

PENGENDALIAN PROSES KOROSI PADA SISTEM PENDINGIN SEKUNDER RSG GAS 30MW

Geni Rina Sunaryo

Pusat Pengembangan Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir (PTRKN-BATAN), Gdg. 80,
Puspipstek Area, Serpong, Tangerang, 15310, INDONESIA.
Email : genirina@batan.go.id

ABSTRAK

PENGENDALIAN PROSES KOROSI PADA SISTEM PENDINGIN SEKUNDER RSG GAS 30 MW.

Telah dilakukan analisis dan evaluasi kualitas air pendingin sekunder reaktor RSG GAS dari aspek korosi pada baja karbon dan kandungan bakteri penginisiasi korosi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan pemahaman awal sejauh mana keefektifan pola pengelolaan kualitas air pendingin yang telah diterapkan di RSG GAS untuk mendapatkan pola pengelolaan yang lebih tepat mendatang. Metoda yang diaplikasikan adalah surveillance korosi dengan kupon, penetapan laju korosi air pendingin sekunder dengan variasi konsentrasi inhibitor yang diaplikasikan saat ini dengan metoda elektrokimia dan analisis bakteri dengan menggunakan *test kit* yang berbahan dasar agar. Hasil percobaan menunjukkan bahwa terbentuk produk korosi homogen, *crevice* dan galvanik untuk material baja karbon dengan laju korosi laju korosi 0.13 ± 0.02 untuk air sekunder, yang sedikit lebih rendah dari air baku, 0.20 ± 0.01 Mpy. Walaupun tidak terindikasi adanya bio korosi yang mungkin terjadi di pipa pendingin sekunder, total bakteri yang tumbuh pada air sekunder pada kondisi tidak beroperasi, atau tidak dengan penambahan anti bakteri adalah sekitar 107 cfu/ml. Jumlah tersebut dapat ditekan hingga menjadi 103 cfu/ml dengan penambahan anti bakteri. Perlu dicermati bahwa keberadaan SRB bakteri yang terdeteksi dalam jumlah >106 cfu/ml memberikan sinyal bahwa penambahan anti bacteria ke dalam bak penampungan air pendingin sekunder di menara pendingin tidak boleh terlupakan, karena berpotensi munculnya bio korosi akibat SRB.

Kata kunci: *surveillance* korosi, bakteri, *inhibitor*, *crevice*, galvanik, biokorosi

ABSTRACT

CORROSION MANAGEMENT FOR RSG GAS 30MW SECONDARY COOLING SYSTEM. *The corrosion and bacteria analyses and evaluation for secondary cooling water quality was done. The purpose of the research is to understand the preliminary mechanism how far is the effectivity of applying the current method for maintaining the quality of secondary water to get the better management. The methodology is corrosion surveillance by immersing coupons, corrosion rate determination by using inhibitor concentration variation by using electrochemically and bacteria analysis by application test kit based on jelly. From the result, it is known that the product corrosion from homogeny, crevice and galvanic were obtained with the corrosion rate of 0.13 ± 0.02 for secondary water, which is lower than for raw water of 0.20 ± 0.01 Mpy. Eventhough the bio corrosion is considered to be a impossible one in the secondary pipelines, the total bacteria growth in the cooling tower water basin, or, in the condition without anti bacteris is 107 cfu/ml. That number is suppressed up to 103 cfu/ml by adding anti bacteria. It is noticed that SRB bacteria presence should be considered due to its detected number is up to >106 cfu/ml in the non operated reactor, which give signal that the bio corrosion might be happened if the addition of anti bacteria is absent.*

Keywords : *corrosion surveillance*, bakteri, *inhibitor*, *crevice*, galvanic, biocorrosion

PENDAHULUAN

Reaktor RSG-GAS 30 MW akan memasuki usianya ke 27 di tahun 2013 ini. Serangkaian inspeksi dengan mengaplikasikan uji tidak merusak atau *Non Destructive Test* (NDT) telah dilakukan untuk memahami kondisi terkini kualitas struktur reaktornya, seperti metoda Eddy Current untuk alat penukar panas, *water immersed camera* untuk tanki reaktor, ultrasonik untuk pipa pendingin sekunder dan lain sebagainya. Dari hasil inspeksi tersebut telah terlihat dan dilakukan *refurbishment*. Tujuannya adalah untuk mengupayakan agar reaktor RSG-GAS tersebut dapat dioperasikan untuk 25 tahun mendatang. Pengaruh yang tampak pada pipa pendingin sekunder disebabkan oleh pola operasi dan pengelolaan air pendingin yang melintasi bagian dalam pipa tersebut yang menginisiasi proses korosi. Oleh karena itu, pengelolaan kualitas air pendingin sekunder menjadi subjek penting yang harus dikelola dengan baik untuk menekan proses korosi.

Proses korosi tidak hanya disebabkan oleh adanya oksigen tetapi juga karena adanya bakteri. Oleh karena itu pengelolaan air pendingin terhadap aspek serangan bakteri juga menjadi hal yang penting. Beberapa panduan IAEA telah menjelaskan betapa pentingnya mengaplikasikan program pengawasan korosi untuk reaktor riset nuklir.[1,2]

Penelitian mengenai pengawan korosi telah dimulai sejak tahun 2007 untuk sistim pendingin primer RSG-GAS, dan hasil awal secara visual telah dipresentasi pada Conference IAEA mengenai reaktor riset di Sydney.[3,4] Proses pencelupan sampel terus dilanjutkan hingga kini. Pola yang sama kemudian diterapkan untuk sistim sekunder, dan dimulai pada tahun 2009 dengan bantuan dana RISTEK. Sosialisasi mengenai sistim pengelolaan air pendingin sekunder RSG GAS telah disampaikan pada tahun 2009 di *European Nuclear Society Conference* di Rome [5], dari komunikasi tersebut didapat banyak sekali masukan secara oral kearah peningkatan interpretasi data secara ilmiah. Beranjak dari situ, telah dilakukan beberapa studi literatur untuk mendapat arah diskusi pembahasan hasil yang lebih baik dan program analisis metalografi yang akan diterapkan setelah proses pencelupan kupon sampel durasi lebih dari tiga tahun.

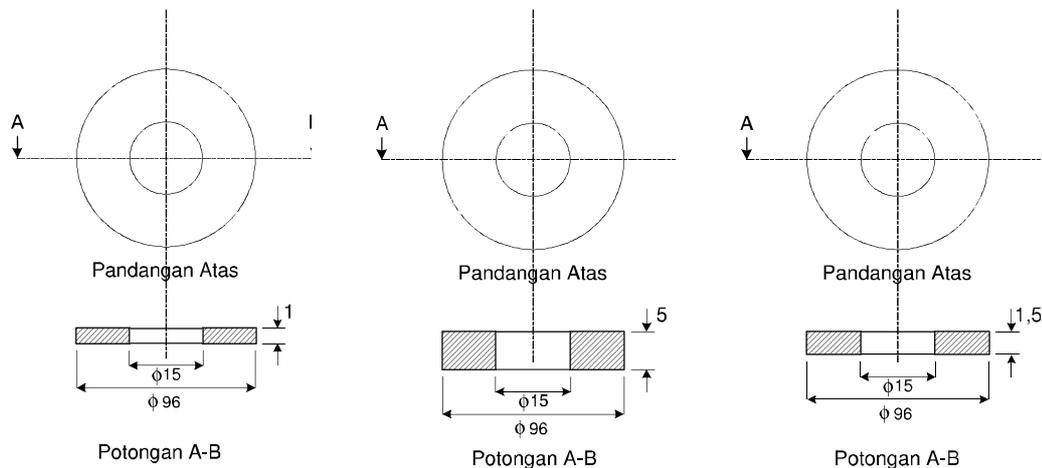
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan pemahaman awal sejauh mana keefektifan pola pengelolaan kualitas air pendingin yang telah diterapkan di RSG-GAS dari aspek korosi yang disebabkan oleh bakteri dan parameter kimia air lainnya dan mengevaluasi untuk mendapatkan pola pengelolaan yang lebih tepat mendatang. Metoda yang diaplikasikan adalah pengawasan korosi dengan membuat serangkaian kupon sampel yang terdiri dari baja karbon dan SS 304 yang merepresentasikan struktur material yang ada di sistem sekunder, dicelup dalam bak penampung air baku dan air pendingin sekunder di menara pendingin hingga bulan ke lima (5). Kemudian dianalisis secara visual agar kelanjutan pencelupan hingga lebih dari durasi tiga (3) tahun dapat dilanjutkan, penetapan laju korosi air pendingin sekunder dari dilihat dari aspek pengaruh *inhibitor* yang diaplikasikan saat ini dengan metoda elektrokimia dan aspek bakteri dengan menggunakan test kit yang berupa agar.

METODOLOGI

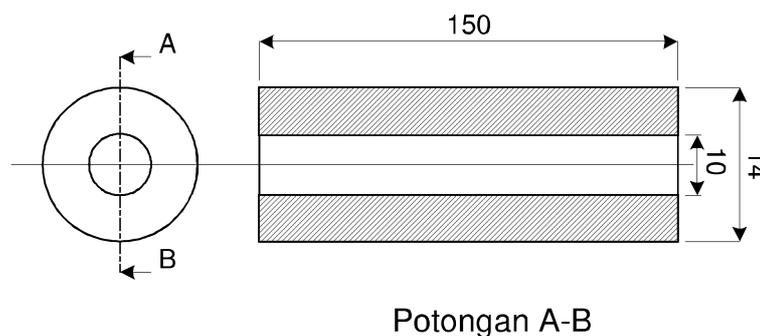
1) Penyiapan Kupon *Surveillance* Korosi

Rancangan kupon dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2. Satu seri kupon dibuat secara vertikal dan horizontal. Masing-masing *disc* untuk material *Carbon Steel* dibuat menggunakan *holesaw* di bengkel RSG-GAS. Diameter luar *disk* adalah 96 dan 150 mm untuk *Carbon Steel* dan SS 304 secara berurutan, sedangkan diameter dalam adalah 15 mm. Panjang setiap rak adalah 150 mm, dengan poros utama adalah *stainless steel* (SS304) pejal berdiameter 10 mm, yang diselubungi *tube* keramik infrapara. Posisi penempatan urutan kupon berdasarkan fenomena korosi yang akan diamati, yaitu korosi homogen, *crevice* dan galvanik. Rangkaian kupon dibuat dalam 2 seri, vertikal dan horizontal,

dengan asumsi bahwa posisi kupon yang berbeda akan mempengaruhi kemudahan aliran air dan berakibat pada berbedanya kecepatan korosi yang terbentuk. Pencelupan dilakukan dengan cara menggantungkannya rangkaian tersebut dengan tali baja di kolam penampung *raw water* (air PUSPIPTEK) dan *cooling tower*. Pengamatan secara visual dilakukan dengan kasat mata dan diabadikan dengan mengambil foto di kedua permukaan *disc* pada kondisi awal dan akhir pencelupan. Pengamatan terakhir guna pelaporan ini dilakukan secara visual setelah rentang waktu kurang lebih 5 bulan. Proses pencelupan masih dilanjutkan untuk rentang waktu yang lebih lama.



Gambar 1. Rancangan disk kupon korosi

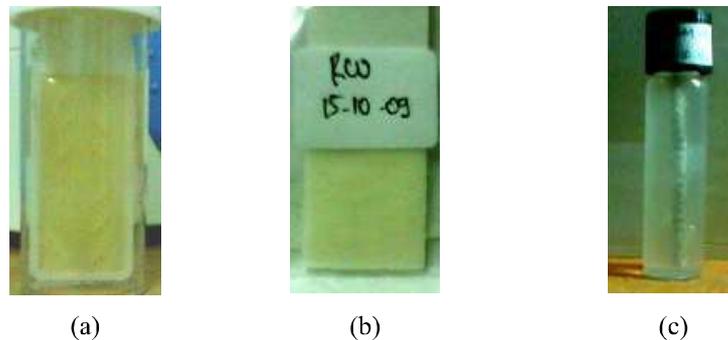


Gambar 2. Rancangan detail poros rak kupon

2) Analisis Bakteri

Analisis mikroba dilakukan untuk mengetahui seberapa efektif penambahan bahan kimia anti bakteri yang ditambahkan ke dalam air pendingin sekunder guna menekan total bakteri yang sangat mempengaruhi proses terjadinya bio-korosi. Analisis dilakukan dengan menggunakan *Dip Slide* (Gambar 3) yang siap pakai yang terbuat dari media agar yang spesifik diperuntukkan untuk total bakteri, SRB (*Sulphate Reduction Bacteria*), *Yeast and Mold* ataupun *Aerobe Bacteria*. *Kit* tersebut dicelupkan pada sampel dan dibiarkan selama 24 – 36 jam dan diamati pola pertumbuhan bakterinya.

Prakiraan jumlah total bakteri yang diamati didapat dari hasil membandingkan antara pola yang didapat dari percobaan dengan pola standar yang diberikan oleh fabrikasi.



Gambar 3. Dip Slide agar yang dipergunakan untuk analisis dan menghitung jumlah bakteri. a) Total Bakteri, yeast and mold b) Aerob Bakteri c) SRB

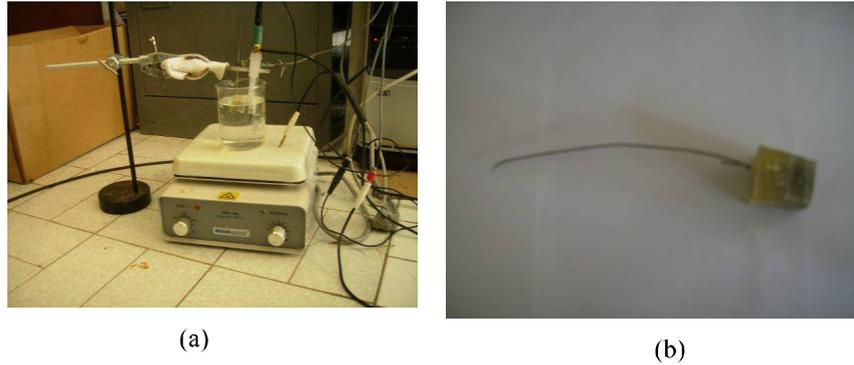
3) Analisis pH, konduktivitas dan TDS

Tujuan 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.

4) Pengukuran Laju Korosi

Tujuan percobaan ini adalah untuk mendapatkan nilai laju korosi dengan konsentrasi *inhibitor* yang berbeda. Alat yang digunakan adalah eDAQ yang terdiri dari Potensiostat untuk mengontrol tegangan elektroda, *e-corder* untuk merekam data, dan EChem untuk menampilkan data dalam bentuk grafik. (Gambar 4) Benda uji dibuat dengan luas permukaan 1 cm^2 yang sudah diampelas permukaannya dengan *sand paper* ukuran 400, 600, 800 sampai dengan 1000.

Benda uji dihubungkan dengan kabel sebagai media hubungan arus selanjutnya dibingkai dengan epoksi agar hanya 1 permukaan saja yang kontak dengan larutan sampel setelah dicelup. Kemudian benda uji diampelas dengan kertas grit 400, 600, 800 sampai dengan grit 1000. Pencelupan dilakukan kurang lebih selama 2 jam untuk setiap sampel dan perubahan arus yang terjadi direkam ke dalam komputer untuk kemudian dihitung hingga mengeluarkan nilai laju korosi (Mpy).



Gambar 4. Alat pengukur laju korosi (a) dan sampel (b)

Data eksperimen yang didapat langsung dari eDAQ adalah arus (μA) dan tegangan (mV) seperti pada Gambar 4. Kemudian data ini dipindahkan ke Microsoft Excel dan dihitung laju korosinya menggunakan persamaan (1) di bawah ini,

$$R_{\text{mpy}} = 0,13 I_{\text{corr}} \frac{e}{\rho} \quad (1)$$

- R_{mpy} : laju korosi (Mpy)
 I_{corr} : densitas arus korosi ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)
 e : massa ekuivalen material (g)
 ρ : densitas material (g/cm^3)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Korosi

Nilai pH, konduktivitas dan TDS untuk kedua bak penampung dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. pH, Konduktivitas dan TDS untuk air pendingin sekunder dan air baku.

	Temp/ $^{\circ}\text{C}$	pH	Konduktivitas	TDS
Air di bak penampung air baku	28,3~28,4	6,47~6,60	145,7~146,7	72,6~73,3
Air di bak penampung menara pendingin	33.2	8.1	945	473

Dari hasil pencelupan kupon, terlihat dengan jelas perbedaan antara kupon yang dicelup pada bak penampung air baku dan bak di menara air pendingin sekunder (Gambar 5). Endapan produk berwarna kuning oranye terlihat jelas pada kupon material baja karbon yang dicelup pada bak penampung air baku, sedangkan untuk material *Stainless Steel* (SS 304) tidak terbentuk suatu produk. Gambar 5 memperlihatkan bahwa pada kupon tatanan vertikal terlihat adanya endapan yang melebar kebawah sepanjang diameter kupon SS 304 akibat efek gravitasi.

Kupon yang dicelup pada bak penampung di menara pendingin air sekunder dapat dilihat pada Gambar 5.c dan d, untuk tatanan vertikal dan horizontal. Pada Gambar 5.c jelas terlihat bahwa produk yang terbentuk terakumulasi pada material baja karbon (di gambar terlihat sebagai lempeng dengan diameter yang lebih kecil). Tidak ada produk yang terbentuk di permukaan material SS 304 (di gambar terlihat sebagai lempeng dengan diameter yang lebih besar), pada tatanan galvanik dengan

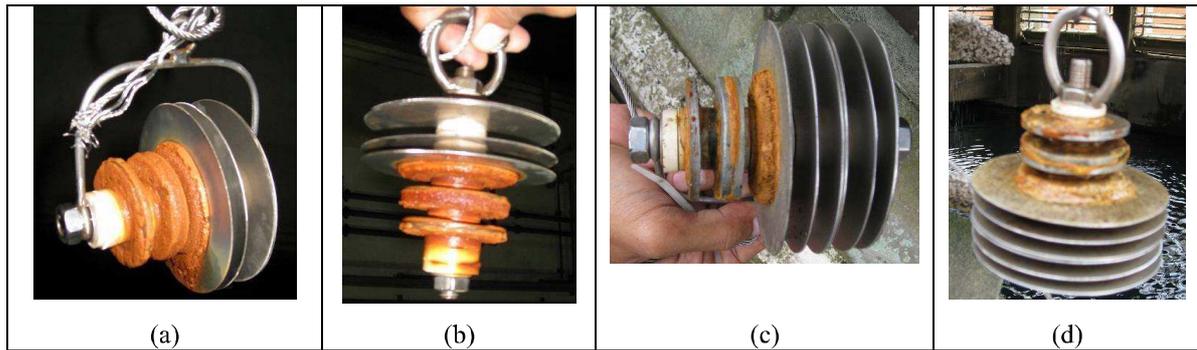
lempeng material baja karbon. Terlebih pula dengan SS 304 yang berada pada tatanan *crevice* dan homogen, jelas tidak terbentuk produk korosi. Pada tatanan horizontal (Gambar 5.d.), hasil pengamatan secara visual, produk yang terbentuk juga mempunyai kecenderungan yang sama terlihat persis sama dengan pada Gambar 5.c. Secara kuantitas, hanya pada material SS 304 yang diameternya lebih besar dan terposisi pada tatanan horizontal, jelas terlihat adanya debris yang menempel pada permukaan dikarenakan gravitasi. Adanya debris yang sedikit berwarna hijau jelas terlihat, dan hal ini disebabkan karena adanya sentuhan cahaya matahari dengan bak penampung di menara pendingin air sekunder, dimana warna hijau tersebut adalah warna klorofil.

Pembandingan secara visual antara produk yang muncul di permukaan kupon yang dicelup di kedua bak penampung dapat dibedakan pada parameter warna produk yang terbentuk dan kuantitas, dimana warna yang kuning oranye yang tidak tercampur dengan warna kehijauan ditampilkan oleh kupon yang dicelup di bak penampung air baku, sedangkan warna kuning oranye kehijauan ditampilkan pada kupon yang dicelup di bak penampung di menara pendingin air sekunder. Secara kuantitas jelas terlihat bahwa produk yang terbentuk di kupon yang dicelup bak penampung air baku jauh lebih banyak dibandingkan dengan lainnya, hal ini terkait dengan kualitas air yang melingkupinya, dimana pengaruh penambahan inhibitor ke dalam air pendingin sekunder yang dapat menekan proses korosi yang terjadi. Sejauh mana ke efektifan inhibitor di dalam menekan korosi pada material baja karbon, perlu dilakukan penelitian pengawasan korosi dengan kupon dan dalam lingkup air dengan variasi inhibitor.

Hasil pencelupan menunjukkan bahwa korosi homogen untuk baja karbon tetap terjadi pada kedua lingkup air yang berbeda tersebut, tetapi menjadi lebih terlihat pada lingkup air baku, perbedaan posisi vertikal dan horizontal tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.

Tatanan kupon *crevice* untuk material baja karbon memberikan produk yang lebih terlihat dibandingkan dengan homogen, disini memberikan pemahaman bahwa posisi *crevice* memberikan kemungkinan pengakselerasian proses korosi. Hal ini berdasarkan pada asumsi bahwa adanya air yang terjebak diantara dua disc material baja karbon memberikan nilai pH yang lebih rendah, sehingga berkontribusi H^+ lebih banyak, dan akhirnya mengakselerasi laju korosi. Sejauh mana efeknya pada degradasi material baja karbon, akan dilakukan pada akhir proses pencelupan dengan durasi beberapa tahun.

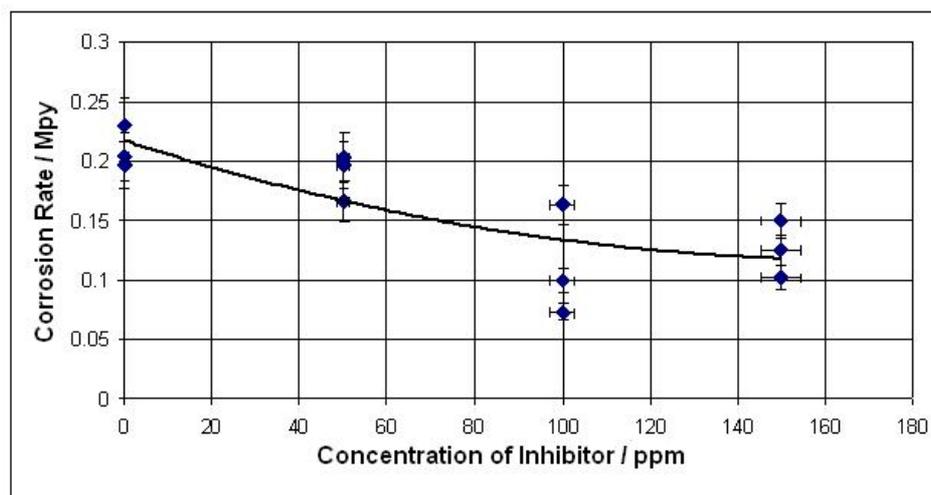
Korosi galvanik, dipelajari dari tatanan kupon antara material baja karbon dan SS 304, terlihat bahwa hanya material baja karbon saja yang terserang proses korosi. Begitu juga dengan keterangan sebelumnya, fenomena ini akan dibuktikan pada analisa metalografi setelah beberapa tahun proses pencelupan.



Gambar 5. Kupon sampel untuk mempelajari proses korosi homogeny, *crevice* dan galvanik yang dari material baja karbon, setelah pencelupan selama 5 bulan ke dalam bak penampung air baku dan bak di menara pendingin air sekunder RSG GAS.

- Tatanan kupon secara vertikal dan b) horizontal setelah dicelup pada bak penampung air baku.
- Tatanan kupon secara vertikal dan d) horizontal setelah dicelup di bak penampung menara pendingin sir sekunder

Hasil pengukuran pengaruh konsentrasi inhibitor terhadap laju korosi dapat dilihat pada Gambar 6. Laju korosi baja karbon pada air baku didapat sebagai 0.2 ~ 0.25 Mpy. Adanya penambahan *inhibitor* yang berfungsi memberikan pelapis lapisan oksida pada permukaan material sebagai usaha penekanan laju korosi, didapat bahwa naiknya konsentrasi *inhibitor* akan menekan laju korosi. Semakin tinggi konsentrasi *inhibitor* yang ditambahkan akan lebih menekan laju korosi, sehingga laju korosi menurun. Tetapi tampak kecenderungan untuk mencapai suatu nilai kesetimbangan. Berdasarkan data tersebut didapat bahwa laju korosi baja karbon dilingkup air pendingin sekunder, dimana ditambahkan *inhibitor* dengan konsentrasi antara 60-100 ppm, adalah berada pada rentang 0.14 ~ 0.16 Mpy (Gambar 6).



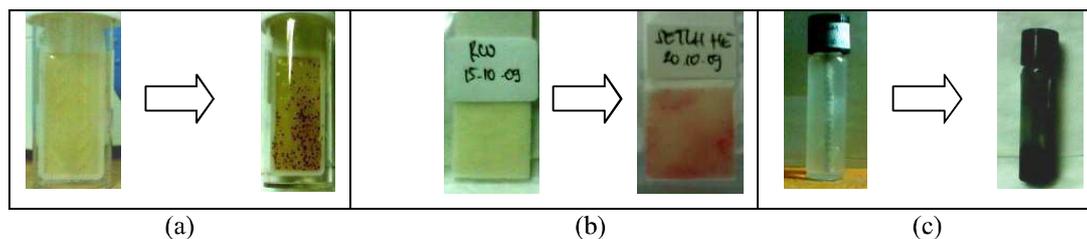
Gambar 6. Pengaruh *inhibitor* yang diaplikasikan di air pendingin sekunder RSG GAS dengan laju korosi material baja karbon pipa pendingin sistem pendingin sekunder.

Satu hal yang harus diverifikasi kemudian adalah, pada kondisi aktual air pendingin sekunder juga ditambahkan anti kerak dan anti mikroba. Se jauh mana pengaruh kedua bahan kimia penambah

ini terhadap laju korosi baja karbon perlu diteliti lebih jauh dan menjadi agenda penelitian selanjutnya. Selain itu, adanya kenaikan temperatur air pendingin sekunder sekitar 10°C yang diakibatkan karena adanya pengambilan panas dari sistim primer di alat penukar panas, diprediksi tidak akan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kenaikan laju korosi, meskipun energi aktivasi reaksi redoks tersebut 3,5 Kkal.

Bakteria

Bakteria diketahui juga dapat menginisiasi proses korosi, dimana korosi yang terjadi disebut sebagai bio-korosi. Analisis bakteri pada penelitian ini dilakukan untuk memahami efektifitas dari penambahan bahan kimia anti bakteri yang diaplikasikan di air pendingin sekunder RSG GAS. Banyak tidaknya bakteri yang hidup didalam air pendingin sekunder, dapat membawa pada suatu prediksi seberapa besar terjadinya proses bio-korosi di pipa pendingin sekunder. Analisis dilakukan dengan menggunakan test kit yang berbahan dasar agar. Perubahan yang terjadi pada agar akibat adanya pertumbuhan bakteri dapat dilihat pada Gambar 7, untuk total bakteri, *Yeast dan Mold* (a), *Aerobe Bacteria* (b) dan *Sulphate Reducing Bacteria* (SRB) (c). Pola warna dan kepekatan bercak yang terbentuk kemudian dibandingkan dengan standar yang diberikan oleh fabrikasi, sehingga dapat ditetapkan rentang jumlah koloni yang terbentuk.



Gambar 7. Perubahan tampilan agar pada test Kit jika terjadi pertumbuhan bakteri untuk total bakteri, *Yeast dan Mold* (a), *Aerobe Bacteria* (b) dan *Sulphate Reducing Bacteria* (SRB) (c).

Tidak terdeteksi adanya pertumbuhan bakteri di bak penampung air baku, dimana hasil ini sangat berbeda dengan untuk air sekunder. Total bakteri dengan kisaran jumlah $\sim 10^7$ cfu/ml didapat di dalam air sekunder di bak penampung di menara pendingin air sekunder pada kondisi reactor tidak beroperasi dimana tidak ada penambahan bahan kimia anti bakteri. Tingginya nilai total bakteri tersebut disebabkan karena adanya ruang lingkup yang cocok untuk bakteri tersebut tumbuh kembang. Beberapa faktor yang menunjang tumbuhnya bakteri adalah temperatur air yang berkisar antara 30-35°C, adanya sinar matahari dan adanya nutrisi yang masuk dari sekitar yang masuk terbawa angin. Adanya penambahan anti bakteri dengan konsentrasi sekitar 60~100 ppm menurunkan nilai total bakteri menjadi sekitar $\sim 10^3$ cfu/ml. Perbedaan tempat sampling memberikan nilai yang berbeda. Hasil ini menunjukkan adanya heterogenitas kondisi fisik air di bak penampung air sekunder di menara pendingin. Oleh karena itu, upaya menghomogenkan kondisi kimia di air pendingin sekunder perlu difikirkan.

Nilai total bakteri untuk lokasi sampling sebelum dan sesudah alat penukar panas tidak menunjukkan nilai perbedaan yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan temperatur yang terjadi secara drastis di sirkulasi di alat penukar panas tidak mempengaruhi kehidupan bakteri. Dari semua hasil analisa bakteri tersebut dapat ditarik suatu saran bahwa lokasi paling efektif untuk menekan nilai total bakteri adalah di bak penampung air sekunder di menara pendingin. Tetapi, homogenitas dari bahan kimia anti bakteri yang ditambahkan perlu difikirkan, agar lebih efektif.

Bakteri SRB dideteksi keberadaannya pada kondisi reactor tidak beroperasi, tetapi itupun hanya pada satu lokasi sampling, di lokasi sampling lainnya tidak ditemukan adanya SRB. Hal ini juga menunjukkan bahwa sistem pengadukan untuk mendapatkan homogenitas yang kearah ideal sangat perlu difikirkan untuk diterapkan. Selain itu, terdeteksinya keberadaan SRB tersebut menjadi perhatian bersama, karena adanya kemungkinan terjadinya bio korosi akibat yang disebabkan SRB. Secara mekanisme dapat dijelaskan bahwa SRB adalah jenis bakteri yang mereduksi sulfat menjadi sulfid didalam kondisi tidak ada oksigen, yang menghasilkan asam H^+ dan akhirnya menurunkan pH larutan.

Sulfid yang diproduksi oleh bacteria SRB ini akan bereaksi besi yang dikandung di agar dan akhirnya membentuk senyawa besi sulfid yang berwarna hitam. Semakin tinggi konsentrasi besi sulfid yang terbentuk akan semakin pekat warna hitam yang terbentuk. Warna hitam terbentuk dimulai dari sumbu yang telah dicelup pada air sampel. Kepekatan warna hitam yang terbentuk yang bermula dari sumbu membedakan jumlah total SRB yang dikandung setelah masa inkubasi 24 ~ 36 jam pada temperature kamar. Warna hitam pekat menunjukkan konsentasi koloni SRB $>10^6$ cfu/ml, dan warna hitam hanya pada sumbu menunjukkan jumlah SRB $>10^5$ cfu/ml. Jika warna hitam muncul tipis sepanjang sumbu pada hari ke lima (5), menunjukkan total SRM < 10 .

Bakteria *aerobe* tumbuh sangat bergantung pada konsentrasi oksigen, sedangkan *an aerobe* tidak bergantung pada oksigen. Dari hasil selisih antara nilai total bakteri dengan *an aerobe* bakteri menunjukkan bahwa, bakteri utama yang tumbuh didalam air pendingin sekunder di dalam bak penampung di menara pendingin adalah bakteri *aerobe*. Tetapi, jenis bakteri yang paling kuat menginisiasi proses bio korosi relatif kecil, SRB, dan menjadi tidak terdeteksi setelah penambahan anti bakteri.

Penambahan anti bakteri efektif hanya untuk dalam periode tertentu, karena dia hanya menekan pertumbuhan tetapi tidak membunuh total. Oleh karena itu penambahan anti bakteri secara periodik sangat diperlukan. Seperti halnya makhluk hidup lainnya, bakteriapun mempunyai daya resistansi untuk mempertahankan hidup, oleh karena itu evaluasi lebih lanjut terhadap keefektifan satu bahan kimia anti bakteri perlu dilakukan. Beralih pada senyawa anti bakteri lain untuk digunakan sebagai anti bakteri adalah suatu hal yang biasa dilakukan karena adanya daya resistansi terhadap suatu bahan kimia oleh bakteri, sehingga penggunaannya menjadi tidak efektif.

KESIMPULAN

Adanya produk korosi homogeny, crevice dan galvanic untuk material baja karbon telah dapat dipahami secara visual. Produk tersebut terbentuk dengan prakiraan laju korosi 0.13 ± 0.02 , yang sedikit lebih rendah dari air baku, 0.20 ± 0.01 Mpy. Walaupun tidak terindikasi adanya bio korsi yang mungkin terjadi di pipa pendingin sekunder, tetapi diketahui bahwa total bakteri yang tumbuh pada air sekunder pada kondisi tidak beroperasi, atau tidak dengan penambahan anti bacteria adalah sekitar 10^7 cfu/ml. Jumlah terbut dapat ditekan hingga menjadi 10^3 cfu/ml dengan penambahan anti bakteri. Perlu dicermati bahwa keberadaan SRB bacteria yang terdeteksi dalam jumlah $>10^6$ cfu/ml memberikan sinyal bahwa penambahan anti bakteri ke dalam bak penampung air pendingin sekunder di menara pendingin tidak boleh terlupakan, karena berpotensi munculnya bio korosi akibat SRB.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan banyak terimakasih pada Kementrian Riset dan Teknologi yang telah memberikan dana melalui Program Insentif 2009 hingga penelitian ini dapat dilakukan. Juga diucapkan terimakasih pada rekan peneliti lain yang terlibat dalam bantuan teknis.

DAFTAR PUSTAKA

1. IAEA TECDOC 927, '*Influence of Water Chemistry on Fuel Cladding Behavior*', 1993
2. IAEA, TRS 418, '*Corrosion of Research Reactor Aluminum Clad Spent Fuel in Water*', 2003
3. IAEA Reactor Research Conference, December 2007
4. Aplikasi Program *Corrosion Surveillance* untuk kolam penyimpan reaktor RSG-GAS, TKPFN-seminar, Surabaya 2010.
5. European Nuclear Society Conference, Rome, 2011.

DISKUSI / TANYA JAWAB :

PERTANYAAN : (Anni Rahmat, PTRKN-BATAN)

- Apakah dalam desain diameter baja karbon dan SS316 sudah dihitung dampak aliran yang bekerja dan jarak (gap) antara SS316 untuk monitoring korosi pernah dilakukan jarak optimumnya ?

JAWABAN : (Ahmad Abtokhi, PTRKN-BATAN)

- Jarak diasumsikan, pada celah tersebut akan ada air yang akan terjebak dimana nantinya akan ada penurunan pH sehingga proses korosi terakselerasi, baik untuk crevice maupun galvanic.