

## IDENTIFIKASI BAKTERI PEREDUKSI SULFAT DALAM AIR PENDINGIN SEKUNDER RSG-GAS

Itjeu Karlina  
Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir

### ABSTRAK

**IDENTIFIKASI BAKTERI PEREDUKSI SULFAT DALAM AIR PENDINGIN SEKUNDER RSG-GAS.** Telah dilakukan identifikasi bakteri pereduksi sulfat (SRB-sulfate reducing bacteria) dalam air pendingin sekunder RSG-GAS dengan metoda isolasi secara mikrobiologi. Air pendingin sekunder berfungsi untuk menerima buangan panas dari air pendingin primer kemudian dilepaskan ke atmosfer. Dengan adanya bakteri dalam air pendingin akan menyebabkan pertumbuhan koloni kemudian membesar sehingga terjadi biokorosi terhadap komponen metal didalam sistem pendingin sehingga mengakibatkan sistem pertukaran panas menjadi terganggu. Identifikasi karakteristik bakteri yang terkandung dalam air sistem pendingin sekunder RSG-GAS berdasarkan morfologi sel, ciri biakan dan sifat fisiologinya serta jumlah koloni dihitung menurut total plate count. Sampling air dilakukan pada beberapa tempat antara lain (1)-sebelum penukar panas (HE),(2) setelah HE, (3) air kucuran ke kolam, dan (4) air kolam. Berdasarkan hasil isolasi telah teridentifikasi adanya spesies bakteri pereduksi sulfat dari spesies *desulfococcus multivorans* dan *desulfobacter curvatus*. Keduanya diketahui masing-masing pada lokasi (1) mengandung  $43 \times 10^3$  cfu/ml, lokasi (2)  $30 \times 10^3$  cfu/ml, lokasi (3)  $49 \times 10^2$  cfu/ml, dan lokasi (4)  $21 \times 10^2$  cfu/ml. Dari karakteristik hasil identifikasi ternyata sampel (1) identik dengan sampel (2) dari spesies *desulfococcus multivorans* sedangkan sampel (3) identik dengan sampel (4) dari spesies *desulfobacter curvatus*. Pengendalian kualitas air sistem pendingin sekunder ternyata masih belum optimal karena masih teridentifikasi adanya bakteri pereduksi sulfat. Sistem filtrasi air pendingin belum memadai untuk menahan bakteri berukuran 0.5 mikron.

Kata kunci : Air pendingin reaktor, bakteri pereduksi sulfat

### ABSTRACT

**THE IDENTIFICATION OF SULFATE REDUCING BACTERIA IN THE SECONDARY WATER COOLING SYSTEM OF RSG-GAS.** The identification of Sulfate Reducing Bacteria (SRB) within secondary water cooling system at RSG-GAS has been done by microbiology method. Secondary water-cooling has useful to absorb heat rejection from the primary water cooling and then discharged them to the atmosphere. The existence of bacteria in the cooling water will affect biocorrosion to the metal components and influenced to the heat exchanger performance. The identification of bacteria affected to the biocorrosion in the secondary water cooling system at RSG-GAS. Water sampling attended by follows: (1)-before heat exchanger (HE),(2)- after HE, (3)- waterfall to pool and (4)-water pool According to identification process has been found characteristic bacteria from species *desulfococcus multivorans* and *desulfobacter curvatus* which containing of  $43 \times 10^3$  cfu/ml at location 1,  $30 \times 10^3$  cfu/m at location 2,  $49 \times 10^2$  cfu/ml at location 3 and  $21 \times 10^2$  cfu/ml at location 4, respectively. Species bacteria at location 1 is same as at location 2 and species bacteria at location 3 is same as bacteria at location 4. The controlling of water quality system in the secondary water cooling pool toward the 0.5 micro size of bacteria shown that the filtration system is less to prevent them

Keywords: Secondary cooling water, sulfate reducing bacteria

### PENDAHULUAN

Telah diketahui lebih dari 99% bakteri hidup pada komunitas biofilm yang dapat pula menyebabkan masalah seperti mengkorosi pipa logam, menyumbat filter air, menurunkan kapasitas

pertukaran panas, menyebabkan penolakan implan medis serta menyebabkan kontaminasi pada air.<sup>(1)(2)</sup> Keberadaan sel mikrobiologi pada permukaan logam dengan aktifitas metabolisme dapat menyebabkan mikrobiologi mempengaruhi korosi atau biokorosi. Hasil biokorosi menimbulkan lubang, retakan

korosi, retakan korosi karena tekanan, korosi dibawah endapan. Salah satu mikroorganisme yang dapat menyebabkan biokorosi adalah bakteri pereduksi sulfat. Bakteri pereduksi sulfat mempengaruhi media logamnya melalui dua hal, yaitu pembentukan biofilm dipermukaan logam dan penghasil  $H_2S$ . Bakteri pereduksi sulfat yang luas tersebar adalah *desulfovibrio desulfuricans*. Mikroorganisme ini ditemukan hampir disetiap lumpur, sungai dan kolam serta dapat pula ditemukan di air pendingin. Hidrogen sulfida yang dihasilkan oleh organisme ini dapat bereaksi langsung dengan logam. Mekanisme korosi spesifiknya belum diketahui secara pasti, namun beberapa faktor penyebab korosi telah diidentifikasi, salah satunya adalah faktor lingkungan dan keberadaan bakteri tertentu dalam media pembawa. Sistem pendingin sekunder RSG-GAS (Gambar1) berfungsi untuk menyalurkan panas yang ditransfer dari sistem pendingin primer melalui penukar panas. Peralatan sistem pendingin sebagian besar terbuat dari metal yang terendam dalam air secara terus menerus akan mengalami perubahan fisik secara mikroskopis karena pengaruh mikroba berupa jamur, ganggang dan bakteri.

Dalam makalah ini dijelaskan tentang bakteri pereduksi sulfat yang diidentifikasi dalam air pendingin sekunder di RSG-GAS. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui kandungan bakteri pereduksi sulfat dalam air pendingin sekunder dengan cara analisis mikrobiologi/media kultur yang dibandingkan dengan standar bakteri.

Secara ilmiah penelitian ini dapat memberikan informasi tentang karakteristik bakteri dari jenis bakteri pereduksi sulfat sehingga dapat dilakukan tindaklanjut dalam hal perawatan komponen dilingkungan sistem pendingin sekunder reaktor dan dapat dimanfaatkan untuk mengoptimalkan penggunaan konstruksi berbahan dasar logam sesuai dengan perkiraan waktu pakainya.

## TINJAUAN TEORI

Organisme mikroba dalam sistem air pendingin terbagi menjadi tiga kelompok yaitu jamur, ganggang dan bakteri. Bakteri menyebabkan timbulnya korosi, jamur menyebabkan kerusakan pada *lumber* menara pendingin sedangkan ganggang merubah mikroskopis instalasi menjadi warna klorofil. Warna ganggang berkisar dari tidak berwarna kemudian hijau lalu biru atau merah, letaknya dapat terapung atau melekatkan dirinya pada permukaan masa.

Bakteri pereduksi sulfat mempengaruhi proses korosi karena memiliki kemampuan untuk membentuk biofilm pada permukaan logam dan melepaskan hidrogen sulfida yang dapat bereaksi dengan logam.<sup>(1,2)</sup> Keberadaan bakteri ini sangat

bergantung pada kondisi lingkungan seperti pH, suhu, kadar oksigen terlarut dan garam-garam mineral. Bakteri ini termasuk kelompok pengganggu yang menimbulkan perubahan warna dan kerusakan material. Dalam kondisi anaerobik dimana kadar oksigen sangat minim masih mampu memproduksi sulfur dan gas hidrogen sulfida yang memicu korosi elektrolisis pada permukaan logam. Bersamaan dengan itu organisme biofilm berada dalam lokasi yang sama mendorong korosi dengan memproduksi asam-asam amino/asam organik. Senyawa sulfur yang dibebaskan dalam reduksi sulfat akan kembali dioksidasi menjadi sulfat oleh bakteri yang lain. Beberapa bakteri yang berperan dalam biokorosi antara lain : bakteri pereduksi sulfat (*desulfovibrio*, *desulfotomaculum*, *desulfobacter*), bakteri pengoksidasi sulfur (*thiobacillus*), bakteri sulfur tak berwarna (*beggiatoa*, *thiothrix*), bakteri fotosintetik pengoksidasi sulfur ungu dan hijau (*chlorobium*, *chromatium*).

Bagian lain dari pemicu biokorosi adalah biofilm. Biofilm adalah sekelompok mikroorganisme yang melekat pada permukaan padat dalam lingkungan air. Biofilm tahan terhadap anti mikroba, temperatur, pH maupun laju aliran air dan terbentuk cepat dalam sistem air mengalir dimana suplai nutrisi tersedia secara teratur.

Teknik identifikasi bakteri pereduksi sulfat saat ini terbagi dua bagian besar, yaitu menggunakan kultur media dan cara langsung enzim yang terkandung didalam bakteri tersebut. Pada teknik kultur media, sampel diinokulasi kedalam media yang kaya akan karbon. Jika terkandung bakteri pereduksi sulfat maka bakteri akan mereduksi sulfat dalam media menjadi sulfida yang akan bereaksi dengan besi yang terendam dalam air membentuk besi sulfida berwarna hitam. Penghitaman media memerlukan waktu 28 hari memberikan tanda-tanda adanya bakteri pereduksi sulfat (SRB-*Sulfate Reducing Bacteria*). Hal yang sama dilakukan pada medium padat yang disebut *Agar deeps* menggunakan  $Na_2SO_3$  sebagai reduktor. Pada teknik media padat, sampel diinokulasi, dideoksigenasi, lalu ditutup, kemudian diinkubasi selama 5 hari dan diamati adanya tanda penghitaman. Tidak seperti pada teknik kultur media, maka cara langsung menggunakan kit yang diukur adalah konstituen didalamnya antara lain enzim APS (adenosin 5'fosfat sulfat reduktase). Pada test kit ini digunakan antibodi murni untuk mendeteksi APS reduktase. Antibodi yang ditempelkan pada partikel kecil secara selektif menangkap enzim APS reduktase. Partikel tersebut bersama dengan enzim yang tertangkap diisolasi dalam membran berpori yang membentuk lapisan reaktif. Lapisan ini akan berubah warna menjadi biru dengan adanya kromagen, yang mengindikasikan adanya enzim APS reduktase. Warna biru lebih gelap menunjukkan jumlah SRB

makin tinggi. Standar pereaksi test dikalibrasi terhadap jumlah SRB dengan variasi tingkat warna biru.

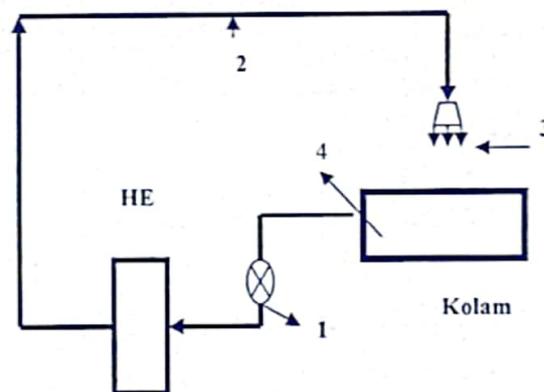
## METODOLOGI

Metodologi yang dilakukan dalam identifikasi bakteri pereduksi sulfat yang terkandung dalam air sistem pendingin sekunder RSG-GAS berdasarkan analisis kultur media terhadap morfologi sel, ciri biakan dan sifat fisiologinya serta jumlah koloni dihitung menurut *total plate count*.

## TATA KERJA

Dalam penelitian identifikasi bakteri pereduksi sulfat digunakan cara isolasi mikrobiologi dari

kultur media dengan mengidentifikasi sifat-sifat khas bakteri terhadap morfologi sel, ciri biakan dan fisiologi untuk bakteri pereduksi sulfat. Pengambilan sampel air (Gambar 1) dilakukan pada empat titik yaitu (1) sebelum HE, (2) setelah HE, (3) air kucuran ke kolam, (4) air kolam. Sampel air dikemas dalam botol sampel yang telah disterilkan berkapasitas 600 ml sambil diperiksa pH-nya. Sampel diinokulasi dalam media sulfat API, dan diinkubasi. Hasil pertumbuhan dalam media kemudian diperiksa morfologi sel : pengecatan Gram, motilitas, bentuk, reaksi biokimia dan sifat-sifat fisiologi. Pengerjaan identifikasi dilakukan di laboratorium mikrobiologi, Institut Teknologi Bandung dengan menggunakan prosedur *Bergey's manual of determinative bacteriology*<sup>(3,4,5)</sup>



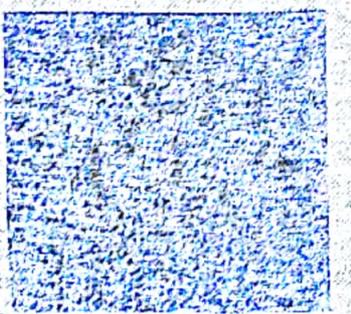
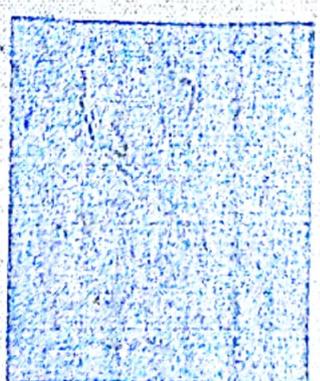
Gambar 1. Lokasi Sampling Air Sistem Pendingin Sekunder di RSG-GAS  
Keterangan: 1- sebelum HE, 2- setelah HE, 3- air kucuran ke kolam, 4 – air kolam

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil isolasi dan identifikasi telah diperoleh dua macam spesies bakteri dari bakteri pereduksi sulfat sebagaimana tertera dalam Tabel 1. Keberadaan kedua bakteri pada lokasi 1 ternyata identik dengan sampel air pada lokasi 2 yaitu *desulfococcus multivoran*. Sedangkan pada lokasi 3 identik dengan spesies bakteri pada sampel air di lokasi 4 yaitu *desulfobacter curvatus*. Karakteristik bakteri pereduksi sulfat yang teridentifikasi menunjukkan mampu menghasilkan gas hidrogen sulfida. Kandungan sulfur selanjutnya akan bereaksi dengan logam sekitar membentuk logam sulfida yang ditunjukkan oleh koloni berwarna krem sampai

krem kecoklatan. Kemampuan anti bakteri dalam membunuh bakteri, salah satu diindikasikan dengan komposisi senyawa anti bakteri menembus dinding sel bakteri kemudian merusak jaringan polisakarida pembentuk inti sel. Pembersihan air pendingin secara ekstrim dapat dilewatkan bakteri filter semi permeabel 0.22 mikron tetapi membutuhkan biaya yang besar untuk menyaring ribuan liter air kolam atau pemakaian filter anaerobik merupakan salah satu alternatif penekanan cemaran bakteri dalam air pasokan. Sistem ini berdasarkan besar kecilnya partikel yang menyediakan area permukaan untuk pembentukan. Bentuk visual bakteri *desulfococcus multivoran* dan *desulfobacter curvatus* dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3

Tabel 1. Hasil identifikasi sampel air pendingin sekunder RSG-GAS

Kode Lokasi	Karakter Isolat Dominan	Total Plate Count (cfu/ml)	Hasil Identifikasi
1	Koloni : <i>circular, entire, convex</i> , warna krem, translucent	$43 \times 10^3$	
	Sel berbentuk: bulat, Gram: negatif, tidak menghasilkan endospora Uji motilitas: nonmotil		<i>Desulfococcus multivoran</i>
	Produksi H <sub>2</sub> S: positif Produksi katalase: negatif Hidrolisis lemak: positif Fermentasi glukosa: positif Fermentasi sukrosa: positif Fermentasi laktosa: negatif Fermentasi inositol: positif Reduksi nitrat: positif		<i>Desulfococcus multivoran</i>
2	Identik dengan lokasi 1	$30 \times 10^3$	<i>Desulfococcus multivoran</i>
3	Koloni: <i>circular, entire, pulvinate</i> , mengkilat basah, translucent, warna krem kecoklatan, undulate, flat, transparent, tengah menonjol, unpigmented,	$49 \times 10^2$	<i>Desulfobacter curvatus</i>
	Sel berbentuk : batang, agak bengkok Gram: negatif, tidak menghasilkan endospora. Uji motilitas: nonmotil		
	Produksi H <sub>2</sub> S: positif Hidrolisis lemak: negatif Fermentasi glukosa: positif Fermentasi laktosa: positif Fermentasi inositol: negatif Reduksi nitrat: positif Katalase: negatif Laktat: positif Asetat: positif Benzoat: negatif		
4	Identik dengan lokasi 3	$21 \times 10^2$	<i>Desulfobacter curvatus</i>
 <p>Gambar 2. <i>Desulfococcus multivoran</i></p>		 <p>Gambar 3. <i>Desulfobacter curvatus</i></p>	

## KESIMPULAN

Karakteristik bakteri pereduksi sulfat dalam air sistem pendingin sekunder RSG-GAS ternyata masih mengandung *desulfococcus multivoran* di lokasi 1 dan 2 sedangkan *desulfobacter curvatus* di lokasi 3 dan 4. Keberadaan bakteri sulit dihindari meskipun telah dilakukan pengendalian kualitas air reaktor secara rutin. Proses perlakuan air pasokan selama ini tidak menjamin air kolam bebas bakteri pereduksi sulfat karena sulit menahan bakteri yang berukuran 0.5 mikron terakumulasi bersama aliran air, kecuali memakai filter bakteri semi permeabel berukuran 0.22 mikron.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Sumijanto selaku Ketua Kelompok Kimia Air, dan Ibu Diah serta Bapak Budi yang telah membantu dalam pengambilan sampel air sistem pendingin sekunder, RSG-GAS.

## DAFTAR PUSTAKA

1. ELIZABETH.A.KARR, W.MATHEW SATTLELEY; *Diversity and Distribution of Sulfate Reducing Bacteria in Permanently Frozen Lake Fryxell, McMurdo Dry Valleys, Antarctica*, Appl. Environm.Microbiol, Vol.71, No.10 pp.6353-6359, 2005.
2. MARSHALL, K.C; *Biofilms: An Overview of Bacterial Adhesion, Activity and Control at Surfaces*, American Society for Microbiology News. Vol.58: pp.2203-205, 1992.
3. J.G.CAPPUCINO, N.SHERMAN; *Microbiology: A Laboratory Manual, 2<sup>nd</sup> ed*, Benjamin/ Cumming Publ.Co,Inc,USA, 1987.
4. R.E.BUCHANAN, F.GIBBONS; *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, 8<sup>th</sup> ed*, The William & Wilkin Co,Inc,USA, 1974.
5. J.G.HOLT, N.R.KRIEG, P.H.A. SNEATH, J.T.STALEY; *Bergey's Manual of Determinative*

*Bacteriology, 9<sup>th</sup> ed*, The William & Wilkins Co,Inc,USA,1994.

## DISKUSI

Penanya : Yayan Tahyan-PRR

### Pertanyaan :

- Treatmen apa yang dilakukan jika jumlah bakteri pereduksi sulfur melebihi nilai ambang batas ? ( $10^6$  Cfu/ml)
- Kenapa yang dilihat hanya bakteri, padahal dalam air itu selalu ada jamur dan bakteri ?

### Jawaban :

- Kalau melampaui batas yang diperbolehkan, maka perlu dilakukan tindakan yang tepat oleh para pejabat pengambil keputusan.  
(biasanya yang dilakukan adalah pengurasan/ pembersihan/pengeringan air kolam atau pemakaian filter anaerobik dalam pasokan)
- Dalam air pendingin terdapat bakteri, jamur dan ganggang. Untuk jamur dan ganggang telah kami analisa hasilnya adalah :

Jamur : ++

Ganggang : ++

Penanya : Makmuri

### Pertanyaan :

- Dimana titik pengambilan sampel 1 & 2

### Jawaban :

- (Lihat Gambar 1)

Sampel 1 : sebelum HE

Sampel 2 : setelah HE

Sampel 3 : ujung pipa ke kolam (air masuk ke kolam)

Sampel 4 : air kolam