

Biodesulfurisasi Limbah Soda Api

Oleh:

Noegroho Hadi Hs., dan Sri Kadarwati

SARI

Beberapa jenis bakteri dapat mendegradasi kandungan belerang yang terdapat dalam limbah soda api pada kondisi aerob dan suhu ambien. Bakteri tersebut adalah *Pseudomonas sp.*, *Thiobacillus thioparus*, *Thiobacillus neapolitanus*, *Thiobacillus sp.*

Penelitian dilakukan untuk mencari media yang cocok dan murah, dan mempelajari proses desulfurisasi agar diperoleh kondisi operasi yang optimal.

Hasil sementara menunjukkan bahwa pada perbandingan antara media dan sampel limbah soda 1:5 hasil yang didapat cukup menjanjikan. Perbandingan ini masih belum optimal dan masih perlu pengujian lanjutan.

ABSTRACT

Some bacteria can degrade sulphur compounds in caustic soda waste in aerobic condition and ambient temperature. Among them are *Pseudomonas sp.*, *Thiobacillus thioparus*, *Thiobacillus neapolitanus*, *Thiobacillus sp.*

This study was directed to search potential and cheap media, and optimum condition for biodesulphurization process.

The results of study showed that at a ratio of 1:5 between media and samples of caustic soda waste the biodesulphurization achieved was quite promising. This ratio is not yet optimum, so that further experiment is required.

I. Pendahuluan

Dalam menyongsong *issue* globalisasi yang sarat dengan persaingan, masalah lingkungan akan menjadi perhatian, sehingga kilang minyak di Indonesia perlu mempersiapkan diri untuk mengantisipasinya. Dalam industri, tuntutan lingkungan yang muncul adalah teknologi bersih atau produksi bersih. Industri minyak dewasa ini masih mengolah limbahnya dengan sistem *end pipe treatment* dan belum mengarah ke teknologi bersih.

Di beberapa negara maju teknologi pemanfaatan bakteri sulfat untuk mendegradasi senyawa pengotor belerang sudah dilakukan, seperti menangkap kandungan belerang dalam aliran gas dan asam sulfida dalam limbah soda api.

Proses desulfurisasi limbah soda api dengan menggunakan bakteri

belerang, pada kondisi aerob dan suhu proses sekitar 40°C menghasilkan soda api yang bersih dan dapat diproses lagi (teknologi bersih).

Berikut ini disajikan hasil penelitian yang dilakukan di PPPTMGB "LEMIGAS" untuk menentukan kondisi operasi seperti suhu, pH, lamanya bioproses, media murah, dan mikroba yang cocok untuk proses degradasi limbah soda api ini.

Penelitian ini dimulai dengan analisis sampel di laboratorium secara kimia/fisika maupun mikrobiologi dan mencari/isolasi bakteri yang berperan dalam biodegradasi sulfur serta mengamati pertumbuhannya. Setelah diperoleh empat jenis bakteri yang dapat mendegradasi senyawa belerang yang terdapat dalam limbah soda api, penelitian dilanjutkan dengan uji biodegradasi. Keempat jenis bakteri yang digunakan pada uji biodegradasi

tersebut adalah *Pseudomonas sp.*, *Thiobacillus thioparus*, *Thiobacillus neapolitanus*, dan *Thiobacillus sp.*

II. Biodesulfurisasi

Biodesulfurisasi merupakan suatu proses untuk menghilangkan/menurunkan kandungan sulfur dalam limbah cair, limbah padat ataupun bahan lain seperti minyak. Proses tersebut dilakukan dengan memanfaatkan aktivitas mikroba atau disebut bioproses.

Pengolahan limbah secara bioproses merupakan teknologi yang telah dipakai secara luas. Proses pengolahan berjalan dengan dukungan aktivitas mikroba, yaitu kumpulan mikroorganisme yang terdiri atas bakteri, khamir, jamur, protozoa, rotifera, dan mikroorganisme lain yang terdapat di lingkungan limbah tersebut.



A. Bioproses Limbah

Keberhasilan bioproses banyak ditentukan oleh media yang cocok dan kondisi lingkungan yang mendukung bioproses tersebut. Sebelum dilakukan uji bioproses perlu diamati beberapa faktor yang terkait dengan proses tersebut, yang meliputi karakteristik limbah dan aktivitas mikroorganisme.

a. Karakteristik limbah

Mempelajari karakteristik limbah dilakukan dengan cara melakukan analisis sampel. Beberapa parameter yang diamati adalah BOD, COD, TOC, kandungan logam berat, dan bahan toksik lainnya dalam sampel limbah. Tujuan analisis sampel ini adalah untuk mengetahui senyawa pencemar yang terkandung dan berapa besar kandungan bahan pencemar dalam limbah tersebut.

Biochemical Oxygen Demand (BOD), merupakan pengukuran kandungan senyawa organik yang berhubungan dengan aktivitas mikroba. Pengukuran bahan organik ini didasarkan atas banyaknya oksigen (dalam mg/L) yang diperlukan mikroba untuk mendegradasi kandungan senyawa organik dalam limbah.

Chemical Oxygen Demand (COD), merupakan pengukuran kandungan senyawa organik yang diperlukan dalam proses kimia. Pengukuran dilakukan dengan menentukan banyaknya oksigen dalam mg/L yang diperlukan untuk degradasi senyawa organik dalam limbah secara proses kimia. Pengukuran lain dapat dilakukan dengan TOC (*Total Organic Carbon*), yaitu menentukan kandungan karbon organik dalam limbah cair.

Hasil analisis parameter-parameter tersebut di atas dapat menentukan tingkat pencemaran yang terjadi.

b. Aktivitas mikroorganisme

Berbagai mikroorganisme ber-

peran dalam bioproses, tetapi yang paling dominan adalah kultur bakteri karena bakteri mudah menyesuaikan diri dengan lingkungannya. Aktivitas bakteri dapat dilihat berdasarkan kurva pertumbuhannya.

Pada awal kegiatan, sel bakteri tumbuh sangat lambat, hal ini disebabkan sel memerlukan penyesuaian diri dengan lingkungannya.

Setelah cukup beradaptasi, pertumbuhan bakteri meningkat cukup tajam. Peningkatan ini disebabkan karena bakteri telah dapat mengadaptasikan diri dengan lingkungannya dan kebutuhan makanan dalam bentuk senyawa organik untuk pertumbuhan/aktivitasnya tersedia cukup banyak sehingga terjadi pertumbuhan eksponensial dan fase ini disebut fase eksponensial.

Apabila makanan mulai berkurang, aktivitas pertumbuhannya pun mulai menurun dan dalam kondisi ini terjadi keseimbangan antara laju pertumbuhan dan laju kematian sel bakteri. Periode ini disebut fase stasioner. Selanjutnya apabila makanan makin menipis sampai hampir habis terjadilah fase kematian.

Dalam kehidupannya mikroba tersebut sangat dipengaruhi oleh jenis makanan (nutrisi) yang tersedia serta kondisi lingkungannya seperti suhu, kandungan oksigen, pH, dan sebagainya.

Suhu

Proses metabolisme suatu mikroba sangat dipengaruhi oleh suhu, demikian juga dengan laju pertumbuhan dan jumlah total pertumbuhannya. Setiap spesies mikroba tumbuh pada suatu kisaran suhu tertentu, oleh karena itu mikroba dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- Mikroba psikrofil, yaitu mikroba yang tumbuh dan berkembang biak pada kisaran suhu 0 sampai 25°C;
- Mikroba mesofil, yaitu mikroba yang tumbuh dan berkembang

biak pada kisaran suhu 25 sampai 45°C;

- Mikroba termofil, yaitu mikroba yang tumbuh dan berkembang biak pada kisaran suhu 45°C atau lebih.

Kandungan Oksigen

Gas utama yang mempengaruhi pertumbuhan mikroba adalah oksigen dan karbon dioksida. Mikroba memperlihatkan keragaman dalam hal respons terhadap oksigen bebas, oleh karena itu mikroba diklasifikasikan menjadi empat kelompok yaitu:

- Mikroba aerob, yaitu mikroba yang dalam pertumbuhannya memerlukan oksigen;
- Mikroba anaerob, yaitu mikroba yang dalam pertumbuhannya tidak memerlukan oksigen;
- Mikroba fakultatif anaerob, yaitu mikroba yang dapat tumbuh baik dalam kondisi aerob maupun anaerob;
- Mikroaerofilik, yaitu mikroba yang dapat tumbuh secara optimum dalam kandungan oksigen yang sangat kecil.

Derajat Keasaman (pH)

Beberapa jenis mikroba dapat tumbuh pada pH optimum antara 6,5 sampai 7,5. Tetapi ada pula jenis mikroba tertentu yang pH optimum pertumbuhannya ada pada kisaran pH 4, bahkan jenis mikroba tertentu dapat tumbuh dalam keadaan sangat asam atau sangat basa.

B. Biodesulfurisasi Limbah

Teknologi penggunaan mikroorganisme untuk mengurangi kandungan sulfur pada aliran gas dan limbah yang mengandung asam sulfat telah dikembangkan sejak tahun 1986. Teknologi ini memanfaatkan bakteri pengoksidasi belerang yaitu *Thiobacilli* untuk mengoksidasi elemen sulfur secara aerob pada kondisi ambient.

Bakteri pengoksidasi belerang (*Thiobacilli*) berfungsi sebagai



katalisator dalam proses oksidasi dan reduksi sulfur anorganik dengan mekanisme reaksi yang terjadi sebagai berikut:

Oksidasi (aerobik)



Reduksi (anaerobik)



Pada reaksi tersebut di atas terdapat kerja sama antara bakteri pengoksidasi belerang dan bakteri pereduksi sulfat, sehingga pertumbuhan bakteri tersebut dapat berlangsung secara terus menerus. Hal ini disebabkan karena hasil metabolisme dari pertumbuhan bakteri yang satu dapat dimanfaatkan oleh bakteri yang lainnya seperti digambarkan pada siklus belerang (Gambar 1).

Selain kerja sama antara kedua bakteri yaitu bakteri pengoksidasi belerang dan bakteri pereduksi sulfat, kelangsungan reaksi yang terjadi juga bergantung pada tersedianya unsur hara lain seperti mineral dan kondisi lingkungan (pH, suhu dan sebagainya). Faktor lain yang berpengaruh terhadap kelangsungan reaksi adalah hasil metabolisme dari pertumbuhan bakteri tersebut yang lama kelamaan dapat menyebabkan racun bagi kehidupannya.

a. Bakteri pengoksidasi belerang

Bakteri pengoksidasi belerang adalah jenis bakteri yang dapat mengoksidasi senyawa belerang, sulfida, tiosulfat dengan bantuan oksigen dan menghasilkan senyawa sulfat.

Oksidasi sulfur atau senyawa anorganik sulfur lainnya dalam kondisi aerob pada umumnya disebabkan oleh bakteri *Thiobacillus* seperti *Thiobacillus thiooxidans*, *Thiobacillus thioparus*, *Thiobacillus neapolitanus*. Bakteri-bakteri ini paling mudah berkembang biak

dalam lingkungan asam dengan pH 0 sampai dengan 6.

b. Bakteri pereduksi sulfat

Bakteri pereduksi sulfat merupakan bakteri anaerob yaitu bakteri yang tidak memerlukan oksigen dalam pertumbuhannya. Bakteri ini memanfaatkan dan mengubah senyawa sulfat menjadi senyawa sulfida.

Mengingat bakteri ini sifatnya anaerob, maka bakteri ini aktif terutama pada peralatan seperti pipa-pipa, dasar tangki timbun BBM dan sebagainya. Meskipun demikian dalam lingkungan yang mengandung oksigen dengan kadar tertentu, bakteri ini masih dapat tumbuh dan disebut fakultatif anaerob.

Kondisi lingkungan yang sangat baik untuk pertumbuhan bakteri pereduksi sulfat adalah pada suhu antara 25 – 30°C, pH 5,0 sampai dengan 9,0 dan tahanan jenis lingkungan antara 500 – 2000 Ohm. m.

Salah satu spesies dari bakteri pereduksi sulfat adalah *Desulfovibrio desulfurican*. Bakteri lain yang dapat

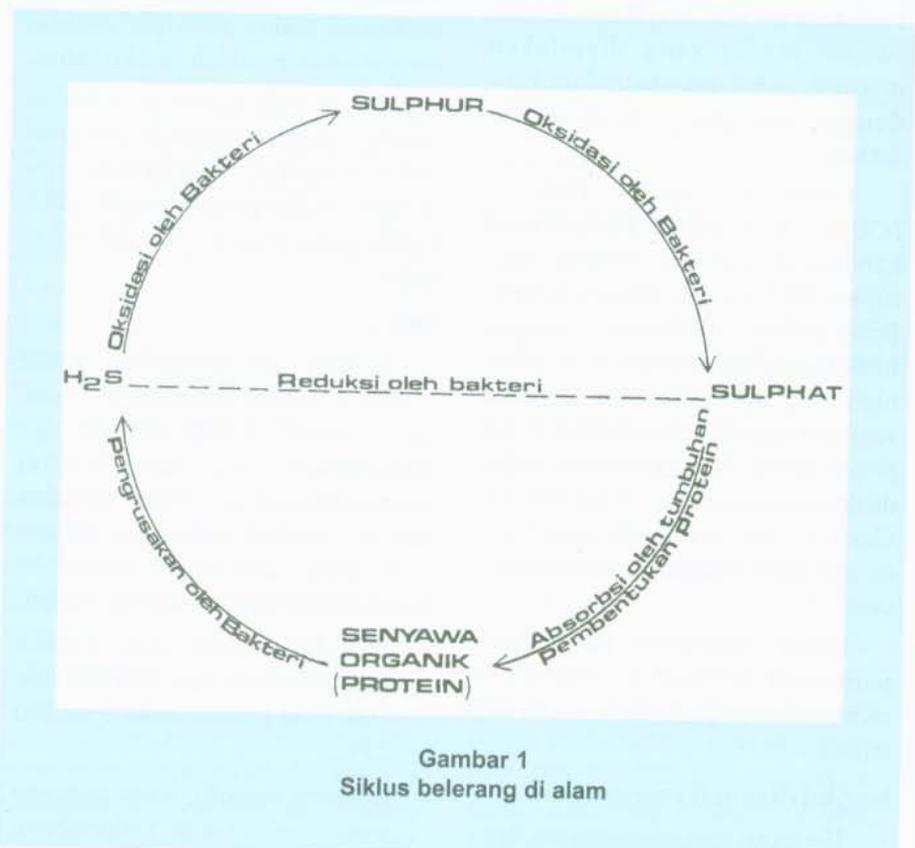
mereduksi sulfat adalah *Clostridium* sp. Bakteri ini dapat mereduksi sulfat dan juga dapat menghasilkan gas metana yang dapat dimanfaatkan oleh jenis bakteri lain sebagai sumber energi.

III. METODOLOGI

Pelaksanaan penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu mengumpulkan data lapangan dan pengambilan sampel, analisis laboratorium yang terdiri atas analisis kimia/fisika dan mikrobiologi, kemudian dilanjutkan dengan uji biodegradasi senyawa belerang dalam limbah soda api.

A. Pengumpulan Data dan Pengambilan Sampel

Pengumpulan data yang diperlukan dan pengambilan sampel cairan di sekitar tempat yang akan diteliti. Sampel diambil pada *inlet* dan *outlet* (*treated water*) dari *Sour Water Stripper*. Pengambilan sampel pertama dilakukan pada saat kilang berjalan normal yang kedua sesaat setelah *start-up*.



Gambar 1
 Siklus belerang di alam

B. Analisis Laboratorium

Sampel yang diambil dari suatu kilang minyak, dianalisis secara kimia/fisika dan mikrobiologi.

1. Analisis kimia/fisika

Analisis kimia/fisika yang dilakukan mencakup beberapa parameter yang meliputi:

- TDS/TSS;
- Konduktivitas;
- Salinitas;
- pH;
- COD;
- Kandungan minyak;
- Kadungan NaOH bebas;
- Kation, yaitu kandungan Ba, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn, Pb, dan Cr⁵⁺.
- Anion, yaitu kandungan nitrat, nitrit, sulfida, sulfat dan tiosulfat.

2. Analisis mikrobiologi

Analisis mikrobiologi yang dilakukan meliputi:

- Penentuan populasi mikroba (bakteri total, kapang, SRB dan SOB)
- Isolasi dan identifikasi mikroba yang diperlukan.

3. Uji Biodesulfurisasi Awal

Uji biodesulfurisasi awal dilakukan dengan menggunakan bakteri *Pseudomonas sp.*, *Thiobacillus thioparus*, *Thiobacillus neapolitanus*, dan *Thiobacillus sp.*

Medium (bahan untuk makanan) yang digunakan untuk uji biodesulfurisasi dengan *Pseudomonas sp.* adalah *Nutrient Broth*, sedangkan medium yang digunakan untuk uji biodesulfurisasi dengan *Thiobacillus thioparus*, *Thiobacillus neapolitanus*, dan *Thiobacillus sp.* adalah medium tiosulfat.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Kimia/fisika dan Mikrobiologi

Data analisis mikrobiologi menunjukkan bahwa di dalam sampel tidak

tumbuh mikroba baik bakteri, jamur, SRB maupun SOB. Hal ini disebabkan karena pH larutan dari sampel limbah soda api tersebut sangat tinggi yaitu lebih besar dari 10. Hasil analisis mikrobiologi terlihat pada Tabel 1. Sehubungan dengan data tersebut, maka dalam percobaan biodegradasi senyawa belerang digunakan oleh bakteri *Thiobacillus* atau bakteri lain yang mempunyai kemampuan tinggi untuk degradasi. Selain itu, karena pH larutan limbah soda api bersifat basa, maka perlu juga dicari bahan penetral supaya bakteri *Thiobacillus* dapat tumbuh dan dapat mendegradasi senyawa belerang dalam limbah soda api supaya limbah tersebut dapat

didaur ulang.

Berbagai jenis bakteri mempunyai kemampuan untuk mendegradasi senyawa belerang. Bakteri yang tergolong genus *Thiobacillus* dapat mendegradasi senyawa belerang dengan cara mengoksidasi atau mereduksi (Hallberg and Borje, 1994), sehingga dalam penelitian untuk mendegradasi senyawa belerang dalam limbah soda api digunakan jenis bakteri ini.

Kondisi proses untuk pertumbuhan bakteri *Thiobacillus* selain memerlukan udara yang cukup, juga perlu diperhatikan suhunya. Dari pengalaman percobaan yang telah dilakukan oleh Udiharto, 1997

Tabel 1
Hasil analisis mikrobiologi

No.	Parameter	Satuan	Sampel		Metode
			Inlet SWS	Outlet SWS	
1.	Bakteri total	sel/mL	-	-	Plate count
2.	Jamur	sel/mL	-	-	Plate count
3.	SRB	sel/mL	>10	<10	Test kit
4.	SOB	sel/mL	-	-	Plate count

Tabel 2
Karakteristik umpan limbah cair kilang minyak pada unit pengolah limbah secara biologi

No.	Parameter	Satuan	Kisaran Kandungan
1.	BOD ₅	mg/L	100 – 450
2.	UOD	mg/L	130 – 620
3.	COD	mg/L	150 – 1750
4.	Suspended Solid	mg/L	20 – 400
5.	pH	-	6,5 9,5
6.	Fenol	mg/L	5 – 100
7.	Sulfida	mg/L	1 – 40
8.	Minyak	mg/L	20 – 150
9.	Amoniak	mg/L	10 – 200
10.	Fosfat	mg/L	20 – 100
11.	Suhu	°F	50 – 140
12.	Klorida	mg/L	200 – 1.000
13.	Kandungan logam berat	mg/L	0,2 – 1,2



diketahui bahwa suhu yang baik adalah berkisar antara 30-40°C.

Proses biodegradasi ini diharapkan dapat menghilangkan kandungan belerang yang ada dalam aliran limbah soda api, dan larutan soda api yang telah diproses dapat didaur ulang. Reaksi biodegradasi adalah reduksi dan oksidasi, reduksi dilakukan oleh bakteri pereduksi sulfat dan sebaliknya oksidasinya oleh bakteri pengoksidasi belerang.

Sehubungan dengan hal tersebut di atas, maka dalam penelitian ini diperlukan beberapa parameter yang perlu dikaji yaitu jenis bakteri, suhu, pH, aliran limbah, bentuk reaktor dan pemisahan hasil.

Selain pengamatan terhadap mikrobanya, sampel juga diperiksa kandungan minyaknya, dalam sampel aliran masuk (*inlet*), kandungan minyaknya tinggi yaitu sebesar 37,15 mg/L, dan sampel dari aliran keluar mengandung minyak kecil sebesar 4,42 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa *treatment*-nya cukup baik. Kandungan minyak dalam sampel tersebut masih dapat didegradasi melalui bioproses. Karakteristik umpan limbah cair kilang minyak yang dapat didegradasi oleh mikroba terlihat pada Tabel 2.

Nilai TSS, COD, pH, pada sampel aliran masuk lebih besar daripada aliran yang keluar (Tabel 3).

Parameter-parameter tersebut, nilainya masih di atas nilai karakteristik umpan limbah cair pada unit pengolahan limbah secara biologi. Oleh karena itu perlu dilakukan perlakuan tertentu sebelum dilakukan bioproses.

Parameter lainnya seperti kandungan kation dan anion baik untuk sampel *inlet* dan *outlet* tidak menunjukkan perbedaan yang besar. Hasil analisis kimia/fisika terlihat pada Tabel 3

Selain itu telah dilakukan juga analisis kimia/fisika terhadap sampel yang diambil sesaat setelah *start-up*. Hasil analisis menunjukkan adanya

Tabel 3
Hasil analisis kimia/fisika

No.	Parameter	Satuan	Sampel		Metode
			Inlet SWS	Outlet SWS	
1.	TDS	mg/L	675	604	Gravimetri
2.	TSS	mg/L	44	2	Gravimetri
3.	Konduktivitas	μ mhos/cm	14.200	12.500	SCT Meter
4.	Salinitas	‰	8,80	7,80	SCT Meter
5.	pH	-	10,67	10,59	pH Meter
6.	COD	mg/L	3.162,24	3.068,16	ASTM – D 1252
7.	Oil Content	mg/L	37,15	4,42	Concove I/72
8.	NaOH Bebas	g/L	4,75	4,58	Titrimetri
9.	Ba	mg/L	4,06	4,62	ASTM-D 551
10.	Cd	mg/L	0,16	0,08	ASTM-D 551
11.	Co	mg/L	0,45	0,33	ASTM-D 551
12.	Cu	mg/L	0,06	0,01	ASTM-D 551
13.	Fe	mg/L	4,24	4,35	ASTM-D 551
14.	Mn	mg/L	0,02	0,01	ASTM-D 551
15.	Ni	mg/L	0,06	0,08	ASTM-D 551
16.	Pb	mg/L	0,64	0,51	ASTM-D 551
17.	Zn	mg/L	0,07	0,11	ASTM-D 551
18.	Cr ⁶⁺	mg/L	0,47	0,57	ASTM-D 1687
19.	Nitrat	mg/L	3,00	8,00	Hach-Dr/200
20.	Nitrit	mg/L	0,019	0,053	Hach-Dr/200
21.	Sulfida	mg/L	76	40	Iodometri
22.	Sulfat	mg/L	45,48	350,45	Iodometri
23.	Tiosulfat	mg/L	532	280	Iodometri

Tabel 4
Hasil analisis kimia/fisika pada kondisi normal dan sesaat setelah *start-up*

No.	Parameter	Satuan	Inlet SWS		Outlet SWS	
			Normal *	<i>Start-up</i> **	Normal	<i>Start-up</i>
1.	Salinitas	‰	8,80	22,40	7,80	18,00
2.	pH	-	10,67	10,84	10,59	10,74
3.	BOD	mg/L	-	1.900,00	-	1.624,00
4.	COD	mg/L	3.162,24	5.940,00	3.068,16	5.074,00
5.	Nitrat	mg/L	3,00	10,00	8,00	13,10
6.	Nitrit	mg/L	0,019	0,16	0,053	0,25
7.	Sulfida	mg/L	76	86	40	48
8.	Tiosulfat	mg/L	532	602	280	336

Catatan: * Pengambilan sampel dilakukan pada saat kilang berjalan normal

** Pengambilan sampel pada sesaat setelah *start-up*



perbedaan yang cukup nyata untuk beberapa parameter analisis sampel pada kondisi normal dan pada kondisi sesaat setelah *start-up*, seperti disajikan pada Tabel 4. Data analisis beberapa parameter sampel yang diambil sesaat setelah *start-up*, pada umumnya lebih tinggi dibandingkan sampel pada kondisi normal. Salah satu parameter analisis adalah COD yang menunjukkan angka 5.940 mg/L untuk *inlet* SWS, dan 5.074 mg/L untuk *outlet* SWS. Sedangkan pada kondisi normal nilai COD untuk *inlet* SWS adalah 3.162,24 mg/L dan *outlet* SWS adalah 3.068,16 mg/L.

B. Uji Biodesulfurisasi

Uji biodesulfurisasi senyawa belerang oleh bakteri *Pseudomonas* dan *Thiobacillus* dilakukan pada kondisi aerob. Semakin banyak senyawa belerang yang terdegradasi oleh bakteri, maka kandungan senyawa belerang dalam limbah soda api makin menurun.

Biodesulfurisasi yang dilakukan pada penelitian ini, menggunakan tiga variasi waktu inkubasi yaitu 3, 6, dan 9 hari. Media yang digunakan pada percobaan ini adalah media spesifik untuk masing-masing bakteri dengan harapan agar bakteri tersebut mampu hidup, tumbuh dan beraktivitas secara optimal, yang pada akhirnya nanti mampu menurunkan kandungan belerang sampai pada level terendah.

Hasil uji biodesulfurisasi ditunjukkan pada Tabel 5. Pada tabel tersebut diperlihatkan bahwa penurunan kandungan belerang dalam sampel sangat dipengaruhi oleh lamanya waktu inkubasi. Hasil ini menunjukkan bahwa bakteri yang digunakan dalam uji ini cukup mempunyai prospek dalam proses biodesulfurisasi limbah soda api.

Bakteri *Pseudomonas.sp.* dapat mendegradasi senyawa belerang dalam sampel dengan waktu inkubasi yang cukup singkat yaitu selama 3 hari dengan hasil semua belerang yang ada dapat terdegradasi. Hal ini disebabkan

Tabel 5
Pengaruh mikroba terhadap kandungan sulfida dan tiosulfat

No.	Bakteri	Kandungan Sulfida (mg/L)				Kandungan Tiosulfat (mg/L)			
		0 hari	3 hari	6 hari	9 hari	0 hari	3 hari	6 hari	9 hari
1.	<i>Pseudomonas.sp</i>	28	Nil	-	-	140	Nil	-	-
2.	<i>Thiobacillus thioparus</i>	376	62	49	34	2.653	446	350	293
3.	<i>Thiobacillus neapolitanus</i>	366	41	35	25	2.524	328	278	268
4.	<i>Thiobacillus sp.</i>	374	59	18	Nil	2.651	512	135	Nil

Tabel 6
Populasi bakteri selama proses biodesulfurisasi

Bakteri	Pertumbuhan populasi bakteri (sel/mL)			
	0 hari	3 hari	6 hari	9 hari
<i>Pseudomonas.sp</i>	$1,55 \times 10^7$	$2,50 \times 10^9$	-	-
<i>Thiobacillus thioparus</i>	$7,40 \times 10^5$	$4,05 \times 10^8$	$8,40 \times 10^8$	$9,90 \times 10^8$
<i>Thiobacillus neapolitanus</i>	$1,02 \times 10^6$	$5,00 \times 10^8$	$1,15 \times 10^9$	$1,02 \times 10^9$
<i>Thiobacillus.sp</i>	$8,20 \times 10^4$	$2,70 \times 10^8$	$9,70 \times 10^8$	$1,92 \times 10^9$

Tabel 7
Perubahan pH selama proses biodesulfurisasi

Bakteri	Perubahan pH			
	0 hari	3 hari	6 hari	9 hari
<i>Pseudomonas.sp</i>	7.9	7.7	-	-
<i>Thiobacillus thioparus</i>	8.2	7.9	7.7	7.5
<i>Thiobacillus neapolitanus</i>	8.3	8.2	8.7	7.6
<i>Thiobacillus.sp</i>	8.2	7.8	7.7	7.5

media yang digunakan adalah media *nutrient broth* yang merupakan media yang kaya dengan nutrisi dan sangat cocok untuk pertumbuhan dari bakteri ini, tapi dengan kandungan sulfur yang sangat terbatas. Sehingga dengan jumlah sulfur yang tersedia

dalam waktu yang relatif singkat telah habis dikonsumsi oleh bakteri tersebut.

Bakteri *Thiobacillus sp.* baru mampu mendegradasi semua senyawa belerang setelah diinkubasi selama 9 (sembilan) hari. Sedangkan



Tabel 8
Pengaruh *Pseudomonas* sp. terhadap kandungan sulfida dan tiosulfat

No.	Variasi Media	Kandungan Sulfida (mg/L)					Kandungan Tiosulfat (mg/L)				
		0 jam	6 jam	24 jam	48 jam	72 jam	0 jam	6 jam	24 jam	48 jam	72 jam
1.	M : S = 1 : 1	28	24	18	12	Nil	196	168	126	84	Nil
2.	M : S = 1 : 3	30	30	24	20	20	210	210	168	140	140
3.	M : S = 1 : 5	28	28	24	24	24	196	195	168	168	168
4.	M : S = 1 : 10	40	38	36	34	36	280	266	252	238	252

Catatan: M = media
S = sampel

Tabel 9
Pengaruh *Thiobacillus* sp. terhadap kandungan sulfida dan tiosulfat

No.	Variasi Media	Kandungan sulfida (mg/L)					Tiosulfat (mg/L)				
		0 jam	6 jam	24 jam	48 jam	72 jam	0 jam	6 jam	24 jam	48 jam	72 jam
1.	M : S = 1 : 1	264	232	220	214	94	1848	1624	1540	1498	618
2.	M : S = 1 : 3	182	182	182	182	68	1274	1274	1274	1274	476
3.	M : S = 1 : 5	132	132	128	128	128	924	924	896	896	896
4.	M : S = 1 : 10	76	76	74	74	76	532	532	518	518	532

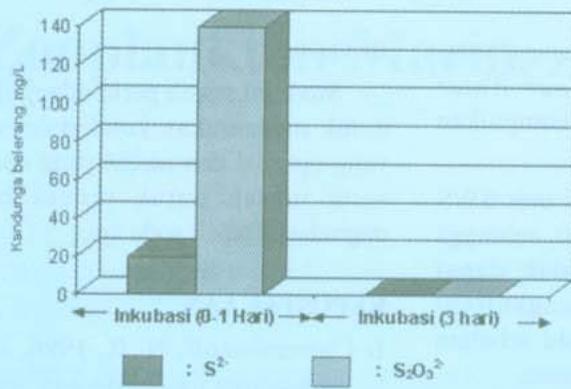
Catatan: M = media
S = sampel

bakteri *Thiobacillus thioparus* dan bakteri *Thiobacillus neapolitanus* dalam waktu inkubasi 9 hari belum berhasil mendegradasi semua senyawa belerang. Hal ini karena media yang digunakan untuk pertumbuhan bakteri *Thiobacillus* sebagai sumber energi dan nutrisi adalah media tiosulfat, yang merupakan media yang kaya dengan

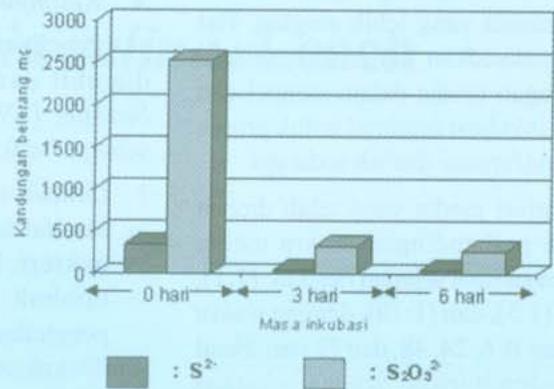
senyawa belerang, sehingga suplai belerang yang ada bukan hanya berasal dari sampel limbah saja tetapi juga berasal dari medianya. Tidaklah mengherankan bila bakteri *Thiobacillus* membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mendegradasi senyawa belerang secara maksimal. Proses desulfurisasi limbah soda api dengan menggunakan bakteri *Pseudomonas*

sp., *Thiobacillus thioparus*, *Thiobacillus neapolitanus*, dan *Thiobacillus* sp. digambarkan pada Gambar 2 sampai dengan 5.

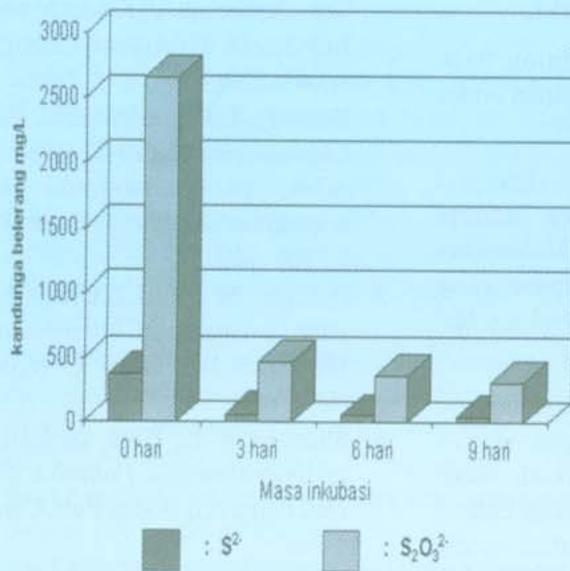
Pada uji biodesulfurisasi ini diamati pula populasi mikroba selama proses dan pengaruhnya terhadap perubahan pH, seperti ditunjukkan pada Tabel 6 dan 7.



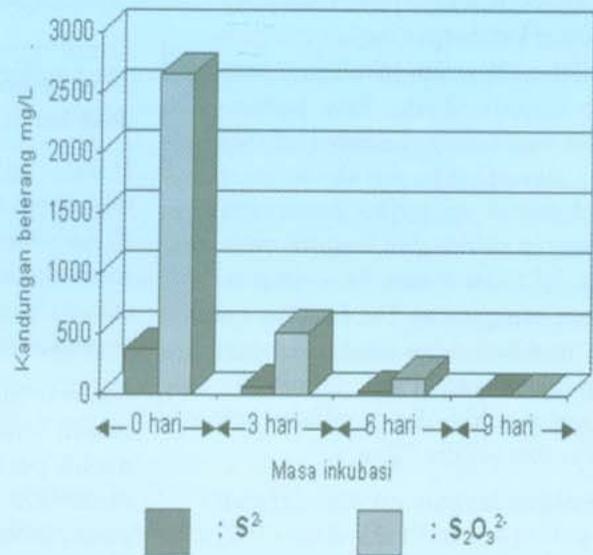
Gambar 2
Biodesulfurisasi limbah soda api dengan *Pseudomonas sp.*



Gambar 4
Biodesulfurisasi limbah soda api dengan *Thiobacillus neapolitanus*.



Gambar 3
Biodesulfurisasi limbah soda api dengan *Thiobacillus tioparus*



Gambar 5
Biodesulfurisasi limbah soda api dengan *Thiobacillus sp.*

Data pada Tabel 6 menunjukkan bahwa bakteri *Pseudomonas* dan *Thiobacillus* mampu tumbuh dengan baik, terlihat dari terjadinya peningkatan populasi yang cukup nyata selama waktu inkubasi 3 (tiga) hari. Hal ini disebabkan kondisi lingkungan pertumbuhan bakteri yang digunakan ini memang betul-

betul cocok, baik media, pH suhu dan suplai oksigen (aerasi) yang cukup. Sebab bakteri hanya dapat tumbuh bila kondisi lingkungannya sesuai, jika tidak maka pertumbuhan akan terhambat.

Data pada Tabel 7 memperlihatkan terjadinya perubahan pH selama berlangsungnya proses

biodesulfurisasi. Perubahan yang terjadi masih berkisar pada pH optimum pertumbuhan bakteri *Pseudomonas* dan *Thiobacillus*. Perubahan pH ini terjadi diakibatkan pembentukan asam hasil oksidasi senyawa belerang.

Uji biodesulfurisasi selanjutnya dimaksudkan untuk mendapatkan media murah dengan cara melakukan



beberapa variasi media untuk proses biodesulfurisasi dengan waktu pengamatan yang lebih singkat. Hal ini dimaksudkan untuk menentukan kandungan media dalam sampel dan waktu inkubasi minimal untuk proses biodesulfurisasi limbah soda api.

Variasi media yang telah dicoba adalah perbandingan antara media dengan sampel sebagai berikut: (1:1), (1:3), (1:5), dan (1:10), dengan waktu inkubasi 0, 6, 24, 48, dan 72 jam. Hasil uji biodesulfurisasi dengan beberapa variasi media disajikan pada Tabel 8 dan 9.

Data pada Tabel 4.8 dan Tabel 4.9 menunjukkan bahwa kandungan media dalam limbah soda api sangat berpengaruh pada proses biodesulfurisasi. Pada perbandingan media dengan sampel sebesar (1:10), tidak menunjukkan adanya penurunan yang nyata dari kandungan sulfida maupun tiosulfat pada waktu inkubasi 0 jam, 6 jam sampai 72 jam. Pada perbandingan media dengan sampel sebesar (1:3) dan (1:5), untuk bakteri *Pseudomonas* sp. terjadi penurunan kandungan sulfida dan tiosulfat pada waktu inkubasi antara 24 – 48 jam. Dengan penggunaan *Thiobacillus* sp. pada perbandingan media dengan sampel sebesar (1:3), penurunan kandungan sulfida dan tiosulfat terjadi pada waktu sekitar 72 jam.

Perbandingan media dengan sampel sebesar (1:3) dan (1:5) memberikan indikasi harapan untuk dapat dikembangkan lebih lanjut. Kandungan media yang optimal untuk proses biodesulfurisasi limbah soda api masih perlu diuji lebih lanjut.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Penelitian terhadap sampel yang diambil dari sekitar *Sour Water Stripper* (SWS) dapat disimpulkan sebagai berikut;

1. Limbah soda api dari unit SWS bersifat basa, pH > 10, sehingga bakteri belerang tidak dapat tumbuh. Perlu pengaturan/penetralan lebih dahulu sebelum dilakukan biodesulfurisasi.
2. Proses pengambilan minyak yang terkandung dalam limbah soda api cukup baik. Hal ini terlihat adanya perbedaan yang nyata antara kandungan minyak sebelum *treatment* dan setelah *treatment*.
3. TDS/TSS dan COD pada sampel *inlet* relatif lebih besar dibandingkan pada *outlet*.
4. Kandungan kation/anion baik untuk sampel *inlet* maupun *outlet* tidak banyak berbeda.
5. Hasil uji biodesulfurisasi menunjukkan bahwa bakteri *Pseudomonas* dan *Thiobacillus* menunjukkan kemampuan yang cukup tinggi dalam mendegradasi senyawa belerang.
6. Usaha untuk mencari media yang murah untuk kehidupan bakteri masih perlu dilanjutkan. Hasil sementara menunjukkan bahwa pada perbandingan antara media dengan sampel sebesar 1:10, proses desulfurisasi tidak berlangsung secara nyata. Perbandingan media dengan sampel sebesar (1:3) dan (1:5)

memberikan indikasi harapan yang menjanjikan.

B. Saran

Studi ini masih perlu dilanjutkan untuk menentukan kondisi operasi yang optimal dan media yang cocok serta murah untuk proses biodegradasi limbah soda api.

KEPUSTAKAAN

1. Cheremisinoff, N. P., 1996, *Biotechnology for waste and waste water treatment*, Noyes Publications Westwood, New York, USA.
2. Daumas, S. Massiani, Y. Crousier, 1988, *Microbiological Battery Induced by Sulphate Reducing Bacteria*, Corrosion Science, Vol. 28, No 11.
3. Hadi, N., 1996, Pengaruh Belerang Terhadap Pelapis di Kilang Minyak, Lembaran Publikasi Lemigas, Jakarta. No 1.
4. Hallberg, K.B. and Borje, E., 1994, *Characterization of Thiobacillus caldus sp. nov., a moderate Thermophilic acidophile*, Microbiology J., vol. 140.
5. Pelczar, M.J and E.C.S. Chan, 1986, *Elements of Microbiology*, Mc Graw-Hill Book Company, New York.
6. Shaheen, E. L., 1992, *Technology of Environmental Pollution Control*, Pennivell Books Pub. Camp., Tulsa.
7. Udiharto, M., 1997, Desulfurisasi Minyak Bumi dan Medium oleh *Thiobacillus thioporus*, Proceeding Temu Karya Pengolahan, Jakarta. □