



KESTABILAN LAPISAN PASIF PERMUKAAN BAJA LUNAK DALAM MEDIA MENGGUNAKAN INHIBITOR KOROSI KARBOKSIMETIL KITOSAN

Maria Erna^{a*}, Emriadi^b, Admin Alif^b dan Syukri Arief^b

^aProgram Studi Pendidikan Kimia FKIP Universitas Riau, Pekanbaru 28293

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima April 2016
Disetujui Mei 2016
Dipublikasikan Agustus 2016

Kata kunci:
inhibitor
karboksimetil kitosan
kestabilan
korosi
lapisan pasif

Abstrak

Telah dipelajari kestabilan lapisan pasif yang terbentuk pada permukaan baja lunak menggunakan inhibitor karboksimetil kitosan (KMK) dengan menggunakan metode polarisasi potensiodinamik dan berat hilang serta dikarakterisasi morfologi permukaan baja menggunakan peralatan SEM-EDS. Hasil penelitian didapatkan bahwa kestabilan lapisan pada permukaan baja dipengaruhi oleh lingkungannya. Untuk lingkungan aquades, NaCl dan NaOH kestabilan lapisan lebih stabil dibandingkan dengan lingkungan HCl dan H₂SO₄. Hasil foto morfologi dan spektrum dari peralatan *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (SEM-EDS), memperlihatkan lapisan permukaan baja lunak dalam H₂SO₄ mengalami kerusakan lebih dibandingkan dalam HCl yaitu ditandai terbentuknya lubang-lubang pada permukaan baja lebih banyak terjadi.

Abstract

Have studied the stability of the passive layer formed on the surface of mild steel using inhibitors of Carboxymethyl chitosan (CMCh) using potentiodynamic polarization method and lost weight as well as the steel surface morphology characterized using SEM-EDS equipment. The results showed that the stability of the coating on the steel surface is influenced by the environment. For environmental distilled water, NaCl and NaOH stability is more stable than the layer of HCl and H₂SO₄ environment. The images morphology and spectrum of equipment *Microscope- Scanning Electron Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (SEM-EDS), shows the surface layer of mild steel in H₂SO₄ suffered more damage than in HCl which marked the formation of holes in the steel surface is more going on.

Pendahuluan

Korosi merupakan penurunan mutu material/bahan, tetapi sering diinterpretasikan penyerangan terhadap material logam oleh pengaruh lingkungannya. Korosi pada material logam dapat dibagi menjadi tiga kelompok berdasarkan lingkungannya. Pertama disebut korosi basah dengan lingkungan korosifnya berupa air beserta spesies terlarutnya. Kedua, korosi dalam fluida lain seperti garam-garam dan leburan logam-logam. Ketiga, korosi kering dengan lingkungan korosifnya berupa gas kering (Bardal; 2003).

Untuk mengatasi masalah korosi salah satunya dapat dilakukan menggunakan inhibitor korosi yaitu substansi-substansi yang ditambahkan dalam jumlah kecil ke dalam media korosif untuk menurunkan atau mencegah reaksi logam dengan media. Umumnya inhibitor korosi membentuk lapisan yang teradsorpsi pada permukaan logam untuk mencegah logam kontak dengan zat bersifat korosif. Prinsip kerja inhibitor adalah ion-ion atau molekul-molekul teradsorpsi pada permukaan logam yang menyebabkan laju korosi berkurang, karena terjadi peningkatan atau penurunan reaksi anodik atau katodik, penurunan laju difusi dari reaktan ke permukaan logam dan penurunan tahanan listrik dari permukaan logam (Raja dan Sethuraman; 2008).

Pada penelitian ini dipelajari kestabilan lapisan pasif yang terbentuk pada permukaan baja lunak dalam beberapa media korosif dengan menggunakan inhibitor korosi karboksimetil kitosan (KMK). KMK merupakan turunan kitosan yaitu disintesis dengan mereaksikan kitosan, isopropanol dan asam monokloroasetat. KMK mempunyai sifat yang penting yaitu larut dalam air, kapasitas pembentukan gel tinggi, toksisitas rendah dan biokompatibel baik, sehingga aplikasinya akan lebih luas (Xue, *et al.*; 2009). Media korosif yang dipelajari adalah media air (akuades), NaCl, NaOH, HCl dan H₂SO₄. Kestabilan lapisan pada permukaan baja perlu dipelajari agar diperoleh informasi tentang karakter lapisan pengendalian korosi pada baja lunak.

Berdasarkan penelitian Erna, *et al.* (2009 dan 2011) bahwa KMK merupakan inhibitor korosi yang baik karena mempunyai efisiensi inhibisi korosi pada baja lunak dalam media air dan air gambut mencapai 93,66% dengan nilai ΔG°_{ads} -35,413 kJ mol⁻¹ dan teradsorpsi pada permukaan baja lunak dalam media air secara spontan dan bersifat khemisorpsi, karena nilai

ΔG° negatif dan mendekati 40 KJ mol⁻¹. KMK juga dapat menghambat korosi pada baja lunak dalam media H₂SO₄ 0,25M mencapai 65,12% dengan cara pembentukan lapisan pasif berupa senyawa Fe-khelat melalui unsur O dari gugus -OH dan N dari gugus -NH₂ dari molekul KMK (Erna, *et al.*; 2014).

Kestabilan lapisan pasif pada permukaan baja lunak pada penelitian ini dipelajari berdasarkan potensial yang terukur dari baja yang mengalami korosi yaitu campuran antara potensial anodik dan katodik yang terpolarisasi. Sesuai dengan hukum Faraday, laju korosi pada daerah anodik pada permukaan logam sebanding dengan arus korosi. Semakin positif potensial korosi maka semakin stabil permukaan logam tersebut (Osman, *et al.*; 2003). Lapisan pasif yang terbentuk dipelajari juga berdasarkan foto morfologi permukaan baja menggunakan peralatan *Scanning Electron Microscope- Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (SEM-EDS).

Metode Penelitian

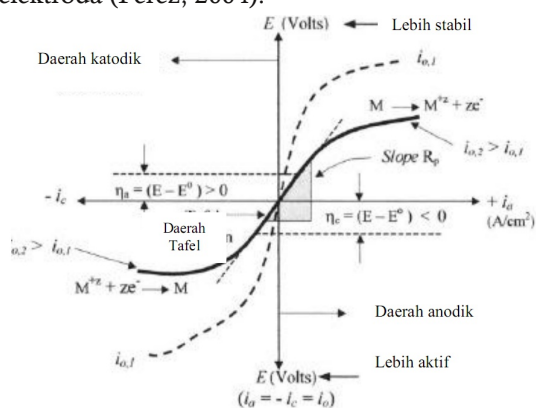
Bahan yang digunakan adalah kitosan (R&M), monokloroasetat (R&M), isopropanol, etanol, NaOH, HCl, H₂SO₄, NaCl, spesimen baja lunak dengan kode BJTP 24 (0,16 %C, 0,19% Si, 4,8% Mn, 0,16% P, 0,22% S dan sisanya Fe), kertas pasir karbit silikon 100, 200 dan 400-grit, asam asetat, CHCl₄, aseton dan aquadest. Sedangkan alat-alat yang digunakan adalah peralatan refluk, oven, *waterbath*, timbangan analitik, *potensiostat PGP 201*, *Scanning Electron Microscope Spectroscopy (SEM-EDS) JEOL JED-2300*.

Kitosan 1 g tambahkan NaOH 1,35 g dan pelarut (aquades 2 mL + isopropanol 8 mL), kemudian masukkan ke dalam *waterbath* 60°C. Setelah itu tambahkan asam monokloroasetat 1,5 g yang telah dilarutkan ke dalam isopropanol 2 mL dan direaksikan selama 4 jam. Reaksi dihentikan dengan menambahkan etanol 70% sebanyak 20 mL. Padatan disaring dan dicuci dengan etanol 90% serta dikeringkan pada suhu kamar (Pang, *et al.*; 2007)

Disiapkan larutan HCl 5%, H₂SO₄ 5%, NaOH 5% dan NaCl 3% tanpa dan dengan KMK 100 ppm. Kemudian siapkan spesimen baja lunak 2 cm x 4 cm dan digosok permukaannya dengan kertas pasir karbit silikon 100, 200, 400-grit dan dibilas dengan kloroform, aseton dan dibros serta dicuci dengan air. Selanjutnya spesimen baja dibilas lagi dengan etanol dan dikeringkan dalam oven pada 40°C selama 15 menit. Spesimen baja ditempatkan

pada peralatan elektrokimia yang dihubungkan dengan potensiostat dan larutan siap untuk di run dengan kerapatan arus korosi (i_{corr}) langsung terukur.

Metode polarisasi potensiodinamik atau (ASTM G5) merupakan metode berdasarkan kurva polarisasi dan tahanan polarisasi linear. Skema kurva polarisasi linear dapat dilihat pada Gambar 1. Kurva polarisasi adalah tingkatan lanjut dari perubahan potensial yang diakibatkan oleh aliran listrik bersih dari atau ke elektroda (Perez; 2004).



Gambar 1. Skema kurva polarisasi linear

Potensial yang terukur dari suatu logam yang mengalami korosi merupakan campuran antara potensial anodik dan katodik yang terpolarisasi. Sesuai dengan hukum Faraday, laju korosi pada daerah anodik pada permukaan logam sebanding dengan arus korosi. Semakin positif potensial korosi maka semakin stabil permukaan logam.

Daerah Tafel (*region Tafel*) menghasilkan garis linear yang disebut garis Tafel. Garis Tafel digunakan untuk menentukan kemiringan/tetapan Tafel anodik (b_a) dan katodik (b_c). Kerapatan arus korosi bergantung pada tahanan polarisasi dan tetapan anodik dan katodik yang dihitung berdasarkan persamaan Stern-Geary (Osman, *et al.*; 2003).

$$i_{corr} = \frac{b_a \cdot b_c}{2,303(b_a + b_c)R_p} \dots\dots\dots(1)$$

$$R_p = \left(\frac{dE}{dE} \right)_{E=E_{corr}} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

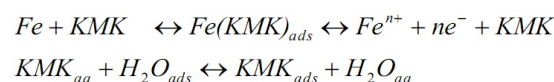
- i_{corr} = Kerapatan arus korosi
- R_p = Tahanan polarisasi
- E_{corr} = Potensial korosi (laju reaksi yang terjadi di antarmuka yaitu antara elektroda dengan cairan yang bersinggungan).

Kestabilan lapisan yang terjadi pada permukaan baja lunak dipelajari berdasarkan

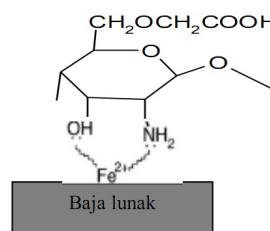
metode berat hilang meliputi langkah-langkah yang sesuai dengan ASTM G1 yaitu melibatkan proses pembersihan besi, penimbangan besi sebelum terkorosi, pembersihan besi setelah terkorosi dan penimbangan besi setelah pembersihan karat (Baboian; 2005). Kestabilan lapisan juga dipelajari berdasarkan karakterisasi morfologi permukaan baja menggunakan peralatan SEM-EDS.

Hasil dan Pembahasan

Pembentukan lapisan pasif pada permukaan baja lunak secara umum menggunakan inhibisi inhibitor KMK pada permukaan baja dapat diusulkan sebagai berikut:

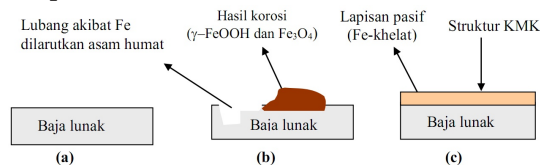


Untuk menjelaskan adsorpsi KMK pada permukaan baja dapat digunakan suatu mode adsorpsi. Pada Gambar 2, menunjukkan contoh mode adsorpsi inhibitor KMK pada permukaan baja lunak. Terlihat atom O dan N dari molekul KMK yang memiliki pasangan elektron bebas berikatan dengan ion Fe pada permukaan baja membentuk ikatan koordinasi.



Gambar 2. Mode adsorpsi struktur KMK pada permukaan baja

Model peristiwa korosi dan inhibisi korosi pada baja lunak menggunakan KMK dalam media korosif, secara umum dapat diilustrasikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Model peristiwa korosi dan inhibisi korosi pada baja lunak

- Keterangan:
- a) Spesimen baja lunak bersih dari produk korosi
 - b) Spesimen baja lunak yang direndam dalam media air gandum tanpa inhibitor yaitu terbentuk lubang karena terjadi kelarutan Fe oleh asam humat dan terbentuk hasil korosi (γ -FeOOH dan Fe_3O_4) dengan adanya O_2 dan H_2O .
 - c) Spesimen baja lunak yang direndam dalam media air gandum dengan inhibitor KMK akan membentuk lapisan pasif (Fe-khelat) yang akan melindungi permukaan baja.

Kestabilan lapisan pasif pada permukaan baja lunak dipelajari berdasarkan kerapatan arus korosi yang dihasilkan dari beberapa media

korosif sebelum dan setelah menggunakan inhibitor korosi. Inhibitor yang digunakan adalah KMK 100 ppm dan media korosif yang dipelajari adalah aquades, HCl 5%, H₂SO₄ 5%, NaOH 5% dan NaCl 3%. Hasil pengujian potensiodinamik dapat dilihat pada Tabel 1. Menurut Perez (2004) bahwa kerapatan arus korosi bergantung pada tahanan polarisasi dan tetapan anodik dan katodik.

Tabel 1. Kerapatan arus korosi baja lunak dalam beberapa media korosif dengan menggunakan inhibitor KMK 100 ppm

No	Media korosif	i_{corr} tanpa KMK ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	i_{corr} dengan KMK 100 ppm ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	Selisih i_{corr}
1	Aquades	4,295	0,518	3,777
2	HCl 5%	82,889	37,531	45,358
3	H ₂ SO ₄ 5%	254,300	168,300	86,000
4	NaOH 5%	2,043	1,180	0,863
5	NaCl 3%	6,835	3,966	2,869

Berdasarkan data pada Tabel 1., terlihat selisih nilai kerapatan arus korosi baja lunak dalam media H₂SO₄ dan HCl jauh lebih tinggi dari pada dalam aquades, NaOH dan NaCl. Hal ini menunjukkan H₂SO₄ dan HCl merupakan media paling korosif. Lapisan pasif yang terbentuk pada permukaan baja menggunakan media NaCl dan NaOH lebih stabil. Hal ini disebabkan ion natrium lebih mudah terikat pada molekul KMK. Menurut hasil penelitian Sun dan Wang (2006), kemampuan adsorpsi KMK terhadap ion logam tinggi karena mengandung gugus fungsi -OH, -COOH dan -NH₂. Ketidakstabilan lapisan pasif pada permukaan baja dalam media HCl yang menggunakan inhibitor KMK dipelajari berdasarkan metode berat hilang, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2.

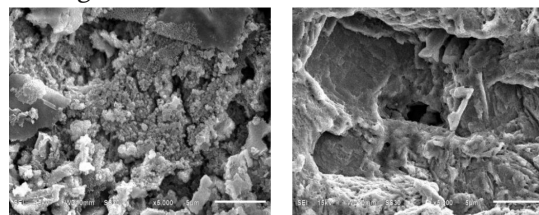
Tabel 2. Kestabilan lapisan KMK pada permukaan baja lunak dalam HCl 5% variasi waktu perendaman

Waktu rendaman (Hari)	Berat baja lunak dengan KMK 300 ppm (mg)	Berat baja setelah direndam dalam HCl 5% (mg)
1	2893	2892
3	2892	2887
5	2887	2885
7	2885	2880

Hasil ini menunjukkan lapisan yang dibentuk KMK pada permukaan baja lunak tidak stabil terhadap larutan HCl 5%. Hal ini disebabkan HCl merupakan asam kuat yang dapat merusak struktur kimia KMK yang merupakan senyawa organik.

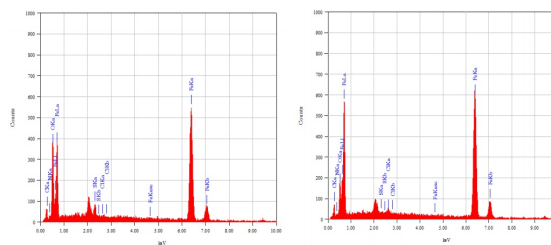
Untuk mempelajari media yang paling korosif pada penelitian ini digunakan media H₂SO₄ dan HCl dengan menggunakan peralatan SEM-EDS. Pada Gambar 4, memperlihatkan foto permukaan baja setelah direndam dalam media H₂SO₄ dan HCl dengan penambahan inhibitor KMK. Terlihat lapisan pasif permukaan baja dalam media H₂SO₄ menggunakan KMK mengalami kerusakan lebih

banyak dibandingkan dalam HCl yaitu ditandai banyaknya lubang-lubang yang terbentuk. Hasil ini memperkuat bahwa H₂SO₄ lebih korosif dibandingkan HCl.



Gambar 4. Foto SEM dari lapisan permukaan baja setelah direndam dalam media: a) H₂SO₄ dan b) HCl dengan KMK selama 3 hari

Komponen baja lunak pada permukaannya dianalisa menggunakan SEM-EDS. Hasil spektrum EDS pada permukaan baja lunak dalam media H₂SO₄ dan HCl dengan KMK dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Spektrum EDS dari permukaan spesimen baja lunak setelah direndam dalam media: a) H₂SO₄, dan b) HCl dengan KMK selama 3 hari

Hasil analisa lapisan pasif pada permukaan baja berdasarkan spektrum EDS dapat dilihat pada Tabel 3. Terlihat terjadi perbedaan komposisi massa atom pada lapisan yang terbentuk pada permukaan baja lunak setelah direndam dalam media asam. Komposisi massa atom C, O dan S pada permukaan baja yang direndam dalam H₂SO₄ lebih tinggi, sedangkan massa atom N, Cl dan Fe lebih rendah. Hal ini membuktikan bahwa lapisan pasif yang terbentuk kurang stabil terhadap media H₂SO₄ jika dibandingkan dalam media HCl.

Tabel 3. Hasil analisis unsur-unsur pada spesimen baja lunak yang direndam dalam 0,25 M H₂SO₄ dan 1 M HCl selama 3 hari pada suhu kamar dengan KMK

Massa atom (%)	Baja lunak setelah direndam dalam media asam dengan KMK	
	H ₂ SO ₄	HCl
C	3,57	3,33
N	0,61	0,97
O	22,85	4,74
S	1,70	0,21
Cl	0,06	0,46
Fe	72,14	90,3

Simpulan

Kestabilan lapisan pasif yang terbentuk pada permukaan baja lunak menggunakan

inhibitor KMK dipengaruhi oleh lingkungannya. Untuk lingkungan aquades, NaCl dan NaOH kestabilan lapisan lebih stabil dibandingkan dengan lingkungan HCl dan H₂SO₄. Hasil foto morfologi dan spektrum dari SEM-EDS memperlihatkan bahwa H₂SO₄ lebih korosif dibandingkan HCl yang dapat merusak struktur KMK yang melapisi permukaan baja lunak. Aplikasi KMK sebagai inhibitor cocok untuk lingkungan berupa air yang mengandung ion natrium.

Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih atas dana yang diberikan oleh DIKTI melalui Lembaga Penelitian Universitas Riau dengan Skim Penelitian Hibah Bersaing.

Daftar Pustaka

- Baboian, R. 2005. *Corrosion Tests and Standards: Application and Interpretation*. second edition. ASTM International. West Conshohocken. Pp.886
- Bardal, E. 2003. *Corrosion and protection*. Spinger. Pp.309
- Erna, M., Emriadi., Alif, A. dan Arief, S. 2009. Sintesis dan Aplikasi Karboksimetil Kitosan sebagai Inhibitor Korosi pada Baja Karbon dalam Air. *J. Natur .Ind.*, 12(1): 87-92
- Erna, M., Emriadi., Alif, A. dan Arief, S. 2011. Karboksimetil Kitosan sebagai Inhibitor Korosi pada Baja Lunak dalam Media Air Gambut. *JMS*, 16(2):106-110
- Erna, M, Abdullah, Herdini, Suharmin. 2014. Studi Inhibisi Korosi Karboksimetil Kitosan pada Permukaan Baja Lunak dalam H₂SO₄. *Valensi*, 4(1): 30-35
- Osman, M.M., El-Ghazawy, R.A., and Al-Sabagh, A.M. 2003. Corrosion Inhibitor of Some Surfactants Derived from Maleic-Oleic Acid Adduct on Mild Steel in 1 M H₂SO₄. *J. Mat. Chem and Physic.*, 80: 55-62
- Pang, H.T., Chen, X.G., Park, H.J. and Keneddy, J.F. 2007. Preparation and Rheological Properties of Deoxycholate-Chitosan and Carboxymethyl-Chitosan in Aqueous System. *Carbohydrate polymer.*, 69: 419-425
- Perez, N. 2004. *Electrochemistry and Corrosion Science*. Kluwer Academic Publishers. Boston. Pp. 377
- Raja, P.B. and Sethuraman, M.G. 2008. Natural Products as Corrosion Inhibitor for Metals in Corrosive Media - A review. *Materials Letters.*, 62: 113– 116
- Sun, S. and Wang, W. 2006. Adsorption Kinetics of Cu(II) Ions using N,O-Carboxymethyl-Chitosan. *Journal of Hazardous Materials*, 131: 103-111
- Xue, X., Li, L. and He, J. 2009. The Performance of Carboxymethyl Chitosan in Wash-off Reactive Dyeings. *Carbohydrate Polymer*, 75: 203-207