

PENGARUH PENAMBAHAN BIOSIDA PENGOKSIDASI TERHADAP KANDUNGAN KLORIN UNTUK PENGENDALIAN PERTUMBUHAN MIKROORGANISME PADA AIR PENDINGIN SEKUNDER RSG-GAS

DIYAH ERLINA LESTARI, SETYO BUDI UTOMO, SUNARKO, VIRKYANOV

Pusat Reaktor Serba Guna-BATAN

Kawasan Puspitek Serpong, Tangerang 15310, Banten

Telp. 021.7560908, Faks. 7560573

Abstrak

PENGARUH PENAMBAHAN BIOSIDA PENGOKSIDASI TERHADAP KANDUNGAN KLORIN UNTUK PENGENDALIAN PERTUMBUHAN MIKROORGANISME PADA AIR PENDINGIN SEKUNDER RSG-GAS. Pertumbuhan Mikroorganisme merupakan salah satu permasalahan yang timbul pada sistem air pendingin resirkulasi terbuka. Untuk mengatasi permasalahan tersebut pada sistem pendingin sekunder RSG-GAS ditambahkan bahan kimia biosida pengoksidasi. Bahan kimia ini akan merusak sel mikroorganisme dengan daya oksidasinya, sehingga mengakibatkan kematian mikroorganisme. Untuk mengetahui pengaruh penambahan biosida pengoksidasi dilakukan pengukuran kandungan klorin dalam air pendingin sekunder sebelum dan sesudah penambahan biosida pengoksidasi. Pengukuran kandungan klorin dilakukan dengan metode DPD (*N,N-dietil-p-fenilendiamin*). Dari hasil pengukuran menunjukkan bahwa kandungan klorin dalam air pendingin sekunder meningkat setelah penambahan biosida pengoksidasi, tetapi kemudian turun sebagai indikasi adanya klorin yang bereaksi dengan mikroorganisme dan secara aktif menghilangkan mikroorganisme tersebut.

Kata kunci: biosida pengoksidasi, klorin, mikroorganisme

Abstract

ADDITIONAL EFFECT OF OXIDIZING BIOXIDES TO CHLORINE CONTENTS FOR GROWTH CONTROL OF MICROOGANISM AT SECONDARY COOLING WATER IN RSG-GAS. The growth of microorganism constitute is one of the various existing problems in the open recirculation cooling water system. To conquer this problems, it is necessary to add oxidizing biocides chemical into secondary cooling system of RSG-GAS. This chemicals addition will destroy the microorganism cell through oxidizing reaction, and than to stop their life. To recognize the effect the oxidizing biocides growth , the measurement of chlorine contents in secondary cooling water after and before addition of the oxidizing biocides has been carried out using DPD (*N,N-diethyl-p-phenilendiamine*) methode. The measurement result shown that chlorine contents in secondary cooling water increase after oxidizing biocides addition , and than decrease by the reaction of chlorine with microorganism consequently.

Keywords: oxidizing biocides, chlorine, microorganism

PENDAHULUAN

Sistem pendingin sekunder adalah tempat pembuangan panas yang terakhir dari reaktor. Panas yang terbentuk pada sistem pendingin primer dipindahkan ke sistem sekunder melalui alat penukar panas dan akhirnya dibuang ke

atmosfir melalui menara pendingin. Sistem Pendingin sekunder Reaktor Serba Guna G.A Siwabessy (RSG-GAS) merupakan sistem air pendingin resirkulasi terbuka. Salah satu permasalahan yang timbul pada sistem air pendingin resirkulasi terbuka adalah pertumbuhan mikroorganisme. Keberadaan

mikroorganisme dalam air serta dalam jaringan pipa distribusi akan menimbulkan lendir yang merupakan sekresi dari mikroorganisme. Lendir ini akan mengikat padatan yang tersuspensi dan terakumulasi pada persimpangan pipa distribusi sehingga akan mengurangi debit air dalam sistem pendingin. Disamping itu adanya mikroorganisme dengan tingkat kelektutan yang tinggi pada pipa akan menimbulkan korosi dan kerak pada pipa sistem pendingin Hal ini akan mempengaruhi kinerja sistem pendingin sekunder Reaktor Serba Guna G.A Siwabessy.

Di RSG-GAS untuk mengendalikan pertumbuhan mikroorganisme dilakukan dengan penambahan inhibitor biosida pengoksidasi dan biosida bukan pengoksidasi. Biosida pengoksidasi yang digunakan adalah mengandung klorin (*natrium hypochloride* (NaOCl), yang akan bekerja secara langsung membunuh mikroorganisme sedangkan komposisi *non-biosida pengoksidasi* adalah *5-Chloro-2-Methyl-4-Isothiazolin-3-One* dan *2-Methyl-4-Isothiazolin-3-One* yang berperan menekan pertumbuhan mikroorganisme dalam sistem pendingin sekunder^[1]. Klorin merupakan oksidator kuat yang akan membunuh bakteri secara langsung. Klorin merupakan zat aktif yang mampu menghilangkan mikroorganisme dalam air melalui reaksi klorinasi. Penambahan biosida pengoksidasi pada sistem pendingin sekunder dilakukan dua hari sekali pada saat sistem pendingin sekunder beroperasi. Untuk mengetahui pengaruh penambahan inhibitor biosida pengoksidasi maka dilakukan analisis kandungan klorin sebelum dan setelah penambahan inhibitor biosida pengoksidasi. Penentuan kandungan klorin dalam air pendingin sekunder ditentukan dengan metode DPD (N,N-dietil-p-fenilendiamin) dan menggunakan Spektrophotometer DR/2400 merk Hach .

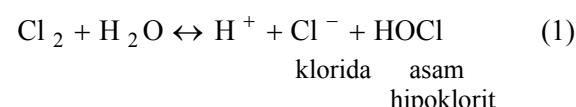
TEORI

Biosida pengoksidasi merupakan bahan kimia bersifat oksidator yang berfungsi untuk menghilangkan pertumbuhan mikroorganisme. Bahan kimia ini akan membunuh mikroorganisme dengan daya oksidasinya^[2,3] Sebagai bahan kimia yang biasa digunakan sebagai biosida pengoksidasi adalah senyawa klor atau klorin hal ini disebabkan oleh klorin merupakan bahan kimia yang murah dan

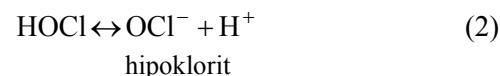
disamping itu masih mempunyai daya desinfeksi sampai beberapa jam setelah penambahannya.

Senyawa klor atau klorin yang berfungsi sebagai biosida pengoksidasi dapat berasal dari gas Cl₂, atau dari garam-garam NaOCl dan Ca(OCl)₂ (kaporit)^[2,4,5].

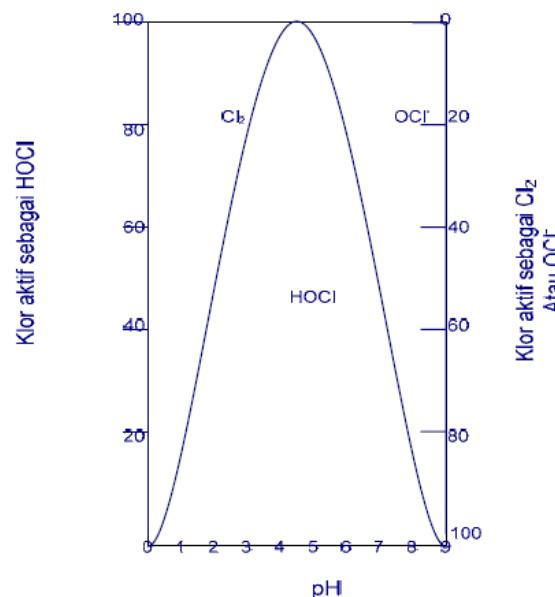
Jika klor sebagai gas Cl₂ dilarutkan dalam air, maka akan terjadi reaksi hidrolisa yang cepat, sebagai berikut:



Asam hipoklorit akan terurai sesuai reaksi berikut:



Ion klorida (Cl⁻) merupakan ion yang tidak aktif , sedangkan Cl₂, HOCl, dan OCl⁻ dianggap sebagai bahan yang aktif. Asam hipoklorit (HOCl) yang tidak terurai adalah zat pembasmi yang paling efisien bagi bakteri. Kesetimbangan antara molekul dan ion ini dijelaskan pada grafik berikut,

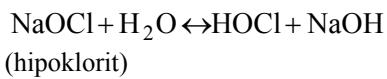
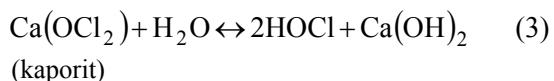


Gambar 1. Kesetimbangan Antara Cl₂, HOCl, dan OCl⁻ dan Hubungannya dengan Nilai pH
Pada T=25°C^[4]

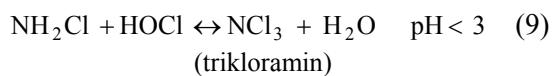
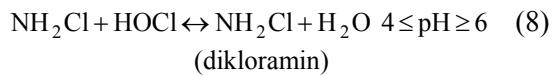
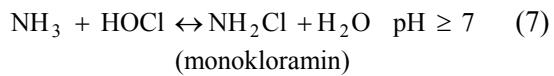
Dari Gambar 1, terlihat bahwa proses desinfeksi lebih efisien pada suasana netral atau

bersifat asam lemah. Namun, tetap dianggap bahwa klor tersedia bebas yaitu $[Cl_2]$, $[OCl^-]$, dan $[HOCl]$.

Kaporit dan NaOCl akan bereaksi sama seperti Cl_2 yang dilarutkan dalam air, yaitu seperti reaksi berikut.



Zat amoniak (NH_3) dalam air akan bereaksi dengan klor atau asam hipoklorik dan membentuk monokloramin, dikloramin atau trikloramin tergantung dari pH, perbandingan konsentrasi pereaksi dan suhu. Reaksi-reaksi tersebut adalah sebagai berikut.



Bila pH larutan ≥ 7 , terbentuk monokloramin (reaksi 7), dan sekaligus sedikit dikloramin. Antara $4 \leq pH \leq 6$ akan terbentuk dikloramin (reaksi 8). Kloramin juga terbentuk sebagai hasil reaksi antara klor dan salah satu jenis aman organik (-NH₂) seperti protein.

Reaksi (7) berlangsung cepat sedangkan reaksi-reaksi lainnya agak lambat sehingga faktor waktu kontak menjadi penting. Semua klor yang tersedia dalam air sebagai kloramin disebut klor tersedia terikat, sedangkan Cl_2 , OCl^- dan $HOCl$ disebut klor tersedia bebas. Klor tersedia terikat juga mempunyai daya disinfeksi, walaupun tidak seefektif klor tersedia bebas.

Biosida pengoksidasi seperti klorin, hipoklorit, dan senyawa organoklorin lainnya, akan mematikan seluruh organisme dalam

sistem secara cepat, jika klorin bebas melakukan kontak langsung dengan organisme dengan cukup lama dan dengan dosis yang cukup kuat. Klorin juga mampu menjaga keefektifan kerjanya, karena klorin merupakan zat aktif yang mampu menghilangkan mikroorganisme dalam air melalui reaksi klorinasi.

Pengendalian Pertumbuhan Mikroorganisme pada Sistem Pendingin Sekunder RSG-GAS^[6]

Untuk mengendalikan pertumbuhan Mikroorganisme pada Sistem Pendingin Sekunder reaktor G.A Siwabessy digunakan bahan kimia inhibitor biosida pengoksidasi dan biosida bukan pengoksidasi. Biosida pengoksidasi yang digunakan adalah *natrium hypochloride* (NaOCl), yang akan bekerja secara langsung membunuh mikroorganisme sedangkan komposisi biosida bukan pengoksidasi adalah *5-Chloro-2-Methyl-4-Isothiazolin-3-One* dan *2-Methyl-4-Isothiazolin-3-One* yang berperan menekan pertumbuhan mikroorganisme^[1]. Disamping itu ditambahkan *biodispersant* yang digunakan untuk membersihkan bakteri yang telah mati.

Penambahan inhibitor biosida pengoksidasi dilakukan dua hari sekali sedangkan penambahan inhibitor biosida bukan pengoksidasi dilakukan pada awal dan akhir pengoperasian sistem pendingin sekunder. Sebagai parameter kontrol penambahan inhibitor biosida pengoksidasi dilakukan pengukuran kandungan klorine dalam air pendingin sekunder.

Adanya mikroorganisme pada sistem pendingin sekunder dapat dilihat pada penentuan total bakterinya dengan menggunakan *dipslide test*. Jika total bakterinya kurang dari 10^3 bakteri/ml maka pada sistem pendingin sekunder frekuensi tumbuhnya mikroorganisme/lumut rendah, jika total bakteri besar dari 10^6 bakteri/ml akan mempercepat tumbuhnya mikroorganisme/lumut.

METODE

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air pendingin sekunder sebelum dan sesudah penambahan inhibitor

biosida pengoksidasi, *Hach Permache* *reagents DPD Free Chlorine Reagent For 25 mL* (Cat 14070-99), *Hach Permache* *reagents DPD Total Chlorine Reagent For 25 mL* (Cat 14064-99), dan tisu

Alat

Alat yang diunakan adalah Spektrophotometer DR/2400 merk Hach, eelenmeyer 500 mL, dan Erlenmeyer 50 mL

Cara Kerja

Penentuan Kandungan Klorin Aktif^[7]

1. Dicantumkan nomor program untuk Chlorine, yaitu program 80 Chlor F&T
2. Diisi *sample cell* dengan 25 mL larutan cuplikan sebagai blanko
3. Diisi 25 mL larutan cuplikan ke dalam *sample cell* yang lain kemudian ditambahkan sebuah DPD Total Chlorine Powder Pillow
4. Dilakukan pengocokan hingga warna larutan berubah dari bening menjadi merah muda dan ditunggu hingga 3 menit
5. Dimasukkan blanko ke dalam *cell holder* dan ditutup penahannya
6. Kemudian ditekan tombol ZERO hingga menunjukkan WAIT yang kemudian menunjukkan 0 mg/L Cl₂
7. Setelah 0 mg/L tertampil kemudian blanko dikeluarkan dari *cell holder* dan diganti dengan *sample cell* larutan cuplikan. Ditekan tombol READ/ENTER hingga menunjukkan WAIT yang kemudian akan menunjukkan mg/L Cl₂ dari larutan cuplikan
8. Dicatat hasil pengukuran sebagai data pengamatan

Penentuan Kandungan Klorin bebas^[7]:

1. Dicantumkan nomor program untuk Chlorine yaitu program 88 Chlor F&T

2. Diisi *sample cell* dengan 25 mL larutan cuplikan sebagai blanko
3. Diisi 25 mL larutan cuplikan ke dalam *sample cell* yang lain kemudian ditambahkan sebuah DPD Free Chlorine Powder Pillow.
4. Dilakukan pengocokan hingga warna lautan berubah dari bening menjadi merah muda
5. Dimasukkan blanko ke dalam *cell holder* dan ditutup penahannya
6. Kemudian ditekan tombol ZERO hingga menunjukkan WAIT yang kemudian menunjukkan 0 mg/L Cl₂
7. Setelah 0 mg/L tertampil kemudian blanko dikeluarkan dari *cell holder* dan diganti dengan *sample cell* larutan cuplikan. Ditekan tombol READ/ENTER hingga menunjukkan WAIT yang kemudian akan menunjukkan mg/L Cl₂ dari larutan cuplikan
8. Dicatat hasil pengukuran sebagai data pengamatan

HASIL DAN PEMBAHASAN

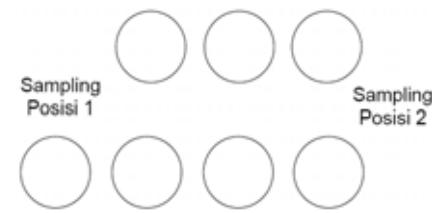
Hasil pengukuran kandungan klorin dalam air pendingin sekunder sebelum dan sesudah sistem pendingin dilakukan penambahan inhibitor biosida pengoksidasi ditampilkan pada Tabel 1 dan Gambar 4. Kandungan klorin yang ditentukan meliputi kandungan klorin aktif, klorine tersedia bebas dan klorin terikat. Klorin aktif merupakan sejumlah klorin yang tersedia untuk membasi mikroorganisme yang mungkin hadir dalam air pendingin setelah selang waktu tertentu setelah penambahan. Klorin aktif adalah semua bentuk klorin yang terdapat dalam sistem, yaitu klorin tersedia bebas dan klorin tersedia terikat, seperti monokloramin, dikloramin, trikloramin. Klorin bebas berasal dari OCl⁻ dan HOCl .

Tabel 1. Hasil Pengukuran Kandungan Klorin Dalam Air Pendingin Sekunder Sebelum dan Sesudah Sistem Pendingin Ditambah Inhibitor Biosida Pengoksidasi

Waktu (hari)	Klorin Aktif (ppm)	Klorin Bebas (ppm)	Klorin Terikat (ppm)	Keterangan
27-Jan-08	0.04	0.015	0.025	Sebelum penambahan biosida pengoksidasi
28-Jan-08	0.223	0.06	0.163	Penambahan biosida pengoksidasi
29-Jan-08	0.042	0.023	0.018	Sehari setelah penambahan biosida engoksidasi
30-Jan-08	0.033	0.015	0.017	Sebelum penambahan biosida pengoksidasi
1-Feb-08	0.146	0.022	0.123	Penambahan biosida pengoksidasi
3-Feb-08	0.048	0.019	0.029	Sebelum penambahan biosida pengoksidasi
4-Feb-08	0.141	0.032	0.109	Penambahan biosida pengoksidasi
5-Feb-08	0.05	0.027	0.023	Sehari setelah penambahan ioksidapengoksidasi
6-Feb-08	0.046	0.023	0.022	Dua hari setelah penambahan biosida pengoksidasi
7-Feb-08	0.042	0.022	0.02	Sebelum penambahan biosida pengoksidasi
8-Feb-08	0.182	0.034	0.148	Penambahan biosida pengoksidasi
10-Feb-08	0.04	0.012	0.028	Sebelum penambahan biosida pengoksidasi
11-Feb-08	0.201	0.04	0.161	Penambahan biosida pengoksidasi
12-Feb-08	0.074	0.024	0.05	Sehari setelah penambahan biosida pengoksidasi
17-Feb-08	0.071	0.018	0.053	Sebelum penambahan biosida pengoksidasi
18-Feb-08	0.211	0.036	0.175	Penambahan biosida pengoksidasi
19-Feb-08	0.077	0.023	0.054	Sebelum penambahan biosida pengoksidasi
20-Feb-08	0.177	0.038	0.139	Penambahan biosida pengoksidasi
21-Feb-08	0.07	0.032	0.038	Pengamatan setelah penambahan biosida pengoksidasi

Dari Tabel 1 terlihat bahwa penambahan biosida pengoksidasi dilakukan pada tanggal 28 januari, 1 februari, 4 februari, 8 februari, 11 februari, 18 februari, dan 20 februari 2008. Pada data tanggal 1 januari dan 4 januari 2008 kandungan klorin setelah penambahan biosida pengoksidasi lebih kecil dibandingkan dengan data yang lain, hal ini disebabkan oleh penambahan biosida pengoksidasi dilakukan di titik berbeda, sedangkan pengambilan sampel dilakukan di tempat yang sama. Denah pengambilan sampel dan tempat penambahan biosida pengoksidasi ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3.

Pada tanggal tanggal 1 dan 4 januari 2008 penambahan dilakukan di titik 2, artinya biosida pengoksidasi langsung dialirkan menuju pipa, sedangkan pengambilan sampel langsung di kolam. Pada data yang lain, penambahan biosida pengoksidasi dilakukan di titik 1 yaitu dilakukan di kolam, dan pengambilan sampel tetap di kolam, sehingga data analisis kadar klorin pada titik 1 lebih besar dibandingkan pada titik 2.



Gambar 2. Sistem Pendingin Sekunder (Tampak Atas)

Keterangan:

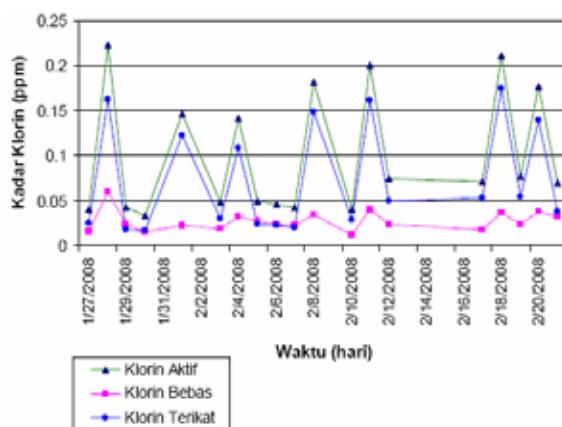
1 : Titik dekat kolam

2 : Titik dekat pipa

○ : Blower pada sistem sebanyak 7 buah (tampak atas)



Gambar 3. Sistem Pendingin Sekunder



Gambar 4. Grafik Kandungan Klorin Dalam Air Pendingin Sekunder Terhadap Waktu

Berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui bahwa setelah penambahan biosida pengoksidasi kandungan klorin dalam air pendingin sekunder baik dalam bentuk klorin aktif, klorin bebas maupun klorin terikat meningkat sangat tajam. Hal ini disebabkan oleh biosida pengoksidasi merupakan sumber klorin untuk membunuh mikroorganisme dalam sistem pendingin sekunder RSG-GAS. Kemudian menurun pada hari berikutnya. Ini mengindikasikan adanya klorin yang berikatan dengan mikroorganisme dan secara aktif menghilangkan mikroorganisme tersebut. Mekanismenya, karena daya oksidasinya penambahan klorin dalam air akan merusak struktur sel organisme, sehingga mikroorganisme akan mati. Namun demikian proses tersebut hanya akan berlangsung bila klorin mengalami kontak langsung dengan organisme tersebut dan dengan dosis yang cukup. Jika air mengandung lumpur, mikroorganisme dapat bersembunyi di dalam lumpur tersebut dan tidak dapat melakukan kontak dengan klorin. Klorin membutuhkan waktu untuk membunuh semua organisme

Biosida pengoksidasi dalam hal ini klorin, akan mematikan seluruh organisme dalam sistem secara cepat. Namun, biosida pengoksidasi juga bereaksi dengan kontaminan seperti NH₃, lignin, dan molekul organik lainnya dalam air. Hal ini akan mengakibatkan penurunan jumlah klorin yang tersedia sebagai efek biosida dan ketidakmampuan menghilangkan kotoran (lumpur) yang berasal dari senyawa organik serta tidak mampu menghilangkan mikroba.

Oleh karena itu biosida pengoksidasi membutuhkan pelengkap untuk meningkatkan keefektifan kerjanya, yang dapat diperoleh dari biosida bukan pengoksidasi. Biosida bukan pengoksidasi ini ditambahkan pula dalam sistem pendingin sekunder yang dapat mengurangi kotoran atau lumpur, menghambat pertumbuhan organisme yang ada di permukaan, dan mengontrol organisme dalam sistem yang terkontaminasi NH₃ dan senyawa pereduksi lainnya.

KESIMPULAN

Dari dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa setelah penambahan biosida pengoksidasi, kandungan klorin dalam air pendingin sekunder meningkat, kemudian menurun pada hari berikutnya yang mengindikasikan adanya klorin yang bereaksi dengan mikroorganisme dan secara aktif menghilangkan mikroorganisme tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

1. NALCO, "Material Safety Data Sheet, Product Nalco 2593", Ondeo Nalco Company
2. Anonimous, *Kurita Handbook of Water Treatment*, Cooling tower.
3. CHATTORAJ, MITA., STONECIPHER, DAVID., BORCHARDT, SCOTT., "Demand-Based, Real Time Control of Microbial Growth in Air-Conditioning Cooling Water Systems", Volume 109, Part 1, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, inc., USA 2003
4. ALAERTS, G., SANTIKA, SRI SUMESTRI, "Metode Penelitian Air", Usaha Nasional, Surabaya 1987
5. KEMMER, F.N, *The Nalco Water Handbook*, Mc.Grow Hill Book Company 1985.
6. DIYAH ERLINA LESTARI, "Kimia Air" Pelatihan Penyegaran Operator dan Supervisor Reaktor, Pusat Pendidikan dan Pelatihan Pusat Reaktor Serba Guna Batan, Serpong 2006
7. Anonimous ,HACH, 2002, "Standard Methods of Hach DR/2400", Hach Company, USA.