

PEMANTAUAN KOROSI PADA SISTEM PENDINGIN SEKUNDER REAKTOR RSG-GAS MENGGUNAKAN *COUPON CORROSION*

Diyah Erlina Lestari, Santosa Pujiarta dan Setyo Budi Utomo

Pusat Reaktor Serba Guna-BATAN

Kawasan Puspiptek Serpong Gedung No. 30, Kota Tangerang Selatan – Banten

Alamat email: diyah@batan.go.id

ABSTRAK

PEMANTAUAN KOROSI PADA SISTEM PENDINGIN SEKUNDER REAKTOR RSG-GAS MENGGUNAKAN *COUPON CORROSION*. Sistem Pendingin sekunder Reaktor RSG-GAS merupakan sistem pendingin sirkulasi ulang terbuka yang menggunakan air sebagai media perpindahan panasnya . Korosi merupakan salah satu permasalahan yang tidak dapat dihindari pada sistem pendingin reaktor sirkulasi ulang terbuka. Salah satu metoda pengendalian korosi dalam media air pada sistem pendingin adalah dengan penambahan inhibitor korosi. Di Reaktor RSG-GAS untuk mengendalikan korosi pada sistem sekunder dilengkapi dengan sistem injeksi inhibitor korosi (PAQ02) dan perlu dilakukan pemantauan korosi guna mengetahui laju korosi . Telah dilakukan pemantauan korosi pada sistem pendingin Sekunder Reaktor RSG-GAS dengan cara pengamatan terhadap laju korosi dengan menggunakan *coupon corrotion* yang dipasang pada rangkaian rak coupon yang terpasang pada aliran sistem pendingin sekunder. Pengamatan dilakukan selama 2 periode teras yaitu mulai tanggal 1Oktober 2015 hingga 6 Januari 2016 (teras 89) . dan mulai tanggal 20 Januari 2016 hingga 20 April 2016 (teras 90) . Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa laju korosi pada sistem pendingin sekunder berada pada rentang harga 1.32 mpy – 2.12 mpy , masih dalam batas spesifikasi yang diizinkan yaitu 3 mpy. Hal ini menunjukkan bahwa korosi yang terjadi pada sistem pendingin sekunder Reaktor RSG-GAS berlangsung dalam batas yang diizinkan.

Kata kunci: kupon korosi, sistem pendingin

ABSTRACT

CORROSION MONITORING ON THE SECONDARY COOLING SYSTEM RSG-GAS REACTOR USING CORROSION COUPON. Secondary cooling system RSG-GAS Reactor is recirculation open cooling systems cooling system which use water as heat-transfer media. Corrosion is one of the problems that can not be avoided in the reactor coolant recirculation system . One of the method of corrosion controlling in cooling system is adding corrosion inhibitor. In RSG-GAS, to controlling of corrosion in secondary system equipped with the corrosion inhibitor injection system (PAQ 02). and corrosion monitoring needs to be done to determine the corrosion rate Monitoring of corrosion in the Secondary cooling system RSG-GAS reactor by observation of the rate of corrosion by using corrotion coupon has conducted. Corrotion coupon installed on the corrotion rack circui that is attached to the flow of secondary cooling system. The corrosion rate observations was done during the second period of the core which began on October 1, 2015 until January 6, 2016 (the core 89). and starting on January 20, 2016 until 20 April 2016 (the core 90) From the monitoring result show that the secondary cooling system corrotion rate is in the value rate 1.32 mpy – 2.12 mpy still within the allowed specification limits there are 3 mpy. This shows that the corrosion that occurs in the secondary cooling system RSG-GAS reactor takes place within the limits denied entry.

Key words: corrosion coupon, cooling system

I. PENDAHULUAN

Sistem Pendingin sekunder reaktor RSG-GAS merupakan sistem pendingin sirkulasi ulang terbuka yang memanfaatkan air sebagai media perpindahan panasnya . Pada Sistem Pendingin sekunder, pipa dan katub yang berada di luar gedung reaktor terbuat dari bahan *carbon steel*(baja karbon) sedangkan pipa dan katub di dalam gedung reaktor terbuat dari bahan *stainless steel*(baja tahan

karat).Oleh karena itu korosi merupakan salah satu permasalahan yang tidak dapat dihindari pada sistem pendingin sekunder yang bersentuhan langsung dengan lingkungan. Apalagi air pendingin yang digunakan adalah air PAM PUSPIPTEK yang tanpa pengolahan lebih lanjut. Di Reaktor RSG-GAS untuk mengendalikan korosi pada sistem pendingin sekunder dilakukan dengan menambahkan inhibitor korosi menggunakan sistem injeksi(sistem PAQ02) . Sistem ini dioperasikan kontinyu selama sistem pendingin sekunder beroperasi. Untuk

mengetahui efektifitas terhadap pengendalian korosi maka perlu adanya pemantauan korosi.

Salah satu metode pemantauan terhadap korosi adalah menggunakan *Coupon Corrosion*. *Corrosion coupon* adalah lempengan logam yang ditempatkan/dipasang di dalam sistem, dan dibiarkan untuk terkorosi. Bahan *Corrosion coupon* dan logam sistem diusahakan sama. *Coupon Corrosion* akan memberikan perkiraan kuantitatif laju korosi yang terjadi dalam sistem dengan membandingkan berat awal dan berat sesudah pemasangan setelah waktu tertentu.

Korosi merupakan salah satu proses pengrusakan logam atau penurunan kualitas suatu bahan logam oleh suatu reaksi kimia atau elektrokimia sebagai akibat interaksi antara logam dengan lingkungannya. Korosi pada logam secara umum timbul sebagai hasil dari reaksi elektrokimia yang diakibatkan oleh adanya elektrolit-elektrolit yang bersentuhan dengan permukaan logam. Laju korosi didefinisikan sebagai banyaknya logam yang terlepas tiap satuan waktu pada permukaan tertentu. Dengan mengetahui laju korosi akan diprediksi korosi yang terjadi pada sistem pendingin sekunder. Penelitian ini bertujuan untuk memantau korosi yang terjadi pada sistem pendingin sekunder Reaktor RSG-GAS. Pemantauan dilakukan dengan cara pengamatan terhadap laju korosi dengan menggunakan *coupon corrotion* yang dipasang pada rangkaian rak coupon yang terpasang pada aliran sistem pendingin sekunder.

II. TEORI

Sistem pendingin sekunder⁽¹⁾ adalah tempat untuk pembuangan panas yang terakhir dari reaktor, panas yang terbentuk pada sistem primer dipindahkan ke sistem sekunder melalui alat penukar panas dan akhirnya dibuang ke atmosfer melalui menara pendingin. Sistem pendingin sekunder didisain mampu mendinginkan air primer, sehingga suhu aliran inlet ke kolam reaktor tidak melebihi 40°C. Sistem ini direncanakan mampu membuang panas total 33000 KW dan terdiri dari 2 bagian pemipaan yang masing-masing bagian kapasitasnya 50 %. Tiap bagian pemipaan tersebut terdiri dari pompa, alat penahan panas, pipa dan menara pendingin.

Pada sistem pendingin sekunder pipa yang berada di dalam kolam terbuat dari *stainless steel*. Pipa serta katup yang berada di luar gedung reaktor terbuat dari bahan *carbon steel* sedangkan pipa dan katup di dalam gedung reaktor terbuat dari bahan *stainless steel*.

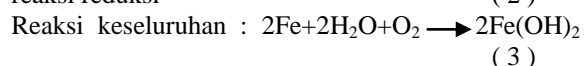
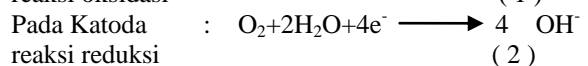
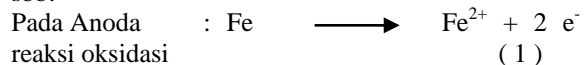
Sebagai media pemindah panas pada sistem pendingin sekunder digunakan air yang berasal dari PAM PUSPIPTEK tanpa pengolahan lebih

lanjut. Sedang untuk mengendalikan korosi pada Sistem Pendingin sekunder reaktor RSG –GAS dilengkapi dengan sistem injeksi penambahan inhibitor korosi (PAQ02). Sistem ini merupakan rangkaian peralatan yang dipergunakan untuk memasukkan bahan kimia pengendali korosi kedalam proses aliran air pendingin sekunder. Sistem ini dihubungkan ke jalur pipa sistem pendingin sekunder PA01 BR01 dan PA01 BR02(DN800) pada sisi masuk pompa pendingin sekunder^(2,3). Batasan laju korosi pada sistem Pendingin sekunder reaktor RSG –GAS adalah 3 mpy⁽¹⁾

II.1.Korosi pada baja karbon^(1,4,6,7,8)

Baja karbon merupakan salah satu material yang banyak digunakan untuk berbagai keperluan. Hal ini dikarenakan baja karbon dapat diproduksi dengan biaya yang tidak terlalu mahal dalam jumlah besar dan spesifikasi yang presisi serta baja karbon mempunyai sifat mekanis yang baik. Akan tetapi baja karbon sangat mudah mengalami korosi oleh lingkungannya. Pada sistem pendingin sekunder reaktor RSG –GAS, pipa serta katup yang berada di luar gedung reaktor terbuat dari bahan baja karbon.

Korosi baja karbon merupakan penurunan kualitas baja karbon yang disebabkan oleh terjadinya reaksi kimia atau elektrokimia antara baja karbon dengan lingkungannya. Dalam proses korosi akan melibatkan pergerakan ion-ion logam ke dalam larutan di daerah aktif (anoda), penerimaan (*acceptor*) elektron dari bagian logam kurang aktif ke suatu daerah katoda, aliran ion-ion ke dalam larutan dan arus elektronik dalam logam. Pada anoda terjadi reaksi oksidasi dimana terjadi pelepasan elektron dan proses korosi terjadi. Sedangkan pada katoda terjadi reaksi reduksi dimana menggunakan/mengkonsumsi electron. Dalam katoda biasanya tidak mengalami korosi. Reaksi yang terjadi pada baja karbon pada lingkungan air adalah sbb:



Pada Anoda terjadi perubahan logam baja menjadi Fe^{2+} dengan melepaskan 2 elektron dimana terjadi penambahan bilangan oksidasi dari 0 menjadi 2, sedangkan pada katoda terjadi reaksi pelarutan oksigen O_2 di dalam air menjadi ion OH^- dengan membutuhkan 4 elektron dimana terjadi pengurangan bilangan oksidasi dari 0 menjadi - 4. Elektron ini akan mengalir dari anoda menuju ke katoda untuk mencapai kesetimbangan yang dinamis. Pergerakan elektron ini mengakibatkan

terjadinya arus listrik yang arahnya berlawanan dengan arah aliran elektron. Arah aliran elektron berasal dari anoda menuju katoda sehingga arah aliran arus listrik berasal dari katoda menuju anoda.

II.2. Pemantauan korosi dengan menggunakan *Coupon Corrosion*^(5,9,10)

Pemantauan korosi dengan menggunakan *Coupon Corrosion* merupakan salah satu teknik pemantauan korosi yang biasa digunakan pada sistem pendingin. Metode ini relative sederhana dan mudah digunakan tapi memberikan hasil yang akurat.

Coupon Corrosion adalah lempengan logam yang ditempatkan di dalam sistem, dan dibiarkan untuk terkorosi. Bahan logam sistem dan *coupon corrosion* diusahakan sama, untuk dapat membandingkan laju korosi pada sistem. Tipe dan dimensi serta konfigurasi *coupon corrosion* memiliki ukuran yang berbeda-beda tergantung pada alat yang digunakan (holder) atau keinginan pengguna.

Dari, *coupon corrosion* laju korosi diukur dengan membandingkan berat awal dan berat sesudah pemasangan setelah waktu tertentu. Sebelum pemasangan kupon dibersihkan lalu ditimbang, demikian juga dilakukan setelah *coupon corrosion* dilepas. Setelah pemasangan dilakukan dalam waktu tertentu, pembersihan dan penghilangan produk korosi dan semua yang terekpos dipermukaan harus dilakukan dengan hati-hati sebelum berat akhir diukur. Data yang diperoleh dari *coupon corrosion* berupa perubahan berat dan penampakan visual kerusakan pada *coupon corrosion*. Dari data perubahan berat kemudian dilakukan perhitungan laju korosi dengan rumus sbb:

$$CR = \frac{W \times 365 \times 1.000}{ATD \times (2.54)^2} = \frac{2.27 \times 10^4 \times W}{ATD} \quad (4)$$

dimana,

CR = laju korosi dalam mils pertahun (mpy)

W = berat yang hilang (gr)

D = densitas (g/cm³)

A = luas permukaan *coupon* (inc²)

T = waktu exposure (hari)

Metoda pemantauan korosi dengan menggunakan *Coupon Corrosion* mempunyai keunggulan dan kelemahan. Beberapa keunggulan dari metode ini adalah :

- Harga relative murah
- *Coupon corrosion* terbuat dari material yang sama dengan material logam sistem yang dipantau
- Deposit yang terbentuk dapat diketahui komposisinya dan dapat dianalisa.

Sedangkan kelemahan dari metode pemantauan korosi dengan menggunakan *Coupon Corrosion* antara lain adalah :

- Laju korosi yang diperoleh berupa rata-rata
- Perhitungan laju korosi diasumsikan bahwa korosi yang terjadi merupakan korosi *uniform*
- Pengambilan data tidak dapat diambil sewaktu-waktu, melainkan pada waktu yang telah ditentukan dan memerlukan waktu yang lama
- *Coupon Corrosion* yang telah digunakan tidak digunakan lagi.

III. METODE PENELITIAN

III.1. Alat dan Bahan

Alat yang dipergunakan meliputi:

1. Timbangan Digital,
2. Gelas arloji,
3. Penjepit, spatula,
4. Tissue,
5. Timer.

Bahan-bahan yang diperlukan meliputi:

1. *Coupon Corrosion* mildsteel P5035.
2. Larutan Toluene
3. Larutan isopropyl alkohol,
4. larutan inhibitor yang dilarutkan dalam HCl 15%,
5. larutan natrium bikarbonat jenuh,
6. Air Bebas Mineral

III.2. Prosedur Kerja⁽⁵⁾ :

1. *Coupon corrosion* yang akan dipasang difoto terlebih dahulu untuk mendapatkan data visual dan dilakukan penimbangan sebagai data awal.
2. *Coupon corrosion* yang telah dicatat data-datanya, dipasang pada rangkaian rak coupon yang terpasang pada aliran sistem pendingin sekunder pada posisi atas dan bawah
3. Setelah waktu tertentu *Coupon corrosion* yang terpasang pada rangkaian rak coupon diambil dan difoto untuk mendapatkan data visual kemudian dilakukan pembersihan dengan langkah sbb:
 - a) *Coupon corrosion* dicelup ke dalam larutan toluene dan dibilas dengan isopropil alkohol atau aseton
 - b) *Coupon corrosion* dicelup ke dalam larutan inhibitor yang dilarutkan dalam HCl 15% untuk menghilangkan produk kerak dan korosi yang menempel pada *coupon corrosion* hingga bersih. Untuk mempercepat pembersihan dibantu dengan menggunakan spatula.
 - c) *Coupon corrosion* yang telah bersih lalu dicelupkan kedalam larutan jenuh natrium bikarbonat selama satu menit untuk

menetralkan asam. Dan untuk menghilangkan penetral tersebut. *coupon corrosion* dibilas dengan air demin (air bebas mineral) Kemudian *coupon corrosion* segera dibilas dengan isopropil alkohol atau aseton dan dikeringkan dengan tisu

4. *Coupon corrosion* yang telah dibersihkan ditimbang dan difoto
5. Dihitung laju korosi menggunakan rumus

$$CR = \frac{\Delta W \times k}{t} \quad (5)$$

dimana,

CR = laju korosi dalam mils pertahun (mpy)

W = berat yang hilang (mgr)

k = area faktor

t = waktu exposure (hari)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 4.1: posisi pemasangan *coupon corrosion* pada rangkaian rak coupon







Telah dilakukan pemantauan korosi pada system pendingin sekunder dengan menggunakan

coupon corrosion yang dipasang pada rangkaian rak *coupon* yang terpasang pada aliran sistem pendingin sekunder pada posisi bawah dan atas dari rangkaian rak *coupon* tersebut. Pengamatan dilakukan selama dua periode teras yaitu dari tanggal 1 Oktober 2015 jam 12:45 WIB hingga tanggal 6 Januari 2016 jam 10:00 WIB (pada teras 89) dan dari tanggal 20 Januari 2016 jam 13:30 hingga tanggal 20 April 2016 jam 10:30 (pada teras 90). Posisi pemasangan/penempatan *coupon corrosion* ditampilkan pada Gambar 4.1 dan posisi rangkaian rak *coupon corrosion* pada aliran sistem pendingin sekunder ditampilkan pada Gambar 4.2. Sedangkan hasil pengamatan visual terhadap pemantauan korosi pada sistem pendingin sekunder ditampilkan pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 serta hasil pengamatan terhadap laju korosi ditampilkan pada Tabel 4.3.




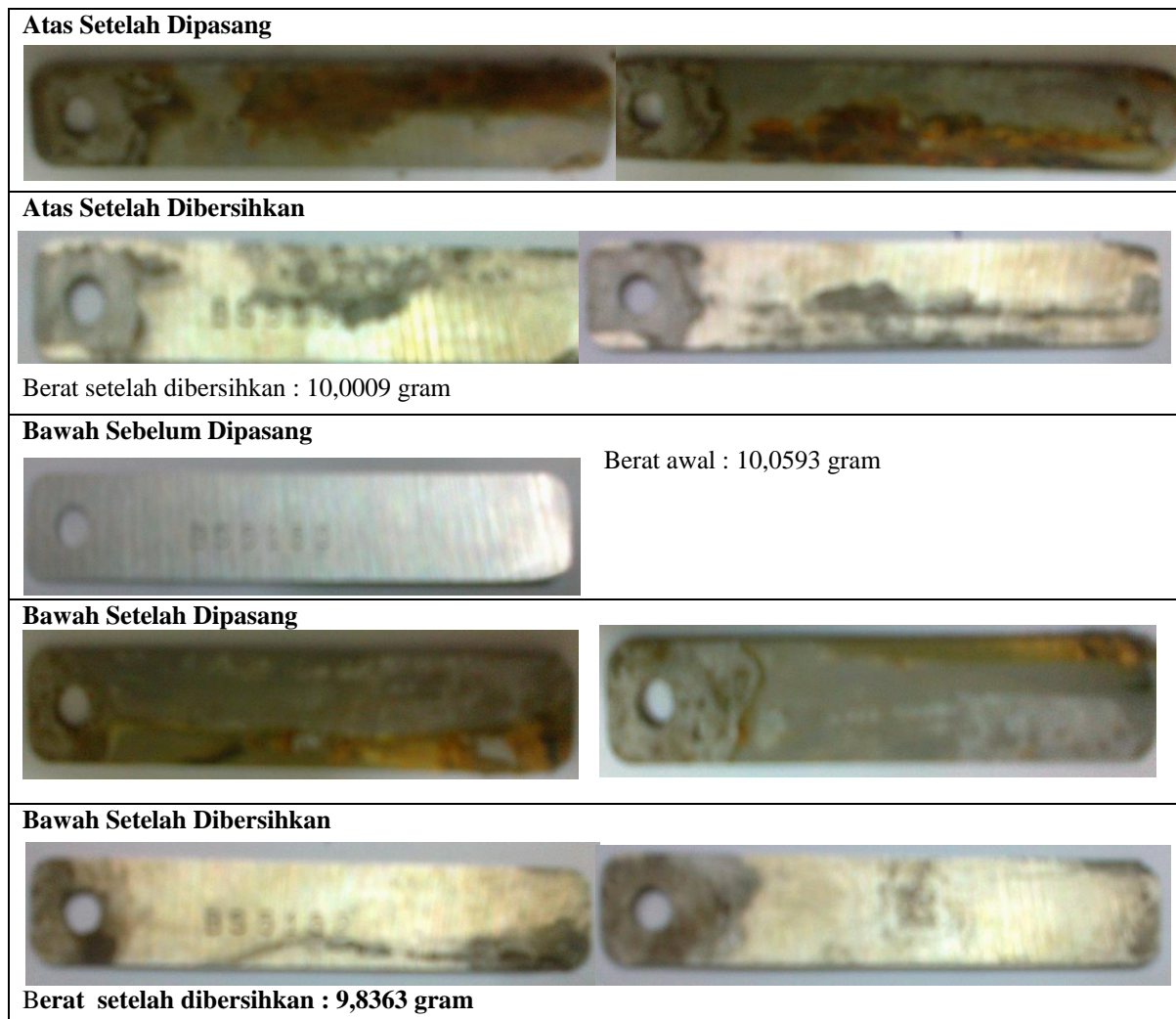
Gambar 4.2: posisi rangkaian rak *coupon corrosion* pada aliran sistem pendingin sekunder

Tabel 4.1 : Coupon Corrosion yang terpasang dari tanggal 01 Okt 2015 jam 12:45 WIB hingga 06 Januari 2016 jam 10:00 WIB (teras 89)

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------|
| Atas Sebelum Dipasang | | Berat awal : 10,4385 gram |
|  | | |
| Atas Setelah Dipasang | | |
|  | | |
| Atas Setelah Dibersihkan | | |
|  | | |
| | | Berat setelah dibersihkan : 10,2420 gram |
| Bawah Sebelum Dipasang | | Berat awal : 10,4207 gram |
|  | | |
| Bawah Setelah Dipasang | | |
|  | | |
| Bawah Setelah Dibersihkan | | |
|  | | |
| | | Bawah setelah dibersihkan : 10,2597 gram |

Tabel 4.2: Coupon Corrosion yang terpasang dari tanggal 20 Januari 2016 jam 13:30 hingga 20 April 2016 jam 10:30(selama teras 90)

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------|
| Atas Sebelum Dipasang | | Berat awal : 10,2431 gram |
|  | | |



Tabel 4.3: Data pengamatan laju korosi selama dari tanggal 1 Oktober 2015 jam 12:45 WIB hingga tanggal 6 Januari 2016 jam 10:00 WIB (pada teras 89) dan dari tanggal 20 Januari 2016 jam 13:30 hingga tanggal 20 April 2016 jam 10:30(pada teras 90).

| Periode | Lokasi | Berat awal (mgram) | Berat Akhir (mgram) | Laju Korosi (mpy) | Harga Batas (mpy) |
|----------------------|--------|--------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| 1Okt15 s/d 6 Jan'16 | Atas | 10.4385 | 10.242 | 1.6206 | 3 |
| | Bawah | 10.4207 | 10.2597 | 1.3278 | |
| 20 Jan s/d 20 Apl'16 | Atas | 10.2431 | 10.0009 | 2.12925 | 3 |
| | Bawah | 10.0593 | 9.8364 | 1.959 | |

Dari hasil pengamatan secara visual terhadap *coupon corrosion* yang terpasang baik selama teras 89 (1 Oktober 2015 s/d 6 Januari 2016) maupun teras 90 (20 Januari 2016 jam 13:30 s/d 20 April 2016) terlihat bahwa adanya lapisan tipis pada permukaan *coupon corrosion*. Lapisan tipis ini merupakan lapisan inhibitor yang terbentuk akibat adanya interaksi inhibitor yang ditambahkan pada sistem pendingin sekunder yang akan membentuk lapisan tipis pada permukaan logam untuk

melindungi logam dari serangan korosi. Lapisan tipis ini akan berfungsi sebagai penghalang antara logam dengan media yang korosif sehingga akan memutus mata rantai korosi dengan memisahkan logam dari media yang korosif. Apabila ditinjau dari perlakuan pada saat pembersihan *coupon corrosion* setelah pemasangan terlihat bahwa endapan yang terbentuk pada *coupon corrosion* yang terpasang pada posisi atas lebih keras dibanding dengan *coupon corrosion* yang terpasang pada posisi bawah .sehingga waktu

yang digunakan pada pada proses pembersihan memerlukan waktu yang lebih lama. Sedangkan endapan yang terbentuk pada coupon corrosion yang terpasang pada posisi bawah lebih mudah dibersihkan dan waktu yang diperlukan pada saat pembersihan lebih singkat. Terjadinya endapan yang lebih keras pada posisi atas disebabkan karena kemungkinan terjadinya korosi pada posisi atas lebih besar dibanding pada posisi bawah. Hal ini disebabkan karena pada posisi atas kecenderungan terjadi turbulensi yang akan menyumbang bertambahnya oksigen yang berakibat meningkatnya oksidasi pada anode

Pernyataan ini ini didukung dengan data dari hasil perhitungan laju korosi seperti terlihat pada Tabel 4.3.

Dari Tabel 4.3 terlihat bahwa *coupon corrosion* yang terpasang pada posisi atas mempunyai laju korosi yang lebih besar dibandingkan dengan *coupon corrosion* yang terpasang pada posisi bawah, dan dari pengamatan secara visual pun menunjukkan bahwa *coupon corrosion* yang terpasang pada posisi atas setelah dilakukan pembersihan mempunyai permukaan yang tidak merata yang menunjukkan terjadinya korosi.

Korosi^(4,7,8) merupakan salah satu proses pengrusakan logam oleh suatu reaksi kimia atau elektrokimia sebagai akibat interaksi logam dengan lingkungan pada waktu pemakainnya. Biasanya proses korosi logam berlangsung secara elektrokimia yang terjadi secara simultan pada daerah anoda dan katoda. Korosi merupakan reaksi redoks. Pada anoda terjadi reaksi oksidasi dan pada katoda terjadi reaksi reduksi. Dengan bertambahnya oksigen akibat turbulensi yang terjadi akan meningkatkan oksidasi pada daerah anode. Oleh karena itu laju korosi pada posisi atas lebih besar dari pada posisi bawah.

Laju korosi didefinisikan sebagai banyaknya logam yang terlepas tiap satuan waktu pada permukaan⁽⁶⁾. Oleh karena itu pada pengamatan secara visual pada *coupon corrosion* setelah dilakukan pembersihan menunjukkan bahwa *coupon corrosion* yang terpasang pada posisi atas cenderung tidak merata yang menunjukkan terjadinya korosi lebih besar. Tetapi apabila dilihat secara keseluruhan dari hasil pengamatan yang dilakukan selama dua periode teras yaitu teras 89 dan teras 90 menunjukan bahwa laju korosi pada sistem pendingin sekunder reaktor RSG-GAS berada pada rentang 1.3278 - 2.129 mpy, masih dibawah batas yang dipersyaratkan yaitu 3 mpy. Hal

ini menunjukkan bahwa korosi yang terjadi pada sistem pendingin sekunder reaktor RSG-GAS berlangsung dalam batas yang dipersyaratkan.

V. KESIMPULAN

Dari hasil pemantauan korosi pada sistem pendingin sekunder menggunakan *coupon corrosion* dapat disimpulkan bahwa secara visual terlihat adanya lapisan tipis yang terbentuk akibat adanya interaksi inhibitor yang ditambahkan pada sistem pendingin sekunder sebagai lapisan pelindung terhadap serangan korosi dan diperoleh informasi bahwa laju korosi per tahun pada sistem pendingin sekunder masih berada dalam batas yang diperbolehkan.

VI. DAFTAR PUSTAKA

1. ANONIMS, Sistem Pendingin Reaktor dan Sistem yang berkaitan, Laporan Analisis Keselamatan RSG-GAS, Volume I, Bab VI, Desember 2011,
2. ANONIM, Turn-Over Package System PAQ, Ident.No.A30860/6a, Interatom GmbH, 1986
3. ANONIM, Chemical Cooling Water Treatment PAQ, OS-No.0075, Description System, Interatom, 1987.
4. FONTANA, M. G. *Corrosion Engineering, 3rd Edition*. Houston : McGraw-Hill Book Company, New York, 1987
5. NACE, **Standard Recommended Practice**, Preparation, Installation, Analysis, and Interpretation of Corrosion Coupons in Oilfield Operations, NACE Standard RP0775-2005, Item No. 21017
6. PRIADANI, MANIK, "Inhibitor (Penghambat) Korosi," *Prose&Engineer*, bontang, 2008
7. TRETWEY, KR, CHAMBERLAIN, J, Korosi, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1991
8. UHLIG H., *The Corrosion Handbook*, The Electrochemical Society, Inc, John Wiley & Sons, New York
9. www. Gwt-inc.com/resources/corrosion monitoring, Corrosion Monitoring & Corrosion coupon, Global Water Technology diakses juli 2016
10. www.alspi.com/Coupon, Coupon Corrosion & Weigh Loss Analysis diakses Juli 2016