

BIOADSORPSI SPESI SULFUR DALAM ION TIOSULFAT OLEH *THIOBACILLUS THIOPARUS* DENGAN BANTUAN ZEOLIT ALAM LAMPUNG SEBAGAI MEDIUM ADSORPSI

Ariyo Prabowo Hidayanto^{1,2}, Dianursanti², Eva F. Karamah², Praswasti PDK Wulan²

¹Program Studi Bioteknologi, Fakultas Ilmu Ilmu Kesehatan, Universitas Esa Unggul

²Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

Jalan Arjuna Utara No.9, Kebon Jeruk, Jakarta

ariyo.prabowo@esaunggul.ac.id

Abstrak

Selain dapat menurunkan keekonomisan gas bumi, gas buang yang mengandung senyawa sulfur juga memiliki potensi yang dapat menimbulkan pencemaran udara jika terlepas ke udara. Untuk mengurangi kadar senyawa ini, proses bioadsorpsi dapat digunakan dengan menggabungkan proses degradasi oleh aktivitas mikroba dalam hal ini melalui aktivitas bakteri *Thiobacillus thioparus* dengan proses adsorpsi melalui bantuan material berpori yaitu zeolit alam Lampung sebagai adsorben. Pada tahap pembuatan medium dan fase tumbuh kultur *Thiobacillus thioparus*, koloni sel dijaga pada fase log yang akan terbentuk mulai hari ke 4 dan berhenti pada hari ke 8 dengan pH optimum harus stabil pada rentang 6 – 8. Pada fase inilah kultur digunakan pada proses bioadsorpsi. Zeolit sebagai bahan pengisi kolom bioadsorpsi juga sebelumnya di preparasi dengan proses mekanik untuk menyeragamkan ukuran diameter partikel yaitu sebesar $\pm 1 - 2$ mm. BET autosorb digunakan untuk mengetahui profil fisik dari zeolit yaitu luas permukaan, volume pori, dan diameter pori. Pada proses bioadsorpsi, persentase reduksi tertinggi spesi sulfur pada ion tiosulfat dicapai sebesar 41,31 % pada jam ke 8. Sedangkan, proses bioadsorpsi akan terus berlanjut sampai mencapai jam ke 24 hingga tak tersedianya lagi sulfur yang dapat didegradasi oleh *Thiobacillus thioparus*, maka sel memasuki fase kematian hingga mengakhiri proses yang terjadi.

Kata kunci : *Thiobacillus thioparus*, zeolit alam lampung, bioadsorpsi

Pendahuluan

Hasil tambang di sektor gas bumi, telah memberikan pendapatan yang berguna untuk meningkatkan kemakmuran negara kita. Namun gas bumi yang ada tersebut masih kurang berkualitas sehingga dapat menurunkan nilai keekonomisannya. Salah satu penyebab utamanya adalah tingginya kandungan spesi sulfur didalamnya.

Beraneka ragam senyawa sulfur terdapat dalam gas bumi, bentuknya pun bermacam-macam seperti gas H₂S, SO₂, SO₃, dan sebagainya. Selain dapat menurunkan keekonomisan gas bumi, gas buang yang mengandung komponen sulfur ini juga memiliki potensi untuk menimbulkan pencemaran udara jika terlepas bebas.

Telah banyak metode konvensional yang dikembangkan untuk mereduksi senyawa sulfur yang berbahaya, diantaranya adalah adsorpsi dengan karbon aktif, oksidasi ozon dan insinerasi (pembakaran). Tetapi, hampir semua metode tersebut memiliki kelemahan seperti tingginya kebutuhan energi serta biaya operasional yang dibutuhkan. Dalam mengatasi permasalahan itu, saat ini tersedia suatu metode yang menggabungkan proses degradasi yang dilakukan oleh aktivitas mikroba dengan proses adsorpsi sehingga dapat lebih ramah lingkungan serta lebih efisien jika

dibandingkan dengan teknologi sebelumnya (Lens dan Pol, 2000), yang disebut sebagai metode Bioadsorpsi.

Prinsip utama dari bioadsorpsi adalah penyerapan senyawa kontaminan dengan memasukkannya ke dalam suatu kolom yang berisi kultur mikroorganisme ditambah dengan adsorben yang umumnya berupa material berpori yang dapat berfungsi sebagai bahan pengisi kolom. Bahan pengisi ini akan berfungsi sebagai tempat hidup (medium) bagi mikroorganisme yang digunakan. Mikroorganisme ini selanjutnya akan terikat pada bahan pengisi dan membentuk lapisan film tipis (*biofilm*) sehingga kontaminan yang masuk akan larut dan terserap ke dalam lapisan tersebut dan akan diuraikan menjadi senyawa lain yang lebih ramah lingkungan.

Walaupun berpotensi membahayakan manusia dan lingkungan hidup, secara umum, seluruh makhluk hidup terutama bakteri membutuhkan sulfur dengan massa antara 0,5 – 1 % dari seluruh total berat sel keringnya. Kehadiran spesi sulfur ini sangat penting sebagai komponen utama dalam metabolisme sulfur (Barbosa et al., 2006). Spesi sulfat anorganik berupa ion SO₄²⁻ akan ditransportasikan menuju sel yang akan diaktivasi oleh 3' - phosphoadenosine - S'phosphosulfate dan

selanjutnya spesi ini akan direduksi menjadi sulfid (SO_3^{2-}) dan sulfida (S^{2-}) sebagai prekursor sistein. Selain itu, telah diketahui bahwa beberapa organisme kemolitotrof seperti bakteri *Thiobacillus sp.* dapat mengoksidasi spesi sulfur inorganik pada suasana aerobik. Mikroorganisme ini dapat memperoleh energi dari oksidasi S^{2-} menjadi unsur S atau ion SO_4^{2-} . Semua anggota dari genus *Thiobacillus* dapat memanfaatkan spesi sulfur seperti sulfida dan tiosulfat ($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$) sebagai elektron donor dan CO_2 sebagai sumber karbon untuk nutrisinya sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Barbosa dan koleganya pada tahun 2006.

Di lain pihak, Indonesia memiliki sumber daya potensial yang dapat digunakan sebagai bahan pengisi untuk proses bioadsorpsi. Sumber daya ini berupa suatu mineral yang berasal dari material berpori yang disebut dengan zeolit. Zeolit pada dasarnya merupakan struktur kristal dengan rongga yang terdiri dari banyak makropori dan saluran. Porositas yang tinggi dan luas permukaan yang besar menjadikan zeolit mampu mengadsorpsi dan memberikan suplai nutrisi untuk mikroorganisme. Pori-pori pada bagian dalam zeolit berisi ion-ion logam dan molekul air. Keberadaan molekul-molekul air inilah yang akan menjaga kelembaban dari lapisan *biofilm* yang terbentuk. Selain itu, secara fisis, zeolit merupakan struktur yang stabil sehingga sangat potensial digunakan untuk jangka waktu yang relatif lama. Salah satu zeolit yang ideal digunakan adalah dari jenis zeolit alam Lampung karena tanpa diaktivasi, zeolit ini sudah dapat digunakan secara langsung.

Penelitian ini bertujuan untuk mendegradasi spesi sulfur yang terkandung dalam senyawa Natrium Tiosulfat. *Thiobacillus thioparus* dan zeolit alam Lampung yang digunakan sebagai bahan pengisi kolom biofilter sebelumnya dikultur dan dipreparasi terlebih dahulu untuk mengoptimalkan proses bioadsorpsi. Uji hidrodinamika kolom bioadsorpsi sudah dilakukan pada percobaan lain oleh Putra pada tahun 2008 untuk menentukan nilai laju alir input berupa spesi sulfur dalam larutan trapper natrium tiosulfat yang optimum untuk dapat teradsorpsi oleh *T. thioparus*.

Metode Penelitian

Tahap Pembuatan Medium dan Fase Tumbuh Kultur *Thiobacillus thioparus*

Tahap pembuatan medium dan fase tumbuh mengikuti prosedur yang dilakukan oleh Atlas dan Parks pada tahun 1993. Mula-mula medium cair dengan komposisi 10 gr $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; 4 gr K_2HPO_4 ; 4 gr KH_2PO_4 ; 0,1 gr $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,1 gr $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 0,1 gr CaCl_2 ; 0,02 gr $\text{F}_2\text{Cl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; dan 0,02 gr $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ dicampur dalam 1 L air

deionisasi dimana pH diatur sebesar 6,6 dengan menggunakan 2 M NaOH. Selanjutnya campuran (isolat yang diidentifikasi mengandung *T. thioparus* yang sudah ditambahkan dengan medium cair diatas) dipanaskan hingga mencapai titik didih lalu disterilisasi menggunakan autoclave pada suhu 115 °C selama 20 menit. Campuran didinginkan sampai pada suhu 47 °C dan disimpan selama 7 hari pada suhu 2 – 8 °C dalam gelap serta dijaga agar tetap steril sebagai stok.

Sebelum dimanfaatkan, terlebih dahulu stok dimasukkan pada suatu labu erlenmeyer steril yang di-shaking pada suhu ruang (18 ± 2 °C). Hal ini bertujuan untuk menjaga fase pertumbuhan koloni *Thiobacillus thioparus*. Koloni akan terbentuk mulai hari ke 4 dan berhenti pada hari ke 8. Untuk mengkonfirmasi fase pertumbuhan pada *Thiobacillus thioparus*, absorbansi campuran diukur dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 650 nm. Sebelum dapat digunakan sebagai agen bioadsorpsi, terlebih dahulu dibuat grafik kurva tumbuh. Kultur yang digunakan pada proses bioadsorpsi adalah pada fase log (growth phase).

Tahap Preparasi Zeolit Alam Lampung

Tahapan preparasi zeolit sebagai bahan pengisi kolom bioadsorpsi memiliki langkah sebagai berikut:

Zeolit alam yang berasal dari Lampung dengan ukuran yang masih belum seragam, mula-mula direduksi secara mekanik menggunakan alu dan lumpang serta disaring melalui mesh dengan ukuran ± 1 mm hingga diperoleh diameter partikel $\pm 1 - 2$ mm. Untuk menghilangkan kadar air yang dapat menghambat efisiensi proses adsorpsi, terlebih dahulu zeolit dipanaskan didalam oven pada suhu 110 °C selama 2 jam dan disimpan didalam desikator agar zeolit tetap kering sehingga diharapkan dapat memiliki luas permukaan optimum. Untuk mengetahui profil fisik dari zeolit, sampel sebanyak $\pm 0,5$ gram diambil untuk dikarakterisasi dalam BET Autosorb. Profil fisik yang hendak diukur adalah luas permukaan, volume pori, dan diameter pori. Sebelum dimasukkan dalam kolom, zeolit direndam dalam campuran kultur *Thiobacillus thioparus* dan medium selama ± 1 hari. Selanjutnya zeolit yang sudah di-treatment ini diambil serta dimasukkan dalam kolom bioadsorpsi sampai memiliki tinggi sepertiga dari tinggi kolom keseluruhan.

Bioadsorpsi Spesi Sulfur dalam Ion Tiosulfat

Mula mula mengatur konsentrasi senyawa Natrium Tiosulfat sebesar 1 M dan volume 125 ml serta menjaga laju alir input kolom optimal pada

51,521 ml/s (nilai ini diperoleh dari uji hidrodinamika kolom bioadsorpsi yang digunakan). Berikutnya membuat 3 macam larutan trapper dengan spesifikasi larutan pertama adalah larutan masukan kolom yang berisi campuran udara – ion tiosulfat yang akan diadsorpsi oleh zeolit, larutan kedua dan ketiga merupakan larutan trapper yang terdiri dari campuran larutan Iodine 0,025 N, larutan HCl 6 M serta air Reverse Osmosis (RO) dengan keluaran kolom yang displit oleh pemisah berbentuk Y. Larutan trapper ini berfungsi sebagai media kontak gas sulfur di dalam ion tiosulfat. Titrasi iodometri dilakukan pada tahap ini tiap satu jam sekali hingga laju adsorpsi menunjukkan hasil konstan. Metode ini dilakukan berdasarkan pendekatan bahwa melalui metode ini, kita dapat dengan mudah mengetahui konsentrasi spesi sulfur dalam ion tiosulfat yang dapat didegradasi oleh *T. thioparus* sebagai fungsi waktu.

Uji bioadsorpsi sulfur dalam ion $S_2O_3^{2-}$ dilakukan pada sistem *T. thioparus* + zeolit dalam kolom bioreaktor skala 1,5 L. Bioadsorpsi dilakukan selama 24 jam tanpa henti (proses kontinu) dengan tidak menambahkan nutrisi yang berguna untuk menunjang perkembangbiakan *T. thioparus*.



Gambar 1

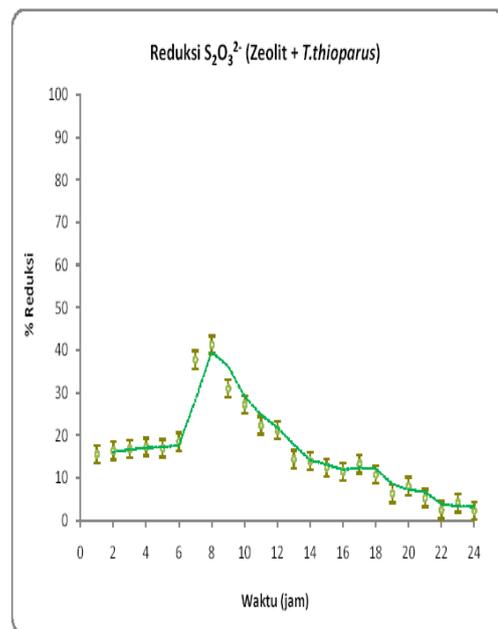
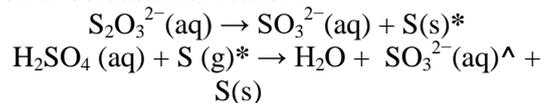
Kolom Bioadsorpsi Spesi Sulfur dalam Natrium Tiosulfat

Hasil dan Pembahasan

Genus *Thiobacillus* memainkan peranan yang penting sebagai bakteri pendegradasi limbah karena mereka merupakan kelompok bakteri sulfur yang spesifik dalam mengoksidasi dan mendaur ulang senyawa yang mengandung sulfur pada kondisi aerob (Kuenen dan Beudeker, 1982). Salah satu spesies seperti *Thiobacillus thioparus* yang dikelompokkan dalam organisme autotrof obligat, juga akan lebih mudah di isolasi pada medium selektifnya (Kanagawa dan Mikami, 1989). Untuk menunjang optimalitas pertumbuhan kultur, pH memiliki peran yang sangat vital (Solcia et al., 2014). pH optimum yang dibutuhkan oleh *T. thioparus* untuk tumbuh adalah berada pada rentang

6 – 8, hal ini disebabkan karena pada rentang tersebut, pembentukan kultur *Thiobacillus thioparus* pada kurva tumbuhnya akan berada pada daerah log phase (fase tumbuh).

Pada pembahasan ini, peningkatan efisiensi proses bioadsorpsi kandungan $S_2O_3^{2-}$ akan lebih tinggi jika diimmobilisasi dengan bakteri *Thiobacillus thioparus*, hal ini dikarenakan bakteri *Thiobacillus thioparus* akan kembali mengubah spesi sulfur berdasarkan reaksi :



Gambar 2

Grafik Degradasi $S_2O_3^{2-}$ terhadap Waktu

Gambar 2 diatas menunjukkan uji degradasi spesi sulfur dalam ion tiosulfat terhadap waktu, dimana persentase reduksi tertinggi mencapai 41,31 % dan dicapai pada jam ke 8 dengan efisiensi penghilangan rata-rata dari uji degradasi ini adalah 16,14 %. Sementara itu, dari grafik diatas juga dapat dianalisa yaitu fase degradasi yang ditunjukkan oleh persentase reduksi spesi sulfur mencapai optimalitas pada rentang setelah jam ke 6 hingga jam ke 8 dan setelahnya mengalami penurunan signifikan hingga mencapai jam ke 24 (1 hari). Hal ini disebabkan karena koloni *Thiobacillus thioparus* akan terbentuk mulai jam ke 4 dan berhenti pada jam ke 8, sehingga dalam rentang ini bakteri *T. thioparus* akan melakukan aktifitas degradasi pada skala tertinggi.

Di lain pihak, akibat tak adanya penambahan medium nutrisi yang dapat menunjang perkembangbiakan *T. thioparus*, pertumbuhan spesies ini mulai memasuki fase stasioner dimana jumlah sel yang mati akibat ketiadaan nutrisi akan sama dengan jumlah sel yang terbentuk akibat

proses pendegradasian spesi sulfur. Akan tetapi, pada grafik diatas tidak terlihat adanya fase stasioner yang terbentuk secara signifikan karena fase ini hanya berlangsung singkat (dibawah 1 jam). Hal ini terus berlanjut sampai mencapai jam ke 24 hingga tak tersedianya lagi sulfur yang dapat didegradasi oleh organisme ini, akibatnya pada jam ke 24 seluruh sel *T. thioparus* memasuki fase kematian dan proses bioadsorpsi sepenuhnya berakhir.

Kesimpulan

pH optimum yang dibutuhkan oleh *T. thioparus* untuk tumbuh adalah berada pada rentang 6 – 8

Efisiensi proses bioadsorpsi spesi sulfur pada ion $S_2O_3^{2-}$ ideal dengan menggunakan kultur bakteri *Thiobacillus thioparus*

Persentase bioadsorpsi tertinggi mencapai 41,31 % dan dicapai pada jam ke 8 dengan efisiensi penghilangan rata-rata dari uji degradasi ini adalah sebesar 16,14 %

Akibat tak adanya penambahan medium nutrisi yang dapat menunjang perkembangbiakan *T. thioparus*, pertumbuhan spesies ini mulai memasuki fase stasioner setelah jam ke 8

Pada jam ke 24 seluruh sel *T. thioparus* memasuki fase kematian dan proses bioadsorpsi sepenuhnya berakhir

Daftar Pustaka

- Atlas, R.M. and Parks, L.C. 1993. *Handbook of Microbiological Media*. Boca Raton FL, CRC Press, 1079 p.
- Barbosa, V.L., Atkins, S.D., Barbosa, V.P., Burgess, J.E., Stuetz, R.M. (2006, March) Characterization of *Thiobacillus thioparus* Isolated from an Activated Sludge Bioreactor used for Hydrogen Sulfide Treatment. *Journal of Applied Microbiology*, 101, 1269–1281.
- Kanagawa, T. and Mikami, E. (1989, March) Removal of Methanethiol, Dimethyl Sulphide and Hydrogen Sulphide from Contaminated Air by *Thiobacillus thioparus* TK-m. *Appl Environ Microbiol* 55, 555–558.
- Kuenen, J.G. and Beudeker, R.F. (1982, September) Microbiology of Thiobacilli And Other Sulphur-Oxidising Autotrophs, Mixotrophs and Heterotrophs. *Phil Trans R Soc Lond B* 298, 473–497.
- Lens, P. and Pol, L.H. 2000. *Environmental Technologies to Treat Sulfur Pollution:*

Principles and Engineering. London : IWA Publishing.

Putra, R.J. 2008. Rancang Bangun dan Uji Hidrodinamika Kolom Biofilter untuk Penyisihan Senyawa Sulfur. *Skripsi* (tidak dipublikasikan). Universitas Indonesia, Jakarta.

Solcia, R.B., Ramírez, M., Fernández, M., Cantero, D., Bevilacqua, D. (2014, January) Hydrogen Sulphide Removal from Air by Biotrickling Filter using Open - pore Polyurethane Foam as a Carrier. *Biochemical Engineering Journal*, 84, 1–8.