

BIOFILTRASI N₂O DENGAN MEDIUM FILTER BERBASIS KOMPOS: EVALUASI PARAMETER OPERASI

NITROUS OXIDE BIOFILTRATION USING COMPOST BASED FILTER: EVALUATION OF OPERATING PARAMETERS

Tania Surya Utami*, Heri Hermansyah, Lila Adriaty, dan M. Nasikin
Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik-Universitas Indonesia
*e-mail: nana@che.ui.ac.id

Abstract

Nitrous oxide (N₂O) is a pollutant that has to be reduced because it contributes global warming effect of 310 times higher than CO₂. On other hand, agricultural sector contributes over 50% of N₂O emissions. The objectives of this research were to study the influence of operating parameters such as flow rate, water content, the addition of natural and synthetic nutrients, and *Nitrobacter sp.* in biofilter, which used compost medium, to the removal efficiency of N₂O. The results showed the best N₂O reduction efficiency was 76.9%. This result was obtained at the biofilter with compost medium, which is enriched with synthetic nutrients and inoculated with *Nitrobacter sp.* This biofilter had a medium height of 50 cm, N₂O flowrate of 72 mL/min, and water content of 60%.

Keywords: biofilter, compost, N₂O, *Nitrobacter sp.*

1. PENDAHULUAN

Gas N₂O adalah salah satu gas yang memberi kontribusi terbesar pada pemanasan global. Sifat pemanasan N₂O radiasinya lebih rendah dibandingkan CO₂, namun dampaknya terhadap pemanasan global 310 kali lebih besar per massa CO₂. Meskipun konsentrasi relatif rendah, gas N₂O sangat sulit terurai di atmosfer. Gas N₂O merupakan gas rumah kaca terbanyak keempat di atmosfer setelah CO₂, CH₄, dan uap air. Teknologi kontrol tradisional seperti *Selective Catalytic Reduction* (SCR) dan *Selective Non-Catalytic Reduction* (SNCR) yang digunakan untuk mengontrol emisi NO_x, membutuhkan suhu yang tinggi, penggunaan katalis, biaya instalasi dan operasi yang tinggi, serta menghasilkan produk buangan dalam jumlah cukup besar.

Adanya masalah dari segi ekonomi dan teknis memotivasi untuk mengembangkan teknologi baru yang lebih murah dan efisien untuk menghilangkan NO_x dari gas buangan, yaitu dengan teknologi biofiltrasi. Biofiltrasi terbukti ekonomis dalam mengelola gas

dengan kandungan senyawa organik dan inorganik volatil yang *biodegradable* dalam konsentrasi rendah (Kennes dan Veiga, 2001). Biofiltrasi memiliki potensi untuk mereduksi emisi gas-gas penyebab bau dari proses komposting secara simultan. Kolom biofilter sangat sederhana dalam disain dan pengoperasian, memiliki kemudahan akses terhadap mikroorganisme di dalam medium, serta pembentukan limbah baru dapat dihindari (Devinny, Deshusses, dan Webster, 1999). Dalam beberapa penelitian, pengelolaan dengan sistem biofilter telah terbukti efektif dalam mengatasi bau, ammonia, dan VOC, di antaranya adalah biofiltrasi ammonia dengan memanfaatkan mikroorganisme laut (Kim *et al.*, 2000), biofiltrasi bau pada peternakan babi (Sheridan, Curran, dan Dodd, 2002), serta biofiltrasi toluena dan stirena dari udara (Zilli *et al.*, 2001).

Dalam penelitian ini, kompos akan digunakan sebagai medium filter dalam mereduksi N₂O. Penggunaan kompos sebelumnya telah diteliti sebagai medium filter yang baik dalam mereduksi konsentrasi N₂O dengan efisiensi reduksi mencapai 95% setelah 40 hari

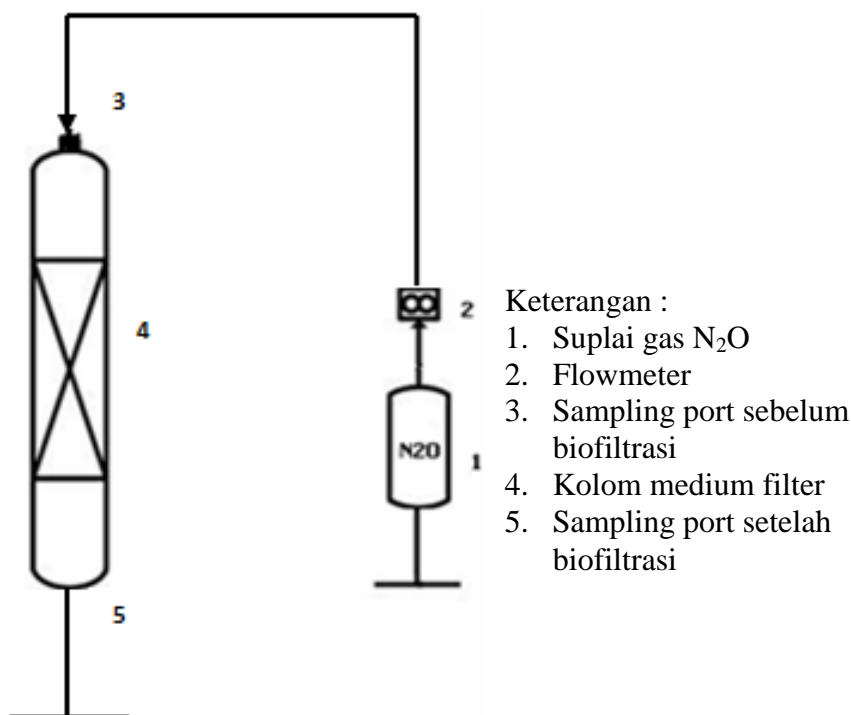
beroperasi dengan kondisi ketinggian biofilter 120 cm dan pada laju alir gas 30 L/jam (Yang *et al.*, 2007). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh dari laju alir N_2O , kandungan air pada medium filter, dan perbandingan penggunaan nutrisi alami dan sintetik terhadap kemampuan reduksi N_2O selama 9 jam operasi.

2. METODA

Medium filter yang digunakan adalah kompos berbasis kotoran kambing. Kompos diayak terlebih dahulu untuk menyeragamkan ukuran pupuk. Gas terdiri atas campuran dinitrogen oksida dan udara. Suplemen nutrisi gizi untuk biofilter disiapkan sebagai sumber karbon (glukosa), zat anorganik, dan kelembaban. Larutan nutrisi sintetik mengandung komponen berikut dalam 1 L air: K_2HPO_4 (0,4 g), KH_2PO_4 (0,15 g), NH_4Cl (0,3 g), $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (0,4 g), $(COONa)_2$ (2,93 g). Sedangkan komposisi larutan *trace element* terdiri atas (dalam 1 L air): EDTA (50,0 g), $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (2,2 g), $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ (5,5 g), $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ (5,06 g), $FeSO_4 \cdot 7H_2O$

(5,0 g), $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 2H_2O$ (1,1 g), $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (1,57 g), $CoCl_2 \cdot H_2O$ (1,61 g). Material anorganik ini dipilih karena sebelumnya pernah digunakan mengembangkan bakteri penitrifikasi aerobik (Rene, Murthy, dan Swaminathan, 2005). Nutrisi alami yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah cair yang diperoleh dari peternakan sapi di Kelurahan Kukusan, Depok. Diagram skematik dari biofilter yang digunakan pada penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.

Proses biofiltrasi bertujuan untuk menghilangkan N_2O menggunakan sistem biofilter dengan mengkaji berbagai faktor operasi. Faktor operasi yang dikaji seperti laju alir gas N_2O , kandungan air pada medium filter, dan perbandingan penggunaan nutrisi alami dan sintetik. Gas N_2O dialirkan secara batch pada kolom biofilter dengan medium kompos untuk mereduksi N_2O . Konsentrasi N_2O diukur dengan kromatografi gas. Pengambilan sampel dilakukan setiap jam selama 9 jam proses biofiltrasi



Gambar 1. Diagram skematik kolom biofilter

3. HASIL ANALISIS

Pengaruh Laju Alir Gas N₂O

Hasil uji biofiltrasi dengan variasi laju alir dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin kecil laju alir gas menyebabkan efisiensi reduksi N₂O yang lebih tinggi (dilihat dari penurunan konsentrasi N₂O). Hal ini karena pada laju alir gas N₂O yang lebih kecil, aliran gas lebih lama di dalam sistem sehingga waktu kontak antara gas dan medium filter lebih lama. Ini memungkinkan gas N₂O mengalami proses adsorpsi dan degradasi lebih banyak pada laju alir gas N₂O yang lebih rendah dibandingkan dengan laju alir yang lebih tinggi. Efisiensi reduksi tertinggi terdapat pada laju alir gas N₂O 72 mL/menit dengan efisiensi reduksi 56,7%.

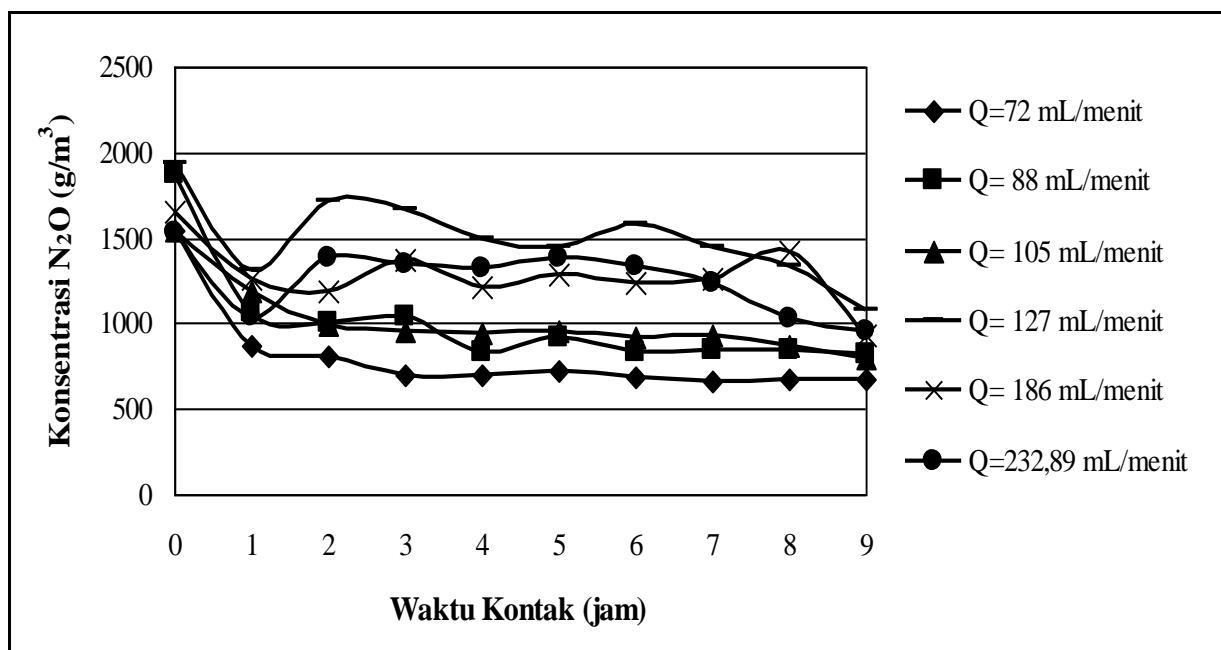
Pengaruh Kandungan Air dalam Medium Filter

Penambahan kandungan air bertujuan untuk meningkatkan kelembaban medium filter yang akan berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroba di dalamnya. Variasi kandungan air adalah 30%, 40%, 50%, 60%, dan 70% (w/w) berat kompos. Variasi kandungan air 30-70% dilakukan berdasarkan penelitian sebelumnya

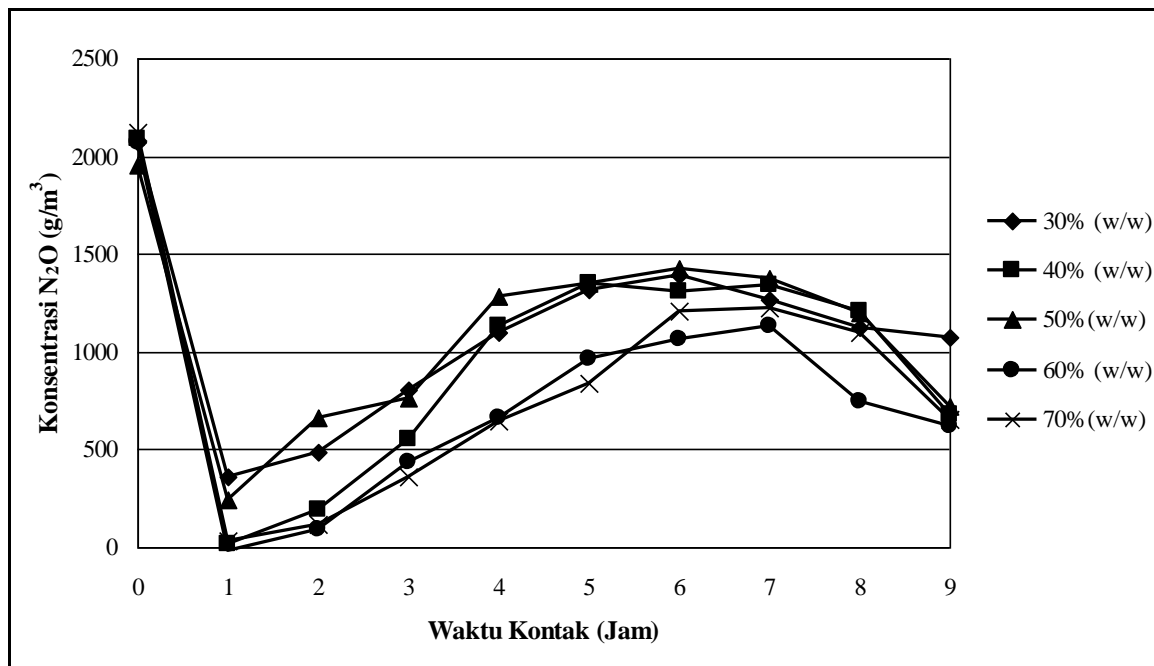
yang telah melakukan investigasi kandungan air dalam mereduksi jenis polutan lain (Sun *et al.*, 2002). Adapun ketinggian medium filter yang digunakan adalah 50 cm dengan laju alir 72 mL/menit. Kemampuan biofilter dalam mereduksi N₂O pada variasi kandungan air dalam medium filter dapat dilihat pada Gambar 3.

Gambar 3 menunjukkan profil penurunan konsentrasi pada variasi kandungan air yang ditambahkan ke dalam medium filter. Gambar tersebut dapat dibagi ke dalam profil yang naik, turun, lalu naik lagi secara perlahan. Hal ini dikarenakan adanya kondisi yang menyebabkan waktu tinggal gas N₂O di dalam medium menjadi lebih lama karena kelembaban daerah biofilm pada partikel-partikel kompos semakin meningkat.

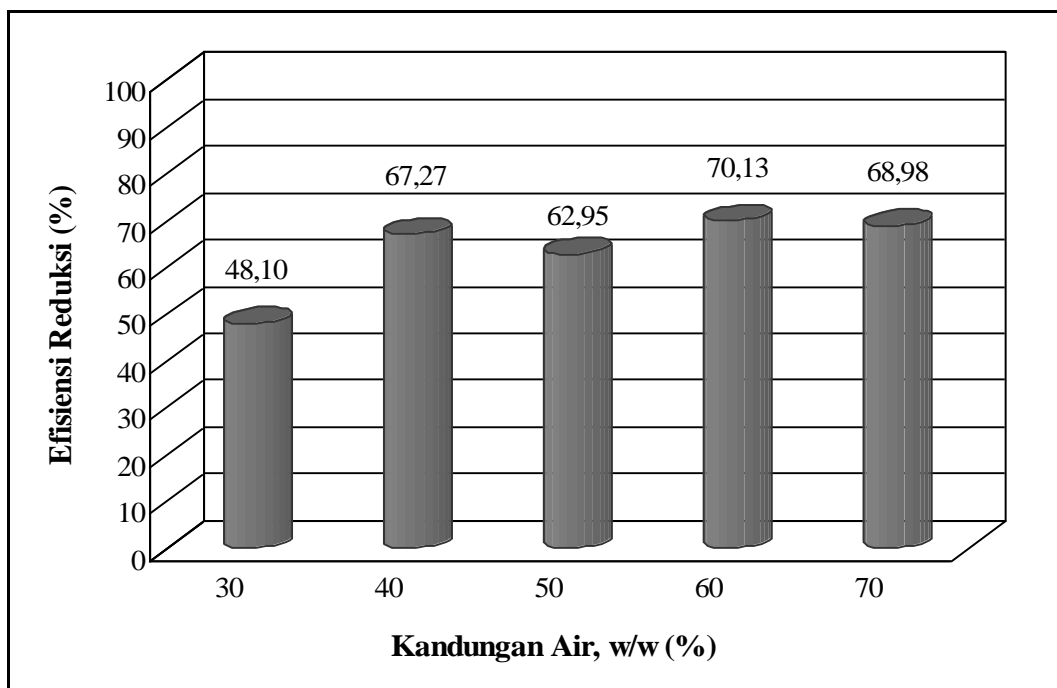
Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa efisiensi reduksi tertinggi terdapat pada kandungan air 60% (w/w) dengan besar efisiensi sebesar 70,13%. Fenomena yang terjadi pada proses ini disebabkan oleh adsorpsi dan degradasi karena pengaruh kelembaban biofilm yang lebih besar dibandingkan penggunaan kompos kering.



Gambar 2. Pengaruh laju alir terhadap konsentrasi N₂O



Gambar 3. Pengaruh kandungan air dalam medium kompos terhadap konsentrasi N₂O



Gambar 4. Efisiensi reduksi N₂O pada variasi kandungan air dalam kompos (h = 50 cm, f = 72 mL/menit, medium kering, t = 9 jam)

Perbandingan Penggunaan Nutrisi Alami dan Sintetik

Perbandingan penambahan nutrisi alami dan sintetik terhadap reduksi N₂O bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan nutrisi (alami dan sintetik) terhadap efisiensi reduksi N₂O yang dihasilkan. Pada tahapan ini

kompos sebagai medium filter diberi tambahan *Nitrobacter sp.* sebagai bakteri nitrifikasi penambat N dari N₂O. Kemudian ke dalam medium filter tersebut ditambahkan nutrisi yang diharapkan dapat meningkatkan kinerja mikroba dalam mereduksi N₂O menjadi lebih baik. Mikroba memerlukan nutrisi

seimbang untuk dapat bertahan hidup dan memperbanyak diri. Kandungan nutrisi yang cukup harus tersedia, agar diperoleh performansi yang baik pada proses biofiltrasi. Oleh karena itu, selain karbon dan energi dari degradasi kontaminan, mikroba juga memerlukan nutrisi utama untuk memperpanjang hidupnya (Pandey, 2004).

Penelitian ini dilakukan pada ketinggian medium filter 50 cm, laju alir 72 mL/menit, dan penambahan kandungan air optimum sebesar 60% (w/w) kompos. Nutrisi alami yang ditambahkan berupa limbah cair dari peternakan sapi, sedangkan nutrisi sintetis yang diberikan terdiri atas larutan nutrisi dan *trace element*. Larutan nutrisi yang diberikan sebanyak 40 mL ditambah dengan larutan *trace element* sebagai *micronutrient* sebanyak 2 mL lalu dilarutkan ke dalam air sehingga volumenya sama dengan penambahan kandungan air 60%. Hasil dari penambahan nutrisi baik alami atau sintetis dalam kompos yang telah diberi *Nitrobacter sp.* dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5 menunjukkan bahwa efisiensi paling besar adalah pada penambahan nutrisi sintetis. Efisiensi reduksi N₂O yang

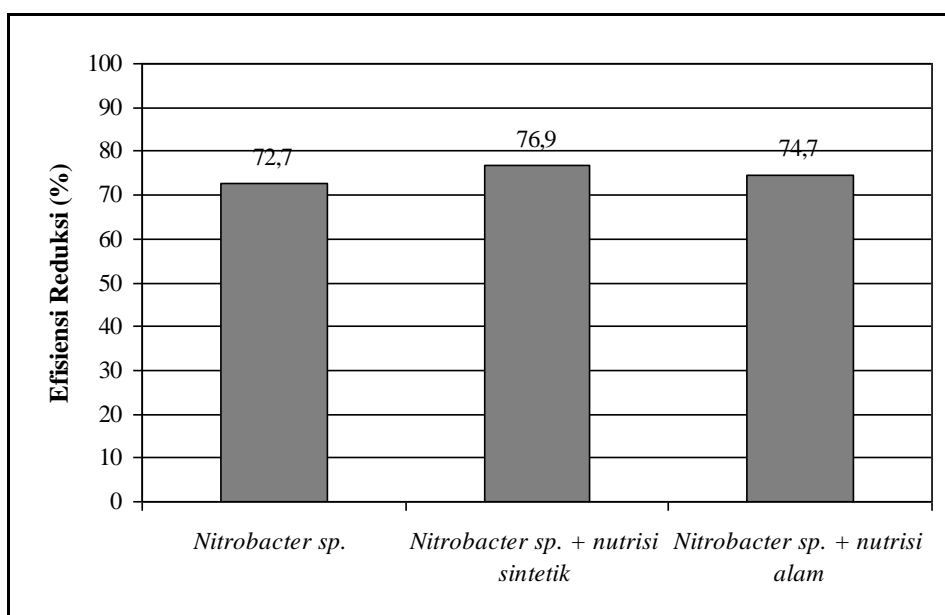
dihasilkan sebesar 76,9%. Apabila dibandingkan dengan biofilter tanpa nutrisi menghasilkan efisiensi reduksi 4,2% lebih tinggi, dan jika dibandingkan dengan penggunaan nutrisi alami menghasilkan efisiensi reduksi N₂O 2,2% lebih tinggi.

Peningkatan efisiensi reduksi N₂O karena penambahan nutrisi sintetis dikarenakan nutrisi ini memiliki mineral-mineral yang dibutuhkan mikroba yang mampu mendegradasi N₂O. Sedangkan nutrisi alami tidak memiliki mineral selengkap nutrisi sintetis.

4. KESIMPULAN

Efisiensi reduksi optimum sebesar 56,7% diperoleh pada variasi laju alir sebesar 72 mL/menit. Kandungan air 60% dari berat kompos merupakan kandungan air optimum dalam mereduksi N₂O dengan efisiensi reduksi sebesar 70,13%.

Penggunaan nutrisi baik alami maupun sintetis dapat meningkatkan efisiensi reduksi N₂O. Penambahan *Nitrobacter sp.* dan nutrisi sintetis pada kompos dapat meningkatkan efisiensi reduksi N₂O 2,2% lebih tinggi dibandingkan nutrisi alami.



Gambar 5. Perbandingan penggunaan nutrisi pada medium terhadap efisiensi reduksi N₂O

Kinerja biofilter yang tertinggi dalam mereduksi N₂O adalah yang menggunakan medium dengan ketinggian 50 cm, laju alir N₂O 72 mL/menit, kandungan air 60%, serta dengan penambahan nutrisi sintetik dan *Nitrobacter sp.* Efisiensi reduksi yang dicapai sebesar 76,9%.

DAFTAR PUSTAKA

- Devinny, J.S., Deshusses, M.A., dan Webster, T.S. (1999). Biofiltration for Air Pollution Control. Lewis Publisher, Boca Raton.
- Kennes, C. dan Veiga, M.C. (2001). Bioreactors for Waste Gas Treatment, In: Kennes, C. and Veiga, M.C. (Eds.), Conventional Biofilters, Vol. 3. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Kim, N.J., Sugano, Y., Hirai, M., dan Shoda M. (2000). Removal of a High Load of Ammonia Gas by a Marine Bacterium, *Vibrio alginolyticus*. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 90. 410-415.
- Pandey, A. (2004). Concise Encyclopedia of Bioresource Technology. The Haworth Press Inc., New York.
- Rene, E.R., Murthy, D.V.S., dan Swaminathan, T. (2005). Performance Evaluation of a Compost Biofilter Treating Toluene Vapours. *Process Biochemistry*. 40. 2771-2779.
- Sheridan, B.A., Curran, T.P., dan Dodd, V.A. (2002). Assessment of The Influence of Media Particle Size on The Biofiltration of Odorous Exhaust Ventilation Air from a Piggery Facility. *Bioresource Technology*. 84. 129-143.
- Sun, Y., Quan, X., Chen, J., Yang, F., Xue, D., Liu, Y., dan Yang, Z. (2002). Toluene Vapour Degradation and Microbial Community in Biofilter at Various Moisture Content. *Process Biochemistry*. 38. 109-113.
- Yang, W.F., Hsing, H.J., Yang, Y.C., dan Shyng, J.Y. (2007). The Effects of Selected Parameters on The Nitric Oxide Removal by Biofilter. *Journal of Hazardous Materials*. 148(3). 653-659.
- Zilli, M., Palazzi, E., Sene, L., Converti, A., dan Del Borghi, M. (2001). Toluene and Styrene Removal from Air in Biofilter. *Process Biochemistry*. 37. 423-429.