

# PENGUJIAN KOROSI UAP ASAM TEMPERATUR TINGGI LAPISAN ZINC PADA SUBSTRAT BAJA KARBON

Muhamad Rizki<sup>1)</sup>, Eni Sugiarti, M.Eng<sup>2)</sup>, Edi Sanjaya, M.Si<sup>3)</sup>

<sup>1,3)</sup>Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta  
Jalan Ir. H. Juanda no 85 Jakarta Indonesia 14512

<sup>2)</sup>Pusat Penelitian Fisika-LIPI Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Tangerang Selatan 15310

<sup>1</sup>[muhamahd.rizki16@mhs.uinjkt.ac.id](mailto:muhamahd.rizki16@mhs.uinjkt.ac.id)

<sup>2</sup>[eni.sugiarti@lipi.go.id](mailto:eni.sugiarti@lipi.go.id)

<sup>3</sup>[edi.sanjaya@uinjkt.ac.id](mailto:edi.sanjaya@uinjkt.ac.id)

## Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Panas bumi (PLTP) merupakan salah satu solusi permasalahan kebutuhan energi pada saat ini. Namun pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas bumi (PLTP) terdapat beberapa masalah-salah satunya bagian pemipaan yang terbuat dari baja karbon yang mudah terkorosi. Telah dilakukan proses pengujian korosi baja karbon yang dilapisi zinc yang tersedia di pasaran dengan uap asam klorida (HCl) 37% pada temperatur ruang (28 °C) dan temperatur 300°C. Sampel yang telah diuji korosi diukur perubahan massanya untuk dihitung prediksi laju korosi pada sampel kemudian dikarakterisasi dengan uji *X-Ray Diffractometer* (XRD). Hasil pengujian korosi menunjukkan lapisan zinc dapat melindungi substrat baja karbon dari korosi pada temperatur ruang sedangkan pada temperatur tinggi lapisan zinc tidak dapat melindungi substrat baja karbon dari korosi.

## Abstract

Geothermal Power Plant is one of the solution of nowadays energy demand problem. But there are problems occur on the Geothermal Power Plant-it is the piping system made from carbon steel which is fragile to be corroded. Has been done corrosion test of the zinc-coated carbon steel-which is available in market-by hydrochloric acid (HCl) 37% in the room temperature (28 °C) and 300 °C. After the corrosion test, samples were measured their mass change to calculate the corrosion rate predictions, then characterized by *X-Ray Diffractometer* (XRD). The result showed that zinc is able to protect carbon steel substrate from corrosion on the room temperature, meanwhile on the high temperature it can not protect carbon steel substrate from corrosion.

**Keywords:** *Geothermal Power Plant, Corrosion, Zinc, Temperature.*

## 1. Pendahuluan

Meningkatnya kebutuhan akan energi serta meningkatnya harga minyak, khususnya pada tahun 1973 dan 1979, telah memacu berbagai negara, termasuk Indonesia, untuk mengurangi ketergantungan mereka pada minyak. Pembangkit Listrik Tenaga Panas bumi (PLTP) merupakan salah satu solusi permasalahan kebutuhan energi pada saat ini.

Pembangkit Listrik Tenaga Panas bumi (PLTP) bekerja dengan memanfaatkan panas yang terdapat di bawah permukaan bumi untuk memanaskan air tanah ataupun air yang disuntikkan ke bawah permukaan bumi sehingga menghasilkan uap panas bertekanan tinggi yang dapat dialirkan melalui pipa untuk memutar turbin generator listrik. Namun pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas bumi (PLTP) terdapat beberapa masalah-salah satunya bagian pemipaan yang terbuat dari baja karbon yang mudah terkorosi [1]. *Carbon steel* atau baja karbon merupakan salah satu jenis logam yang

banyak diaplikasikan pada dunia industri terkait dengan penanganan asam, basa, ataupun garam. Namun jenis logam ini memiliki keterbatasan dalam hal ketahanan korosi. Asam klorida adalah salah satu jenis asam yang sangat agresif dan korosif [2]. Laju korosi logam dipengaruhi beberapa faktor yaitu sifat dari logam, rasio antara daerah katodik dengan daerah anodik, sifat dari produk korosi, pH dari medium, temperatur, dan efek oksigen [3].

Seiring dengan berkembangnya ilmu dan teknologi korosi, banyak metode digunakan untuk mencegah dan mengurangi dampak korosi pada logam, salah satunya yaitu metode *electroplating*. Metode ini dilakukan dengan melapisi suatu logam dengan logam lain yang memiliki ketahanan korosi yang lebih tinggi. Logam yang umum digunakan sebagai pelapis yang telah banyak tersedia secara komersial yaitu zinc.

Untuk itu pada penelitian ini dilakukan pengujian korosi baja karbon yang dilapisi zinc yang tersedia di pasaran dengan uap asam klorida (HCl) 37% pada temperatur ruang (28°C) dan

temperatur operasional PLTP 300°C dengan tujuan mempelajari performa korosi baja karbon pada kedua kondisi temperatur tersebut.

## 2. Metode Penelitian

Baja karbon yang dilapisi zinc ditimbang massa awal dan diukur dimensinya (panjang, lebar, dan tebal), kemudian digantung di dalam pipa dengan kawat nikel pada empat posisi.

Sebelum memulai pengujian korosi, setiap bagian sambungan pipa ditutup dengan lem silikon untuk menghindari kebocoran uap asam dari dalam pipa. Pengujian korosi dilakukan dengan mengalirkan uap asam klorida (HCl) 37% tanpa dipanaskan dan dengan pemanasan 300°C selama 21 jam ke dalam pipa.

Setelah itu sampel dicuci dengan *aquades* dan ditimbang massa akhirnya untuk menghitung massa yang hilang selama proses pengujian korosi. Besarnya massa yang hilang ( $\Delta m$ ) dapat dihitung dengan persamaan [2]:

$$\Delta m = \text{massa awal (m1)} - \text{massa akhir (m2)} \quad (1)$$

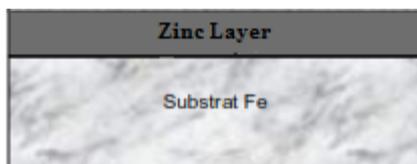
Kemudian laju korosi sampel dapat dihitung menggunakan persamaan [3]:

$$\text{Corrosion Rate (mm/year)} = \frac{8.76 \times 10^4 \times \Delta m}{A \times t \times \rho} \quad (2)$$

Dengan A, t, dan  $\rho$  berturut-turut adalah luas permukaan ( $\text{cm}^2$ ), durasi pengujian korosi (jam), dan massa jenis sampel ( $\text{gram/cm}^3$ ).

## 3. Hasil dan Pembahasan

Desain sampel baja karbon yang dilapisi zinc pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1 yaitu logam zinc hasil *electroplating* mengisolasi seluruh permukaan sampel sehingga reaksi korosi sampel dengan lingkungan dapat dihambat.



Gambar 1. Desain lapisan Fe/Zn

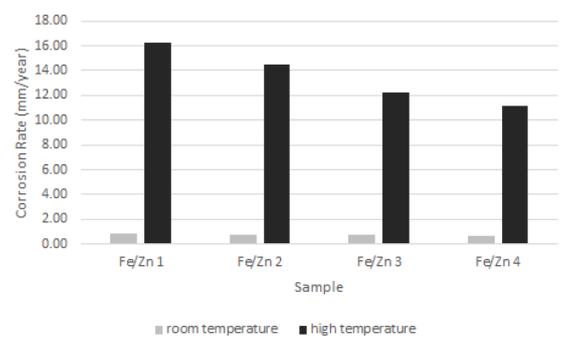
Ketahanan korosi baja karbon yang dilapisi zinc pada pengujian korosi uap asam HCl (37%) pada temperatur ruang dan temperatur 300°C dapat dilihat pada tabel 1 dan gambar 2 berikut.

Tabel 1. Perubahan Massa Sampel Setelah Uji Korosi

No.	Sample	Mass Change (mg)
1	Fe/Zn 1 room temperature	7.37
2	Fe/Zn 2 room temperature	6.92
3	Fe/Zn 3 room temperature	6.35
4	Fe/Zn 4 room temperature	5.89
5	Fe/Zn 1 high temperature	138.68
6	Fe/Zn 2 high temperature	124.39
7	Fe/Zn 3 high temperature	104.78
8	Fe/Zn 4 high temperature	95.42

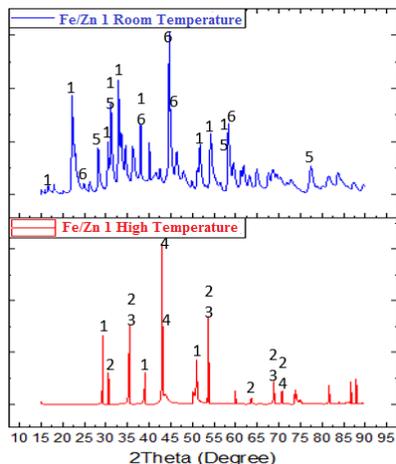
Kemampuan lapisan zinc dalam menahan korosi pada temperatur ruang dibuktikan pada tabel 1 dimana perubahan massa baja karbon yang dilapisi zinc setelah pengujian korosi pada temperatur ruang relatif cukup kecil dibandingkan dengan perubahan massa baja karbon yang dilapisi zinc setelah pengujian korosi pada temperatur 300°C.

Hal ini juga ditunjukkan pada gambar 2 yang memperlihatkan laju korosi baja karbon yang dilapisi zinc pada pengujian temperatur ruang relatif lebih rendah dibanding laju korosi baja karbon yang dilapisi zinc pada pengujian temperatur 300°C.



Gambar 2. Grafik laju korosi sampel setelah pengujian korosi

Perbedaan nilai laju korosi pada dua keadaan tersebut disebabkan karena pembalikan polarisasi saat zinc mencapai temperatur tertentu dimana zinc menjadi bersifat *noble coating* atau tidak melindungi logam yang dilapisinya sehingga zat pengkorosi menjadi bereaksi dengan logam yang dilapisi oleh zinc [4]. Kondisi pembalikan polarisasi pada sampel dapat dilihat pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. Data Difraksi XRD Sampel

Pada kurva XRD di atas terlihat bahwa pada baja karbon yang dilapisi zinc pada pengujian korosi dengan pemanasan 300°C terdapat fasa produk korosi berupa besi oksida dan besi klorida. Selain itu terdapat juga fasa zinc yang menandakan bahwa substrat utama baja karbon pada sampel tersebut terkorosi sedangkan logam zinc sebagai pelapis tidak terkorosi. Hal ini membuktikan kondisi pembalikan polarisasi pada logam zinc sehingga laju korosi sampel baja karbon yang dilapisi zinc pada pengujian korosi dengan pemanasan 300°C menjadi lebih tinggi dibanding pada keadaan tanpa pemanasan.

Sementara pada sampel baja karbon yang dilapisi zinc pada pengujian korosi tanpa pemanasan terdapat fasa zinc klorida dan zinc oksida sedangkan fasa produk korosi dari logam besi tidak muncul. Hal ini menunjukkan logam zinc sebagai pelapis mengalami korosi sedangkan substrat utama baja karbon tidak terkorosi sehingga dapat dikatakan bahwa logam zinc sangat cocok digunakan pada lingkungan korosif bertemperatur ruang sedangkan pada lingkungan korosif bertemperatur tinggi seperti pada sistem pemipaan PLTP tidak dianjurkan untuk digunakan.

#### 4. Kesimpulan

Telah dilakukan pengujian korosi uap asam HCl 37% pada substrat baja karbon yang dilapisi zinc dengan kondisi pemanasan 300°C dan tanpa pemanasan. Berdasarkan perhitungan perubahan massa dan laju korosi diketahui bahwa logam zinc memiliki ketahanan korosi yang baik pada kondisi lingkungan korosif bertemperatur ruang, sedangkan pada kondisi lingkungan korosif bertemperatur 300°C ketahanan korosi logam zinc cukup buruk. Berdasarkan data pola difraksi XRD diketahui bahwa tingginya laju korosi substrat baja karbon yang dilapisi zinc pada temperatur tinggi disebabkan oleh pembalikan polarisasi antara logam zinc dan logam besi.

#### • Keterangan :

- 1 : Fe<sub>16</sub>
- 2 : Fe<sub>24</sub>O<sub>32</sub>
- 3 : Fe<sub>3</sub>Cl<sub>16</sub>
- 4 : Zn
- 5 : Zn<sub>3</sub>Cl<sub>36</sub>
- 6 : Zn<sub>4</sub>O<sub>8</sub>

#### Ucapan Terimakasih

Terima kasih kepada kepala Pusat Penelitian Fisika LIPI, laboran, pembimbing penelitian di Pusat Penelitian Fisika LIPI, kepada dosen pembimbing di UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, dan teman-teman yang membantu dalam diskusi penyusunan makalah ini.

#### Daftar Acuan

- [1] E.T. Elliason, S. Thorhallsson, and B. Steingrimsson, Geothermal Power Plant, Short Course on Geothermal Drilling, Resource Development and Power Plants, Santa Tecla, El Salvador (2011), p. 9-10.
- [2] E. A. Noor and A. H. Al-Moubaraki, *Corrosion Behavior of Mild Steel in Hydrochloric Acid Solutions*. International Journal of Electrochemical Sciences, Volume 3, p. 806 – 818. 2008.
- [3] Kishore, P. (2009). Factors Affecting Rate of Corrosion. <http://www.indiastudychannel.com/resources/94317-Factors-affecting-ratecorrosion.aspx>
- [4] Anonyme. ASTM G31-72, Annual Book of ASTM Standards. West Conshocken, ASTM International (1999), p. 2-3.
- [5] Baboian R. *Corrosion Test and Standards*. 2nd ed. West Conshocken, ASTM International (2005), p. 35-37.
- [6] R. Winston Revie & Herbert H. Uhlig. *Corrosion and Corrosion Control : An Introduction to Corrosion Science and Engineering*. 4th ed. New Jersey, John Wiley & Sons Inc. (2008), p. 275-278.

