



Received 11st November 2022

Accepted 28th March 2022

Published 11th April 2022

Open Access

DOI: 10.35472/jsat.v6i1.764

Studi Inhibisi Korosi Pipa Sistem Pendingin Sekunder RSG-GAS BATAN Oleh Karboksimetil Kitosan

Edwin Rizki Safitra ^{*a}, Dwi Cahyani ^b, Idra Herlina ^c^a Department of Chemical Engineering, Institut Teknologi Sumatera (ITERA), South Lampung, Indonesia.^b Department of Biosystem Engineering, Institut Teknologi Sumatera (ITERA), South Lampung, Indonesia^c Department of Chemistry, Institut Teknologi Sumatera (ITERA), South Lampung, Indonesia.* Corresponding E-mail: edwin.rizki@tk.itera.ac.id

Abstract: Corrosion is one of the unavoidable problems in nuclear reactor cooling systems that use water as a cooling medium. secondary cooling system The Reaktor Serba Guna—G.A. Siwabessy (RSG-GAS) is an open recirculation cooling system that uses carbon steel pipes for water delivery. Due to the obvious open recirculation cooling system, components in the system interact with oxygen in the air, resulting in corrosion. Corrosion control in the RSG-GAS has been accomplished through the continuous injection of zinc phosphate (ZnPO₄) inorganic inhibitors, but the use of these inhibitors can contribute to environmental pollution and health issues. To resolve these concerns, environmentally-friendly corrosion inhibitors such as carboxymethyl chitosan have been used. CMC (carboxymethyl chitosan) is widely used because it is more amphiprotic than other chitosan derivatives. Because of the number of functional groups in carboxymethyl chitosan, it is an effective corrosion inhibitor. The corrosion inhibition test by CMC on carbon steel in the secondary cooling water system was performed using a weight-loss method in this study with variations of 0, 1, and 3 g CMC. The steel material's composition is 0.23% C, 0.17% Si, 0.008% P, 0.004% S, 0.012% Cr, and 0.037% Mn. According to the study, the corrosion rate generated at variations of 0, 1, and 3 g CMC is 8.237, 5,645, and 5,113 mpy, respectively. According to the data, the addition of CMC can reduce the weight loss of steel due to corrosion because CMC contains many amphiprotic groups that are adsorbed on the surface in half-full d Fe orbitals.

Keywords: corrosion, RSG-GAS, carboxymethyl chitosan, inhibitor

Abstrak: Korosi merupakan salah satu masalah yang tidak dapat dihindari pada sistem pendingin reaktor nuklir yang menggunakan air sebagai media pendinginnya. Sistem pendingin sekunder Reaktor Serba Guna—G.A. Siwabessy (RSG-GAS) adalah sistem pendingin resirkulasi terbuka, dengan pipa baja karbon sebagai media pengiriman air. Sistem pendingin resirkulasi terbuka ini menyebabkan komponen-komponen dalam sistem berinteraksi dengan oksigen di udara sehingga menimbulkan korosi. Pengendalian korosi di RSG-GAS dilakukan dengan penambahan inhibitor anorganik *zinc phosphate* (ZnPO₄) menggunakan sistem injeksi kontinyu, namun penggunaan inhibitor tersebut dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan gangguan kesehatan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut salah satunya adalah karboksimetil kitosan. Karboksimetil kitosan (KMK) banyak digunakan karena bersifat amfiprotik dibandingkan dengan turunan kitosan lainnya. Banyaknya gugus fungsi pada karboksimetil kitosan menjadikannya sebagai inhibitor korosi yang efektif. Pada penelitian ini dilakukan uji penghambatan korosi dengan KMK dengan variasi 0, 1, dan 3 g KMK pada baja karbon pada sistem air pendingin sekunder menggunakan metode weight loss. Komposisi bahan baja adalah 0,23% C; 0,17% Si; 0,008% P; 0,004% S; 0,012% Kr; 0,037% Mn. Dari hasil penelitian yang dilakukan laju korosi yang dihasilkan pada variasi 0, 1, dan 3 g KMK adalah 8,237; 5.645; dan 5,113 mpy. Dari data diketahui bahwa penambahan KMK dapat mengurangi susut bobot baja akibat korosi karena KMK memiliki banyak gugus amfiprotik, dan gugus tersebut teradsorpsi pada permukaan dalam orbital setengah d Fe.

Kata Kunci : korosi, RSG-GAS, karboksimetil kitosan, inhibitor



Pendahuluan

Korosi merupakan salah satu masalah utama pada sistem pendingin reaktor nuklir karena menggunakan air sebagai pendinginnya. Sistem pendingin sekunder Reaktor Serba Guna - G.A. Siwabessy (RSG-GAS) didesain menggunakan pipa baja karbon sebagai sarana distribusi air dengan sistem pendingin resirkulasi ulang terbuka. Adanya kontak udara (oksigen) dengan sistem pendingin resirkulasi terbuka ini menyebabkan korosi pada komponen sistem pendingin sekunder [1]. Pengendalian korosi pada sistem pendingin sekunder reaktor RSG-GAS dilakukan dengan penambahan inhibitor anorganik *zinc fosfat* ($ZnPO_4$) menggunakan sistem injeksi secara kontinyu [3,4]. Metode pengendalian korosi menggunakan inhibitor adalah metode yang umum dan berkembang sangat pesat. Namun penggunaan inhibitor anorganik dapat menimbulkan masalah lain yaitu pencemaran logam berat yang berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan. Penggunaan inhibitor korosi ramah lingkungan sudah banyak dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut, diantaranya kinina [5], ekstrak daun gambir [6], ekstrak daun teh [7], dan karboksimetil kitosan [8].

Karboksimetil kitosan (KMK) merupakan turunan kitosan yang mempunyai sifat penting yaitu larut dalam air, kapasitas pembentukan gel tinggi, toksisitas rendah, dan biokompatibel yang baik sehingga aplikasinya akan lebih luas [9]. Karboksimetil kitosan banyak digunakan karena bersifat amphiprotik dibandingkan turunan kitosan lainnya. Hal ini dikarenakan dalam karboksimetil kitosan terdapat gugus karboksil ($-COOH$), hidroksil ($-OH$), dan amina ($-NH_2$). Banyaknya gugus fungsi dalam karboksimetil kitosan ini menjadikannya sebagai inhibitor korosi yang efektif. Dari penjelasan tersebut, maka penelitian ini menitikberatkan pada proses pengukuran laju korosi dengan penambahan inhibitor KMK. Dengan penggunaan pipa baja carbon steel, air pendingin sekunder RSG-GAS langsung dari BATAN serta parameter yang berpengaruh, diharapkan dapat merepresentasikan data yang komprehensif. Adapun parameter yang akan dilihat dalam penelitian ini adalah variasi konsentrasi karboksimetil kitosan. Melalui variasi parameter tersebut maka akan dihasilkan nilai efisiensi inhibitor.

Metode

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah karboksimetil kitosan, NaCl, HCl, air pendingin sekunder

RSG-GAS, aseton, kertas amplas SiC 1000 mesh, aquades, dan resin epoksi.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah oven, timbangan analitik, XRF, FT-IR, alat mounting, rangkaian sel korosi, dan alat gelas.

a. Persiapan Sampel

Pada tahap ini material (spesimen) yang digunakan untuk analisis korosi berasal dari material baja karbon pipa sekunder reaktor RSG-GAS. Material plat pipa tersebut dipotong dengan ukuran 4 x 2 cm. Dibersihkan plat tersebut dari berbagai kotoran dan karat. Kemudian dihaluskan dengan amplas ukuran 1000 mesh hingga permukaan plat benar-benar halus. Cuci dengan aquades dan keringkan pada temperatur lingkungan. .

b. Pembuatan larutan Karboksimetil Kitosan

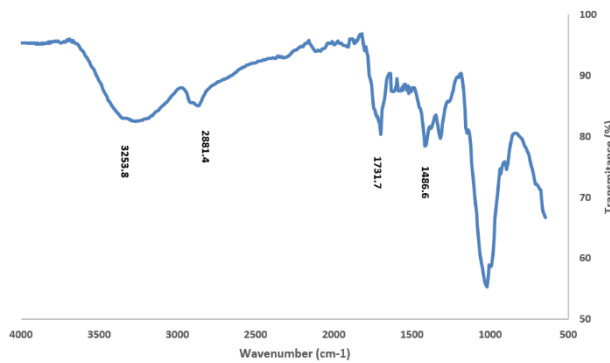
Pembuatan larutan karboksimetil kitosan ini dimulai dengan cara menimbang karboksimetil kitosan dengan berat 1 gram dan 3 gram dan dituangkan ke dalam beaker glass. Kemudian ditambahkan aquades sampai 100 mL dan diaduk hingga larut seluruhnya.

c. Uji Weight Loss

Plat uji yang telah disiapkan dan ditimbang kemudian diletakkan ke dalam beaker glass. Plat kemudian direndam dan dicatat waktu awal perendaman. Setelah akhir waktu perendaman yaitu 10 hari, plat di angkat dan dibersihkan menggunakan aquades lalu dibersihkan kembali dengan aseton. Setelah itu dikeringkan dan ditimbang untuk kemudian di hitung nilai laju korosinya menggunakan persamaan.

Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian ini digunakan karboksimetil kitosan yang didapat kemudian dianalisis gugus fungsinya menggunakan FT-IR untuk mengetahui sifat kimianya (Gambar 1).



Gambar 1. FT-IR Karboksimetil yang dihasilkan.

Dari karakterisasi FT-IR dihasilkan beberapa puncak bilangan gelombang disetiap rentang wilayahnya. Bilangan gelombang yang dihasilkan pada 1486,6 cm^{-1} menunjukkan serapan gugus amina, dan pada bilangan gelombang 3253,8 cm^{-1} menunjukkan serapan gugus hidroksil. Mengacu pada spektrum FTIR hasil penelitian [10], dimana serapan bilangan gelombang 1741 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus karbonil pada KMK. Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi reaksi antara karboksimetil dan kitosan membentuk karboksimetil kitosan. Sedangkan pada penelitian ini dihasilkan gugus karbonil pada bilangan gelombang 1731,7 cm^{-1} . Adanya gugus 2881,4 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus CH_2 dan CH_3 .

Tabel 1. Komposisi Kimia Material Pipa Pendingin Sekunder menggunakan XRF [11]

Unsur	Konsentrasi (%)
C	0,230
Si	0,170
P	0,008
S	0,004
Cr	0,012
Mn	0,037

Material pipa sekunder RSG–GAS memiliki kadar karbon sekitar 0,23% dan jumlah kandungan unsur yang lain <2% sehingga material tersebut dapat dikategorikan sebagai baja karbon rendah (kadar karbon <0,25%).

Laju korosi pipa pendingin dengan metode Graedel [10] ditunjukkan pada tabel 2. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa terjadi penurunan laju korosi dengan penambahan karboksimetil kitosan. Pada penelitian ini waktu perendaman adalah 240 jam dengan luas permukaan pipa baja 1,24 in^2 . Persamaan untuk menentukan laju korosi adalah:

$$\text{Laju Korosi} = \frac{K \cdot W}{A \cdot T \cdot D}$$

Dimana:

- K = Konstanta (ASTM G-31-72,2004)
- T = Waktu (jam)
- W = Kehilangan berat (g)
- D = Kerapatan (g/cm^3)
- A = surface area (cm^2)

Tabel 2. Laju Korosi Pipa Pendingin Sekunder

Massa KMK (g/100 mL)	Laju Korosi (mpy)
0	8,237
1	5,645
3	5,113

Dari tabel 2 terlihat bahwa semakin banyak massa KMK yang diberikan maka laju korosi akan semakin menurun. Hal ini karena KMK memiliki banyak gugus amfiprotik, dan gugus tersebut teradsorpsi pada permukaan dalam orbital setengah d atom Fe.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan karboksimetil kitosan dapat mengurangi proses korosi, hal tersebut ditunjukkan dengan penurunan laju korosi dengan penambahan KMK. Pada penelitian ini laju korosi terendah didapat pada pemberian 3 gram KMK dimana laju korosi yang dihasilkan sebesar 5,113 mpy.

Karboksimetil kitosan dapat mengurangi korosi, hal ini ditandai dengan penurunan laju korosi dengan penambahan KMK. Hal ini karena KMK memiliki banyak gugus amfiprotik, dan gugus tersebut teradsorpsi pada permukaan dalam orbital setengah d atom Fe. Laju korosi terendah dengan pemberian 3 gram KMK dengan laju korosi 5,113 mpy.

Konflik Kepentingan

Tidak ada konflik kepentingan pada penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Sumijanto, "Analisis efektivitas hidrazin (N_2H_2) sebagai alternatif inhibitor korosi pada sistem Pendingin sekunder RSG-GAS", Prosiding PPI-PDIPTN, hal. 96-103, 2006.
- [2] Febrianto, G.R. Sunaryo, S.L. Butarbutar, "Analisis laju korosi dengan penambahan inhibitor korosi pada pipa sekunder reaktor RSG-GAS", Prosiding Seminar Nasional VI, SDM Teknologi Nuklir, 2010, hal. 615-620, Yogyakarta, 2010.
- [3] D. Restiawan, Harmami, "Kinina sebagai inhibitor korosi baja SS 304 dalam media 1M H_2SO_4 dengan variasi suhu", Jurnal Sains dan Seni ITS, 2(2), 34-37, 2013.

- [4] Safitra, E.R, "Studi Sistem Injeksi Inhibitor Korosi terhadap Kandungan Orthofosfat dan Seng sebagai Parameter Kendali Korosi pada Sistem Pendingin Sekunder RSG-GAS", Journal of Science and Applicative Technology 1 (2), 102-105. 2018
- [5] R.S. Irianty, M.P. Sembiring, "Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Gambir Dengan Pelarut Etanol-Air Terhadap Laju Korosi Besi Pada Air Laut", J. Ris. Kim, Vol.5 No.2, 2012.
- [6] Y. Ludiana, S. Handani, "Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Teh (Camelia Sinensis) Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Schedule 40 Grade B ERW, Jurnal Fisika Unand. Vol. 1, No. 1, 2012.
- [7] M. Erna, Herdini., Abdullah., Suharmin, "Studi Inhibisi Korosi Karboksimetil Kitosan pada Permukaan Baja Lunak dalam H₂SO₄.", Valensi. Vol.4, No.1, Hal.30-35, 2014.
- [8] X. Xue, L. Li, and J. He, "The Performance of Carboxymethyl Chitosan in Wash Off Reactive Dyeings". Carbohydrate Polimer. 75: 203-207, 2009.
- [9] V. K. Mourya, N. N. Inamdar, and A. Tiwari, "Carboxymethyl Chitosan and its Applications". Government College of Pharmacy, India. Adv. Mat. Lett. 2010. 1(1):11-33, 2010.
- [10] Graedel T.E., Leygraf, C. Scenario's for Atmospheric Corrosion in the 21st Century. The Electrochemical Society. <http://www.potentiostat.com.Atrnospheric>. 1 (Mei 2006). 2001
- [11] Ajiriyanto. M.K, Kriswarini. R, Yanlinastuti, Lestari, D.E, "Analisis Korosi Pipa Pendingin Sekunder RSG-GAS Dengan Teknik Electrochemical Impedance Spectroscopy", Urania. Vol. 24 No.2, Juni 2018: 73-134