

Pengaruh Variasi Konsentrasi Asam Klorida Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Rendah Astm A 139 Tanpa Dan Dengan Inhibitor Kalium Kromat 0,2%

Dwi Septianingsih, Ediman Ginting Suka, Suprihatin

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung

Jl. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung

Email: dwiseptianingsih14@gmail.com, ediman.gintingsuka@fmipa.unila.ac.id, suprihatin@unila.co.id

Diterima (19 Maret 2014), direvisi (05 Juni 2014)

Abstract. A research on the corrosion rate of low carbon steel ASTM A 139 has been done used inhibition method, that is one method of controlling corrosion. This research explores the effect of variation concentration chloride acid on the corrosion rate of low carbon steel ASTM A 139 without and with potassium chromate inhibitor 0,2%. Samples were sensitized at 650°C for 1 hours, then followed by colling slowly till the room temperature was reached. Then samples corrosion in an environment HCl 5%, 10% and 15% for 96 hours at room temperature. The method used to calculate the corrosion rate is mass reduction method and then characterized used SEM (*Scanning Electron Microscopy*), XRD (*X-Ray Diffraction*) and EDS (*Energy Dispersive X-Ray*). The research results showed that corrosion rate of ASTM A 139 steel increases with rising chloride acid concentration, the addition potassium chromate inhibitor 0,2% into HCl reduce corrosion rate of ASTM A 139 steel. Characterization XRD carried on ASTM/HCl:5(-) and ASTM/HCl:15(-) then analyzed by PCPDFWIN program numbered 06-0696 to Fe and 35-0772 to Fe₃C. The results showed both samples having the phase Fe and Fe₃C. Characterization micro structure using SEM showed samples were have cluster, cracks, and holes on the surface of samples. Then characterization EDS, showed product corrosion most contained in samples is FeO.

Keywords. *corrosion rate, ASTM A 139 steel, chloride acid concentration, potassium chromat inhibitor*

Abstrak. Telah dilakukan uji laju korosi pada baja karbon rendah ASTM A 139 menggunakan metode inhibisi, yang merupakan salah satu metode pengendalian korosi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi asam klorida (HCl) terhadap laju korosi baja karbon rendah ASTM A 139 tanpa dan dengan inhibitor kalium kromat 0,2%. Sampel disensitisasi pada suhu 650°C dengan waktu penahanan selama 1 jam yang diikuti dengan pendinginan secara lambat sampai mencapai suhu ruang. Kemudian sampel dikorosi dalam lingkungan HCl 5%, 10% dan 15% selama 96 jam pada suhu ruang. Metode yang digunakan untuk menghitung laju korosi adalah metode pengurangan massa dan karakterisasi dilakukan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*), XRD (*X-Ray Diffraction*) dan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju korosi baja ASTM A 139 meningkat dengan bertambahnya konsentrasi HCl, penambahan inhibitor kalium kromat 0,2% ke dalam lingkungan HCl mengurangi laju korosi baja ASTM A 139. Karakterisasi XRD dilakukan pada sampel ASTM/HCl:5(-) dan ASTM/HCl:15(-) yang kemudian dianalisis dengan program PCPDFWIN bernomor 06-0696 untuk Fe dan 35-0772 untuk Fe₃C. Hasilnya menunjukkan kedua sampel terbentuk fasa Fe (besi) dan Fe₃C (*cementite*). Hasil uji struktur mikro menggunakan SEM menunjukkan terjadi gumpalan, retakan, dan lubang

pada permukaan sampel. Berdasarkan hasil uji EDS, produk korosi yang paling banyak terkandung dalam sampel adalah FeO.

Kata kunci. laju korosi, baja ASTM A 139, konsentrasi HCl, inhibitor kalium kromat

PENDAHULUAN

Dalam kehidupan sehari-hari pasti pernah melihat besi atau baja yang berkarat. Proses pengkaratan umumnya terjadi pada benda-benda yang terbuat dari besi atau baja, seperti pagar rumah, jembatan, badan kendaraan bermotor, dan kaleng. Karat ini tampak sebagai lapisan berwarna coklat kekuningan di permukaan logam besi atau baja. Karat merupakan hasil korosi yaitu oksidasi suatu logam apabila ditinggalkan pada udara yang lembab (Matahelumual, 2007).

Korosi dapat menyebabkan ketel uap meledak, pipa minyak pecah, atau senjata macet. Berikut contoh-contoh kasus korosi yang merugikan, kasus pertama: korosi menelan biaya yang tinggi pada tahun 1980, Institut Batelle memperkirakan kerugian Amerika Serikat sekitar 70 milyar dolar setahun (Supardi, 1997). Hasil survei menunjukkan bahwa korosi tidak hanya terjadi pada logam tetapi dapat terjadi pada fondasi beton (Matahelumual, 2007).

Korosi disebabkan oleh beberapa hal, salah satu diantaranya adalah pada lingkungan asam. Logam yang berada pada lingkungan asam seperti pipa-pipa asam industri akan lebih cepat terkorosi dikarenakan diperoleh hasil karat besi dan ion H^+ yang mempercepat korosi selanjutnya. Larutan yang bersifat asam kuat seperti HCl, H_2SO_4 juga dapat mempercepat terjadinya korosi. Pada HCl terdapat ion-ion Cl^- yang bersifat sangat agresif sehingga bila asam kuat ini digabungkan dengan suatu logam baik itu baja ataupun besi maka ion-ion ini akan menarik unsur Fe yang ada pada logam sehingga logam terserang korosi dan menjadi berkarat.

Usaha preventif atau pencegahan dini untuk menghambat korosi merupakan yang lebih baik dari pada harus mengeluarkan biaya perbaikan yang tidak sedikit akibat serangan korosi. Banyak sekali cara untuk mengendalikan korosi. Salah satu caranya adalah dengan menambahkan suatu inhibitor (Yayan Sunarya dan Agus, 2007).

Inhibitor merupakan zat kimia yang ditambahkan dalam suatu lingkungan korosif dengan kadar sangat kecil (Yayan Sunarya dan Agus, 2007). Apabila inhibitor ditambahkan ke dalam lingkungan korosif, maka laju korosi dapat dikendalikan, sehingga proses korosi yang terjadi tidak cepat menyebar (Trethewey, 1991).

Inhibitor yang biasa digunakan merupakan inhibitor anodik yaitu inhibitor yang menurunkan laju reaksi di anodik dengan cara meningkatkan polarisasi anoda melalui reaksi dengan ion-ion logam untuk menghasilkan selaput-selaput pasif tipis berupa lapisan-lapisan garam yang kemudian menyelimuti permukaan logam (Ulmann, 1985). Sehingga permukaan logam yang dilapisi tersebut tidak cepat terkorosi dikarenakan adanya lapisan yang melindunginya.

Hidayat (2010) meneliti tentang peningkatan ketahanan korosi pada baja berkarbon rendah. Baja tersebut direndam dalam suatu larutan asam kuat yaitu asam klorida (HCl) berbagai konsentrasi dengan penambahan inhibitor kalium kromat (K_2CrO_4) 0,1% dan dalam larutan asam kuat (HCl) berbagai konsentrasi tanpa penambahan inhibitor. Kesimpulan yang didapat semakin besar konsentrasi HCl yang digunakan maka laju korosi akan semakin cepat.

Pada penelitian ini baja yang digunakan tetap baja karbon rendah yang direndam dalam larutan HCl yang konsentrasinya 5%, 10%, dan 15% tanpa dan dengan

*Corresponding author:
E-mail: dwiseptianingsih14@gmail.com

penambahan inhibitor kalium kromat sebesar 0,2% untuk melihat laju korosi, fasa, struktur kristal dan produk-produk korosi pada baja. Analisis struktur mikro dalam penelitian ini menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*), XRD (*X-Ray Diffraction*) digunakan untuk melihat fasa pada baja, dan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) untuk melihat produk-produk korosi yang terjadi sedangkan laju korosi dihitung menggunakan sebuah persamaan.

METODE PENELITIAN

Pembuatan Bahan Tambahan

Bahan tambahan atau media yang digunakan sebagai penunjang dalam penelitian ini ada dua yaitu larutan HCl (asam klorida) dengan konsentrasi masing-masing 5%, 10%, dan 15% serta K_2CrO_4 (kalium kromat) dengan konsentrasi 0,2%.

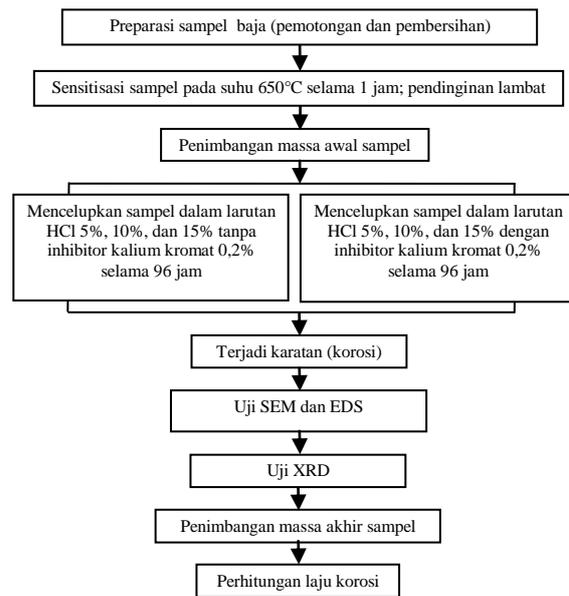
Preparasi Baja

Preparasi baja dilakukan dengan dimulai dari membersihkan dan memperhalus permukaan sampel menggunakan amplas untuk menghilangkan pengotor yang berada pada sampel. Kemudian baja dipotong dengan ukuran (25,07×24×1,34) mm.

Preparasi Sampel

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode perendaman potongan baja di dalam larutan asam kuat yaitu asam klorida tanpa inhibitor dan perendaman potongan baja di dalam larutan asam kuat HCl dengan inhibitor kalium kromat 0,2%. Prosedur kerja dapat dilihat pada Gambar 1.

Sensitisasi merupakan pemanasan antara suhu 550°-850°C. Sensitisasi merupakan penyebab terjadinya serangan korosi dimana merusak struktur sampel sehingga



Gambar 1 Diagram alir penelitian.

Sensitisasi dan Pendinginan Lambat

terjadi perubahan fasa yang memudahkan terjadinya korosi (Aya, 2011). Adapun caranya adalah memanaskan baja dengan *range* suhu 550°-850°C, pada penelitian ini menggunakan suhu 650°C selama 1 jam disusul dengan pendinginan secara lambat di udara terbuka.

Penimbangan

Sampel baja yang akan digunakan dalam penelitian terlebih dahulu ditimbang. Massa awal baja ditimbang setelah baja mendapat perlakuan pemanasan dan pendinginan lambat. Sedangkan penimbangan massa akhir sampel dilakukan setelah sampel baja direndam dalam larutan HCl (tanpa inhibitor dan dengan inhibitor) dan telah dibersihkan.

Perendaman dalam HCl Tanpa Inhibitor dan Dengan Inhibitor

Setelah sampel baja ditimbang massa awalnya, baja direndam dalam larutan HCl dengan konsentrasi 5%, 10%, dan 15% tanpa inhibitor kalium kromat dan dalam larutan HCl konsentrasi 5%, 10%, dan 15%

dengan inhibitor kalium kromat 0,2% selama 96 jam. Perendaman dilakukan bertujuan untuk memulai proses pengkorosian.

Karakterisasi

Sampel yang telah terkorosi dikarakterisasi menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*), XRD (*X-Ray Diffraction*) dan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*).

Struktur mikro dari sampel baja yang telah terkorosi dianalisis menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Analisis ini dilakukan untuk melihat gumpalan (*cluster*), retakan (*crack*) dan lubang (*hole*) yang terjadi pada baja terkorosi.

Uji XRD (*X-Ray Diffraction*) dilakukan untuk melihat fasa pada sampel setelah mengalami korosi akibat dilakukan perendaman dalam HCl.

Uji EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) dilakukan untuk mengetahui produk-produk korosi yang dihasilkan.

Perhitungan Laju Korosi

Untuk menghitung laju korosi dilakukan dengan metode pengurangan massa tiap satuan luas tiap satuan waktu mengikuti persamaan (1) dan efisiensi inhibitor mengikuti persamaan (2).

$$CR = \frac{KW}{AT\rho} \quad (1)$$

Dengan CR : Laju korosi (mm/ tahun), K : konstanta pada penelitian menggunakan satuan mm/ tahun bernilai $8,76 \times 10^4$, W : selisih massa (g), T : waktu (jam), A : Luas permukaan (cm^2), ρ : massa jenis (g/cm^3).

$$\eta (\%) = 100 \left(\frac{CR_{\text{uninhibited}} - CR_{\text{inhibited}}}{CR_{\text{uninhibited}}} \right) \quad (2)$$

Dengan η : efisiensi inhibitor (%), $CR_{\text{uninhibited}}$: laju korosi tanpa inhibitor (mm/tahun), $CR_{\text{inhibited}}$: laju korosi dengan inhibitor (mm/tahun).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perhitungan Laju Korosi.

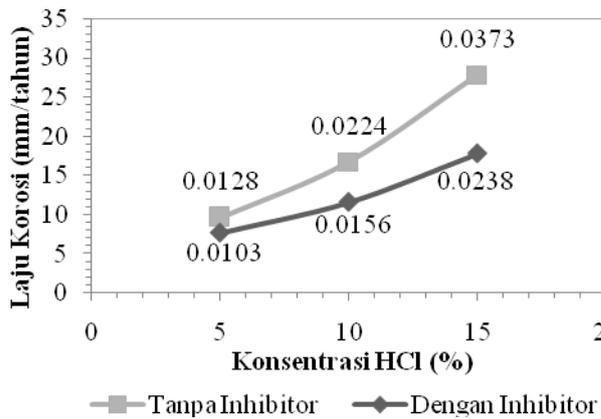
Hasil perhitungan laju korosi baja ASTM A 139 dalam lingkungan HCl ditunjukkan oleh Tabel 1 serta grafik hubungan antara konsentrasi HCl dan laju korosi baja ASTM A 139 (tanpa dan dengan inhibitor kalium kromat 0,2%) ditunjukkan oleh Gambar 2.

Berdasarkan Tabel 1, semakin besar konsentrasi lingkungan HCl, maka semakin besar laju korosi baja ASTM A 139. Hal ini terjadi karena terdapat interaksi antara sampel dengan lingkungannya, dimana ion Cl^- yang bersifat sangat agresif pada HCl akan semakin banyak dengan bertambah besarnya konsentrasi HCl yang digunakan. Oleh karena itulah serangan korosi yang terjadi semakin meningkat pada baja ASTM A 139. Serangan korosi ini menyebabkan sampel membentuk endapan atau lapisan yang tidak merata.

Sedangkan Gambar 2 memperlihatkan grafik laju korosi baja ASTM A 139 dalam lingkungan HCl tanpa inhibitor dan dengan tambahan inhibitor kalium kromat 0,2%.

Tabel 1 Hasil perhitungan laju korosi baja ASTM A 139.

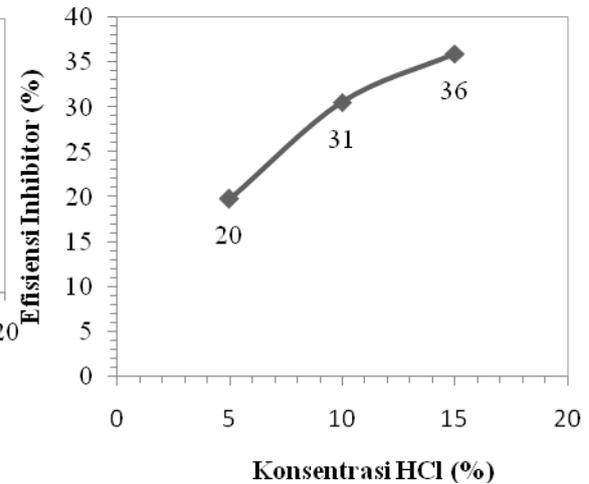
No	Kode Sampel	Laju Korosi (mm/tahun)	Keterangan
1.	ASTM/HCl:5(-)	0,0128	Tanpa inhibitor
2.	ASTM/HCl:10(-)	0,0224	Tanpa inhibitor
3.	ASTM/HCl:15(-)	0,0373	Tanpa inhibitor
4.	ASTM/HCl:5(+)	0,0103	Dengan inhibitor
5.	ASTM/HCl:10(+)	0,0156	Dengan inhibitor
6.	ASTM/HCl:15(+)	0,0238	Dengan inhibitor



Gambar 2 Laju korosi baja ASTM A 139 dalam lingkungan HCl: tanpa inhibitor; dengan inhibitor kalium kromat 0,2%.

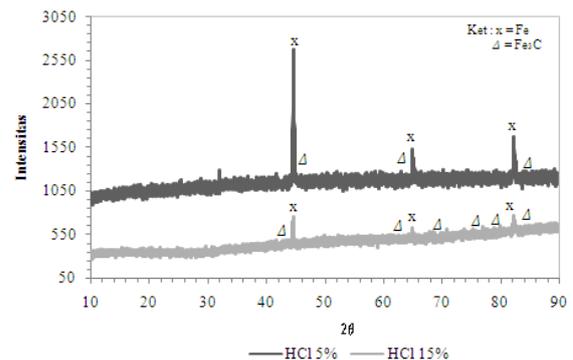
Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa laju korosi dalam lingkungan HCl dengan tambahan inhibitor lebih kecil dibandingkan laju korosi dalam lingkungan HCl tanpa tambahan inhibitor kalium kromat. Hal ini dikarenakan inhibitor dengan jenis kromat mampu mengurangi laju korosi logam dalam lingkungan klorida dengan cara menyumbangkan ion-ion kromat pada baja sehingga akan terbentuk selaput tipis atau endapan yang menyelimuti permukaan baja (Roberge, 1999). Jadi, meskipun konsentrasi HCl semakin besar, namun karena terdapat ion-ion kromat yang dimasukkan ke dalam lingkungan HCl menyebabkan agresifitas ion-ion Cl^- berkurang, sehingga laju korosi baja dapat berkurang.

Kemudian hasil perhitungan efisiensi inhibitor ditunjukkan pada Gambar 3. Dimana efisiensi inhibitor mengindikasikan seberapa efektif inhibitor kalium kromat untuk mengurangi laju korosi. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai efisiensi untuk konsentrasi HCl 5% didapat sebesar 20%, HCl 10% sebesar 31% dan HCl 15% sebesar 36%. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 9 bahwa semakin besar konsentrasi HCl yang digunakan maka inhibitor akan semakin efektif dalam mengurangi laju korosi.



Gambar 3 Efisiensi inhibitor kalium kromat 0,2% dalam lingkungan HCl.

Hasil Analisis XRD (X-Ray Diffraction)



Gambar 4 Hasil pola XRD sampel ASTM/HCl:5(-) dan ASTM/HCl:15(-).

Karakterisasi menggunakan XRD (X-Ray Diffraction) pada sampel baja ASTM A 139 dilakukan untuk melihat fasa yang terbentuk. Pola XRD yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 4. Pengujian XRD dilakukan terhadap sampel ASTM/HCl:5(-) yang berada dalam lingkungan HCl 5% tanpa inhibitor dan sampel ASTM/HCl:15(-) yang berada dalam lingkungan HCl 15% tanpa inhibitor.

Dari hasil XRD diatas dapat dilihat bahwa untuk sampel ASTM/HCl:5(-) memperlihatkan puncak-puncak masih sangat tinggi dan berada pada intensitas yang besar. Hal ini menunjukkan belum terbentuknya endapan atau lapisan yang sempurna pada sampel, sehingga kadar Fe

Dwi Septianingsih dkk: Pengaruh Variasi Konsentrasi Asam Klorida Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Rendah Astm A 139 Tanpa Dan Dengan Inhibitor Kalium Kromat 0,2%

yang terkandung masih sangat banyak dan ketika dikarakterisasi dengan uji XRD maka Fe ini yang lebih jelas terlihat. Kandungan Fe yang masih sangat banyak pada sampel menunjukkan bahwa laju korosi pada ASTM/HCl:5(-) masih sangat kecil.

Sedangkan hasil XRD pada sampel ASTM/HCl:15(-) memperlihatkan puncak-puncak yang terbentuk lebih pendek dan terletak pada intensitas lebih kecil, hal ini menunjukkan adanya endapan atau lapisan yang terbentuk sempurna pada permukaan sampel saat dilakukan pencelupan. Endapan atau lapisan ini merupakan produk korosi yang dihasilkan karena adanya interaksi antara sampel dengan lingkungan HCl. Endapan atau lapisan ini menutup Fe, sehingga kandungan Fe menjadi lebih sedikit, maka ketika dilakukan pengujian XRD endapan atau lapisan ini yang lebih jelas terlihat. Kandungan Fe yang lebih sedikit dan terbentuknya endapan atau lapisan yang merupakan produk korosi pada sampel menunjukkan bahwa laju korosi pada ASTM/HCl:15(-) lebih besar.

Kemudian hasil pola XRD yang didapatkan dari penelitian dianalisis dan dibandingkan dengan program PCPDFWIN. Parameter-parameter yang dibandingkan yaitu d(A), sudut (2θ) dan intensitas (I). Maka didapatkan data-data seperti pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Berdasarkan hasil analisis di atas dapat dikatakan bahwa fasa-fasa yang terjadi pada kedua sampel adalah fasa besi yang ditandai dengan munculnya senyawa Fe dan fasa *cementite* yang ditandai dengan munculnya senyawa Fe_3C (Dewi, 2009). Fe_3C terbentuk akibat terlarutnya ion Fe yang berinteraksi dengan karbon (C) yang merupakan bahan campuran baja (Sembiring, 2004). Kemudian terbentuk juga fasa *ferlite* yang terbentuk saat dilakukan pendinginan secara lambat (Dwi Indarto, 2009).

Tabel 2 Hasil analisis PCPDFWIN sampel ASTM/HCl:5(-).

Data Penelitian			Data PCPDFWIN (Fe)			Data PCPDFWIN (Fe_3C)		
d(A)	2θ	I	d(A)	2θ	I	d(A)	2θ	I
2.0287	44.63	100	2.0268	44.673	100	2.0131	44.993	100
1.434	64.98	22.1	1.4332	65.021	20	1.4372	64.818	1
1.1705	82.31	33.3	1.1702	82.333	30	1.1622	83.026	20
1.7581	51.970	2.6	-	-	-	1.7630	51.814	19
1.9333	46.960	0.7	-	-	-	-	-	-

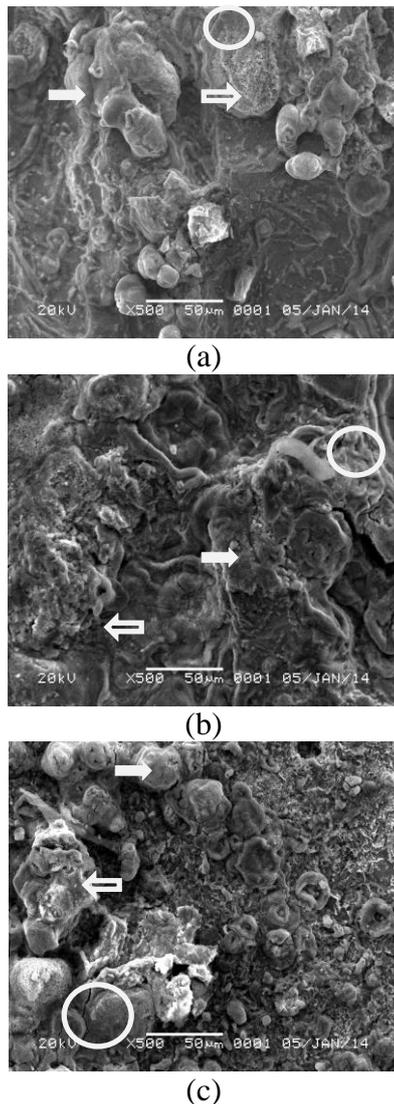
Tabel 3 Hasil analisis PCPDFWIN sampel ASTM/HCl:15(-).

Data Penelitian			Data PCPDFWIN (Fe)			Data PCPDFWIN (Fe_3C)		
d(A)	2θ	I	d(A)	2θ	I	d(A)	2θ	I
2.0291	44.620	100	2.0268	44.671	100	2.0313	44.570	56
1.1713	82.245	45.8	1.1702	82.329	20	1.1622	83.026	20
1.4352	64.920	36.4	1.4332	65.018	30	1.4372	64.818	1
1.3386	70.265	8.2	-	-	-	1.3426	70.022	2
1.8090	50.405	7.9	-	-	-	-	-	-
1.2110	79.000	6.9	-	-	-	1.2162	78.595	16
1.2272	77.760	3.1	-	-	-	1.2253	77.903	14

Hasil Uji SEM (Scanning Electron Microscopy) dan EDS (Energy Dispersive X-Ray)

Pengujian struktur mikro sampel baja ASTM A 139 dilakukan terhadap ketiga sampel yaitu ASTM/HCl:5(-), ASTM/HCl:10(-), dan ASTM/HCl:15(-). Masing-masing sampel direkam dengan perbesaran 500x. Gambar 5 menunjukkan hasil foto dengan perbesaran 500x.

Hasil perekaman foto pada gambar 5 menunjukkan struktur dari ketiga sampel baja ASTM A 139 yang dicelup dalam asam kuat HCl. Berdasarkan hasil perekaman foto SEM pada Gambar 5(a) yang merupakan sampel ASTM/HCl:5(-) menunjukkan terbentuknya gumpalan (*cluster*) berwarna putih dan tidak menyebar merata, selain itu pada sampel juga terbentuk retakan (*crack*) dan lubang (*hole*) masih sangat sedikit yang menunjukkan adanya endapan (produk korosi) yang terbentuk pada permukaan sampel. Namun, endapan ini belum terbentuk sempurna, dikarenakan produk korosi yang dihasilkan masih sedikit dan belum jelas terlihat. Hal ini sesuai dengan



Gambar 5 Hasil perekaman foto SEM dengan perbesaran 500x (a) ASTM/HCl:5(-), (b) ASTM/HCl:10(-), dan (c) ASTM/HCl:15(-). Ket : () gumpalan(*cluster*), () retakan (*crack*), () lubang (*hole*).

hasil XRD yang menunjukkan puncak-puncak difraksi masih sangat tinggi dan berada pada intensitas yang lebih besar, yang artinya kandungan Fe pada sampel ASTM/HCl:5(-) masih sangat banyak sehingga laju korosi yang terjadi masih sangat kecil.

Gambar 5(b) merupakan hasil perekaman foto sampel ASTM/HCl:10(-) dimana terbentuk gumpalan (*cluster*) yang menyebar hampir diseluruh permukaan

sampel, sedangkan retakan (*crack*) dan lubang (*hole*) yang terbentuk semakin banyak. Hal ini menunjukkan pada sampel ASTM/HCl:10(-) endapan yang terbentuk sudah mulai sempurna. Endapan yang terbentuk ini merupakan produk korosi yang menempel pada permukaan sampel.

Sedangkan Gambar 5(c) merupakan hasil perekaman foto sampel ASTM/HCl:15(-) dimana terbentuk gumpalan (*cluster*), retakan (*crack*) dan lubang (*hole*) semakin banyak yang menunjukkan endapan telah terbentuk sempurna. Endapan yang terbentuk merupakan produk korosi yang menempel pada sampel, dimana produk korosi yang dihasilkan semakin banyak dan jelas terlihat. Hal ini sesuai dengan hasil XRD yang menunjukkan puncak-puncak yang terbentuk lebih pendek dan terletak pada intensitas lebih kecil, yang artinya kandungan Fe pada sampel ASTM/HCl:15(-) menjadi lebih sedikit dikarenakan Fe telah tertutup oleh produk korosi. Produk korosi yang terbentuk semakin banyak menunjukkan laju korosi pada sampel ASTM/HCl:15 (-) semakin besar.

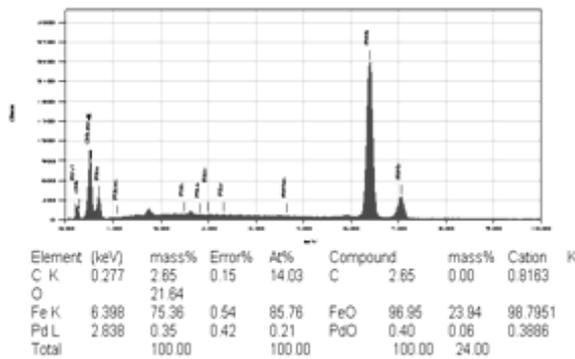
Sedangkan untuk hasil uji EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) ditunjukkan pada Gambar 6. Uji EDS dilakukan hanya pada sampel baja ASTM/HCl:5(-) dan ASTM/HCl:15(-).

Berdasarkan hasil uji EDS, menunjukkan Gambar 6(a) untuk sampel ASTM/HCl:5(-) terdapat tiga senyawa yang merupakan produk korosinya yaitu : C (26,5%); FeO (96,95%); dan PdO (0,40%). Pada uji XRD senyawa FeO tidak muncul, namun setelah dilakukan uji EDS senyawa FeO dapat terlihat. FeO merupakan hasil interaksi antara sampel baja dengan lingkungan sekitarnya yang sebagian besar terdiri dari aquades atau air. Senyawa FeO merupakan produk korosi utama pada sampel karena massa dari FeO paling banyak yaitu berkisar 96,95% dengan intensitas 24. Produk korosi yang dihasilkan sampel

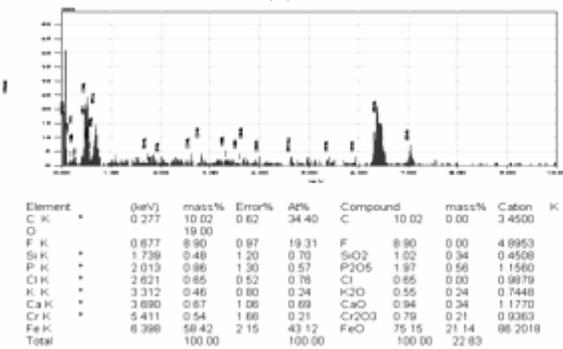
Dwi Septianingsih dkk: Pengaruh Variasi Konsentrasi Asam Klorida Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Rendah Astm A 139 Tanpa Dan Dengan Inhibitor Kalium Kromat 0,2%

ASTM/HCl:5(-) masih termasuk sedikit karena hanya terbentuk 3 jenis, hal ini menunjukkan laju korosi yang terjadi pada sampel masih kecil.

Sedangkan Gambar 6(b) untuk sampel ASTM/HCl:15(-) terdapat sembilan senyawa yang merupakan produk korosinya yaitu : C (10,02%); F (8,90%); SiO₂ (1,02%); P₂O₅ (1,97%); Cl (0,65%); K₂O (0,55%); CaO (0,94%); Cr₂O₃ (0,79%); dan FeO (75,15%). Sama halnya dengan sampel sebelumnya, uji EDS pada sampel ASTM/HCl:15(-) ini juga memperlihatkan senyawa-senyawa yang tidak dapat terdeteksi pada uji XRD. Ternyata pada uji EDS produk korosi yang dihasilkan oleh sampel sangat banyak yaitu 9 jenis. Dimana muncul senyawa-senyawa baru yaitu Cl, F, dan K. Senyawa Cl terbentuk dari larutan elektrolit yang digunakan yaitu HCl. Sedangkan produk korosi utama pada sampel adalah FeO, karena massa yang dimilikinya paling besar yaitu berkisar 75,15% dengan intensitas 21. Produk korosi yang semakin banyak mengindikasikan laju korosi pada sampel semakin besar.



(a)



(b)

Gambar 6 Hasil uji EDS (a) ASTM/HCl:5(-), dan (b) ASTM/HCl:15(-).

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan diperoleh untuk laju korosi dalam lingkungan HCl 5%, 10% dan 15% tanpa inhibitor sebesar 0,0128 mm/tahun; 0,0224 mm/tahun; dan 0,0373 mm/ tahun, sedangkan laju korosi dalam lingkungan HCl 5%, 10% dan 15% dengan tambahan inhibitor kalium kromat diperoleh sebesar 0,0103 mm/tahun; 0,0156 mm/tahun; dan 0,0238 mm/tahun. Berdasarkan hasil tersebut dapat dilihat bahwa laju korosi dalam lingkungan HCl dengan tambahan inhibitor lebih kecil dibandingkan laju korosi dalam lingkungan HCl tanpa tambahan inhibitor kalium kromat. Hasil uji XRD memperlihatkan bahwa semakin besar konsentrasi HCl yang digunakan maka pola difraksi yang dihasilkan akan semakin pendek dengan intensitas yang semakin kecil. Fasa yang terjadi pada sampel baja ASTM A 139 adalah besi (Fe), *cementit* (Fe₃C) dan *ferlite*. Dari hasil uji SEM, semakin tinggi konsentrasi HCl maka akan terbentuk gumpalan (*cluster*), lubang (*hole*) dan retakan (*crack*) yang semakin banyak. Hasil uji EDS memperlihatkan bahwa semakin tinggi konsentrasi HCl yang digunakan maka akan semakin banyak produk-produk korosi yang terbentuk, menunjukkan laju korosi semakin besar. Selain itu, hasil uji EDS juga dapat memperlihatkan produk-produk korosi yang tidak dapat terdeteksi oleh uji XRD.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Laboratorium Pak Andi serta Pak Ja'i selaku laboran di Laboratorium Teknik Material ITB, Staff bagian *safety* PT. South East Asian Pipe (SEAPI) Bakauheni, serta bapak dan ibu pembimbing.

DAFTAR PUSTAKA

- Chang, Raymond. (2005). *Kimia Dasar, Konsep-Konsep Inti Edisi Ketiga Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Dewi, Aprilia Kurnia. (2009). Mikrostruktur Permukaan Baja Hasil Difusi Paska Pelapisan HVOF-Thermal Spray Coating (tesis). Jakarta : Universitas Indonesia. 84 hlm.
- Dwi Indarto. (2009). Pengaruh Waktu Tahan Proses Hot Dipping Baja Karbon Rendah terhadap Ketebalan Lapisan, Kekuatan Tarik dan Harga Impak dengan Bahan Pelapis Aluminium (skripsi). Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta. 81 hlm.
- Hidayat, Nurul. (2010). Pengaruh Konsentrasi Asam Klorida Terhadap Laju Korosi Baja Aisi 304 Dengan Inhibitor Kalium Kromat 0,1%. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Matahelumual, Bethy Carolina. (2007). Korosifitas air terhadap fondasi beton kasus di daerah Tapin, Kalimantan. *Jurnal Geologi Indonesia*. Volume 2, No. 2. Juni 2007. Hlm. 69-72.
- Nasution, Muhammad Amin. (2008). Pembentukan Kurva S Dari Proses Kinetika Transformasi Fasa Baja Mangan Pada Temperatur 600°C (tesis). KBK Ilmu Fisika. Medan : Universitas Sumatera Utara. 77 hlm.
- Roberge, Pierre R.(1999). *Handbook of Corrosion and Engineering*. McGraw-Hill.
- Sembiring, Simon. (2004). Pengaruh Temperatur Pada Korosi Baja (Steel) Dalam Larutan Elektrolit Mengandung Karbon Dioksida (CO₂). *Jurnal Sains Teknologi*. Volume 10, No. 2. Juni 2007. Hlm. 106.
- Supardi, R. (1997). *Korosi Edisi Pertama*. Bandung: Tarsito.
- Trethewey, K.R. (1991). *Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasawan*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama. Hlm 69-70.
- Ulmann. (1985). *Encyclopedia of Industrial Chemistry Edition 5*. Volume A2. Pp. 1-53.
- Van Vlack, Lawrence. (2004). *Elemen-Elemen Ilmu Dan Rekayasa Material Edisi Keenam*. Jakarta: Erlangga. Hlm. 515-517.
- Yayan Sunarya dan Agus. (2007). *Mudah Dan Aktif Belajar Kimia*. Bandung: Grafindo Media Pratama. Hlm. 52.