

## ANALISIS LAJU KOROSI MATERIAL BEJANA TEKAN PWR DALAM BERBAGAI KONSENTRASI H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> DAN TEMPERATUR

Oleh

Febrianto

Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir - BATAN

### ABSTRAK

**ANALISIS LAJU KOROSI MATERIAL BEJANA TEKAN PWR DALAM BERBAGAI KONSENTRASI H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> DAN TEMPERATUR.** Pada penelitian ini dilakukan analisis laju korosi pada material bejana tekan reaktor. Analisis korosi material bejana tekan PWR dilakukan dengan melihat pengaruh temperatur dan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Variasi temperatur pada percobaan ini adalah 30, 40, 50, 60, 70 dan 200 °C sedangkan variasi konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebesar 4, 5, 6, 7 dan 8 %. Setelah itu dilakukan uji korosi untuk melihat korosi yang terjadi pada material dengan menggunakan *potensiostat*. Spesimen yang digunakan pada penelitian ini adalah *stainless steel* 304. Dari hasil yang didapat terlihat bahwa temperatur dan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> mempengaruhi laju korosi material SS 304. Semakin tinggi temperatur dan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> semakin tinggi laju korosi yang terjadi.

Kata kunci: laju korosi, bejana tekan, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, *potensiostat*

### ABSTRACT

**ANALYSIS OF PWR PRESSURE VESSEL CORROSION RATE IN SEVERAL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> CONCENTRATION AND TEMPERATURE.** In this experiment, the reactor pressure vessel material corrosion rate analysis has been conducted. A PWR pressure vessel corrosion rate analysis was applied to see the effect of temperature and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentration. Temperature variation in this experiment was 30, 40, 50, 60, 70 dan 200 °C and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentration variation was 4 %, 5%, 6%, 7% dan 8 %. The specimens have been conditioned in several H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentration and temperature. Corrosion testing was applied to see corrosion that occurred at material using *Potentiostat*. Specimen that was used in this experiment was SS 304. From the experiment results indicated that, temperature and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentration have an effect to material corrosion rate. Corrosion rate increases if temperature and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrations, becomes higher.

Keywords: corrosion rate, pressure vessel, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, *potentiostat*

### PENDAHULUAN

Sejak awal pengoperasian PLTN reaktor jenis PWR banyak permasalahan korosi yang terjadi pada bejana tekan. Hal ini disebabkan terutama oleh faktor *stress* material, beban operasional dan lingkungan air pendingin yang korosif. Dalam kombinasi efek *stress* dan lingkungan yang agresif, *stainless steel* (SS) bisa mengalami fenomena korosi yang cepat dan parah. *Stress* berupa *tensile* yang berasal dari beban yang diterima saat operasional atau dari *residual stress* pada material yang di dapat sewaktu pabrikan. Korosi merupakan suatu proses alamiah yang tidak bisa dicegah tetapi hanya bisa dikendalikan. Salah satu penyebab lingkungan yang agresif adalah H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> bisa masuk ke sistem melalui rembesan dari kondensat atau *demineralizer*. Pengendalian terhadap korosi bisa dilakukan dengan memilih material yang cocok dengan lingkungan dimana suatu material itu berada atau dengan menjaga agar lingkungan tempat material itu berada tidak agresif sehingga bisa mengurangi laju korosi material tersebut. Fungsi pengendalian

korosi bertujuan untuk meningkatkan keselamatan dan kehandalan serta menurunkan laju paparan radiasi suatu reaktor nuklir. Impak korosi memberikan kontribusi sangat besar terhadap peningkatan biaya operasional dan pemeliharaan. Impak korosi juga dapat memperpanjang waktu pemeliharaan dan inspeksi. Dari data operasi reaktor di USA, pengelolaan kimia air yang baik dapat menurunkan dampak korosi dengan meningkatnya faktor kapasitas reaktor menjadi 88,7 % (1999) dibanding 71,7 % (1989)<sup>[1]</sup>.

Ion sulfat sebagaimana ion klorida sering menimbulkan masalah korosi pada material industri. Dari pengalaman terlihat ion sulfat bisa menginisiasi korosi lobang maupun *stress corrosion cracking*) pada material<sup>[2]</sup>. Pada penelitian ini ingin dilihat pengaruh temperatur dan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> terhadap laju korosi material bejana tekan. Penelitian ini merupakan lanjutan dari percobaan yang telah dilakukan terhadap material *stainless steel* seperti SS 347, SS 316L dan lainnya. SS 304 digunakan pada penelitian ini karena dipakai sebagai material bejana tekan PWR. SS 304 merupakan *stainless steel* jenis austenik yang komposisi utamanya Fe, Cr dan Ni sedangkan dua

jenis *stainless steel* lainnya martensitik dan feritik, komposisi utamanya adalah Fe, Cr dan C. Adanya nikel pada austenitik akan meningkatkan ketahanan korosi pada suhu tinggi dan pada media yang oksidatif. Tingginya kandungan karbon bisa menyebabkan terpresipitasi karbon dengan krom (CrC) pada daerah dekat batas butir. CrC sering terjadi pada saat perlakuan panas pada material saat fabrikasi atau pengoperasian pada temperatur tinggi<sup>[3,4]</sup>.

## METODOLOGI

Material yang digunakan untuk uji korosi adalah *stainless steel* 304. Benda yang akan diuji terlebih dulu *dimounting* menggunakan resin epoksi sehingga bagian yang akan berkontak dengan larutan uji saja yang dibiarkan terbuka. Pada saat *mounting* dipasang kabel pada spesimen sebagai hubungan arus. Spesimen uji diampelas dengan kertas dari grit 400, 600, 800 sampai dengan grit 1000 dan dipoles menggunakan pasta diaman METADI II ukuran 1/4 mikron. Spesimen uji dikondisikan dengan diekspose pada berbagai variasi temperatur dan konsentrasi larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Variasi temperatur pada percobaan ini adalah 30, 40, 50, 60, 70 dan 200 °C sedangkan variasi konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> adalah 4, 5, 6, 7 dan 8 %. Setelah itu baru dilakukan uji korosi yang terjadi dengan menggunakan *Potensiostat*. Khusus untuk pengujian pada temperatur 200 °C, spesimen dikondisikan dengan menggunakan *Autoclave*. *Range* temperatur yang rendah pada percobaan ini karena keterbatasan peralatan *Potensiostat* yang tidak bisa dioperasikan secara langsung pada temperatur lebih besar dari 80 °C.

Polarisasi anodik diperoleh dengan scanning potensial dari -100 mV pada *Open Circuit Potential* (OCP) sampai 700 mV dengan kecepatan 0,1 mV/det. Kemudian spesimen di tempatkan dalam larutan kerja pada kondisi katodik (-100 mV) selama 30 menit. Silver/Silver Chloride (Ag/AgCl) digunakan sebagai *reference electrode* dan kawat (*wire*) Pt digunakan sebagai *counter electrode*. Uji korosi dilakukan dengan metoda elektrokimia. Densitas arus korosi ( $I_{corr}$ ) tidak bisa diukur secara langsung dari reaksi elektrokimia karena arus yang terjadi akan mengalir di antara sejumlah tempat anodik dan katodik pada permukaan logam atau material. Data yang didapat selama pengujian berupa arus dan potensial kemudian diolah dengan Analisa Tafel untuk mendapatkan arus korosi dan laju korosi<sup>[3,4]</sup>. Analisa Tafel dilakukan dengan mengekstrapolasi bagian linier dari suatu plot log arus *versus* potensial pada pertemuan arus anodik dan katodik. Dari perpotongan ini bisa didapat densitas arus korosi ( $I_{corr}$ ). Densitas arus korosi

( $I_{corr}$ ) yang didapat dari pertemuan garis ekstrapolasi dapat dikonversikan untuk mendapatkan *Corrosion rate* (laju korosi) dengan hubungan sebagai berikut :

$$CR_{(mpy)} = 0,13 I_{corr} EW / \rho \quad (1)$$

dengan

$CR$  : Laju korosi (mili in/yr)

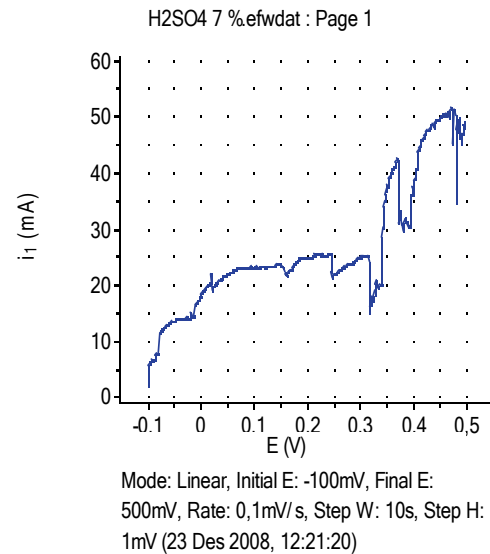
$I_{corr}$  : Densitas arus korosi ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )

$EW$  : Berat ekuivalen material (gr)

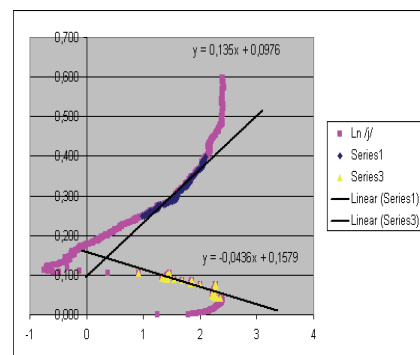
$\rho$  : Densitas material ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

## PEMBAHASAN

Gambar 1 merupakan kurva arus (mA) dan Potensial (V) yang didapat langsung dari penelitian. Kurva dibawah ini merupakan kurva arus dan potensial yang di dapat dalam konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 7%. Gambar 2 dan Tabel 1 didapat dari tahapan perhitungan dengan Analisa Tafel.



Gambar 1. Kurva Arus dan potensial

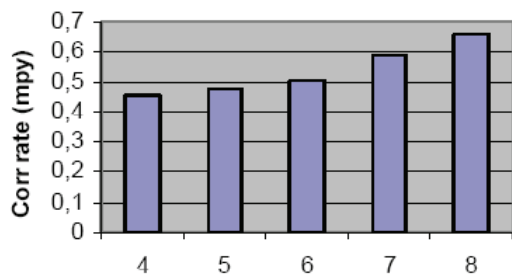


Gambar 2. Kurva Tafel antara *applied potential* dan *log current density*

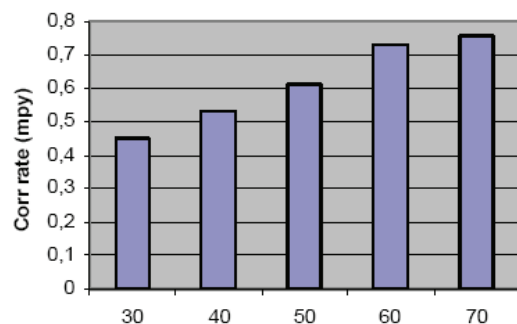
Tabel 1. Hasil olahan analisis Tafel dan data input penelitian

$\ln/j$	0,337626
Densitas arus korosi $I_{corr}$ (uA/cm <sup>2</sup> )	1,401616
CR (mpy)	0,587179

Dari data hasil penelitian pada Gambar 3, terlihat bahwa konsentrasi larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> memberikan pengaruh terhadap laju korosi material. Semakin besar konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> semakin tinggi laju korosi yang terjadi. Pada konsentrasi 4 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> laju korosi sebesar 0,4627 mpy sedangkan pada konsentrasi 5 % laju korosi menjadi 0,4755 mpy dan pada konsentrasi 6 % laju korosi meningkat menjadi 0,5059 mpy pada konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> , 7 dan 8 % laju korosi menjadi 0,5872 dan 0,6569 mpy masing-masingnya.

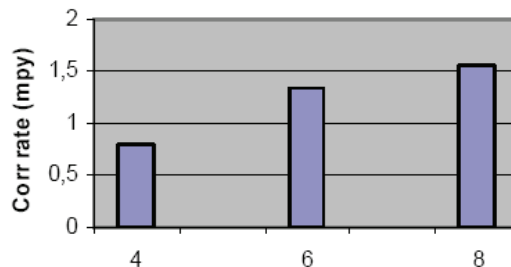
Gambar 3. Pengaruh konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (%) terhadap laju korosi material SS 304

Dari Gambar 4 terlihat bahwa kenaikan temperatur memberikan pengaruh terhadap laju korosi material. Semakin tinggi temperatur semakin tinggi laju korosi yang terjadi. Pada temperatur 30°C laju korosi sebesar 0,4534 mpy sedangkan pada temperatur 40 °C laju korosi menjadi 0,5297 mpy dan pada temperatur 50 °C laju korosi meningkat menjadi 0,6124 mpy sedangkan pada temperatur 60 dan 70 °C laju korosi menjadi 0,7299 dan 0,7574 mpy masing-masingnya.



Gambar 4. Pengaruh temperatur terhadap laju korosi material SS 304

Pada Gambar 5, dapat dilihat pengaruh konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pada temperatur 200 °C. Laju korosi material dalam H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> untuk 4 % pada temperatur 30 °C sebesar 0,4534 mpy sedangkan pada temperatur 200 °C menjadi 0,8023 mpy. Demikian juga kalau dilihat laju korosi yang terjadi dalam H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> untuk 6 % pada 30 °C sebesar 0,5059 mpy sedangkan pada 200 °C naik menjadi 1,3361 mpy. Sedangkan laju korosi dalam H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> untuk 8 % pada 30 °C sebesar 0,6569 mpy sedangkan pada 200 °C naik menjadi 1,5579 mpy.

Gambar 5. Pengaruh konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pada 200°C terhadap laju korosi material SS 304

Dari data yang didapat terlihat, kenaikan temperatur meningkatkan laju korosi yang terjadi hal ini disebabkan dengan semakin tinggi temperatur akan mempercepat difusi oksigen melalui lapisan katodik dari oksida yang terbentuk. Sedangkan meningkatnya konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> konsentrasi akan mempertinggi mobilitas H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dalam larutan hal ini bisa meningkatkan laju korosi. Korosi yang terjadi pada SS 304 relatif rendah hal ini bisa disebabkan cukup tingginya kandungan Cr (>18 %) dan rendahnya kandungan karbon (C) yakni < 0,08 %. Dengan tingginya kandungan Cr dan rendahnya kandungan karbon akan mengurangi korosi yang terjadi pada SS 304. Tingginya kandungan karbon (> 0,03) akan mempertinggi kemungkinan terjadinya CrC (krom karbida) pada batas butir sehingga akan mengurangi konsentrasi Cr pada batas butir. Berkurangnya konsentrasi Cr pada batas butir akan mempermudah terjadinya korosi.

## KESIMPULAN

Dari hasil yang didapat dari penelitian terlihat bahwa konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan temperatur berpengaruh terhadap laju korosi material *stainless steel* 304. Semakin besar konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan temperatur semakin tinggi laju korosi yang terjadi. Korosi SS 304 dalam media yang mengandung H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> cukup rendah hal ini disebabkan tingginya kandungan Cr dan rendahnya kandungan C.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada Redaksi Majalah Ilmiah Sigma Epsilon yang telah membantu dalam perbaikan makalah ini.

### DAFTAR PUSTAKA

1. WOOD, C.J., "*Developments in Nuclear Power Plant Water Chemistry*", Prosiding 8<sup>th</sup> International Conference on Water Chemistry of Nuclear Reactor System, Bournemouth, Vol.1, 2000.
2. SEDRIKS JA., "*Corrosion of Stainless Steels*", The electrochemical Society Inc., Princeton, New Jersey.
3. McNAUGHTON, K.J., "*Selecting Materials For Process Equipment*", Chemical Engineering, McGraw-Hill Publications Co, New York.
4. UHLIG, H., "*The Corrosion Hand Book*", The Electrochemical Society Inc., John Willey & Sons.