

Pemanfaatan Bakteri *Thiobacillus Thioparus* Untuk Mereduksi Kandungan Sulfur dalam Gas

Oleh: Syafrizal¹⁾ dan Dianursanti²⁾

Peneliti Pertama¹⁾ pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS"

Dep. Teknik Kimia²⁾, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Kampus Baru UI, Depok 16424

Jl. Ciledug Raya Kav. 109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan 12230, Indonesia

Tromol Pos : 6022/KBYB-Jakarta 12120, Telepon : 62-21-7394422, Faksimile : 62-21-7246150

Teregistrasi I Tanggal 12 Januari 2010; Diterima setelah perbaikan tanggal 21 Maret 2011

Disetujui terbit tanggal: 29 April 2011

S A R I

Salah satu solusi untuk mereduksi kandungan sulfur menggunakan mikroba yang bersifat aerob. Jenis mikroba ini dapat mengoksidasi senyawa sulfur untuk menghasilkan energi. Bakteri sulfur dapat menyimpan dan menggunakan sulfur elemental atau komponen organik sulfur untuk metabolisme selnya.

Dalam penelitian ini bakteri pereduksi sulfur yang digunakan adalah *Thiobacillus thioparus*, sedangkan senyawa sulfur yang digunakan natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) dengan konsentrasi 200, 400, dan 600 mg/L.

Hasil penelitian menunjukkan, tingkat ketahanan bakteri *Thiobacillus thioparus* terhadap variasi konsentrasi senyawa sulfur secara umum mengalami fase lag pada 12 jam periode inkubasi. Fase eksponensial terjadi pada periode ini, pertumbuhan bakteri yang sangat cepat selama 30 atau 36 jam dan mengalami penurunan populasi pada jam ke-54. Pada tiga perlakuan tersebut semakin tinggi konsentrasi substrat, maka aktivitas bakteri dalam laju reduksi akan semakin besar.

Kata kunci : Biofilter, Desulfurisasi, *Thiobacillus thioparus*.

ABSTRACT

One of the solutions to remove sulphur content is by using aerobic microbes. This type of microbes can oxidize sulphur compounds to yield energy. Sulphur bacterium can keep and use elemental organic sulphur component for their metabolism of cells.

*In this research the sulfur reducer bacteria used *Thiobacillus thioparus*, whereas sulfur compound used sodium thiosulfate, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ with concentration of 200, 400, and 600 mg/L.*

*The result of research, shows the endurance level of *Thiobacillus thioparus* bacteria to various sulphur compound concentration. Generally the phase lag occurs at 12 hour incubation period. The exponential phase occurs during this periode, the bacterium grew very quickly during 30 or 36 hours. Finally the bacterium population decreased at 54 hour. Based on the three treatments, the higher the substrate concentration, the faster the reduction rate.*

Key word : Biofilter, Desulfurisation, *Thiobacillus thioparus*.

I. PENDAHULUAN

Masih cukup tingginya cadangan gas bumi di Indonesia, mendorong peningkatan produksi gas bumi untuk mendukung kebutuhan energi nasional. Namun

demikian, banyak produk gas bumi dengan kualitas yang kurang baik. Hal ini disebabkan tingginya kandungan gas non-hidrokarbon dalam gas bumi. Senyawa non-hidrokarbon yang dapat membuat mutu

gas bumi menurun, di antaranya berupa kandungan senyawa sulfur.

Hidrogen sulfida mempunyai bau seperti telur busuk dan kadang lebih toksik daripada karbon monoksida. Hidrogen sulfida dapat dideteksi pada konsentrasi yang rendah (0,002 mg/L) dan memiliki sifat yang beracun serta mempunyai sifat korosif dan dapat terbakar (Merck, 1983).

Reduksi kandungan sulfur dalam gas bumi dapat dilakukan dengan banyak cara. Salah satu cara dengan memanfaatkan bioteknologi, yaitu teknologi yang didukung oleh aktivitas mikroorganisme in situ dan bila perlu dapat ditambah mikroorganisme dari luar (eksogen). Salah satu aplikasi teknologi tersebut dalam bentuk biofilter. Teknologi ini cukup efektif untuk mengolah emisi gas buang dari berbagai industri dengan volume gas yang besar namun mempunyai konsentrasi polutan yang rendah.

Beberapa jenis bakteri aerob seperti *Thiobacillus*, *Pseudomonas*, *Beggiatoa*, *Thiotrix* dapat mengoksidasi senyawa hidrogen sulfida untuk menghasilkan energi. Kelompok bakteri ini termasuk jenis bakteri sulfur (*sulfur bacteria*). Bakteri sulfur dapat menyimpan dan mempergunakan sulfur elemental atau komponen organik sulfur untuk metabolisme selnya. Berdasarkan hasil beberapa penelitian, bakteri sulfur menunjukkan bahwa jenis *Thiobacillus thioparus* merupakan spesies kemotropik yang baik (Wahyuni, 2004).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji proses desulfurisasi oleh bakteri *Thiobacillus thioparus*. Dalam hal ini untuk mengetahui tingkat ketahanan bakteri *Thiobacillus thioparus* terhadap variasi konsentrasi senyawa sulfur dan menentukan laju degradasi sulfurnya.

II. METODE PENELITIAN

A. Organisme dan kultivasi

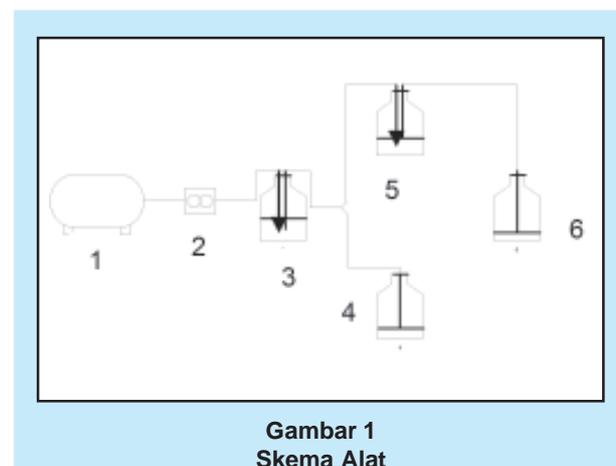
Bahan - bahan yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain bakteri kultur tunggal *Thiobacillus thioparus*, Nutrient Agar (NA), Nutrient Broth (NB), larutan tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) dengan konsentrasi 200, 400 dan 600 mg/L dan medium uji, yang terdiri atas: 1,2 gram KH_2PO_4 , 1,2 gram K_2HPO_4 , 0,4 gram NH_4Cl , 0,22 gram $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 1 liter air RO (*reverse osmosis*) (Cho et al., 1992).

Diawali dengan pembiakan kultur bakteri *Thiobacillus thioparus* dengan media agar miring

Nutrient Agar. Kultur dipindahkan ke media cair Nutrient Broth yang berfungsi sebagai media pertumbuhan bagi *Thiobacillus thioparus*. Selanjutnya ditumbuhkan dalam media uji yang kaya akan sulfur dengan penambahan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Media uji tersebut untuk meningkatkan populasi bakteri *Thiobacillus thioparus*. Setelah bakteri *Thiobacillus thioparus* teradaptasi dan tumbuh dengan baik dalam media yang kaya sulfur, selanjutnya bakteri tersebut dimasukkan ke dalam media uji dengan kandungan sulfatnya sangat rendah. Tujuan penanaman bakteri ini untuk menyiapkan kultur bakteri lapar sulfur. Dalam kondisi demikian diharapkan ketika dialirkan senyawa sulfur seperti thiosulfat, bakteri *Thiobacillus thioparus* mampu melakukan proses reduksi senyawa sulfur secara optimum.

Proses reduksi thiosulfat oleh bakteri *Thiobacillus thioparus* dilakukan pada konsentrasi 200, 400 dan 600 mg/L. Pada penelitian ini, data diambil selama 54 jam dengan rentang waktu setiap tiga jam sekali untuk empat pengamatan pertama, selanjutnya enam jam sekali untuk pengamatan ke-7, 8 dan 9, sedangkan untuk data ke-6 dan ke-10 dilakukan setelah 12 jam. Pengambilan waktu ini didasarkan penelitian sebelumnya (Fierdaus, 2006). Pada fase pertumbuhan optimum bakteri atau log fase terjadi pada hari ke-1 sampai hari ke-2 atau jam ke-24 sampai jam ke-48. Fase logaritmik merupakan suatu siklus dari pertumbuhan mikroorganisme, dimana pada fase ini jumlah populasi selnya meningkat pesat seiring dengan bertambahnya waktu (Lay dan Sugyohastowo, 1989).

B. Alat



Gambar 1
Skema Alat

Keterangan:

1. Kompresor udara
2. Flow Meter
3. Larutan thiosulfat (200, 400 dan 600 mg/L)
4. Trapper (Iodin)
5. Bakteri *Thiobacillus Thioparus* dalam media uji bersulfur rendah
6. Trapper (Iodin)

Percobaan ini dilaksanakan dalam suatu rangkaian alat seperti pada Gambar 1. Sebelum penelitian ini dimulai, dilakukan kalibrasi terhadap konsentrasi larutan thiosulfat yang digunakan.

Secara umum perlakuan pada setiap variasi konsentrasi baik 200, 400 dan 600 mg/L kurang lebih sama.

Seyawa thiosulfat dari tabung (3) dikontakkan dengan bakteri (5) dalam bentuk uap yang terbawa dalam aliran udara yang berasal dari kompresor (1). Hal ini dilakukan dengan cara melewati udara masuk ke dalam larutan thiosulfat. Kecepatan aliran udara dari kompresor diatur melalui *flow meter* (2). Aliran udara yang keluar dari tabung (3) dibagi dua: satu melalui *trapper* (4) yang berisi larutan iodine untuk menangkap thiosulfat sebelum berkontak dengan bakteri dan melalui reaktor (5) untuk dikontakkan dengan bakteri. Kadar thiosulfat setelah kontak dengan bakteri ditangkap dengan larutan iodine di dalam *trapper* (6). Hasil pengukuran kandungan thiosulfat dalam *trapper* (4) dan (6) menjadi data untuk perhitungan reduksi sulfur.

C. Penentuan Kandungan Tiosulfat

Dilakukan secara titrimetri yaitu dengan menggunakan titrasi iodometri menggunakan larutan iodine 0,25 N dan indikator kanji. Selanjutnya perhitungan thiosulfat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$S_2O_3^{2-} (mg / L) = \frac{[(Ax B) - (Cx D)] \times 1,121 \cdot 10^5}{mL \text{ sampel}} \quad (1)$$

di mana :

- A = Volume (mL) larutan iodine yang terpakai
 B = Normalitas larutan iodine
 C = Volume (mL) larutan $Na_2S_2O_3$ terpakai
 D = Normalitas larutan $Na_2S_2O_3$

D. Perhitungan Populasi Bakteri *Thiobacillus thioparus*

Penghitungan populasi bakteri bertujuan untuk mengetahui jumlah bakteri yang terdapat pada media uji. Penghitungan jumlah bakteri dilakukan dengan metode *total plate count* (TPC) dengan menggunakan persamaan:

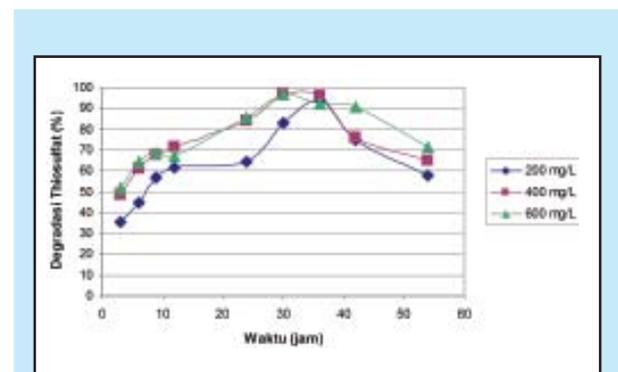
$$\sum Cell (cfu mL^{-1}) = \bar{a} \cdot b \cdot c \quad (2)$$

di mana:

- \bar{a} = Jumlah rata-rata koloni
 b = Kebalikan faktor pengenceran
 c = Volume sampel yang ditanam

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Proses desulfurisasi senyawa sulfur oleh bakteri *Thiobacillus thioparus*



Gambar 2
Grafik Persen Reduksi Tiosulfat pada Variasi Konsentrasi 200, 400, dan 600 mg/L

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa pada konsentrasi 200 mg/L kurva reduksi thiosulfat lebih rendah dari pada kurva pada konsentrasi 400 mg/L dan 600 mg/L. Pada konsentrasi thiosulfat 200 mg/L perlu waktu 36 jam untuk mencapai grafik puncak dan langsung mengalami penurunan. Sedangkan pada konsentrasi 400 mg/L, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai grafik puncak lebih cepat, yaitu 30 jam. Kurva puncak dari konsentrasi 400 mg/L tidak bertahan lama, setelah mencapai titik puncak langsung menurun. Kurva puncak yang relatif stabil terjadi pada perlakuan dengan konsentrasi thiosulfat 600 mg/L yaitu

selama jam ke 30-42. Hal ini menunjukkan bahwa dari tiga konsentrasi tiosulfat tersebut semakin besar konsentrasi tiosulfat maka semakin efektif reduksi tiosulfat yang terjadi. Sehingga dengan meningkatnya kandungan sulfur dalam konsentrasi tersebut, *Thiobacillus thioeparus* mampu berperan aktif dalam reduksi sulfur dan pada konsentrasi tiosulfat 600 mg/L terjadi reduksi tertinggi.

B. Tingkat ketahanan bakteri *Thiobacillus thioeparus* terhadap variasi konsentrasi senyawa sulfur

Penelitian ini dilakukan pada suhu ruang ber-AC ($\pm 26^{\circ}\text{C}$), dengan mengansumsikan bahwa temperatur adalah variabel tetap. Jumlah inokulum yang dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer sebagai awal pertumbuhan bakteri (jam ke-0) adalah sebesar 7×10^5 sel/mL. Kurva pertumbuhan *Thiobacillus thioeparus* dapat ditunjukkan pada Gambar 3.

Pada awal fase merupakan fase lag atau fase adaptasi, di mana *Thiobacillus thioeparus* mensintesis molekul-molekul yang dibutuhkan untuk pertumbuhan sel dan penggandaan sel, dan juga mensintesis enzim metabolisme. Waktu kurang/lebih 12 jam pertama menunjukkan rentang waktu fase lag untuk semua variasi konsentrasi. Pada fase lag masing-masing konsentrasi memiliki perbedaan aktivitas yang dilakukan. Pada fase lag untuk setiap perlakuan baik pada 200 mg/L, 400 mg/L dan 600 mg/L mengalami pertumbuhan yang lambat.

Pada fase selanjutnya adalah fase pertumbuhan logaritmik (fase eksponensial), fase ini dapat terlihat setelah jam ke-12 sampai pada jam ke-36, di mana bakteri mengalami pertumbuhan yang cukup signifikan. Pada fase inilah pertumbuhan optimum diperoleh. Selama fase eksponensial jumlah bakteri terus meningkat secara cepat untuk setiap variasi substrat. Hal ini menunjukkan bahwa proses metabolisme dan pertumbuhan sel pada semua variasi konsentrasi dalam kondisi optimum, di mana jumlah nutrisi yang tersedia cukup untuk mengimbangi pertumbuhan bakteri yang sangat cepat. Pada fase ini dapat dilihat semakin besar konsentrasi larutan tiosulfat masukan (*inlet*) makin besar pertumbuhan bakteri. Pada variasi konsentrasi tiosulfat 200 ppm jumlah bakteri *Thiobacillus thioeparus* sebesar $2,58 \times 10^7$ sel/mL, untuk konsentrasi tiosulfat 400 mg/L jumlah bakteri meningkat menjadi $3,01 \times 10^7$ sel/mL

dan pada konsentrasi tiosulfat 600 mg/L meningkat lagi menjadi $3,91 \times 10^7$ sel/mL.

Setelah jam ke-36 sampai jam ke-54 grafik pertumbuhan bakteri mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa proses metabolisme dan pertumbuhan sel pada semua variasi konsentrasi yang terjadi tidak optimum lagi, dimana jumlah nutrisi yang tersedia sudah tidak sesuai lagi untuk mengimbangi pertumbuhan bakteri. Pada fase ini telah terjadi persaingan untuk merebutkan nutrisi sulfur yang tersedia, sedangkan konsentrasi sulfur tidak meningkat, sehingga penggandaan sel bakteri yang terjadi lebih rendah dari sel yang mati.

C. Aktifitas bakteri *Thiobacillus thioeparus* terhadap laju degradasi sulfur

Reduksi Tiosulfat merupakan penurunan konsentrasi kontaminan tiosulfat akibat telah dikonsumsi oleh *Thiobacillus thioeparus*. Senyawa tiosulfat akan dirombak menjadi energi bagi bakteri *Thiobacillus thioeparus*. Laju degradasi tiosulfat dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$D = (C1 - C2) / Xt \tag{3}$$

di mana :

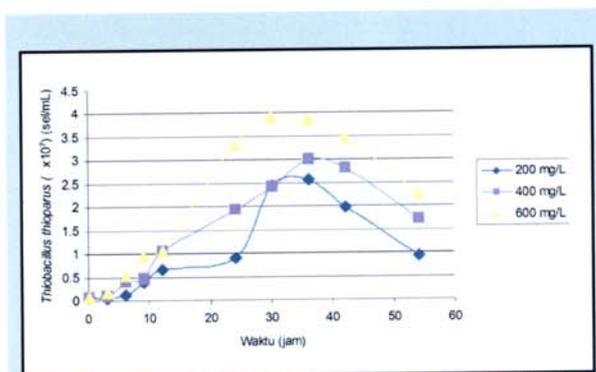
D : Laju degradasi substrat ($\mu\text{gr sel}^{-1}\text{jam}^{-1}$)

C1 : Konsentrasi tiosulfat *inlet* (mg/L)

C2 : Konsentrasi tiosulfat *outlet* (mg/L)

X : Populasi bakteri tiap satuan waktu (sel/mL)

t : Waktu inkubasi (jam)



Gambar 3
Grafik Pertumbuhan Bakteri *Thiobacillus thioeparus* (sel/mL)

Tabel 1 menunjukkan laju reduksi keseluruhan untuk masing-masing konsentrasi. Dari tabel tersebut, dapat dilihat bahwa semakin besar konsentrasi tiosulfat maka laju reduksi pada masing-masing konsentrasi semakin besar. Hal ini disebabkan *Thiobacillus thioparus* telah cukup teradaptasi dan mampu mereduksi senyawa sulfur.

Perlakuan tiga variasi konsentrasi tiosulfat tersebut masih dalam batas toleransi aktifitas *Thiobacillus thioparus*, sampai di mana pencapaian batas maksimal perlu kajian lebih lanjut.

Tabel 1
Aktifitas bakteri terhadap laju reduksi sulfur

Thiosulfat	Laju reduksi
(ppm)	($\mu\text{gr sel}^{-1}\text{ jam}^{-1}$)
200	$4,64 \times 10^{-5}$
400	$8,46 \times 10^{-5}$
600	$1,12 \times 10^{-4}$

IV. KESIMPULAN

Ada beberapa kesimpulan yang didapatkan dari hasil penelitian dan analisis tersebut. Aktifitas *Thiobacillus thioparus* dalam tiga variasi konsentrasi thiosulfat yaitu 200, 400, dan 600 mg/L menunjukkan:

1. Semakin besar konsentrasi maka proses desulfurisasi akan semakin cepat, hal ini sejalan dengan hasil reduksi.

2. Tingkat ketahanan bakteri *Thiobacillus thioparus* terhadap variasi konsentrasi senyawa sulfur secara umum mengalami fase lag pada 12 jam pertama, lalu mengalami fase eksponensial di mana pertumbuhan bakteri sangat cepat selama 30 atau 36 jam dan mengalami penurunan populasi pada jam ke-54.

KEPUSTAKAAN

1. Cho, K.S., Hirai, M., dan Shoda, M., 1992, Enhanced Removal Efficiency of Malodorous Gases in a Pilot-scale Peat Biofilter Inoculated with *Thiobacillus Thioparus* DW44, J.Ferment, Bioeng, 73, 46-50.
2. Fierdaus M. dkk, 2006, Penelitian Reduksi Kandungan Sulfur dalam Gas Bumi dengan Aktifitas Mikroba secara Biofilter, Pusat Penelitian dan - Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi - Lemigas, Jakarta.
3. Hamed, Tarek abu et. al., 2003, the Biodegradation of Benzene, Toulene, and Phenol in Two-phase System. Departement of Chemical Engineering, Turkey.
4. Hirai, M., Yani, M., 2001, Comporation of Biological Removal Characteristics of H₂S and NH₃ using four kind of inorganic carriers, J. Bioscin (240-248).
5. Lay, B.W. Dan Sugyohastowo, 1989, Mikrobiologi, Pusat Antar Universitas Bioteknologi IPB, Bogor.
6. Merck, E., 1980, Regents diagnostic chemicals, Darmstadt, Germany.