

**PENGHILANGAN GAS SO₂ (SULFUR DIOKSIDA) DENGAN TEKNIK BIOFILTER
MENGUNAKAN *Thiobacillus sp.* PADA MEDIA
SERBUK GERGAJI, KOMPOS DAN TANAH**

Nastitit Siswi Indrasti, Mohamad Yani, dan Sugyanto P. Manik

Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

ABSTRACT

Sulphur dioxide is one of the hazardous substances. Most of SO₂ is emitted from oil burning. SO₂ was effectively removed by biofilter technique using Thiobacillus sp. in compost, saw dust, and top soil media. On the biofilter without Thiobacillus sp. with the inlet concentration of SO₂ 2396,10 µg/m³; the saturated time is shorter than that on the biofilter with Thiobacillus sp. addition. Saturated time without Thiobacillus sp. in the compost biofilter was a 12 hour, in top soil biofilter was 18 hours, and in the saw dust biofilter was 0,5 hours

The removal capacity of SO₂ with Thiobacillus sp. in the compost biofilter was 4,12 mg-S/ /kg compost-dayl, while in the biofilter top soil was 3,12 mg-S/kg top soil-day. Thiobacillus sp. addition in the saw dust biofilter did not affect the ability of SO₂ degradation. There were 3 levels of SO₂ inlet concentration, ie: 2396,10 µg/m³, 4632,29 µg/m³, and 9331,68 µg/m³. Compost biofilter effectively worked in 19 days while top soil biofilter worked in 22 days. Saw dust was saturated at the first day of the process.

Keywords : Biofilter, *Thiobacillus sp.*, SO₂ degradation, compost, top soil, saw dust

PENDAHULUAN

Gas SO₂ (sulfur dioksida) merupakan salah satu komponen polutan di atmosfer yang dihasilkan dari proses pembakaran minyak bumi dan batubara serta proses lain yang mengandung sulfat (Wark dan Warner, 1981).

Gas SO₂ sangat berbahaya bagi makhluk hidup karena berperan penting pada akumulasi zat-zat asam di udara yang menyebabkan terjadinya hujan asam (Benitez, 1993). Dalam konsentrasi tertentu gas SO₂ dapat mengakibatkan penyakit paru-paru dan kesulitan bernafas terutama bagi penderita asma, *bronchitis*, dan penyakit pernafasan lainnya (Turk *et al.*).

Berbagai metode telah banyak dipakai untuk mereduksi gas SO₂. *Flue Gas Desulfurization* (FGD) adalah metode pengolahan gas SO₂ secara fisik dan kimia yang banyak dipakai saat ini. Metode ini memerlukan biaya investasi dan operasional yang cukup besar (Miller, 1996).

Alternatif lain yang saat ini banyak dikembangkan adalah pengolahan secara biologis dengan metode biofilter. Menurut Chou dan Cheng (1997), biofilter adalah reaktor dengan material padat sebagai bahan pengisi dimana mikroba terjerat secara alami di dalamnya dengan membentuk *biolayer* (lapisan tipis). Metode ini memanfaatkan mikroorganisme untuk mereduksi gas SO₂. Metode biofilter baik untuk dikembangkan karena biaya investasi dan operasional rendah, stabil dalam waktu yang relatif lama dan memiliki daya penguraian/pengolahan yang tinggi jika dibandingkan dengan metode pengolahan yang dipakai saat ini (Adrew dan Noah, 1995).

Bahan pengisi yang digunakan dalam penelitian ini adalah kompos, tanah dan serbuk gergaji. Bahan-bahan ini dipilih karena mudah didapat, tersedia dalam jumlah yang banyak dan mengandung unsur hara yang dapat mendukung pertumbuhan mikroorganisme yang digunakan dalam penelitian ini.

Thiobacillus sp. adalah bakteri yang digunakan dalam penelitian ini. Bakteri ini adalah salah satu bakteri yang dapat mendegradasi sulfur dengan baik. Bakteri ini diharapkan dapat tumbuh pada bahan pengisi kompos, tanah dan serbuk gergaji sehingga dapat mendegradasi sulfur dioksida.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan laju penghilangan gas SO₂ secara fisik-kimiawi tanpa *Thiobacillus sp.* dan biologis dengan menggunakan *Thiobacillus sp.* pada biofilter dengan bahan pengisi kompos, tanah dan serbuk gergaji.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah gas SO₂ dari PT. Krakatau Raya, kompos dari Laboratorium Limbah Fakultas Peternakan, IPB, tanah dari hutan CIFOR, serbuk gergaji dari usaha pengolahan kayu, *Thiobacillus sp.* dari sampel tanah pertambangan PT. Aneka Tambang, Pongkor, Jawa Barat. Bahan-bahan

untuk analisis adalah tetra chloro merkurat (TCM), asam sulfamat, formaldehid, pararosanilin, natrium sulfit, magnesium chlorida, natrium asetat, kalium nitrat, asam asetat, barium chlorida, natrium sulfat, aquades, natrium chlorida dan nutrien agar.

Alat

Alat yang digunakan adalah kolom biofilter dari pipa PVC, selang, pompa udara, *connector*, *speed control*, tabung sampel, spektrofotometer, *autoclave*, inkubator, *clean bench*, kertas pH, termometer dan alat-alat gelas.

Metode

Tahap pertama dalam penelitian ini adalah pembuatan kolom biofilter. Kolom biofilter terbuat dari pipa PVC dengan diameter 15,14 cm dan panjang 60 cm. Jarak antara lubang inlet dan outlet gas SO₂ adalah 50 cm. Kolom biofilter dilengkapi dengan dua buah lubang pada bagian tengah untuk pengambilan sampel.

Analisis dilakukan pada bahan pengisi kompos, tanah dan serbuk gergaji bertujuan untuk mengetahui daya dukung bahan pengisi biofilter terhadap pertumbuhan bakteri. Analisis yang dilakukan meliputi pengukuran kadar air, pH, volume, bobot dan kadar sulfat bahan pengisi.

Tahapan selanjutnya adalah pengukuran daya serap SO₂ oleh biofilter tanpa penambahan *Thiobacillus sp.* Laju alir gas SO₂ yang masuk ke dalam biofilter adalah 1,102 l/menit. Kinerja biofilter ditentukan oleh waktu jenuh. Waktu jenuh adalah waktu dimana konsentrasi inlet sama dengan outlet.

Tahap selanjutnya adalah pengukuran penghilangan gas SO₂ oleh biofilter setelah masing-masing bahan pengisi ditambah *Thiobacillus sp.* *Thiobacillus sp.* terlebih dulu diperbanyak pada media sulfat (Atlas dan Barta, 1981). Kemampuan biofilter ini dapat diketahui berdasarkan jumlah SO₂ yang dapat dihilangkan dan lama waktu untuk mempertahankan efisiensi penghilangan gas SO₂ (Ottengraf, 1986).

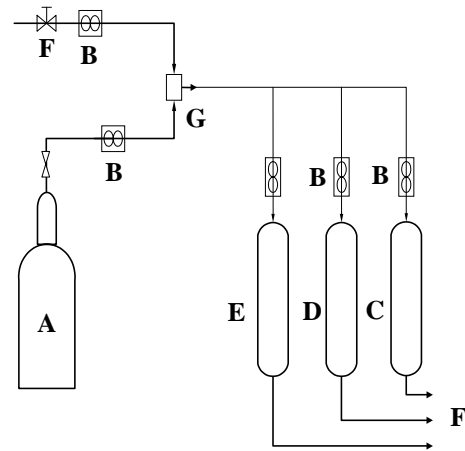
Pengamatan yang dilakukan pada masing-masing kolom adalah konsentrasi gas SO₂ yang masuk (inlet) dan keluar (outlet). Pengamatan ini dilakukan setiap hari. Selain itu dilakukan pengukuran pH, sulfat, kadar air, dan jumlah koloni *Thiobacillus sp* (TPC) pada biofilter dengan frekuensi pengamatan tiga hari sekali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Bahan Pengisi

Kadar air bahan pengisi kompos adalah 51%, tanah 38% dan serbuk gergaji 59%. Kadar air pada bahan pengisi sesuai dengan Ottengraf (1986) yang

menyatakan kadar air dalam bahan biofilter berkisar antara 30 – 60 %.



Keterangan:

- A : Gas SO₂
- B : Flowmeter/Speedcontrol
- C : Kolom biofilter kompos
- D : Kolom biofilter serbuk gergaji
- E : Kolom biofilter pengisi tanah
- F : Outlet
- G : Campuran SO₂ dan udara
- H : Pompa udara

Gambar 1. Skema kolom biofilter

Kadar air menjadi penting karena sangat dibutuhkan oleh mikroorganisme yang akan diinokulasikan dalam bahan pengisi. Pada penghilangan SO₂, air dibutuhkan untuk mengubah SO₂ menjadi sulfit sehingga dapat didegradasi oleh *Thiobacillus sp.* (Stuedel, 2000).

Kadar sulfat masing-masing bahan pengisi adalah nol. Hasil pengukuran pH serbuk gergaji adalah 5, tanah 7 dan kompos 6. Menurut Holt *et al.* (1994) *Thiobacillus sp.* dapat tumbuh pada pH beragam mulai 1,0 – 10,5. Oleh karena itu *Thiobacillus sp.* dapat tumbuh pada bahan pengisi yang akan digunakan. Bobot serbuk gergaji dalam kolom biofilter adalah 877 g, kompos 2075 g dan tanah 2371 g.

Penyerapan SO₂ Fisik (Tanpa *Thiobacillus sp.*)

Waktu jenuh kompos adalah 18 jam, tanah 12 jam dan serbuk gergaji adalah 0,5 jam. Konsentrasi SO₂ yang dimasukkan ke dalam biofilter adalah 2396,10 µg/m³.

Kerapatan komponen partikel penyusun bahan pengisi adalah salah satu faktor yang mempengaruhi penyerapan. Dari ketiga bahan yang digunakan sebagai bahan pengisi biofilter, tanah mempunyai tingkat kerapatan yang lebih tinggi sedangkan serbuk gergaji memiliki kerapatan yang paling rendah. Semakin rapat susunan partikel penyusun bahan pengisi semakin tinggi

kemampuannya untuk menjerat gas didalam pori-porinya.

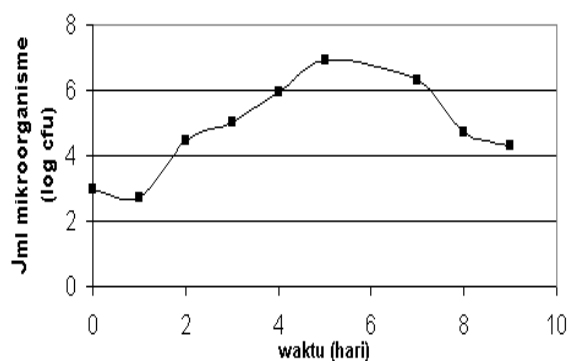
Faktor lain yang mempengaruhi penyerapan adalah bobot dan air yang terkandung dalam masing-masing bahan pengisi. Tanah sebagai bahan pengisi memiliki bobot yang paling berat dibandingkan dengan kompos dan serbuk gergaji. Bobot yang lebih berat menghasilkan penyerapan yang lebih baik seperti pada tanah. Serbuk gergaji dengan bobot terendah memperlihatkan kemampuan penyerapan yang lebih rendah.

Semakin banyak air yang terdapat dalam bahan, akan menyebabkan jumlah SO₂ yang bereaksi dengan air semakin banyak. Ini berarti kemampuan penyerapannya akan lebih baik. Serbuk gergaji dengan kandungan air lebih sedikit menunjukkan tingkat penyerapan yang lebih rendah.

Inokulasi *Thiobacillus sp.* pada Media Sulfat

Inokulasi *Thiobacillus sp.* pada media sulfat bertujuan untuk memperbanyak jumlah kultur sehingga dapat ditambahkan pada bahan pengisi. Kultur yang ditambahkan pada media harus banyak supaya fase logaritmik *Thiobacillus sp.* pada media dapat cepat tercapai (Madigan *et al.*, 2002).

Perkembangan mikroorganisme harus diamati untuk mengetahui fase perkembangan. Fase logaritmik merupakan suatu fase dari perkembangan mikroorganisme dimana pada fase ini jumlah sel meningkat seiring dengan pertambahan waktu (Madigan *et al.*, 2002).

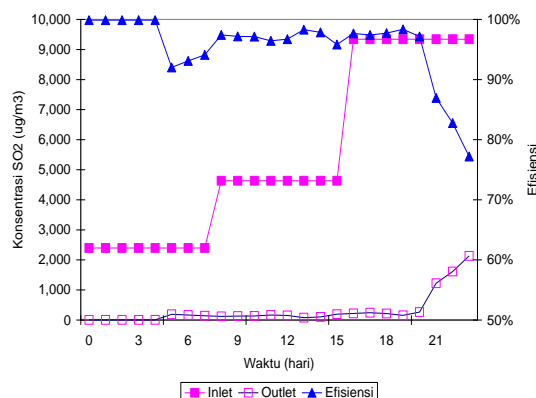


Gambar 2. Kurva perkembangan bakteri *Thiobacillus sp.*

Untuk mendukung pertumbuhan mikroorganisme pada bahan pengisi, inokulasi *Thiobacillus sp.* pada bahan pengisi dilakukan pada hari ke-5. Pada hari kelima diperoleh jumlah *Thiobacillus sp.* lebih banyak. Jumlah mikroba pada awal pengoperasian biofilter akan mempengaruhi lama tidaknya adaptasi pada lingkungan baru.

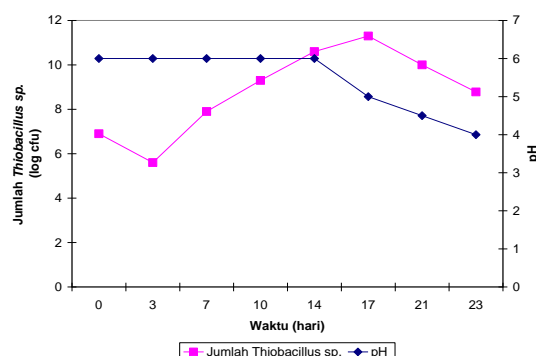
Penghilangan SO₂ Menggunakan *Thiobacillus sp.* Pada Biofilter Kompos

Pada awal pengoperasian konsentrasi SO₂ inlet adalah 2396,10 µg/m³ dan dipertahankan selama seminggu. Kemudian pada hari ke-8 konsentrasinya dinaikkan menjadi 4632,29 µg/m³ dan pada hari ke-16 dinaikkan menjadi 9338,68 µg/m³.



Gambar 3. Kurva konsentrasi inlet-outlet dan efisiensi biofilter kompos

Biofilter kompos dapat menghasilkan konsentrasi inlet dibawah baku mutu selama 19 hari dengan tingkat efisiensi penghilangan diatas 90%. Penghilangan gas SO₂ pada biofilter kompos dipengaruhi jumlah *Thiobacillus sp.* yang terdapat pada kolom. Semakin banyak jumlah *Thiobacillus sp.* dalam biofilter maka jumlah SO₂ yang dapat didegradasi semakin banyak.



Gambar 4. Kurva jumlah *Thiobacillus sp.* dan pH biofilter kompos

Jumlah *Thiobacillus* yang ada pada biofilter kompos dipengaruhi oleh pH kompos. Penurunan jumlah *Thiobacillus sp.* disebabkan oleh penurunan pH kompos. Penurunan pH disebabkan oleh pembentukan sulfat sebagai hasil degradasi sulfid oleh *Thiobacillus sp.* (Jansen *et al.*, 2000).

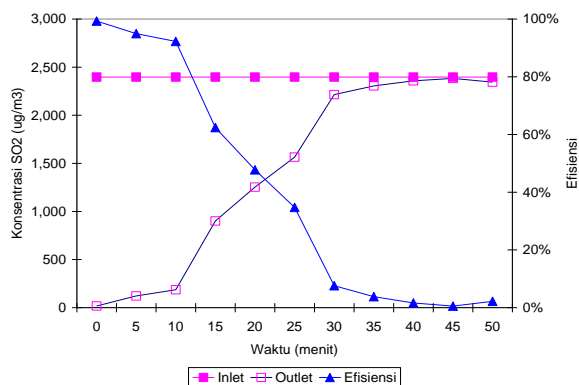
Jenis *Thiobacillus sp.* yang dapat mendegradasi sulfat adalah *T. thioparus* yang tumbuh pada pH 6-8 (Atlas dan Barta, 1981). Kadar air kompos relatif stabil pada kisaran 50% karena adanya uap air yang masuk bersama gas ke dalam kolom. Laju penyerapan biofilter kompos maksimum adalah 4,12 mg S/kg-kompos-hari.

Penghilangan SO₂ Menggunakan *Thiobacillus sp.* pada Biofilter Serbuk Gergaji

Penambahan *Thiobacillus sp.* pada biofilter dengan bahan pengisi serbuk gergaji tidak meningkatkan kemampuannya dalam menghilangkan gas SO₂. Serbuk gergaji sudah jenuh pada hari pertama pengoperasian pada menit ke-45 dengan waktu efisien selama 10 menit. Hal ini disebabkan oleh tidak rapatnya partikel serbuk gergaji, massa yang sangat kecil dan jumlah air yang sangat sedikit. Efisiensi, konsentrasi inlet dan outlet dapat dilihat pada Gambar 5.

Menurut Holt *et al.* (1994), bentuk sulfur yang dapat didegradasi oleh *Thiobacillus sp.* adalah H₂S, SO₃²⁻, S⁰, dan S₂O₃²⁻, sedangkan SO₂ tidak dapat didegradasi. Oleh karena itu air sangat berperan dalam proses penghilangan gas SO₂. Air akan bereaksi dengan SO₂ membentuk sulfat. Setelah terbentuk sulfat, *Thiobacillus sp.* dapat bekerja mendegradasi sulfat.

Kandungan air pada serbuk gergaji yang sedikit mengakibatkan pembentukan sulfat juga sedikit. Hal ini mengakibatkan jumlah SO₂ yang bereaksi dengan air juga sedikit. Hal ini mengakibatkan tidak semua SO₂ yang masuk diubah menjadi sulfat untuk selanjutnya didegradasi oleh *Thiobacillus sp.*

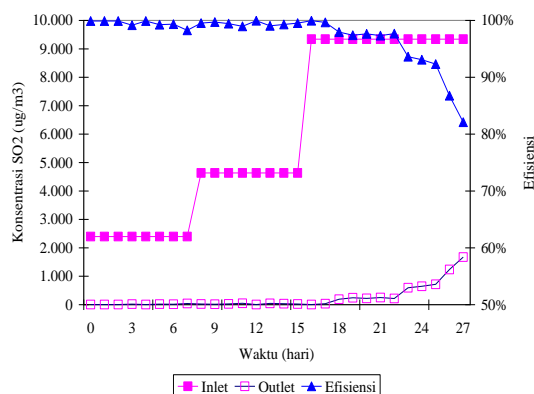


Gambar 5. Kurva konsentrasi inlet, outlet dan efisiensi biofilter serbuk gergaji dengan penambahan *Thiobacillus sp.*

Kurang rapatnya partikel penyusun serbuk gergaji juga mempengaruhi penghilangan SO₂. Partikel serbuk gergaji tidak dapat menjerat SO₂ dalam pori-porinya dalam jumlah yang lebih besar.

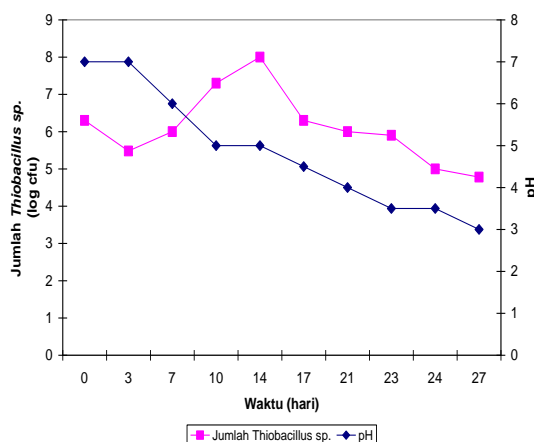
Penghilangan SO₂ Menggunakan *Thiobacillus sp.* Pada Biofilter Tanah

Biofilter tanah dapat beroperasi dengan baik selama 22 hari. Konsentrasi SO₂ yang dimasukkan ke dalam biofilter tanah beragam dan dinaikkan secara bertahap seperti pada biofilter kompos mulai dari 2396,10 µg/m³ sampai 9338,68 µg/m³. Selama 22 hari biofilter tanah dapat menyerap gas SO₂ dengan baik dimana konsentrasi outlet masih dibawah baku mutu dengan tingkat efisiensi diatas 90%. Konsentrasi inlet-outlet dan efisiensi biofilter tanah dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Kurva konsentrasi inlet-outlet dan efisiensi biofilter tanah

Kurangnya kemampuan biofilter tanah dalam mendegradasi SO₂ disebabkan oleh jumlah *Thiobacillus sp.* yang semakin berkurang. Berkurangnya jumlah *Thiobacillus sp.* dipengaruhi oleh kondisi pH tanah yang semakin asam akibat pembentukan sulfat. Sulfat terbentuk dari hasil degradasi sulfat oleh *Thiobacillus sp.*



Gambar 7. Kurva jumlah *Thiobacillus sp.* dan pH biofilter tanah

Kadar air dalam biofilter tanah relatif stabil pada kisaran 38%. Hal ini disebabkan oleh uap air yang masuk bersama dengan gas yang dialirkan ke dalam kolom.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Pada uji fisik (tanpa *Thiobacillus sp.*) bahan pengisi dengan konsentrasi 2396,10 µg/m³ diperoleh waktu jenuh kompos adalah 12 jam, serbuk gergaji adalah 0,5 jam dan tanah 18 jam. Penambahan *Thiobacillus sp.* pada bahan pengisi dapat meningkatkan kinerja biofilter kecuali pada biofilter serbuk gergaji. Laju penyerapan gas SO₂ maksimum kompos 4128 µg S/kg kompos-hari dan tanah adalah 3123,70 µg S/kg tanah-hari.

Biofilter dengan bahan pengisi kompos dapat bekerja efektif selama 19 hari dan tanah selama 22 hari.

Saran

Perlu dicari alternatif bahan lain yang dapat digunakan sebagai bahan pengisi biofilter dan bahan untuk kolom.

DAFTAR PUSTAKA

Adrew, G. F. dan Noah K. S. 1995. Design of Gas-Treatment Bioreactor. *Journal of Biotechnology Program*; 11: 498-509.
Atlas, R. M. dan M. Barta. 1981. *Microbial Ecology Fundamentals and Applications*. Addison-Wesly Publishing Co., inc., Philippines.

Benitez, J. 1993. *Process Engineering and Design for Air Pollution Control*. Prentice-Hall Inc., New Jersey.
Chou, M. S. dan Cheng. W. H. 1997. Screening Biofiltering Material for VOC Treatment. *Journal of the Air and Waste Management Association*; 47: 674-681.
Holt, J. G., N. R. Krieg., P. H. A. Sneath., J. T. Staley dan S. T. Williams. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, 9th Ed. Williams and Wilkins, Baltimore.
Jansen, A. J. H., H. Djikman, dan G. Janssen. 2000. *Novel Biological of H₂S and SO₂ from Gas Stream di dalam Environmental Technologies to Treat Sulfur Polution*. IWA Publishing, London.
Madigan, M. T., J. M. Matinko dan J. Parker. 2002. *Biology of Microorganism*, 10th Edition. Prentice-Hall International Inc., New Jersey.
Miller, K. W. 1996. Effect of Calcium and Dibasic Acid on Selected Strains of Neutrofilic Sulfur-oxidizing Bacteria. *Journal of Environ. Quality*, 156: 854-857. Illinois State University, USA.
Ottengraf, S. P. P. 1986. *Exhaust Gas Purification*. *Journal of Biotechnology*, 8th Ed. Rehm, H. J. and Reed, G., VCH, Tokyo.
Steudel, K. 2000. *Chemistry Sulfur Cycle di dalam Environmental Technologies to Treat Sulfur Polution*. IWA Publishing, London.
Turk, A., J. Turk dan J. T. Witter. 1972. *Ecology Pollution Environment*. W. B. Saunders Company, Philadelphia.
Wark, W. E. dan C. F. Warner. 1981. *Air Pollution its Origin and Control*. Harper and Row, New York.