

PENGHILANGAN BAU AMONIAK DARI TEMPAT PENUMPUKAN LEUM PADA INDUSTRI KARET REMAH DENGAN MENGGUNAKAN TEKNIK BIOFILTER

(AMMONIA REMOVAL FROM LEUM STORAGE AT CRUMB RUBBER INDUSTRY BY BIOFILTRATION TECHNIQUE)

Mohamad Yani^{*)}, Purwoko, Andes Ismayana, Puji Rahmawati Nurcahyani, Derin Pahlevi

ABSTRACT

Malodorous gases emitted from natural rubber industries. At crumb rubber plant, leum storage emits high concentration of ammonia that strength odor and dangerous to healthy workers. This research occurred to remove ammonia from leum storage using biofilter coloum 23L packed with mixed of top-soil, peat-rubber leaves and sludge. The result shows that this biofilters can remove ammonia from inlet concentration at 4 - 20 ppm to outlet concentration less than 4,7 ppm (average of 1,1ppm below regulation limit of 2 ppm). The biofilter packed with top soil performs to ammonia removal efficiency average of 89% and ammonia-removal capacity at 0,36 g-N/kg-dry-material/d. The biofilter packed with mixed of top soil and rubber leaves performs to ammonia removal efficiency average of 85% and ammonia-removal capacity at 0,60 g-N/kg-dry-material/d. The biofilter packed with mixed of top soil and sludge performs to ammonia removal efficiency of 99% and ammonia-removal capacity at 0,36 g-N/kg-dry-material/d. The biofilter packed with mixed of top soil and sludge indicated the most stable on ammonia removal capacity and the lowest outlet ammonia at an average of 0.1 ppm.

Keywords: Ammonia removal, biofilter, top soil, rubber leaf, sludge.

ABSTRAK

Berbagai jenis bau gas teremisikan dari pabrik-pabrik karet alam. Pada pabrik karet remah, dari gudang penyimpanan leum menghasilkan bau terutama amonia yang menyengat dan membahayakan kesehatan pekerja. Pada penelitian ini telah dilakukan penghilangan gas amonia dengan menggunakan kolom biofilter bervolume 23L yang berisi campuran tanah humus, serasah daun karet, dan *sludge*. Penggunaan biofilter ini telah mampu menurunkan polutan amonia dari konsentrasi 4–20 ppm menjadi kurang dari 4,7 ppm (rata-rata 1,1 ppm dibawah baku mutu 2 ppm). Biofilter tanah humus menunjukkan efisiensi penghilangan amonia rata-rata 89% dan kapasitas penghilangan amonia maksimum pada 0,36 g-N/kg-bahan-pengisi-kering/hari. Biofilter campuran tanah humus dan serasah menunjukkan efisiensi penghilangan amonia rata-rata 85% dan kapasitas penghilangan amonia maksimum pada 0,60 g-N/kg-bahan-pengisi-kering/hari. Biofilter tanah humus dan *sludge* menunjukkan efisiensi penghilangan amonia rata-rata 99% dan kapasitas penghilangan amonia maksimum pada 0.36 g-N/kg-bahan-pengisi-kering/hari. Kinerja biofilter tanah humus dan *sludge* relatif lebih stabil dan menunjukkan keluaran outlet terendah rata-rata 0,1 ppm.

Kata kunci: penghilangan amonia, biofilter, tanah humus, serasah, *sludge*.

PENDAHULUAN

Emisi gas penyebab kebauan bersifat iritan pada paru-paru dan efek utamanya adalah melumpuhnya saluran pernafasan. Gejala yang ditimbulkan adalah hilangnya kemampuan

membau, batuk, sesak napas, 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. Polutan dari industri karet yang menyebabkan bau berasal dari beberapa kegiatan, antara lain adalah kegiatan penyimpanan getah karet beku (leum),

¹⁾ Dep. Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Kampus IPB Darmaga Kotak Pos 220, Bogor 16002.

* Penulis korespondensi:
moh.yani@ipb.ac.id, f226yani@yahoo.co.id,
Telp/fax. +62 251 8625088

ruang pengolahan karet (karet remah, *sheet*, *crepe*, dan lateks pekat), dan instalasi pengolahan limbah cair.

Teknik biofilter merupakan salah satu alternatif untuk menjawab permasalahan penghilangan emisi gas bau pada pabrik karet. Keuntungan dari pengolahan bau dengan teknik biofilter adalah metode ini melalui 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), *crystal*, *obsidian*, dan granula tanah (Hirai, *et al.*, 2001), arang aktif dan tanah (Nurchayani, 2006), biomedial (Kim *et al.*, 2007), dan *rookwool* (Yasuda *et al.*, 2009).

Ruang lingkup penelitian ini yaitu penghilangan emisi gas amonia (NH_3) pada industri karet dengan menggunakan biofilter yang berisi bahan pengisi berupa tanah humus, serasah daun karet, dan *sludge*. Efektivitas penghilangan gas NH_3 ditentukan berdasarkan efisiensi, kapasitas penghilangan, dan daya tahan dari masing-masing bahan pengisi dalam kolom biofilter.

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan bahan pengisi biofilter terbaik berdasarkan kemampuannya menghilangkan bau gas amonia, dan menentukan kapasitas penyerapan gas amonia pada masing-masing biofilter yang digunakan.

METODE PENELITIAN

Sumber polutan bau amonia diperoleh langsung dari gudang leum pabrik karet remah (*crumb rubber*), Sukamaju, Cibadak, Sukabumi, Jawa Barat. Bahan yang digunakan antara lain: bakteri pengoksidasi amonia dan bakteri heterotrof, bahan kimia untuk analisis proksimat bahan pengisi dan amonia. Bahan pengisi yang digunakan adalah tanah humus, serasah daun karet dan *sludge* pengolahan limbah cair pabrik karet tersebut.

Alat yang digunakan adalah kolom biofilter skala pilot bervolume 23L dari bahan pipa PVC berukuran diameter 8 inci dan tinggi 70 cm, pipa paralon dan sambungannya, *blower* kapasitas 250L/menit dan *flowmeter* berbagai ukuran (1-50 L/menit) (Gambar 1). Alat yang digunakan untuk analisa meliputi peralatan gelas, tabung sentrifusi, spektrofotometer, *clean bench*, pH meter, dan inkubator.

Perlakuan penghilangan bau amonia pada skala pilot ini menggunakan 3 biofilter dengan perbedaan campuran bahan pengisi, yaitu: Biofilter #1 (tanah humus), biofilter #2 (campuran tanah humus dan serasah daun karet, 1 : 1), dan biofilter #3 (campuran tanah humus dan *sludge*, 1:1). Aliran gas inlet berasal dari tempat penumpukan leum dengan kecepatan udara yang masuk sebesar 30 L/menit.

Parameter-parameter utama yang diamati sebagai berikut:

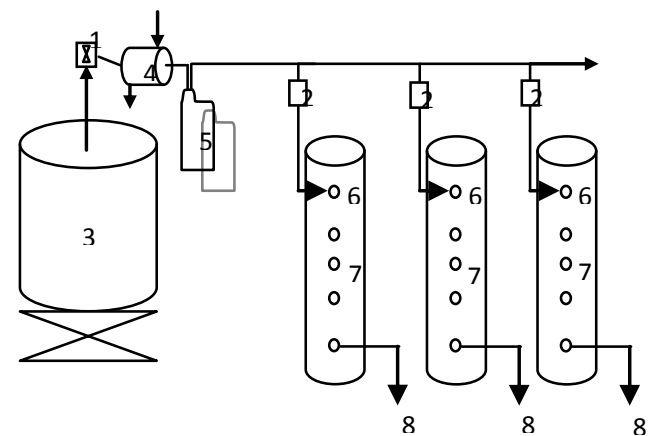
1. Inlet dan outlet gas NH_3

Pengamatan dilakukan selama 30 hari dengan pengambilan sampel pada inlet dan outlet setiap hari pada pagi dan sore hari. Waktu sampling inlet dan outlet adalah 3 menit. Metode pengukuran amonia menggunakan metode Nessler (SNI 06-2479-1991).

2. Bahan Pengisi.

Perubahan kondisi bahan pengisi disampling pada bagian atas, tengah dan bawah kolom biofilter dan dicampur. Pengukuran meliputi:

- Analisis kadar air, suhu, dan pH diukur setiap hari untuk mengetahui perubahan kondisi bahan pengisi biofilter (AOAC, 2005).
- Analisis total C dan N (AOAC, 2005) dilakukan seminggu sekali untuk mengetahui perubahan unsur-unsur dalam bahan pengisi biofilter.
- Analisis populasi bakteri pengoksidasi amonia dan heterotrof dilakukan pada setiap minggu, dengan menggunakan metode MPN dan TPC.



Keterangan:

- Pompa Udara (*Blower*);
- flowmeter*;
- Sumber polutan;
- Kondensor*;
- Humidifier*;
- Lubang inlet;
- Lubang sampling/bahan pengisi;
- Lubang outlet.

Gambar 1 Disain Penelitian Biofilter.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas Udara Ruang Penyimpanan Leum

Bahan baku untuk pengolahan karet remah Pabrik Sukamaju adalah lateks beku atau karet yang telah membeku (leum) yang berasal dari beberapa kebun di sekitar wilayah pabrik dengan kapasitas produksi sekitar 1 ton/hari. Bahan ini disimpan di gudang leum yang terus-menerus mengeluarkan bau, terutama amonia.

Analisis kualitas udara di ruang penyimpanan leum menunjukkan bau amonia dan hidrogen sulfida yang tinggi (Tabel 1) dan melebihi baku mutu. Konsentrasi NH_3 mencapai 11,16 ppm atau lebih dari 5 kali nilai baku mutu berdasarkan keputusan Menteri Lingkungan Hidup nomor 50 tahun 1996 (2 ppm).

Analisis Bahan Pengisi

Hasil analisis awal bahan pengisi masing-masing biofilter disajikan pada Tabel 2. Kadar air masing-masing biofilter #1, #2, dan #3 berturut-turut adalah 40,50; 50,73; dan 43,31%. Kondisi ini cukup baik untuk pertumbuhan mikrob. Bahan pengisi sebaiknya memiliki kandungan air 40-60 % ketika jenuh dan sifat bahan pengisi organik (Deviny *et al.* 1999).

Nilai pH bahan pengisi biofilter #1, #2, dan #3 berturut-turut adalah 5,17; 6,00; dan 6,33 (Tabel 2). Kondisi ini cukup baik untuk pertumbuhan mikrob antara pH 6-8, kecuali pada pada biofilter #1 perlu dinetralkan dengan menggunakan kapur tohor.

Kandungan total N masing-masing untuk biofilter #1, #2, dan #3 berturut-turut adalah 0,16; Tabel 1. Kualitas udara di tempat penumpukan leum.

Polutan Gas	Nilai (ppm)	Baku Mutu Kebauan (ppm)*
NH_3	11,36	2
H_2S	0,16	0,02
CH_4	0,33	-
CO	0,37	-
CO_2	3,55	-
NO_2	0,23	-
Hidrokarbon	0,26	-

* KepMen LH No. 50/1996

Tabel 2 Karakteristik awal bahan pengisi pada biofilter

Biofilter	Bahan Pengisi	Berat Basah (g)	Kadar Air (%)	pH	N total (%)	C total (%)
1	Tanah	16 246	40,50	5,17	0,16	1,73
2	Tanah+serasah (volume 1:1)	10 646	50,73	6,00	0,48	6,77
3	Tanah+sludge (volume 1:1)	16 946	43,31	6,33	0,19	2,92

0,48; dan 0,19%. Keberadaan unsur N dalam suatu bahan pengisi sangat dibutuhkan bagi perkembangan mikrob. Hara makro yang dibutuhkan mikrob dalam jumlah yang relatif besar mencakup C, H, O, N, P, K, Ca, S, dan Mg.

Biofilter #2 yang berisi campuran dari tanah humus dan serasah daun karet memiliki unsur hara yang lebih baik untuk pertumbuhan mikrob bila dibandingkan dengan biofilter #1 dan #3. Pemilihan bahan pengisi merupakan hal yang sangat penting pada kinerja suatu biofilter. Biofilter bekerja dengan menggunakan pori-pori bahan pengisi padat untuk mendukung kehidupan mikrob dan memberikan akses untuk kontaminan dan aliran udara, dan tanah mempunyai kemampuan untuk mempertahankan kadar air dan pH yang baik (Deviny *et al.* 1999).

Kinerja Biofilter #1 (Tanah Humus)

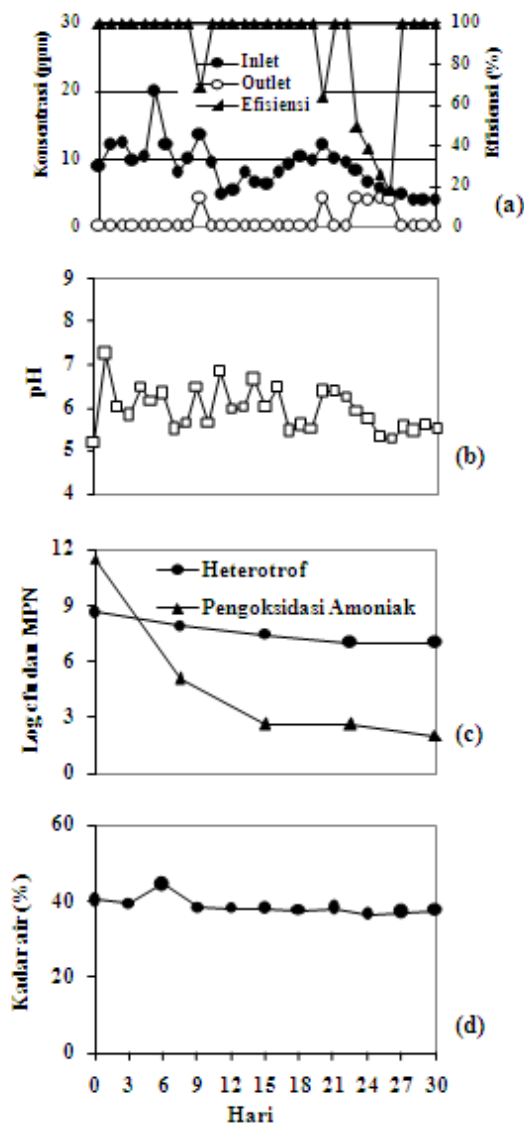
Bahan yang digunakan dalam kolom biofilter #1 ini berupa tanah humus yang berasal dari kebun karet. Biofilter #1 ini dijadikan kontrol bagi biofilter #2 dan #3 yang merupakan campuran dari tanah sehingga dapat diketahui biofilter yang terbaik dalam mendegradasi polutan berdasarkan tambahan serasah atau sludge sebagai bahan tambahan nutrisi dan sumber mikrobnya.

Konsentrasi inlet amonia yang masuk ke dalam ketiga biofilter dari sumber yang sama, selalu berfluktuasi antara 4-20 ppm (rata-rata 8,9 ppm) (Gambar 2a) dan telah melampaui baku mutu kebauan, 2 ppm. Kondisi inlet yang sangat bervariasi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kesegaran leum dan bahan senyawa yang ditambahkan untuk menghilangkan bau leum. Semakin baru leum yang datang dari kebun maka semakin bau leum tersebut. Peningkatan konsentrasi inlet pada hari ke- 5, 9, dan 20 berturut-turut adalah 12,4 ppm, 13,8 ppm, dan 20,1 ppm karena adanya penambahan leum baru ke gudang.

Berdasarkan hasil pengukuran outlet amonia pada biofilter #1 (Gambar 2a) berkisar 0-4,5 ppm atau rata-rata 0,8 ppm, di bawah baku mutu, dan efisiensi penghilangannya 17-100% (rata-rata 89%) dan tidak stabil. Dengan perhitungan selisih inlet-outlet amonia terhadap berat bahan pengisi, maka kemampuan penghilangan amonia berkisar 9-29 g-

N/kg-bahan-pengisi-kering (rata-rata 18 g-N/kg-bahan-pengisi-kering). Selama 30 hari percobaan, biofilter #1 menunjukkan kapasitas penghilangan amonia sebesar 0,36 g-N/kg-bahan-pengisi-kering/hari

Proses penghilangan amonia dalam biofilter secara fisik-kimia melalui adsorpsi oleh bahan pengisi dan proses nitrifikasi oleh bakteri pengoksidasi amonia (*Nitrosomonas*). Proses nitrifikasi merupakan proses oksidasi amonia menjadi asam nitrat. Proses biodegradasi senyawa organik bahan pengisi oleh bakteri heterotrof menghasilkan asam-asam organik dan senyawa lain yang lebih sederhana (Yani *et al.*, 1998; Nurcahyani, 2006). Proses ini akan



Gambar 2 Kondisi dan kinerja penghilangan amoniak pada biofilter #1 (a) Inlet- outlet, dan efisiensi amoniak (b) pH, (c) populasi bakteri (d) Kadar air bahan pengisi.

menurunkan pH bahan pengisi (Gambar 2b), yang befluktuasi antara 5,2-7,3 (rata-rata 6,0).

Proses-proses yang terjadi dalam bahan pengisi biofilter menyebabkan penurunan populasi bakteri pengoksidasi amonia dari 3×10^{11} sel/g-bahan-pengisi menjadi 1×10^5 sel/g-bahan-pengisi (Gambar 2c). Populasi bakteri heterotrof menurun dari 5×10^8 sel/g-bahan-pengisi menjadi 1×10^8 sel/g-bahan-pengisi. Hal ini diduga karena penurunan pH bahan pengisi dan akumulasi polutan ke dalam bahan pengisi,

Pada hari ke 20 sampai 27, inlet konsentrasi amonia menurun karena kondisi leum mulai mengering, pH bahan pengisi semakin menurun (pH 5,5, Gambar 2b), sehingga perkembangan populasi bakteri semakin tertekan. Populasi bakteri pengoksidasi amonia menjadi 1×10^2 sel/g-bahan-pengisi, sedangkan bakteri heterotrof tetap stabil sejumlah 1×10^7 sel/g-bahan-pengisi (Gambar 2c). Hal ini menyebabkan penurunan kemampuan biofilter dalam mengoksidasi NH_3 menjadi 17,35% (Gambar 2a).

Akumulasi senyawa kimia amonia, asam nitrat dan asam organik yang terserap secara fisik-kimia dalam bahan pengisi ini menyebabkan terjadinya perubahan sifat fisik-kimia bahan pengisi. Menurut Cho *et al.* (2002), polutan gas yaitu amonia dan hidrogen sulfida yang masuk ke dalam suatu biofilter akan didegradasi oleh mikrob membentuk asam kuat nitrat dan sulfat yang selanjutnya akan terkumpul dalam bahan pengisi sehingga akan menurunkan pH. Aktifitas bakteri nitrifikasi akan mulai menurun pada saat pH bahan pengisi berada di bawah 6.

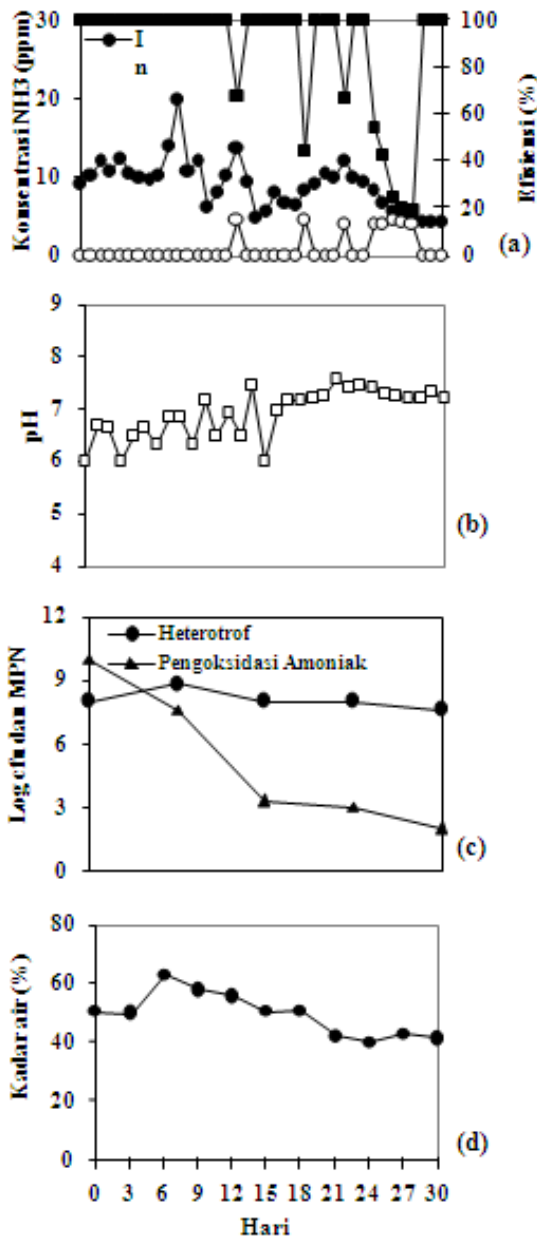
Kadar air bahan pengisi biofilter #1 berada di bawah 40 persen (Gambar 2d). Kondisi ini kurang baik untuk perkembangan mikrob, sehingga efisiensinya tidak stabil (Gambar 2a). Mikrob berkembang secara maksimum pada bahan pengisi yang memiliki kapasitas air tinggi dan sifat bahan pengisi organik yang memiliki kandungan air 40% sampai 60% ketika jenuh (Deviny *et al.* 1999). Menurut Wu *et al.* (1998), kadar air dalam suatu bahan pengisi biofilter sangat penting untuk diperhatikan sebab air digunakan sebagai bahan pengisi pengangkutan hara-hara mineral yang sangat dibutuhkan hidup mikrob serta sebagai bahan pengisi pembentukan *biofilm* oleh mikrob yang nantinya akan berfungsi untuk mendegradasi gas polutan yang masuk ke dalam biofilter.

Kinerja Biofilter #2 (Campuran Tanah Humus dan Serasah Daun Karet)

Biofilter #2 berisi campuran tanah humus dan serasah daun karet yang berasal dari kebun karet

dengan perbandingan volume 1:1. Kandungan bahan pengisi biofilter #2 kaya akan nutrisi bagi pertumbuhan mikroba sekaligus mempertahankan pH dan kadar air (Tabel 2).

Dengan konsentrasi inlet sama dengan biofilter lainnya, hasil pengukuran outlet (Gambar 3a) berkisar 0-4,7 ppm atau rata-rata 1,1ppm di bawah baku mutu. Kinerja biofilter #2 menunjukkan efisiensi penghilangan amonia pada 20-100% (rata-rata 85%). Fluktuasi efisiensi penghilangan amonia



Gambar 3 Kondisi dan kinerja penghilangan amoniak pada biofilter #2 (a) Inlet- outlet, dan efisiensi amoniak (b) pH, (c) populasi bakteri (d) Kadar air bahan pengisi.

pada biofilter #2 ini sangat tidak stabil. Hasil perhitungan kemampuan penghilangan amonia sangat bervariasi antara 18-67 g-N/kg-bahan-pengisi-kering (rata-rata 35 g-N/kg-bahan-pengisi kering). Nilai kapasitas penghilangan ini lebih tinggi dari pada biofilter #1 dan #3, karena berat bahan pengisinya lebih kecil, tetapi efisiensinya lebih rendah dibandingkan dengan biofilter #1 dan #3 dan tidak stabil, diduga karena struktur serasah sangat porous dalam bahan pengisi. Selama 30 hari percobaan, biofilter #2 menunjukkan kapasitas penghilangan amonia sebesar 0,60 g-N/kg-bahan-pengisi-kering/hari.

Nilai pH yang berada pada kisaran di atas 6 (Gambar 3b) mendukung pertumbuhan mikroba namun tidak stabil. Hal ini dikarenakan pengoksidasi NH_3 oleh mikroba menghasilkan asam nitrat sehingga membuat nilai pH bahan pengisi menjadi turun. Bila dilihat dari kadar air bahan pengisi yang berada di atas 40% (Gambar 3d), kondisi ini sangat mendukung pertumbuhan mikroba yang berada di dalam bahan pengisi biofilter.

Berbeda dengan hari ke 20 sampai 27, saat kondisi leum mulai mengering. Penurunan kemampuan biofilter dalam mengoksidasi NH_3 menjadi 19,60% dikarenakan turunnya jumlah bakteri pengoksidasi amonia menjadi 1×10^2 sel/g-bahan-pengisi dan bakteri heterotrof 4×10^7 sel/g-bahan-pengisi. Penurunan ini disebabkan kadar air bahan pengisi biofilter yang semakin kering (15,97%). Kondisi ini kurang baik untuk perkembangan mikroba. Nilai pH bahan pengisi biofilter 1 berada di atas 6,5 (Gambar 3b) merupakan kondisi yang baik bagi mikroba untuk berkembang. Sedikitnya konsentrasi amonia yang dioksidasi membuat nilai pH bahan pengisi tidak menjadi asam.

Perubahan kondisi bahan pengisi biofilter #2 terhadap pH, kadar air dan populasi mikroba, sehingga kinerja efisiensi penghilangannya menjadi tidak stabil (Gambar 3a) dibandingkan biofilter #1 dan #3.

Kinerja Biofilter #3 (Campuran Tanah Humus dan *Sludge*)

Bahan yang digunakan dalam biofilter #3 ini merupakan campuran tanah humus dan *sludge*. *Sludge* yang digunakan berasal dari kolam pengolahan limbah pabrik karet tersebut. Tanah memiliki kemampuan mempertahankan pH dan kadar air yang baik, maka dengan adanya pencampuran *sludge* sebagai sumber mikroba, bahan pengisi biofilter #3 kaya akan nutrisi bagi pertumbuhan mikroba. Yani *et al.* (1998) melaporkan *sludge* ditambahkan ke dalam suatu bahan pengisi

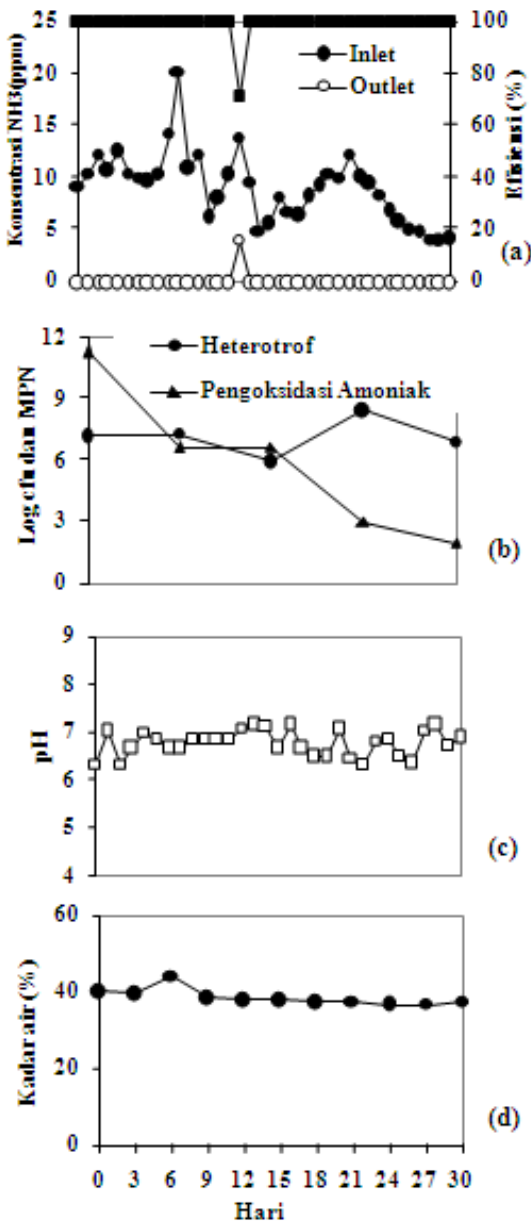
biofilter agar keragaman dan kelimpahan mikrob di dalam biofilter semakin tinggi.

Dengan konsentrasi inlet yang sama untuk semua biofilter, hasil pengukuran outlet biofilter #3 (Gambar 4a) berkisar 0-4,0 ppm atau rata-rata 0,1ppm jauh di bawah baku mutu, dan menunjukkan kinerja yang sangat stabil. Kinerja biofilter #3 menunjukkan efisiensi penghilangan amonia berkisar 71-100% (rata-rata 99%), relative sangat stabil. Kemampuan penghilangan amonia 10-34 g-N/kg-

bahan-pengisi-kering (rata-rata 18 g-N/kg-bahan-pengisi-kering). Selama 30 hari percobaan, biofilter #3 menunjukkan kapasitas penghilangan amonia sebesar 0,36 g-N/kg-bahan-pengisi-kering/hari. Kinerja biofilter #3 ini relatif paling stabil dan lebih baik dibandingkan dengan biofilter lainnya, dalam hal efisiensi penghilangan amonia dan keluarannya sangat kecil dan telah memenuhi baku mutu.

Walaupun terjadi penurunan populasi bakteri pengoksidasi amonia (Gambar 4b) dari 2×10^{11} sel/g-bahan-pengisi menjadi $4,5 \times 10^5$ sel/g-bahan-pengisi dan bakteri heterotrof dari 1.7×10^7 sel/g-bahan-pengisi menjadi 1×10^6 sel/g-bahan-pengisi, tetapi kondisi pH 6-8 (Gambar 4c) dan kadar air sangat stabil sekitar 40% (Gambar 4d).

Kemampuan biofilter-biofilter campuran tanah, serasah dan sludge telah mampu menghilangkan bau amonia hingga rata-rata keluarannya di bawah baku mutu. Ketiga biofilter memiliki kapasitas penghilangan amonia maksimum masing-masing sebesar 0,36 g-N/kg-tanah-kering/hari, 0,60 g-N/kg-campuran-tanah-serasah-kering/hari, 0,36 g-N/kg-campuran-tanah-sludge-kering/hari (Tabel 3), sedangkan kinerja efisiensi rata-rata penghilangan amonia masing-masing 89, 85 dan 99%. Bila dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu, penelitian biofilter skala pilot di pabrik karet ini relatif pada kondisi yang baik, dibandingkan dengan penelitian lainnya pada skala laboratorium dengan sumber emisi amonia sintetik.



Gambar 4. Kondisi dan kinerja penghilangan amoniak pada biofilter #3 (a) Inlet- outlet, dan efisiensi amoniak (b) populasi bakteri, (c) pH, (d) Kadar air bahan pengisi.

Tabel 3 Kapasitas penghilangan amonia dari beberapa biofilter

Kapasitas penghilangan amonia maksimum	Efisiensi rata-rata (%)	Sumber
0,36 g-N/kg-tanah-kering/hari	89	Penelitian ini
0,60 g-N/kg-campuran-tanah-serasah-kering/hari	85	Penelitian ini
0,36 g-N/kg-campuran-tanah-sludge-kering/hari	99	Penelitian ini
1,50 g-N/kg-ACF kering/hari	95	Yani, <i>et al.</i> (1998)
0,29 g-N/kg-cristobalt kering/hari	95	Hirai <i>et al.</i> (2001)
1,50 g-N/kg-obsidian 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)
1,16 g-N/kg-tanah-kering/hari	81	Nurchayani (2006)
0,56 g-N/kg-kompos-kering/hari	85	Nurchayani (2006)
0,71 g-N/L-sel-imobil/hari	~ 100	Kim <i>et al.</i> (2007)
0,82-1,12 g-N/kg rockwool kering/hari	90	Yasuda <i>et al.</i> (2009)

KESIMPULAN

Emisi bau amonia dari gudang leum pabrik karet remah didominasi oleh amonia dan hidrogen sulfida. Konsentrasi amonia berkisar antara 4-20 ppm jauh di atas baku mutu kebauan. Penerapan teknik biofilter dengan bahan pengisi tanah, serasah daun karet dan sludge terbukti dapat menghilangkan bau amonia tersebut hingga kurang dari 4,7 ppm atau rata-rata kurang dari 1.1 ppm sehingga telah memenuhi baku mutu lingkungan 2 ppm. Efisiensi penghilangan amonia untuk semua biofilter relatif baik 85 - 99% dan kapasitas penghilangan amonia maksimum sebesar 0,30–0,60 g-N/kg-bahan-pengisi-kering/hari. Biofilter campuran tanah humus dan *sludge* menunjukkan kinerja yang sangat stabil dan lebih baik dari pada biofilter lainnya, dengan efisiensi penghilangan amonia rata-rata terbaik (99%) dan serta keluarannya terendah rata-rata 0,1 ppm telah memenuhi baku mutu lingkungan. Pengembangan teknik biofilter skala pilot ini dapat diterapkan untuk penghilangan bau amonia dari kegiatan pabrik secara umum.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemist. Washington.
- Cho. K.S., Lee, E.Y., and H. W. Ryu. 2002. Hydrogen Sulfide Effects on Ammonia Removal by a Biofilter Seeded With Earthworm. Casts. J. Environ. Qual. 31:1782-1788.
- Devinny, J.S., M.A. Deshusses, and T.S. Webster. 1999. Biofiltration for Air Pollution Control. Lewis; New York.
- Hirai, M., M. Kamamoto, M. Yani and M. Shoda. 2001. Comparison of the Biological NH₃ Removal Characteristics among Four Inorganic Packing Materials J. Biosci. Bioeng. 91:428-430.
- Kementrian Lingkungan Hidup. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 50/MENLH/11/1996 tentang Baku Mutu Tingkat Kebauan. Jakarta.
- Kim, J.H., E.R. Rene, dan H.S. Park. 2007. Performance of an immobilized cell biofilter for ammonia removal from contaminated air stream. Chemosphere 68 (2007) 274–280.
- SNI 06-2479-1991. Metode Pengujian Kadar Amonium dalam Air dengan Alat Spektrofotometer secara Nessler. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Wu, W., J.C. Chabot, J.J. Caron, and M. Heitz. 1998. Biological Elimination of Volatile Organic Compounds From Waste Gases in a Biofilter. Kluwer Academic 101:69-78.
- Nurchayani, P. R. 2006. Kajian aplikasi bakteri *Nitrosomonas* sp. pada biofilter untuk penghilangan emisi gas amoniak dengan bahan pengisi organik dan anorganik. [Skripsi]. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB. Bogor.
- Yani, M, M. Hirai, and M. Shoda, 1998. Ammonia Removal Characteristic by Biofilter Using Activated Carbon Fiber as Carrier. Journal of Environmental Engineering, 19, 709-715.
- Yasuda, T., K. Kuroda, Y. Fukumoto, D. Hanajima, dan K. Suzuki. 2009. Evaluation of full-scale biofilter with rockwool mixture treating ammonia gas from livestock manure composting. Bioresource Technology 100: 1568–1572.