

## PENGAMATAN VISUAL PENGARUH CAMPURAN INHIBITOR, ANTI KERAK DAN ANTI MIKROBA PADA KOROSI BAJA KARBON

Geni Rina Sunaryo<sup>1</sup>, Sriyono<sup>1</sup>, Febrianto<sup>1</sup>, Suwoto<sup>1</sup>,  
Budi Utomo<sup>2</sup> dan Yusi Eko Yulianto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir (PTRKN) – BATAN, Kawasan PUSPIPTEK  
Gd. No. 80 Serpong, Tangerang Selatan 15310

e-mail : [genirina@batan.go.id](mailto:genirina@batan.go.id)

<sup>2</sup>Pusat Reaktor Serba Guna, Gdg. 30, Puspipstek Area, Serpong, Tangerang, 15310, INDONESIA.

### ABSTRAK

**PENGAMATAN VISUAL PENGARUH CAMPURAN INHIBITOR, ANTI KERAK DAN ANTI MIKROBA PADA KOROSI BAJA KARBON.** Telah dilakukan penelitian dengan tujuan untuk memahami pengaruh campuran inhibitor, anti kerak dan anti mikroba terhadap material baja karbon terhadap korosi secara pengamatan visual. Penelitian dilakukan dengan mencelupkan kupon SS 304 berbentuk silinder seperti disc yang dirakit horizontal dan vertikal untuk memahami korosi homogen, crevice, ke dalam kolam penampung air baku PUSPIPTEK dan menara pendingin RSG-GAS. Pengamatan awal secara visual dilakukan setelah durasi pencelupan 5 bulan dan dilaporkan pada penelitian ini. Setelah selesai pengamatan, kupon dicelup kembali untuk pengamatan durasi pencelupan 2 tahun. Selama durasi pencelupan 5 bulan, pH, konduktivitas dan beberapa parameter penting air dimonitor secara periodik. Hasil analisis air menunjukkan bahwa pH, konduktivitas dan Total Dissolved Solid (TDS) kolam menara pendingin lebih tinggi dari kolam penampung air PUSPIPTEK, sedangkan hasil pengamatan visual menunjukkan adanya endapan kuning hijau keabuan tipis terbentuk pada rangkaian kupon yang dicelup pada kolam menara pendingin air pendingin sekunder, sedangkan endapan kuning kemerahan terbentuk pada lempeng logam baja karbon yang direndam dalam kolam penampung air baku PUSPIPTEK. Berdasarkan hasil pengamatan ini dapat dipahami bahwa kualitas air sangat menentukan produk korosi yang terbentuk. Kupon yang dicelup didalam kolam penampung air baku PUSPIPTEK menunjukkan tingkat produk korosi yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang dicelup didalam kolam menara pendingin air pendingin sekunder RSG-GAS, masing-masing dengan nilai  $1,6 \pm 0,05$  mpy dan  $0,7 \pm 0,05$  mpy.

**Kata kunci:** korosi

### ABSTRACT

**VISUAL OBSERVATION ON THE EFFECT OF INHIBITOR, ANTI SCALE AND ANTI MICROBE ON CARBON STEEL CORROSION.** The experiment with the purpose for understanding the effect of inhibitor, anti scale and anti microbe on specific corrosion of carbon steel was done visually. The experiment was done by immersing cylindrical SS 304 coupon disc, which is assembled horizontally and vertically to understand the homogen, crevice and galvanic, into the PUSPIPTEK raw water basin and the cooling tower of RSG-GAS. The preliminary observation was done visually after immersing in duration of 5 months. After all finished, the coupon has been immersed back for the following observation after 2 years immersion. During those 5 months, pH, conductivity and Total Dissolved Solid (TDS) were analyzed periodically. From the water analyses result, it shows that the pH, conductivity and TDS in cooling tower is higher than in the raw water PUSPIPTEK basin. Based on the visual observation from the coupon it shows the green greysh yellow deposit was observed on the surface of coupons that has been exposed into the cooling tower, whereas reddish yellow deposit for coupons from the PUSPIPTEK raw water basin. From those results, it can be understood that the water quality is holding an important role on affecting the corrosion product. Coupons that has been exposed into the PUSPIPTEK raw water basin shows to have a higher corrosion rate than the one tha has been exposed in the cooling tower, with the value of  $1,6 \pm 0,05$  mpy and  $0,7 \pm 0,05$  mpy, respectively.

**Keyword:** corrosion

## 1. PENDAHULUAN

Reaktor Riset GA Siwabessy telah memasuki usia 23 tahun dan telah menunjukkan tanda-tanda penuaan termasuk pada sistim pendingin primer dan sekundernya<sup>[1-4]</sup>. Masalah ini telah menyebabkan berkurangnya efektivitas pengoperasian reaktor yang berujung pada pengurangan efisiensi utilitas. Diantara tanda-tanda penuaan yang sedang dihadapi adalah cepat jenuhnya sistim pembuatan air primer, deteorisasi tangki kolam, deteorisasi pompa sekunder dan penipisan pada sistem pemipaan pendingin sekunder<sup>[5]</sup>.

Serangkaian kegiatan yang disponsori oleh IAEA telah dilakukan dalam rangka mengidentifikasi masalah reaktor RSG-GAS sejak tahun 2003 hingga 2006<sup>[2, 5, 6-9]</sup>.

Hasil kegiatan tersebut telah membawa pada suatu kesimpulan akan pentingnya dilakukan penelitian dan pengembangan tentang penuaan guna mengatasi permasalahan yang sedang dihadapi.

Di dalam usaha mengimplementasikan hasil kegiatan tersebut di atas, salah satunya telah dilakukan penggantian sebagian pipa sekunder yang telah terdeterisasi guna mengoptimasi pengoperasian reaktor RSG-GAS dan juga rencana otomatisasi penyuntikkan bahan kimia. Tetapi, sejauh mana efektifitas otomatisasi tersebut juga masih perlu dievaluasi karena berhubungan dengan keandalan material pipa sekunder dan juga berkaitan dengan efisiensi dari aspek biaya. Adanya wacana mengoptimalkan pengoperasian reaktor RSG-GAS hingga lebih dari usia desain akan lebih memperkuat untuk lebih diprioritaskan dan ditingkatkan faktor keselamatannya. Salah satu faktor penting adalah memperbaiki dan meningkatkan manajemen kualitas kimia air pendingin sekunder<sup>[9-10]</sup> dimana ketidakmampuan sistim sekunder dalam menjalankan fungsinya akan membuat reaktor tidak beroperasi optimal bahkan dapat mengakibatkan gangguan.

Di dalam kegiatan riset Block Grant 2009 telah dimulai penelitian berkaitan dengan peningkatan sistim pengelolaan kualitas air pendingin sekunder reaktor RSG-GAS yang tujuannya mengarah pada saran perbaikan manajemen pengelolaan kualitas kimia air sekunder. Kegiatan tersebut meliputi pengukuran laju korosi, pengawasan korosi untuk sistim primer<sup>[9,10]</sup> dan sekunder, inspeksi ketebalan pipa<sup>[5]</sup> dan identifikasi mikroba. Hasil pengukuran laju korosi dengan memperhatikan hanya pengaruh inhibitor telah disajikan di seminar STTN Yogyakarta 2010<sup>[11, 12]</sup>, sedangkan hasil pengawasan korosi untuk sistim primer<sup>[9,10]</sup>, dan inspeksi ketebalan pipa sekunder telah dipresentasikan di seminar TKPFN 2010<sup>[5]</sup>. Pengaruh mikroba terhadap kontribusinya dalam proses bio korosi juga telah dipresentasikan pada seminar PTAPB-Yogyakarta pada bulan Juli 2011<sup>[13]</sup>

Tujuan penelitian ini adalah menjelaskan hasil pengamatan secara visual produk korosi yang terbentuk dari material baja karbon yang dilingkupi oleh air dengan kualitas yang berbeda, antara air baku PUSPIPTEK dan air pendingin sekunder reaktor riset RSG-GAS yang telah ditambahkan inhibitor, anti kerak dan anti mikroba, setelah durasi pencelupan selama 5 bulan. Kisaran konsentrasi inhibitor dan anti kerak adalah 60 ppm dan anti mikroba sekitar 20 ppm. Metodologi yang diterapkan dimulai dengan pembuatan atau penyiapan kupon, pencelupan, analisis kualitas air kolam penampung air PUSPIPTEK dan menara pendingin, dan pengamatan secara visual menggunakan camera.

## 2. METODOLOGI

### 2.1. Penyiapan Kupon Korosi dan Pencelupan

Rancangan kupon dapat dilihat pada makalah sebelumnya<sup>[9,10]</sup>. Material terdiri dari baja karbon dan SS 304. Model rangkaian diatur untuk jenis pengawasan korosi homogen, *crevice* dan galvanik. Pencelupan dilakukan dengan menggantung kupon tersebut dengan kawat baja ke dalam kolam penampung air baku PUSPIPTEK dan menara pendingin air pendingin sekunder RSG-GAS. Kedalaman pencelupan sekitar 1,5 m dibawah permukaan air.

### 2.2. Analisis pH, konduktivitas dan TDS

Tujuan dari analisis ini adalah untuk memahami seberapa efektif kerja masing-masing instalasi pengelolaan atau kontrol kualitas air pendingin. Nilai pH diukur dengan menggunakan pH metri, konduktivitas secara konduktivimetri dan *Total Dissolved Solid* (TDS) dengan menggunakan TDS-metri.

### 2.3. Pengamatan Visual

Pengamatan dilakukan setelah pencelupan 5 bulan. Sebelumnya kupon diambil dengan cara menarik kawat baja yang mengikatnya hingga keluar permukaan air. Setelah ditarik kemudian dilakukan pengamatan secara visual kasat mata dan camera, tanpa menceraikan rakitan kupon, karena proses pencelupan akan terus dilanjutkan hingga durasi 3 tahun. Dari pengamatan visual ini dapat diamati warna endapan yang terbentuk serta kuantitatif kasar. Dari perbedaan warna yang terbentuk dapat diprediksi adanya perbedaan jenis senyawa yang terbentuk, sebelum nantinya dilakukan uji kualitatif setelah pencelupan durasi 3 tahun.

## 3. HASIL PERCOBAAN

Hasil analisis pH, konduktivitas dan TDS dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Hasil analisis pH, konduktivitas dan TDS pada sistim sekunder.**

	Temp./C	pH	Konduktivitas	TDS
Kolam Penampung air PUSPIPTEK	28.30	6.50	146	73
Kolam Menara Pendingin	33.2	8.1	945	473

Dari Tabel 1 tersebut jelas terlihat adanya perbedaan temperatur air di kolam penampung air PUSPIPTEK dengan kolam menara pendingin dimana pada kolam menara pendingin temperaturnya lebih tinggi. Hal ini karena air yang masuk kedalam menara pendingin adalah air pendingin sekunder yang telah mengambil panas sisi primer sewaktu air dilalukan ke dalam alat penukar panas, yang kemudian disemprotkan dari atas kebawah menyerupai air hujan dengan tujuan pemindahkan panas air sekunder ke udara sekitar melalui butiran halus untuk proses pendinginan.

Nilai pH di kolam menara pendingin lebih bersifat basa dibandingkan dengan air di kolam penampung air puspipstek. Begitupula dengan konduktivitas dan TDS nya, dimana pada kolam menara pendingin lebih tinggi dari air di kolam penampung air PUSPIPTEK. Hal ini dikarenakan

adanya penambahan inhibitor, anti kerak dan anti mikroba kedalam kolam menara pendingin. Konduktivitas menunjukkan seberapa besar kation dan anion yang dikandung oleh air tersebut, dan sangat erat hubungannya dengan sifat ke elektrolitan suatu larutan. Besarnya TDS menunjukkan banyaknya partikel terlarut yang dikandung oleh suatu larutan, yang sangat erat hubungannya dengan kemungkinan terjadinya endapan. Dari hasil analisa kualitas air tersebut dapat diprediksi bahwa senyawa yang terbentuk dipermukaan kupon akan berbeda untuk kedua kolam tersebut.

Kupon yang sudah dicelup selama 5 bulan dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2, masing-masing untuk kupon yang dirakit vertikal dan horizontal.

Air pendingin sekunder reaktor RSG-GAS berasal dari air PUSPIPTEK yang mempunyai rentang pH antara 6 ~ 7, konduktivitas 140 ~ 150 mS/cm dan *Total Dissolved Solid* (TDS) 72 ~ 74. Air tersebut ditampung di dalam kolam penampungan dan didiamkan beberapa saat untuk mengendapkan partikel yang tidak larut dalam air. Selambar lempeng baja yang diberi lubang diaplikasikan untuk membantu sistim penyaringan partikel yang tidak terlarut.

Dari hasil pencelupan kupon korosi diamati bahwa ada produk senyawa yang terbentuk menyelimuti kupon dalam rangkaian homogen, *crevice* dan galvanik, yang telah dicelup di kedua kolam. Ketebalan produk senyawa yang terbentuk terlihat lebih tebal pada kupon yang dicelup di kolam penampung air PUSPIPTEK, dibandingkan dengan di kolam menara pendingin. Warna produk yang terbentuk antara kedua kupon berbeda untuk kedua lokasi pencelupan, dimana kuning kemerahan untuk kupon yang dicelup di kolam penampung air PUSPIPTEK, dan kuning bercampur hijau ke abu-abuan untuk yang di kolam menara pendingin.

Perbedaan warna tersebut disebabkan karena perbedaan kimia senyawa produk yang terbentuk. Hal ini dapat dipikirkan karena adanya perbedaan kualitas air, dimana pada kolam menara pendingin dilakukan penambahan inhibitor, anti kerak dan anti mikroba, sedangkan pada kolam penampung air PUSPIPTEK tidak, sehingga nilai konduktivitas dan TDS di kolam menara pendingin jauh lebih tinggi dibandingkan dengan di kolam penampung air PUSPIPTEK. Selain itu, secara kimia, perbedaan valensi unsur yang membentuk senyawa tersebut akan memberikan warna yang berbeda. Misalnya, senyawa oksida dari besi (II) dan besi (III), dimana oksida besi (II) akan berwarna kuning kemerahan dan besi (III) berwarna sedikit hijau. Diduga bahwa senyawa yang terbentuk di permukaan kupon horizontal hasil pencelupan di dalam kolam menara pendingin berasal dari bahan kimia yang ditambahkan kedalam air pendingin sekunder tersebut.

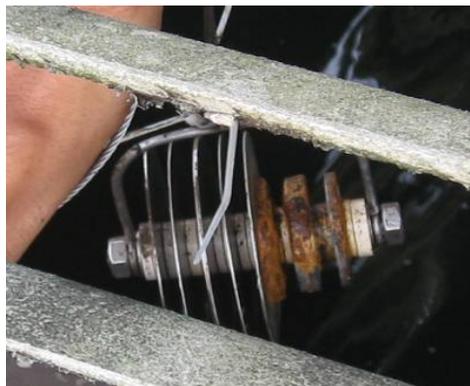
Dari hasil pengamatan secara visual tersebut, sudah dapat diajukan suatu saran, untuk lebih mencermati di dalam mendesain suatu instalasi yang terdiri dari bahan yang berbeda maupun bahan material yang sama yang harus dicelupkan ke dalam kolam penampung air PUSPIPTEK, karena korosi pasti akan terjadi dengan cepat. Jika memang ada instalasi yang terbuat dari 2 material yang berbeda ataupun 2 material yang sejenis, perlu dilakukan inspeksi secara berkala dan dilakukan perlakuan perawatan yang lebih terencana. Di dalam usaha memperkecil terjadinya kontak air yang stagnan dengan permukaan material, maka sebaiknya dilakukan pemutaran air pendingin sekunder di kolam penampung air PUSPIPTEK maupun kolam menara pendingin.

Dari hasil pengukuran laju korosi yang telah disampaikan pada makalah sebelumnya<sup>[11,12]</sup> diketahui bahwa laju korosi pada kolam penampung air PUSPIPTEK untuk material baja karbon adalah sebagai  $1,6 \pm 0,05$  mpy. Adanya penambahan inhibitor kedalam air pendingin memberikan nilai optimum pada konsentrasi inhibitor 60 ppm dengan nilai laju korosi sebagai  $0,7 \pm 0,05$  Mpy.

Dapat diprediksi dari hasil percobaan ini, bahwa jika kualitas air sekunder tidak dijaga maka proses korosi sudah dipastikan akan terjadi dengan cepat dengan laju seperti di atas dan endapan di dalam pipa pendingin sekunder yang sangat mungkin terbentuk seperti yang didapat dari hasil percobaan. Kemudian, diketahui pula bahwa spesifikasi ketebalan pipa sekunder yang baru adalah 9 mm dengan diameter 20 inci<sup>[5]</sup>. Jika korosi erosi terjadi, karena laju alir yang tinggi, maka kemungkinan penipisan terjadi. Tetapi, jika mengacu hasil percobaan saat ini, besar kemungkinan terbentuknya senyawa baru yang menyelimuti permukaan material, maka penebalan akan terjadi. Inspeksi rutin ketebalan pipa disarankan perlu dilakukan, dan penelitian lebih lanjut mengenai korosi perlu dilakukan secara cermat untuk memprediksi sisa umur dari pipa sekunder.



(a)



(b)

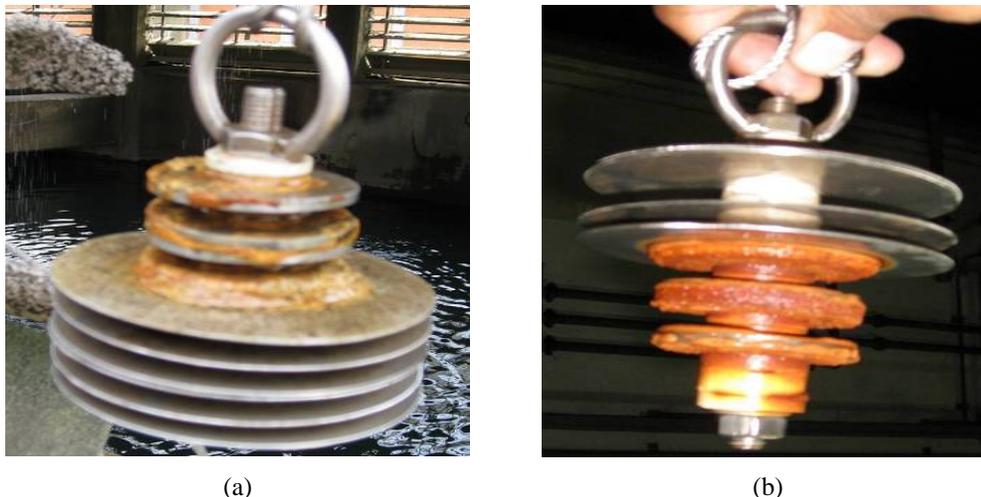


(c)



(d)

**Gambar 1. Kupon seri vertikal yang telah direndam selama kurang lebih 4 bulan.  
(a) dan (b) Pengambilan kupon dari kolam menara pendingin.  
(c) kupon setelah direndam dalam kolam menara pendingin dan  
(d) kupon setelah perendaman di dalam kolam panampung air PUSPIPTEK**



**Gambar 2. Kupon seri horizontal yang telah direndam selama kurang lebih 4 bulan.**  
**(a) kupon setelah direndam dalam kolam menara pendingin.**  
**(b) kupon setelah perendaman di dalam kolam panampung air PUSPIPTEK.**

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan awal secara visual dapat dipahami bahwa endapan warna kuning kemerahan terbentuk pada permukaan kupon yang dicelup ke dalam kolam penampung air baku PUSPIPTEK, dan warna kuning hijau ke abu-abuan untuk di kolam menara pendingin air pendingin sekunder RSG-GAS. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan kualitas air yang melingkupinya. Analisis lebih lanjut untuk mengidentifikasi jenis senyawa yang terbentuk perlu dilakukan kemudian sebagai tindak lanjut penelitian ini.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. SENTOT A. H., 'Safety Principal, Water Chemistry System and Current Facing Problem for GAS Research Reactor,' Proceeding of Training Course on Water Chemistry of Nuclear Reactor System 2, February 22 – March 4, 2005.
- [2]. DIYAH ERLINA LESTARI, GENI RINA SUNARYO, YUSI EKO YULIANTO, SENTOT ALIBASYAH H. and SETYO BUDI UTOMO, 'G.A. Siwabessy Research Reactor Water Chemistry', Module B2, Water Chemistry Course I, Serpong, Indonesia, 2004.
- [3]. DIYAH E.L., Pengelolaan Kimia Air Pendingin Reaktor G.A.Siwabessy, Diskusi Kimia Air dan Reaktor, P3TKN-BATAN, Bandung(2000).
- [4]. DIYAH E.L., 'Current Status of RSG GAS Water Chemistry,' Proceeding of Training Course on Water Chemistry of Nuclear Reactor System 3, November 13 – 17, 2006.
- [5]. ROZIQ HIMAWAN, SRIYONO. SAFRUL., HENDRA PRASETYA,"Analisis Ketebalan Pipa Sistem Pendingin Sekunder RSG-GAS", Sigma Epsilon, vol 12, no 3, Agustus 2008.
- [6]. IAEA, EBP Report on Secondary Cooling System Inspection of RSG-Siwabessy, 2005.
- [7]. IAEA TECDOC 927, 'Influence of Water Chemistry on Fuel Cladding Behaviour'.

- [8]. IAEA, TRS 418, 'Corrosion of Research Reactor Aluminum Clad Spent Fuel in Water'.
- [9]. GENI RINA SUNARYO, SRIYONO, DIYAH ERLIANA, International Conference on Research Reactors: Safe Management and Effective Utilization, Sydney, Australia, 5-9 November 2007, "Water Chemistry Surveillance for Multi Purpose Reactor 30 MW GA Siwabessy, Indonesia".
- [10]. GENI RINA SUNARYO, SRIYONO, "Aplikasi Program Pengawasan Korosi untuk Kolam Penyimpan Reaktor RSG-GAS", Prosiding Seminar Nasional ke-16 Teknologi dan Keselamatan PLTN Serta Fasilitas Nuklir, Surabaya, 28 Juli 2010, hal. 158 -164.
- [11]. FEBRIANTO, GENI RINA SUNARYO, SOFIA L BUTARBUTAR, "Pengaruh inhibitor pada laju korosi sir pendingin primer reaktor RSG GAS", Seminar STTN 210, Yogyakarta
- [12]. GENI RINA SUNARYO, Laju Korosi air baku PUSPIPTEK dan pendingin sekunder RSG GAS, (masih dalam proses).
- [13]. HERRY SANDER, Skripsi, STTN Yogyakarta, 2011 (masih dalam persiapan)

#### **DISKUSI/TANYA JAWAB:**

##### **1. PERTANYAAN: (Poppy Intan, PTNBR-BATAN)**

- Apa yang menyebabkan adanya perbedaan produk deposit pada kupon?

**JAWABAN: (Geni Rina S., PTRKN-BATAN)**

- *Pembentukan endapan atau deposit sangat ditentukan oleh kandungan kimia air yang melengkapi kupon tersebut.*

##### **2. PERTANYAAN: (Juni Chussetijowati, PTNBR-BATAN)**

- Apa perbedaan kualitas air di tangki penampung air Puspipstek dengan air pendingin sekunder?

**JAWABAN: (Geni Rina S., PTRKN-BATAN)**

- *Air pendingin sekunder telah ditambahkan anti korosi, anti kerak, dan anti mikroba. Oleh karena itu TDS air pendingin sekunder jauh lebih tinggi dan air Puspipstek.*