

## KAJIAN PENGGUNAAN GAMBUT, SERASAH HUTAN, SERASAH BAKAU DAN TANAH LANDFILL SEBAGAI BAHAN PENGISI BIOFILTER UNTUK GAS H<sub>2</sub>S

Mohamad Yani, Andes Ismayana dan Badrun Kurniawan

Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

### ABSTRACT

*Peat, top soil of mangrove, forest and landfill-soil have been used as organic packing material of biofilter because of their nutrients content and their endogenous microorganisms that being expected to be able to reduce H<sub>2</sub>S gas. Within the application period, each packing material, has occurred on maintaining of pH and water content, and temperature increasing in sulfate concentration and the growth of microorganisms. The operational biofilters packed with peat, top soil of mangrove, forest and landfill are 12, 13, 19 and 25 days, respectively.*

*The maximum complete removal of sulfur by biofilters of peat, top soil of mangrove, forest and landfill are 11.0, 15.5, 18.5, 22.0 g-S/ kg-dry weight material, respectively. In peat biofilter, pH decreased from 3.50 to 3.00, water content decreased from 55 to 51 %, and sulfate concentration increased from 0.5 to 5.0 mg/g-material. In mangrove-soil biofilter, pH decreased from 4.75 to 4.0, water content performed about 60 - 63 %, and sulfate concentration increased from 0.69 to 7.81 mg/g-dry material. In forest-soil biofilter, pH decreased from 5.0 to 4.0, water content decreased from 48 to 39 % and sulfate concentration increased from 0.50 to 18.54 mg/g-dry material. In landfill-soil biofilter, pH was declining from 8.0 to 5.0, water content was decreasing from 37 % to 30 %, and sulfate concentration was increasing from 7.62 to 24.10 mg/g-dry material.*

### PENDAHULUAN

Senyawa hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) dihasilkan dari proses industri seperti industri pulp dan kertas, industri pangan, kilang minyak petroleum, pengolahan air limbah, serta pengolahan gas.

Asam sulfida (hidrogen sulfida, *hidrosulfuric acid*, asam hidrosulfur/ H<sub>2</sub>S, BM=34,08) merupakan senyawa yang mudah terbakar dan beracun. Menghirup gas ini dapat menyebabkan pingsan, gangguan pernafasan dan bahkan kematian. Panca indera terganggu yang dapat menyebabkan tak dapat lagi merasakan gas yang busuk ini. Pada perbandingan 1:10 di udara baunya telah nyata sekali, maka bahayanya besar jika ruangan yang berbau gas ini jendela harus dibuka lebar-lebar.

Menurut Chou dan Cheng (1997), biofilter adalah reaktor dengan material padat sebagai bahan pengisi dimana mikroba terjatoh secara alami di dalamnya dengan membentuk *biolayer* (lapisan tipis). Metode ini memanfaatkan mikroorganisme untuk mereduksi gas H<sub>2</sub>S. 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).

Telah diketahui bahwa di dalam bahan organik, seperti tanah dan gambut, ditemukan mikroorganisme dalam jenis dan jumlah yang banyak. Oleh sebab itu, bahan organik telah banyak dikembangkan untuk digunakan sebagai bahan pengisi biofilter karena diharapkan terdapat mikroorganisme endogenous yang dapat mereduksi sulfur dan telah menunjukkan hasil yang cukup memuaskan. Bahan organik mempunyai keuntungan karena, selain murah dan mudah di dapat, bahan organik juga mengandung nutrisi dan mineral yang diperlukan mikroorganisme dalam biofilter. sehingga untuk penggunaan yang relatif lama tidak diperlukan penambahan nutrisi.

## METODOLOGI

### Bahan

Bahan pengisi biofilter yang digunakan adalah gambut, serasah bakau, serasah hutan, dan tanah landfill dari TPA. Bahan kimia untuk analisis meliputi:  $\text{Na}_2\text{S}\cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Zn}$  Acetat, larutan Diamin ( $\text{N,N}$ -Dimethyl-1,4-Phenylen Diamonium Diklorida),  $\text{FeCl}_3$ , Standar  $\text{H}_2\text{S}$ , dan Natrium Thiosulfat.

### 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

Kolom biofilter terbuat dari pipa PVC dengan diameter 15.14 cm dan panjang 60 cm. Jarak antara lubang inlet dan outlet gas  $\text{H}_2\text{S}$  adalah 50 cm. Kolom biofilter dilengkapi dengan dua buah lubang pada bagian tengah untuk pengambilan sampel.

Analisis bahan pengisi bertujuan untuk mengetahui daya dukung bahan pengisi biofilter terhadap pertumbuhan bakteri. Analisis yang dilakukan meliputi pengukuran kadar air, kadar abu pH, kadar nitrogen, kadar fosfor, kadar serat kasar dan kadar sulfat.

Pa& percobaan penyerapan  $\text{H}_2\text{S}$  oleh biofilter, laju alir gas  $\text{H}_2\text{S}$  yang masuk ke dalam biofilter adalah 0.8 l/menit. Kinerja biofilter ditentukan oleh waktu efisien dan waktu jenuh. Waktu efisien adalah lamanya biofilter mempertahankan konsentrasi outlet dibawah atau sama dengan baku mutu. Biofilter yang baik memiliki waktu efisien yang lama Waktu jenuh adalah waktu dimana konsentrasi inlet sama dengan outlet.

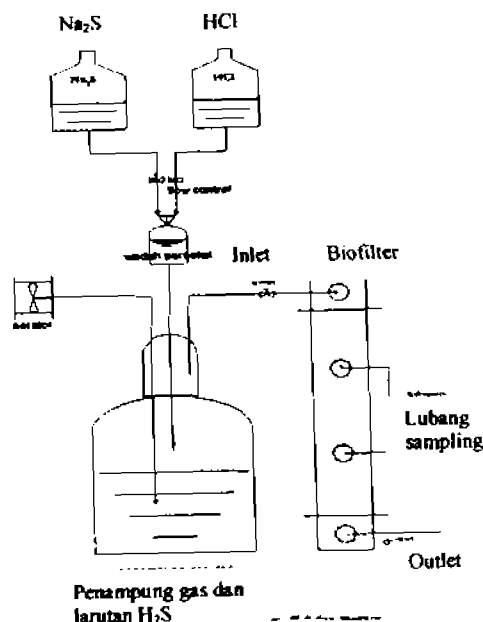
Pengamatan yang dilakukan pada masing-masing kolom adalah konsentrasi gas  $\text{H}_2\text{S}$  yang masuk (inlet) dan keluar (outlet) yang dilakukan setiap hari. Selain itu dilakukan pengamatan kondisi bahan pengisi dengan pengukuran pH, sulfat, kadar air, dan jumlah koloni bakteri pada biofilter dengan frekuensi pengamatan tiga hari sekali.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakterisasi Bahan Peagisi

Menurut Ottenggraf (1986), kadar air dalam bahan biofilter berkisar antara 30-65 %, sehingga kadar air awal bahan pengisi yang akan

digunakan dalam penelitian ini sudah cukup yaitu antara 37.63 %. Kadar nitrogen, serat kasar, fosfor, sulfat dan pH awal bahan pengisi ditunjukkan dalam Tabel 1. Nutrisi diperlukan untuk pertumbuhan bagi bakteri yang ada dalam biofilter.



Gambar 1. Rancang Bangun Kolom Biofilter

### Aplikasi Penyisihan Gas $\text{H}_2\text{S}$

Sebelum aplikasi penyisihan gas  $\text{H}_2\text{S}$ , terlebih dahulu dilakukan identifikasi terhadap jumlah dan jenis mikroorganisme alami yang terdapat dalam bahan pengisi. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa setiap bahan pengisi memiliki mikroorganisme dari jenis bakteri, kapang dan jamur.

#### (I) Biofilter Gambut

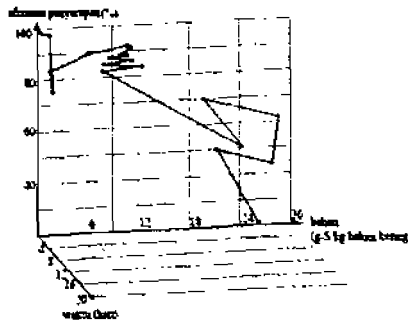
Meskipun selama aplikasi, biofilter gambut telah berhasil melakukan oksidasi gas  $\text{H}_2\text{S}$ , kinerja penyisihan biofilter gambut menunjukkan bahwa mikroorganisme dalam gambut memerlukan waktu adaptasi beberapa hari untuk memulai pendegradasian. Hal ini ditunjukkan dengan efisiensi penyerapan di bawah 90 % pada awal aplikasi (Gambar 2).

Tabel 1. Analisa Kadar Abu, Serat Kasar, Nitrogen, Fosfor, Kadar Air dan pH

Analisa	Gambut	Serasah Bakau	Serasah Hutan	Tanah TPA Galuga
Kadar abu (%)	22.43	16.62	35.77	57.73
N Kjeldhal (%)	4.49	4.46	5.41	9.46
	0.38	0.28	0.47	0.87
P sebagai PO <sub>4</sub> (%)	0.01	0.004	0.001	0.08
Kadar air (%)	55.01	62.77	47.88	37.29
pH	3.5	4.75	5.5	8
Kadar Sulfat (mg/g)	0.50	0.68	0.59	7.62

Tabel 2. Kondisi Fisik Bahan Pengisi Pada Kolom Biofilter.

Bahan pengisi	Berat		Volume (liter)	Flow (liter/menit)		Densitas curah (kg/l)
	Basah (kg)	Kering (kg)		Inlet	Outlet	
Gambut	2.29	1.03	9.12	0.8	0.6	0.25
Serasah Bakau	2.52	1.36	9.12	0.8	0.7	0.28
Serasah Hutan	2.41	1.26	9.12	0.8	0.7	0.26
Tanah TPA	2.70	1.69	9.12	0.8	0.7	0.30



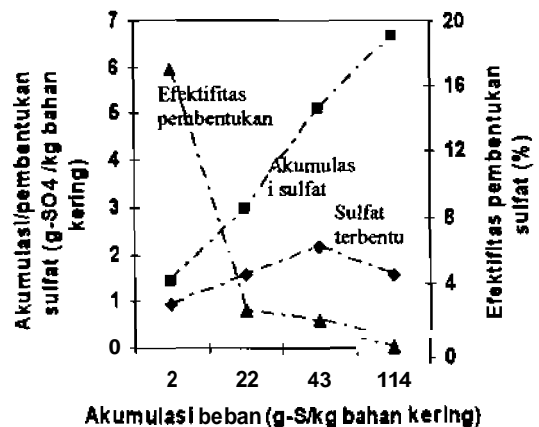
Gambar 2. Efisiensi penyerapan biofilter gambut terhadap beban masukan selama waktu pemakaian.

Pada empat hari pertama aplikasi, biofilter gambut dialiri gas H<sub>2</sub>S dengan beban 0.14-0.90 g-S/kg bahan kering/hari. Pada tingkat beban yang cukup kecil ini ternyata biofilter gambut hanya mampu bertahan dua hari. Pada hari ketiga, dengan dialiri beban sebesar 0.88 g-S/kg bahan kering/hari, efisiensi penyerapannya turun menjadi 79.28 %. Namun pada hari keempat, efisiensi penyerapannya naik lagi menjadi 88.31 % yaitu dengan beban inlet sebesar 0.173 g-S/kg bahan kering/hari.

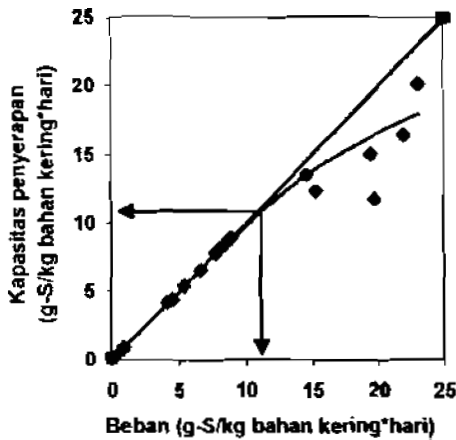
Pada hari kelima sampai hari ke-14 beban masukan dinaikkan menjadi 3.34-8.93 g-S/kg bahan kering/hari. Selama periode tersebut ternyata biofilter gambut mempertahankan efisiensi diatas 90 %.

Pada hari ke-15 beban masukan kembali dinaikkan menjadi 14.61-23.063 g-S/kg bahan kering/hari. Pada hari ke-15, dengan beban masukan sebesar 19.445 g-S/kg bahan kering/hari, efisiensi penyerapan turun menjadi 69.45 % dan nilainya terus berfluktuatif, hingga pada hari ke-20, dengan beban 19.730 g-S/kg bahan kering/hari, efisiensi penyerapan biofilter hanya 46.06 %.

Gambar 3 menunjukkan bahwa sulfat hasil oksidasi gas H<sub>2</sub>S terakumulasi dalam bahan. Namun, sulfat yang terbentuk tidak menunjukkan kenaikan yang signifikan dengan semakin meningkatnya akumulasi beban yang masuk. Bahkan, semakin besar beban yang masuk maka jumlah H<sub>2</sub>S yang dikonversi menjadi sulfat (efektifitas pembentukan sulfat) menjadi semakin kecil.



Gambar 3. Akumulasi sulfat, sulfat yang terbentuk dan efektifitas pembentukan sulfat terhadap beban terakumulasi pada biofilter gambut.



Gambar 4. Kapasitas penyerapan biofilter gambut terhadap beban.

Berdasarkan Gambar 4, dapat ditentukan bahwa kapasitas penyerapan optimum yang dimiliki oleh biofilter gambut adalah 11.00 g-S/kg bahan kering/hari. Jika beban masukan lebih besar dari 11.00 g-S/kg bahan kering/hari, maka biofilter gambut tidak dapat menyerap seluruh beban yang diberikan (efisiensi dibawah 100%).

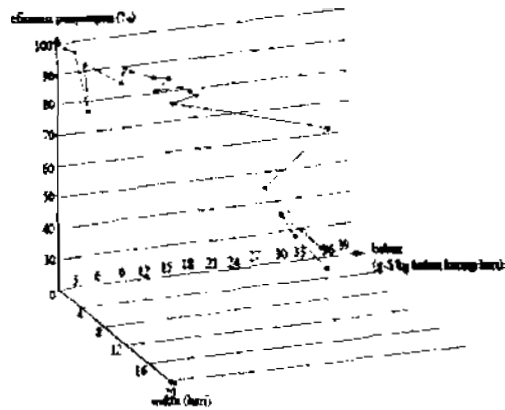
(2) Biofilter Serasah Bakau

Efisiensi penyerapan biofilter serasah bakau pada awal aplikasi menunjukkan bahwa mikroorganisme dalam serasah bakau belum bekerja dengan efektif (dalam fase adaptasi). Beban inlet pada empat hari pertama aplikasi (Gambar 5) berada pada selang 0.29-1.80 g-S/kg bahan kering/hari. Seperti halnya biofilter gambut, biofilter serasah bakau hanya mampu bertahan dua hari, pada hari ketiga, dengan beban masukan sebesar 1.17 g-S/kg bahan kering/ hari, efisiensi penyerapannya turun menjadi 81.84 %. Namun pada hari keempat, dengan beban sebesar 0.514 g-S/kg bahan kering/ hari, efisiensi penyerapannya naik lagi menjadi 99.25 %.

Pada hari kelima sampai hari ke-14 konsentrasi inlet dinaikkan menjadi 3.03-5.82 ppm atau dengan beban masukan sebesar 4.73-9.13 g-S/kg bahan kering/hari. Selama periode tersebut ternyata biofilter mampu bertahan pada efisiensi diatas 90 %.

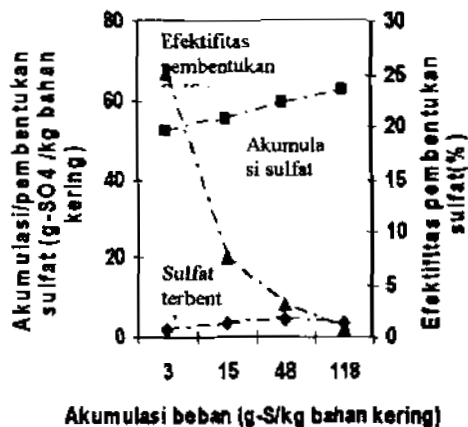
Pada hari ke-15 beban masukan kembali dinaikkan menjadi sebesar 15.90-26.68 g-S/kg bahan kering/ hari. Pada hari ke-15, dengan beban 25.16 g-S/kg bahan kering /hari, efisiensi penyerapan turun menjadi 87.63 %. Efisiensi penyerapan terus menurun dan nilainya berfluktuatif , hmga pada hari ke-20 efisiensi

biofilter hanya 50.85 % yaitu pada beban masukan sebesar 21.034 g-S/ kg bahan kering/ hari. Pada periode tersebut terjadi pula penurunan jumlah bakteri. pH gambut turun menjadi 3 akibat meningkatnya kadar sulfat.

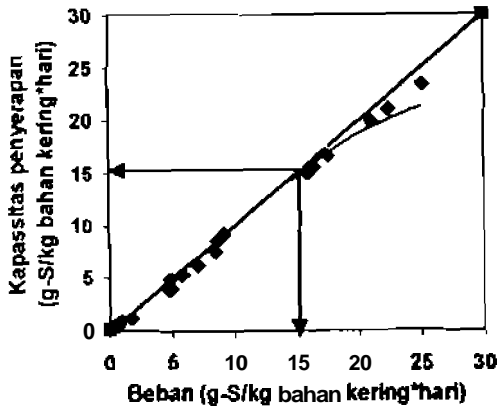


Gambar 5. Efisiensi penyerapan biofilter serasah bakau terhadap beban masukan selama waktu pemakaian.

Gambar 6 menunjukkan bahwa sulfat hasil oksidasi gas H<sub>2</sub>S terakumulasi dalam bahan. Namun, meningkatnya akumulasi beban yang masuk tidak menyebabkan sulfat yang terbentuk naik dengan signifikan. Bahkan, dengan semakin besarnya beban yang masuk maka jumlah H<sub>2</sub>S yang dikonversi menjadi sulfat (efektifitas pembentukan sulfat) menjadi semakin kecil.



Gambar 6. Akumulasi sulfat, sulfat yang terbentuk dan efektifitas pembentukan sulfat terhadap beban terakumulasi pada biofilter serasah bakau.



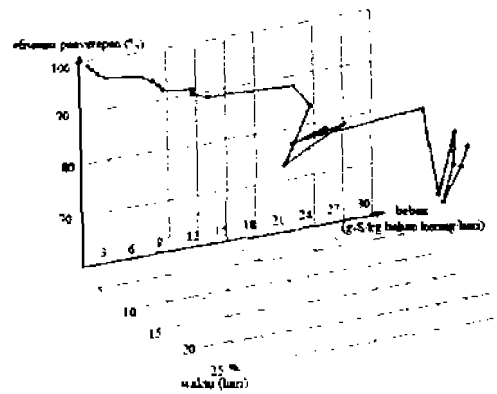
Gambar 7. Kapasitas penyerapan biofilter serasah bakau terhadap beban.

Berdasarkan Gambar 7, dapat terlihat bahwa pemberian beban yang lebih besar dari 15.50 g-S/kg bahan kering/hari maka menyebabkan efisiensi penyerapan berada di bawah 100%. Sehingga dapat ditentukan bahwa kapasitas penyerapan optimum yang dimiliki oleh biofilter serasah bakau adalah 15.50 g-S/kg bahan kering/hari

**(3) Biofilter Serasah Hutan**

Beban inlet pada empat hari pertama aplikasi (Gambar 8) berada pada selang 0.11-0.26 g-S/kg bahan kering/hari. Pada periode tersebut biofilter serasah hutan mampu bertahan pada efisiensi penyerapan 100 %. Hasil TPC menunjukkan bahwa mikroorganisme dalam biofilter serasah hutan juga mengalami fase lag dalam hitungan hari. Namun demikian, efisiensi mampu dipertahankan 100 %. Kemungkinan yang menyebabkan hal ini terjadi adalah pori-pori dalam bahan mampu menyerap dalam jumlah besar atau mikroorganisme yang dominan dalam bahan adalah bakteri yang mampu mendegradasi sulfur dan telah tersedia dalam jumlah yang cukup. Namun demikian, pembentukan sulfat akibat oksidasi H<sub>2</sub>S oleh bakteri belum menunjukkan dampaknya terhadap penurunan pH.

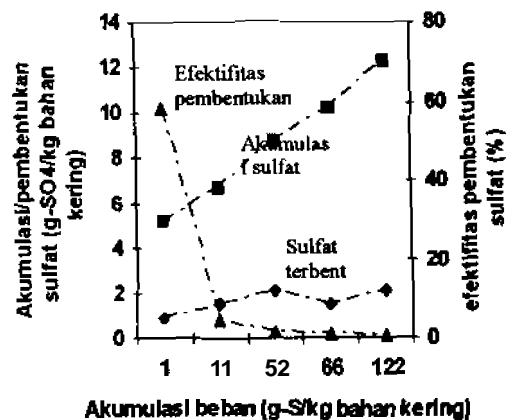
Kemudian beban inlet dinaikkan pada hari kelima sampai hari ke-11 menjadi 3.31-6.41 g-S/kg bahan kering/hari, namun efisiensi penyerapan tetap 100 %. Pada hari ke-10, pH turun menjadi 5.25 dan kadar au juga turun menjadi 42.88%.



Gambar 8. Efisiensi penyerapan biofilter serasah hutan terhadap beban masukan selama waktu pemakaian.

Pada hari ke-12 sampai hari ke-18 beban masukan dinaikkan kembali menjadi 11.93 - 18.03 g-S/kg bahan kering/hari. Selama periode tersebut ternyata biofilter mampu bertahan pada efisiensi diatas 90 % meskipun sempat turun menjadi 86.83 % pada hari ke-14 yaitu dengan beban masukan sebesar 12.32 g-S/kg bahan kering/hari.

Pada hari ke-19 sampai hari ke-25 konsentrasi inlet dinaikkan menjadi 19.40 - 20.68 ppm atau dengan beban masukan sebesar 23.09 - 24.77 g-S/kg bahan kering /hari. Pada periode tersebut efisiensi turun. Efisiensi penyerapan terendah terjadi pada hari ke-20, yaitu 81.50 % pada beban masukan sebesar 24.46 g-S/kg bahan kering/hari.



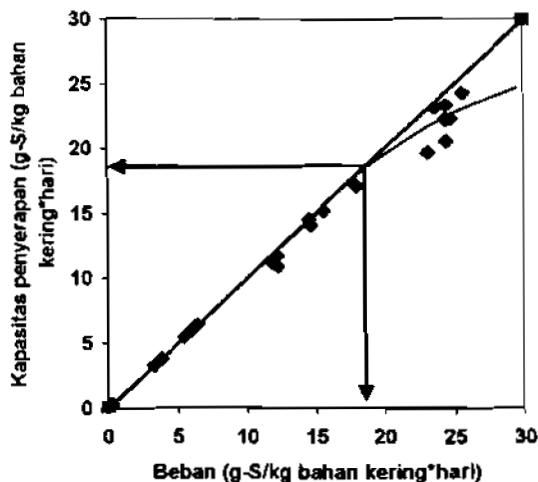
Gambar 9. Akumulasi sulfat, sulfat yang terbentuk dan efektifitas pembentukan sulfat terhadap beban terakumulasi pada biofilter serasah hutan.

Gambar 9 menunjukkan bahwa sulfat hasil oksidasi gas H<sub>2</sub>S terakumulasi dalam bahan. Namun, sulfat yang terbentuk tidak menunjukkan kenaikan yang signifikan dengan semakin meningkatnya akumulasi beban yang masuk. Bahkan, dengan semakin besarnya beban yang masuk maka jumlah H<sub>2</sub>S yang dikonversi menjadi sulfat (efektifitas pembentukan sulfat) menjadi semakin kecil.

Berdasarkan Gambar 10 dapat ditentukan bahwa kapasitas penyerapan optimum yang dimiliki oleh biofilter serasah hutan adalah 18.50 g-S/kg bahan kering/hari. Beban tidak dapat lagi diserap 100% jika melebihi 18.50 g-S/kg bahan kering/hari.

**(4) Biofilter Tanah Landfill**

Beban inlet pada empat hari pertama aplikasi berada pada selang 0.10 - 0.24 g-S /kg bahan kering/hari (Gambar 11.). Pada



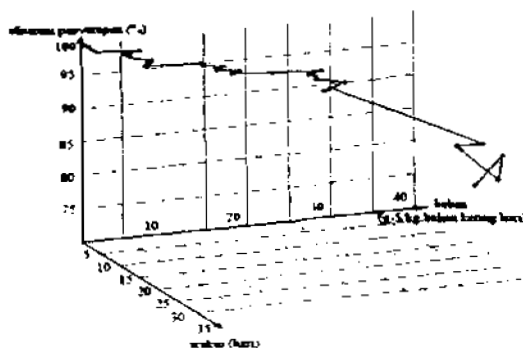
Gambar 10. Kapasitas penyerapan biofilter serasah hutan terhadap beban.

periode tersebut biofilter tanah landfill mampu bertahan pada efisiensi 100 %. Hasil TPC menunjukkan bahwa jumlah bakteri di dalam biofilter tanah landfill terus mengalami kenaikan sejak hari pertama, namun bukan berarti tidak terjadi fase lag (aklimasi). Fase ini tetap terjadi, namun dalam hitungan menit atau jam.

Kemudian beban inlet dinaikkan pada hari kelima sampai hari ke-11 menjadi 2.70-4.92 g-S/kg bahan kering/hari, namun efisiensi tetap 100 %. Pada hari ke-10, pH turun drastis menjadi 5.75 dan kadar air juga turun menjadi 32.44 %.

Pada hari ke-12 sampai hari ke-18 beban inlet dinaikkan kembali menjadi 9.49 - 14.75 g-S/kg bahan kering/hari. Selama periode tersebut

ternyata biofilter tanah landfill masih mampu bertahan pada efisiensi 100 %.



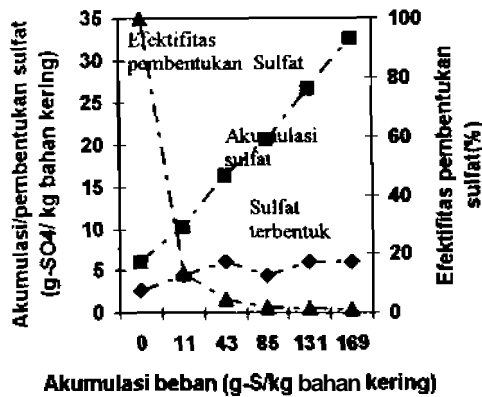
Gambar 11. Efisiensi penyerapan biofilter tanah landfill terhadap beban masukan selama waktu pemakaian.

Pada hari ke-19 sampai hari ke-25 konsentrasi inlet dinaikkan menjadi 17.32 - 22.81 ppm atau dengan beban masukan sebesar 15.28-20.15 g-S/kg bahan kering/ hari. Pada hari ke-22 periode tersebut biofilter tanah landfill masih mampu bertahan dengan efisiensi 100 %. Pada hari ke-23 efisiensi turun menjadi 99.56 %, namun efisiensi tetap diatas 98 %. Pada periode tersebut jumlah bakteri mulai mengalami penurunan namun kemampuan menyerap tetap tinggi.

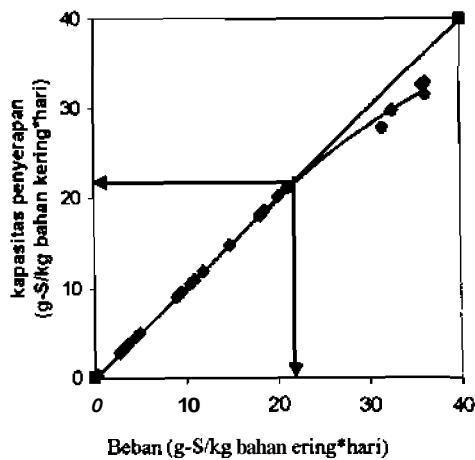
Pada hari ke-26 sampai hari ke-34 konsentrasi inlet dinaikkan lagi menjadi 35.53 - 41.23 ppm atau dengan beban masukan sebesar 31.54 - 36.30 g-S/kg bahan kering/hari. Namun biofilter tanah landfill hanya mampu mempertahankan efisiensi pada selang 85.16 - 89.65 %. Efisiensi penyerapan terendah pada periode tersebut terjadi pada hari ke-30 atau pada beban masukan sebesar 36.26 g-S/ kg bahan kering/ hari, yaitu sebesar 85.16 %.

Gambar 12. menunjukkan bahwa sulfat hasil oksidasi gas H<sub>2</sub>S terakumulasi dalam bahan. Namun, sulfat yang terbentuk tidak menunjukkan kenaikan yang signifikan dengan semakin meningkatnya akumulasi beban yang masuk. Bahkan, dengan semakin besarnya beban yang masuk maka jumlah H<sub>2</sub>S yang dikonversi menjadi sulfat (efektifitas pembentukan sulfat) menjadi semakin kecil.

Berdasarkan Gambar 13, dapat ditentukan bahwa kapasitas penyerapan optimum yang dimiliki oleh biofilter tanah landfill adalah 22.00 g-S/kg bahan kering/hari. Pemberian beban yang lebih besar dari penyerapan optimum dapat menyebabkan efisiensi penyerapan berada di bawah 100%.



Gambar 12. Akumulasi sulfat, sulfat yang terbentuk dan efektifitas pembentukan sulfat terhadap beban terakumulasi pada biofilter tanah landfill.



Gambar 13. Kapasitas penyerapan biofilter tanah landfill terhadap beban.

### KESIMPULAN

Aplikasi penyisihan gas H<sub>2</sub>S menggunakan gambut, serasah bakau, serasah hutan dan tanah landfill menunjukkan bahwa setiap bahan pengisi memiliki kapasitas penyerapan optimum yang berbeda-beda. Kapasitas penyerapan optimum pada biofilter gambut, serasah bakau, serasah hutan dan tanah landfill, secara berurutan adalah 11.0, 15.5, 18.50, dan 22.0 g-S/kg bahan kering/hari. Dengan demikian, biofilter tanah landfill memiliki kapasitas penyerapan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan biofilter berbahan pengisi lainnya.

Selama aplikasi penyisihan gas H<sub>2</sub>S terjadi penurunan pH dan kadar air, serta meningkatnya kadar sulfat di dalam bahan pengisi biofilter. Perubahan-perubahan tersebut menunjukkan bahwa penghilangan gas H<sub>2</sub>S oleh biofilter merupakan proses biodegradasi. Pada biofilter gambut, pH turun dari 3.5 menjadi 3, kadar air turun dari 55.01 % menjadi 51.18 %. Pada biofilter serasah bakau, pH turun dari 4.75 menjadi 4.0, kadar air turun dari 62.77 % menjadi 60.9 %. Pada biofilter serasah hutan, pH turun dari 5.5 menjadi 4.5 kadar air turun dari 47.54 % menjadi 36.54 %. Pada biofilter tanah landfill, pH turun dari 8.0 menjadi 5.0, kadar air turun dari 37.29 % menjadi 25.43 %. Selama aplikasi juga terlihat bahwa sulfat yang terbentuk semakin kecil dengan meningkatnya beban yang diberikan.

### DAFTAR PUSTAKA

Andrew, G.F. and Noah, K. S. 1995. Design of Gas-treatment Bioreactor. *Biotechnol. Prog.* 11:498-509.

Choy M.S. dan Cheng, W.H. 1997. Screening Biofiltering Material for VOC Treatment. *Journal of the Air and Waste Management Association*; 47: 674681.

Ottengraf, S.P.P. 1986. Exhaust Gas Purification in Biotechnology 8 (eds). Rehm, H.J. and Reed, G., VCH, Tokyo.