas bakteri dibandingkan dengan perubahan pH pada bahan pengisi arang aktif (7,3-9,4). Biofilter *rock wool* beroperasi pada pH netral (6,9-7,0) (Yosuda *et al.*, 2009). Kisaran pH bakteri pengoksidasi amonia sekitar 5,5-8,5 (Yani *et al.*, 2012). Kondisi pH ini akan mendukung perkembangan bakteri pengoksidasi amonia dalam biofilter.

Perkembangan populasi bakteri pengoksidasi amonia autotrof pada biofilter koral, meningkat dari log 6,7 menjadi 9,3 sel-MPN/g-koral kering (Gambar 2a). Sedangkan bakteri heterotrof turun dari log 6,3 menjadi log 3,8 CFU/g-koral-kering (Gambar 2b). Perkembangan populasi bakteri pengoksidasi amonia autotrof pada biofilter arang aktif, relatif bertahan dari log 9,0 menjadi log 8,5 sel-MPN/g-arang aktif kering (Gambar 4a), namun populasi bakteri heterotrof, turun dari log 5,9 ke log 2,7 CFU/g-arang aktif kering (Gambar 4b).

Kemampuan biofilter koral dan arang aktif yang dioperasikan memiliki kapasitas penyerapan lengkap sebesar  $0,53 \text{ g-N}/\text{kg}$  koral kering/hari dan  $0,66 \text{ g-N}/\text{kg}$  arang kering/hari. Bila dibandingkan dengan kemampuan penghilangan lengkap (*complete removal*) amonia dengan bahan pengisi anorganik lainnya (Tabel 2), kemampuan biofilter koral ini relatif lebih baik dibandingkan dengan *crisobalt* maupun granula tanah, dan lebih rendah dari pada ACF maupun *rock wool*. Bahan pengisi anorganik ini (koral, *crisobalt*, arang aktif) tidak mengandung

senyawa karbon organik yang tidak diperlukan oleh bakteri pengoksidasi amonia autotrof, seperti *Nitrosomonas sp.* Kekurangan senyawa organik ini, kemungkinan akan menghambat perkembangan bakteri heterotrof. Kemampuan biofilter organik (kompos dan sludge) mencapai kapasitas penghilangan  $18 \text{ g-N}/\text{kg}$ -bahan-kering/hari (Yani *et al.*, 2012) jauh lebih baik dibandingkan dengan biofilter anorganik. Bahan pengisi organik mampu menyediakan sumber karbon organik dan nutrisi lainnya yang diperlukan oleh bakteri pengoksidasi amonia, baik heterotrof maupun autotrof. Bahan pengisi jenis organik memiliki daya dukung yang lebih baik dibanding dengan bahan anorganik untuk diaplikasikan pada teknik biofilter. Kapasitas penyerapan bahan pengisi sangat menentukan pengambilan keputusan untuk diaplikasikan pada skala lebih besar di lapangan atau industri, karena dengan kapasitas penyerapan yang tinggi, maka fluktuasi konsentrasi polutan gas dapat diserap dengan baik beberapa jenis bahan pengisi biofilter.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Penghilangan bau amonia dapat dilakukan dengan menggunakan biofilter anorganik, seperti koral dan arang aktif. Kedua biofilter ini telah menunjukkan kemampuan untuk penghilangan bau amonia hingga 60 ppm dan menghasilkan konsentrasi keluaran (outlet) memenuhi baku mutu kebauan (kurang dari 2 ppm), dengan rata-rata efisiensi masing-masing 85% dan 81%. Kapasitas penyerapan pada biofilter koral dan arang aktif adalah  $0,53 \text{ g-N}/\text{kg}$  koral kering/hari dan  $0,66 \text{ g-N}/\text{kg}$  arang kering/hari. Biofilter arang aktif menunjukkan kapasitas penyerapan yang lebih tinggi daripada biofilter koral, diduga arang aktif lebih mampu menahan air dan mendukung perkembangan populasi bakteri pengoksidasi amonia.

Jenis bahan pengisi biofilter sangat berpengaruh terhadap kinerja biofilter. Kedua biofilter ini kurang dapat menahan kadar air yang diperlukan bagi perkembangan bakteri pengoksidasi amonia. Sifat bahan anorganik dan kondisi kadar air yang rendah kurang mendukung perkembangan populasi bakteri. Perubahan pH relatif basa, namun masih mendukung perkembangan populasi bakteri pengoksidasi amonia dan dihasilkan akumulasi nitrat hingga 2100 ppm. Penggunaan bahan pengisi anorganik (koral dan GAC) dapat mendukung perkembangan bakteri pengoksidasi amonia autotrof, tetapi kurang mendukung untuk bakteri heterotrof.

### Saran

Dalam penggunaan bahan pengisi anorganik perlu diperhatikan penambahan air secara berkala, untuk mempertahankan kadar air yang

mendukung perkembangan bakteri. Pengkajian lebih lanjut aplikasi media organik (kompos dengan berbagai jenis pengomposan, campuran tanah dengan kompos), anorganik (batu apung) dan campuran media organik dan anorganik (campuran antara tanah dengan koral) sebagai bahan pengisi biofilter pada aplikasinya mereduksi polutan amonia.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Akdeniz N, Janni KA, dan Salnikov IA. 2011. Biofilter Performance of Pine Nuggets and Lava Rock as Media. *Biores Technol.* 102 (2011): 4974–4980
- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemist. Gaithersburg, Maryland: AOAC International
- Hirai M, Kamamoto M, Yani M, Shoda M. 2001. Comparison of the Biological NH<sub>3</sub> Removal Characteristics among Four Inorganic Packing Materials *J Biosc Bioeng.* 91:428-430.
- Hood MC. 2011. Design and Operation of a Biofilter for Treatment of Swine House Pit Ventilation Exhaust. [Thesis]. Raleigh, North Carolina :North Carolina State University.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup (KepMen LH) No. 50/1996 tentang Baku mutu kebauan. Jakarta.
- Kim JH, Rene ER, dan Park HS. 2007. Performance of an Immobilized Cell Biofilter for Ammonia Removal From Contaminated Air Stream. *Chemosphere* 68 (2007): 274–280.
- Shahmansouri MR, Bina HTB dan Movahedian H. 2005. Biological Renoval Of Ammonia From Contaminated Air Streams Using Biofiltration System. *Iranian J Environ Scien Eng.* 2 (2) : 17-25.
- SNI 06-2479-1991. Metode pengujian kadar amonium dalam air dengan alat spektrofotometer secara Nessler. <http://sisni.bsn.go.id> [11 April 2012].
- SNI 19-7119.1-2005. Udara ambien - Bagian 1: Cara uji kadar amoniak (NH<sub>3</sub>) dengan metode indofenol menggunakan spektrofotometer. <http://sisni.bsn.go.id>. [11 April 2012].
- SNI 6989.79-2011. Cara uji nitrat dengan spektrofotometer UV-Visible secara reduksi kadmium. <http://sisni.bsn.go.id> [11 April 2012].
- 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.
- Yani M, Purwoko, Ismayana A, Nurcahyani PR, Pahlevi D. 2012. Penghilangan Bau Amoniak dari Tempat Penumpukan *Leum* Pabrik Karet Remah. *J Ilmu-ilmu Pert.* Vol. (Agustus 2012). In press.
- Yasuda T, Kuroda K, Fukumoto Y, Hanajima D, Suzuki K. 2009. Evaluation of Full-Scale Biofilter With Rockwool Mixture Treating Ammonia Gas From Livestock Manure Composting. *Biores Technol.* 100 (2009): 1568–1572.