

Pengaruh Penambahan Inhibitor Ekstrak Kulit Kakao (*Theobroma Cacao*) terhadap Laju Korosi Baja Api 5 L pada Medium NaCl 3% dan HCl 3%

Liyana Mardova^{(1)*}, Ediman Ginting⁽¹⁾, dan Simon Sembiring⁽¹⁾

⁽¹⁾Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung Bandar Lampung 35145

*E-mail: liyanamardova1047@gmail.com

Diterima (29 Oktober 2018), direvisi (16 Nopember 2018)

Abstract. Corrosion inhibition of low carbon API 5L by cocoa peel extract (*Theobroma cacao*) in corrosive medium of sodium chloride and hydrochloric acid of 3% has been investigated. The test was carried out by weight loss method. Corrosion rate was tested on low carbon steel with and without the tea leaves extract for 4 days with concentration of 0, 500, 1000, and 1500 ppm. The research result show that the more percentage of cocoa peels inhibitor extract, the lower corrosion rate so that capability of inhibition will increase. The biggest inhibition efficiency corrosion occurred at concentrations of 1500 ppm in NaCl and HCl with efficiency of 93,39% and 73,6% respectively. The X-Ray Diffraction (XRD) result shows that the phase was Fe. Scanning Electron Microscopy (SEM) shows that the grain size and cluster is bigger, hole and crack also shows is lower of with inhibitor than without inhibitor. Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) shows that there is Cl element on sample without inhibitor.

Key words. corrosion inhibition, API 5L, HCl and NaCl, *Theobroma cacao* extract, XRD, SEM-EDS.

Abstrak. Telah dilakukan penelitian mengenai inhibisi korosi baja karbon rendah API 5L oleh ekstrak kulit kakao (*Theobroma cacao*) dalam medium korosif NaCl dan HCl dengan konsentrasi masing-masing 3%. Pengujian dilakukan dengan metode penurunan berat. Laju korosi diuji pada baja karbon rendah dengan dan tanpa inhibitor ekstrak kulit kakao selama 7 hari dengan konsentrasi 0 ppm, 500 ppm, 1000 ppm, dan 1500 ppm. Hasil penelitian menunjukkan semakin besar persentasi inhibitor ekstrak kulit kakaoyang digunakan maka laju korosi akan semakin berkurang dan kemampuan menghambat korosi akan meningkat. Efisiensi korosi yang paling besar terjadi pada konsentrasi 1500 ppm baik untuk NaCl dan HCl dengan efisiensi masing-masing adalah 93,39% dan 73,6%. Hasil karakterisasi X-Ray Diffraction (XRD) memperlihatkan bahwa fasa yang terbentuk adalah Fe murni. Karakterisasi Secondary Electron Microscopy (SEM) memperlihatkan cluster (gumpulan) tidak merata dan ukuran lebih kecil, lubang (hole) dan retakan (crack) juga lebih sedikit dengan penambahan dibandingkan tanpa penambahan inhibitor ekstrak kulit kakao. Karakterisasi Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) pada sampel tanpa penambahan inhibitor didapatkan unsur Cl.

Kata kunci: API 5L, ekstrak *Theobroma cacao*, HCl dan NaCl, Inhibisi korosi, XRD, SEM-EDS.

PENDAHULUAN

Kata korosi berasal dari bahasa latin yaitu *corrodere* yang artinya perusakan logam atau berkarat [1]. Korosi pada logam sangat dipengaruhi oleh lingkungan yang mengandung gas limbah (sulfur dioksida, sulfat, hidrogen sulfida, klorida), kandungan O, pH larutan, temperatur,

kelembaban, kecepatan alir, dan aktifitas mikroba [2]. Korosi merupakan masalah besar bagi bangunan dan peralatan yang menggunakan material dasar logam seperti gedung, jembatan, mesin, pipa, mobil, kapal, dan lain sebagainya [3].

Korosi tidak dapat dicegah tetapi lajunya dapat dikurangi. Berbagai cara telah dilakukan untuk mengurangi laju

korosi, salah satunya dengan pemakaian inhibitor. Sejauh ini penggunaan inhibitor merupakan salah satu cara yang paling efektif untuk mencegah korosi, karena biayanya yang relatif murah dan prosesnya yang sederhana [4]. Zat inhibitor adalah suatu senyawa kimia yang secara sengaja ditambahkan dengan jumlah kecil ke dalam media, yang berguna untuk memperlambat terjadinya korosi [5].

Inhibitor dapat dibedakan menjadi inhibitor organik dan inhibitor anorganik [6]. Penggunaan inhibitor dari senyawa anorganik seperti nitrit (NO_2), kromat (CrO_4), fosfat (PO_4) telah banyak digunakan. Tetapi penggunaan inhibitor tersebut tidak ramah lingkungan, karena dapat menyebabkan pencemaran pada lingkungan yang digunakan sebagai inhibitor, seperti pencemaran pada air laut jika inhibitor digunakan pada baja perkapalan seperti baja API 5L [7], sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan inhibitor korosi yang ramah lingkungan.

Inhibitor organik yaitu inhibitor yang berasal dari bagian tumbuhan yang mengandung tanin. Tanin merupakan zat kimia yang terdapat pada daun, akar, kulit, buah dan batang tumbuhan [8]. Senyawa ekstrak bahan alam yang dijadikan inhibitor harus mengandung atom N, O, P, S dan atom-atom yang memiliki pasangan elektron bebas yang dapat berfungsi sebagai ligan yang akan membentuk senyawa kompleks dengan logam [9]. Salah satu bahan alam yang mengandung senyawa tanin adalah kulit buah kakao [10].

Pada penelitian kali ini, baja yang digunakan adalah baja karbon rendah yang dipakai pada industri penghasil minyak bumi dan gas yaitu baja karbon API 5L. Baja karbon API 5L direndam dalam medium korosi NaCl 3% dan HCl 3% dengan konsentrasi inhibitor ekstrak kulit buah kakao yang digunakan sebesar 0 ppm,

500 ppm, 1000 ppm, dan 1500 ppm dengan lama perendaman selama 168 jam.

Sampel baja hasil korosi akan dikarakterisasikan dengan XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk melihat fasa pada baja, SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk melihat struktur mikro, dan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) untuk melihat produk-produk korosi yang terjadi dan menentukan laju korosi menggunakan metode kehilangan berat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dari pengambilan kulit buah kakao segar sebanyak 1000 gram dikeringkan di udara terbuka selama 3 hari untuk menghilangkan kadar air. Kemudian kulit yang telah kering digiling hingga menjadi serbuk.

Melakukan metode maserasi dengan memasukkan kulit buah kakao kering yang telah halus sebanyak 300 gram ke dalam wadah botol yang berisi etanol. Metode maserasi dilakukan dengan merendam kulit buah kakao kering dalam pelarut selama 1 hari. Hasil perendaman kemudian disaring menggunakan kertas saring sehingga diperoleh filtrat. Filtrat kemudian diuapkan menggunakan mesin *rotary evaporator* dengan kecepatan 200 rpm dan suhu 49-50°C hingga menghasilkan ekstrak pekat.

Selanjutnya baja yang sudah dipotong dengan ukuran 10 mm, lebar 10 mm, dan tinggi 5 mm dibersihkan dengan amplas dan ditimbang. Setelah itu masuk dalam tahap pembuatan medium korosif HCl dan NaCl dengan konsentrasi 3%. HCl yang digunakan 8,10 ml ditambah aquades sebanyak 100 ml.



(a)

(b)

Gambar 1. Perendaman sample (a) tanpa inhibitor (b) dengan inhibitor

Selanjutnya pembuatan larutan NaCl dengan konsentrasi 3% yaitu 3 gram NaCl ditambahkan dengan aquades sampai volume 100 ml. Setelah semuanya tersedia maka masuk dalam tahap perendaman. Pada tahap ini baja yang sudah ditimbang dimasukkan dalam medium korosif HCl dan NaCl 3% tanpa dan dengan inhibitor 500 ppm, 1000 ppm, dan 1500 ppm jadi ada 8 sample pengujian. Perendaman sampel ditunjukkan pada **Gambar 1**. Setelah direndam selama 7 hari maka ditimbang kembali dan dilakukan karakterisasi XRD, SEM-EDS dan perhitungan laju korosi dengan persamaan :

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

Dengan CR = Laju korosi (mm/y), K = Konstanta laju korosi, W = Selisih massa (mg), A = Luas permukaan (mm²), T = Waktu perendaman(y), ρ = Massa jenis (mg/mm³)

HASIL DAN PEMBAHASAN

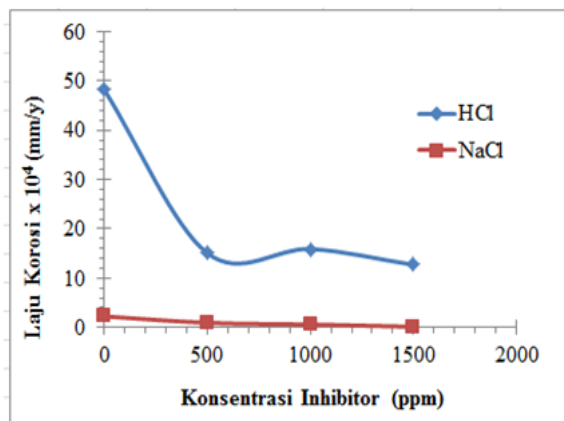
Hasil Perhitungan Laju Korosi

Hasil perhitungan laju korosi API 5L dalam lingkungan NaCl 3% dan HCl 3% tanpa dan dengan inhibitor ekstrak kulit kakao (*Theobroma cacao*) pada perendaman selama 4 hari ditunjukkan pada

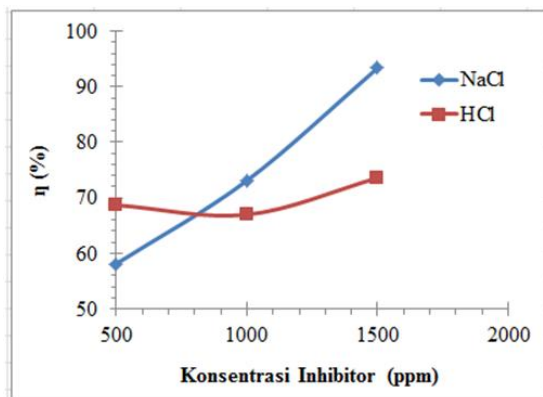
Gambar 2. Menunjukkan hubungan laju korosi dengan konsentrasi inhibitor ekstrak kulit kakao (*Theobroma cacao*) pada medium NaCl dan HCL. Pada medium NaCl terlihat grafik semakin menurun dengan bertambahnya inhibitor ekstrak kulit kakao (*Theobroma cacao*). Sehingga laju korosi terendah diperoleh pada penambahan inhibitor ekstrak kulit kakao (*Theobroma cacao*) terbanyak yaitu pada konsentrasi 1500 ppm. Sedangkan, pada medium HCl penambahan inhibitor ekstrak kulit kakao (*Theobroma cacao*) 0 ppm, 500 ppm, terjadi penurunan laju korosi, tetapi pada konsentrasi 1000 ppm laju korosi mengalami peningkatan, dan ketika ditambahkan inhibitor 1500 ppm laju korosi mengalami penurunan kembali bahkan paling rendah dari sebelumnya.

Selanjutnya grafik hubungan antara konsentrasi inhibitor ekstrak daun teh (*Camellia sinensis*) dengan efisiensi disajikan dalam **Gambar 3**.

Mardova, dkk: pengaruh penambahan inhibitor ekstrak kulit kakao (*Theobroma cacao*) terhadap laju korosi baja API 5L pada medium NaCl 3% dan HCl 3%



Gambar 2. Laju korosi baja API 5L dengan konsentrasi inhibitor dalam medium korosif HCl dan NaCl.

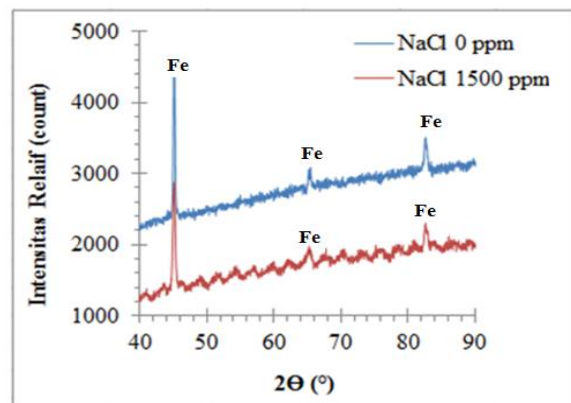


Gambar 3. Grafik hubungan konsentrasi inhibitor dengan efisiensi inhibitor ekstrak kulit kakao (*Theobroma cacao*) pada medium NaCl dan HCl.

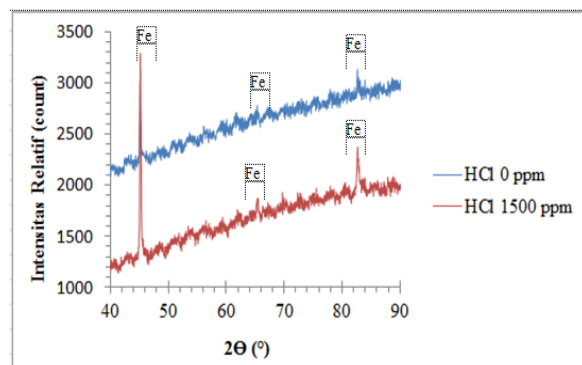
Gambar 3. Menunjukkan bahwa efisiensi inhibisi pada lingkungan NaCl dengan konsentrasi inhibitor 500 ppm, 1000 ppm, dan 1500 ppm masing-masing sebesar 58,15%, 73,13%, dan 93,39%. Efisiensi terbesar pada lingkungan NaCl adalah saat konsentrasi inhibitor 1500 ppm dimana mencapai efisiensi 93,39%. Sedangkan efisiensi inhibisi pada medium HCl dengan konsentrasi inhibitor 500 ppm, 1000 ppm, dan 1500 ppm masing-masing sebesar

68,71%, 67% dan 73,6%. %. Efisiensi terbesar pada medium HCl adalah saat konsentrasi inhibitor 1500 ppm adalah 73,6%. Dari kedua medium ini, nilai efisiensi terbaik pada medium NaCl, dikarenakan pada medium NaCl laju korosi lebih rendah dibandingkan pada medium HCl. Sehingga jika laju korosi semakin rendah maka efisiensi semakin tinggi.

Analisis XRD (X-Ray Diffraction)



Gambar 4. Difragtogram tanpa dan dengan inhibitor 1500 ppm medium NaCl.



Gambar 5. Difragtogram tanpa dan dengan inhibitor 1500 ppm medium HCl.

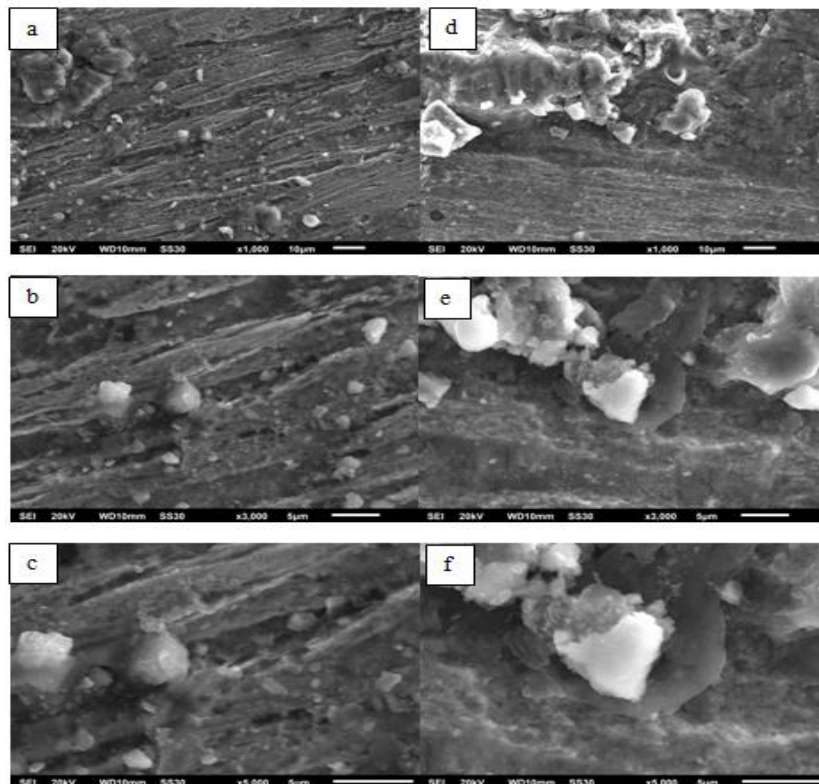
Dari hasil penelitian keempat sampel yang telah diuji dicocokkan dengan PCPDFWIN versi 1.3 J CPDS-ICOD 1997 dengan nomor 06-0696 menunjukkan bahwa fasa yang terbentuk merupakan Fe murni dengan bidang 110, 200, dan 211 dengan simbol *space group* Im3m (229) dimana parameter sel $a=b=c=2.866$, sudut kisinya $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ dan hal ini mengidentifikasi bahwa fasa Fe memiliki struktur kristal BCC (*Body Center Cubic*). Difragtogram hasil XRD ditunjukkan pada **Gambar 4** dan **Gambar 5**.

Analisis SEM-EDS

Hasil analisis SEM pada kedua sampel pada perbesaran 500x, 1000x dan 1.500x ditunjukkan pada Gambar 6. Dari kedua sampel yang telah diuji, dapat dilihat

perbedaan yang signifikan. Saat ditinjau pada perbesaran 1000x seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 5(a)** dan **5(d)**. Goresan terbentuk pada kedua sampel tetapi pada sampel tanpa inhibitor goresan yang terbentuk lebih banyak, dan hampir merata pada permukaannya dibandingkan dengan sampel dengan inhibitor dimana goresan yang terbentuk belum merata pada semua permukaan.

Dilihat pada perbesaran 3000x seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 5(b)** dan **5(e)**, *hole* (lubang) yang terbentuk pada sampel tanpa inhibitor hampir terlihat merata pada permukaannya sedangkan dengan inhibitor *hole* pada permukaannya belum merata/homogen karena masih ada permukaan yang tidak terbentuk *hole*.

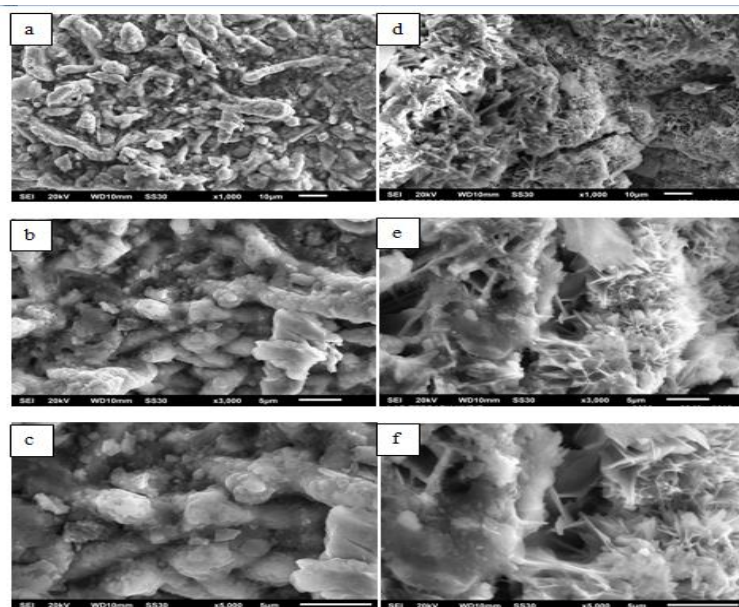


Gambar 6. Hasil SEM API 5L pada medium NaCl tanpa inhibitor (a) perbesaran 1000x (b) perbesaran 3000x (c) perbesaran 5000x dan dengan inhibitor (d) perbesaran 1000x (e) perbesaran 3000x (f) perbesaran 5000x

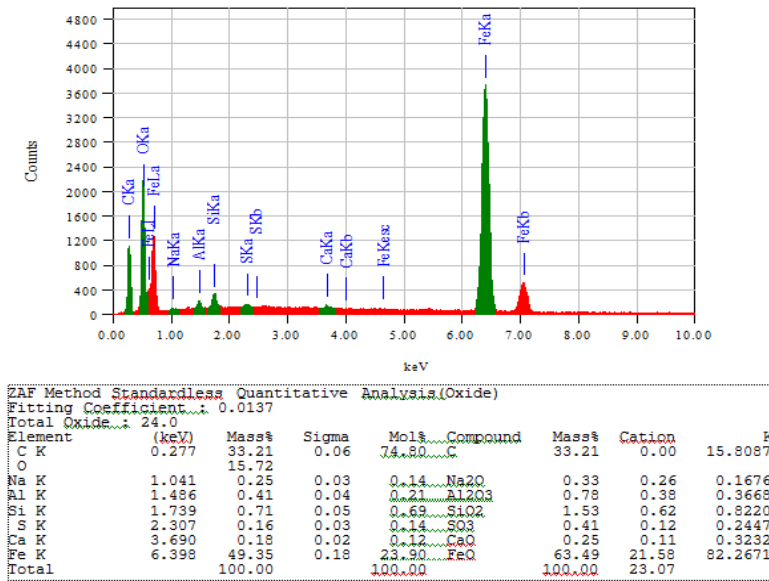
Ukuran *hole* yang terbentuk pada sampel dengan inhibitor lebih banyak dibandingkan dengan sampel tanpa inhibitor, karena terlihat pada **Gambar 5(e)** masih ada *hole* yang berupa titik yang mengindikasikan bahwa *hole* masih sangat kecil. Dan yang terakhir adalah perbandingan pada perbesaran 5000x dimana terlihat *hole* yang terjadi pada sampel yaitu **Gambar 5(c)** dan gumpalan (*cluster*) pada **Gambar 5(f)**. Dari kedua gambar ini terlihat bahwa sampel tanpa inhibitor atau **Gambar 5(c)** memiliki *hole* yang lebih banyak, berbeda dengan sampel dengan inhibitor atau **Gambar 5(f)** *hole* sangat sedikit dan gumpalan (*cluster*) merata pada seluruh permukaan.

Dari kedua sampel yang telah diuji, dapat dilihat perbedaan yang signifikan. Saat ditinjau pada perbesaran 1000x seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 6(a)** dan **6(d)** bahwa lubang (*hole*) terbentuk pada kedua sampel tetapi pada sampel tanpa inhibitor lubang (*hole*) yang terbentuk lebih

banyak, dan hampir merata pada permukaannya dibandingkan sampel dengan inhibitor dimana lubang (*hole*) yang terbentuk belum merata pada semua permukaan. Dilihat pada perbesaran 3000x seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 6(b)** dan **6(e)**, *hole* pada sampel tanpa inhibitor terlihat sangat jelas dan ukurannya cukup besar sedangkan dengan inhibitor *hole* pada permukaannya belum merata/ homogen karena terdapat gumpalan (*cluster*). Dan yang terakhir adalah perbandingan pada perbesaran 5000x dimana terlihat *hole* yang terjadi pada sampel yaitu **Gambar 6(c)** dan gumpalan (*cluster*) pada **Gambar 6(f)**. Dari kedua gambar ini terlihat bahwa sampel tanpa inhibitor atau **Gambar 6(c)** memiliki *hole* yang lebih banyak, berbeda dengan sampel dengan inhibitor atau **Gambar 6(f)** *hole* sangat sedikit dan gumpalan (*cluster*) terlihat lebih jelas. goresan dan lubang (*hole*).



Gambar 7. Hasil SEM API 5L pada medium HCl tanpa inhibitor (a) perbesaran 1000x (b) perbesaran 3000x (c) perbesaran 5000x dan dengan inhibitor (d) perbesaran 1000x (e) perbesaran 3000x (f) perbesaran 5000x.



Gambar 8. EDS sampel dengan inhibitor 0 ppm pada medium NaCl dengan perbesaran 1000x.

Goresan dan lubang (*hole*) merupakan faktor utama penyebab terjadinya korosi, karena keduanya adalah jalan masuk untuk oksigen. Saat oksigen sudah masuk maka akan menarik elektron dari Fe untuk keluar, sehingga Fe akan kekurangan elektron dan terjadilah karat. Oleh karena itu dari hasil SEM kedua sampel disimpulkan bahwa pada sampel dengan inhibitor *crack* dan *hole* lebih sedikit sehingga laju korosi akan lebih kecil.

Uji EDS dilakukan untuk melihat produk korosi yang tidak dapat dideteksi pada uji XRD. Hasil uji EDS pada sampel tanpa menggunakan inhibitor pada perbesaran 1000x dengan medium NaCl ditunjukkan pada Gambar 8.

Baja karbon API 5L yang direndam dengan inhibitor 0 ppm pada medium NaCl 3% memiliki 7 unsur yaitu O (oksigen), Na (natrium), Al (Aluminium), Si (Silikon), S (Sulfur), Fe (besi), dan Ca (kalsium).

Unsur dengan persentasi terbesar ada pada Fe sebanyak 49,35% karena unsur utama dari baja merupakan Fe, kemudian O (oksigen) sebanyak 15,72% menunjukkan

telah terjadinya korosi pada logam. Selain itu terdeteksi unsu-unsur lain pengotor pada baja yang sangat sedikit jumlahnya yaitu Na (natrium) 0,25%, Al (Aluminium) 0,41%, Si (Silikon) 0,71%, S (Sulfur) 0,16, dan Ca (kalsium) 0,18%. Selanjutnya untuk hasil EDS dengan inhibitor 1500 ppm dengan medium NaCl pada perbesaran 1000x ditunjukkan pada Gambar 9.

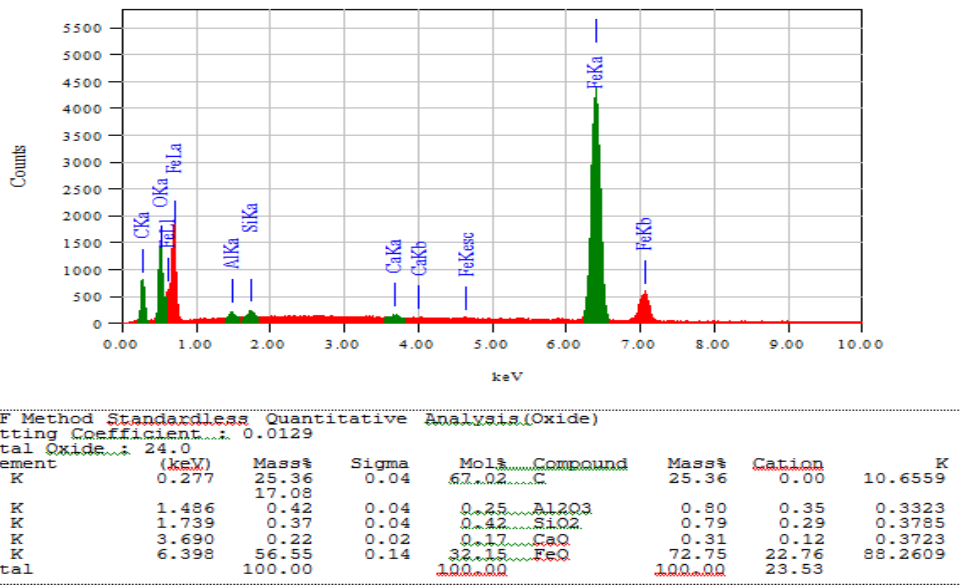
Berdasarkan Gambar 9 bahwa baja karbon API 5L yang direndam dengan inhibitor 1500 ppm pada medium NaCl 3% memiliki 5 unsur yaitu O (oksigen), Al (Aluminium), Si (Silikon), Fe (besi), dan Ca (kalsium). Unsur dengan persentasi terbesar ada pada Fe sebanyak 56,55% karena unsur utama dari baja merupakan Fe, kemudian O (oksigen) sebanyak 17,08% menunjukkan telah terjadinya korosi pada logam. Selain itu terdeteksi unsu-unsur lain atau pengotor pada baja atau inhibitor yang sangat sedikit jumlahnya yaitu Al (Aluminium) 0,42%, Si (Silikon) 0,37%, dan Ca (kalsium) 0,22%.

Hasil EDS dengan inhibitor 0 ppm dengan medium HCl pada perbesaran

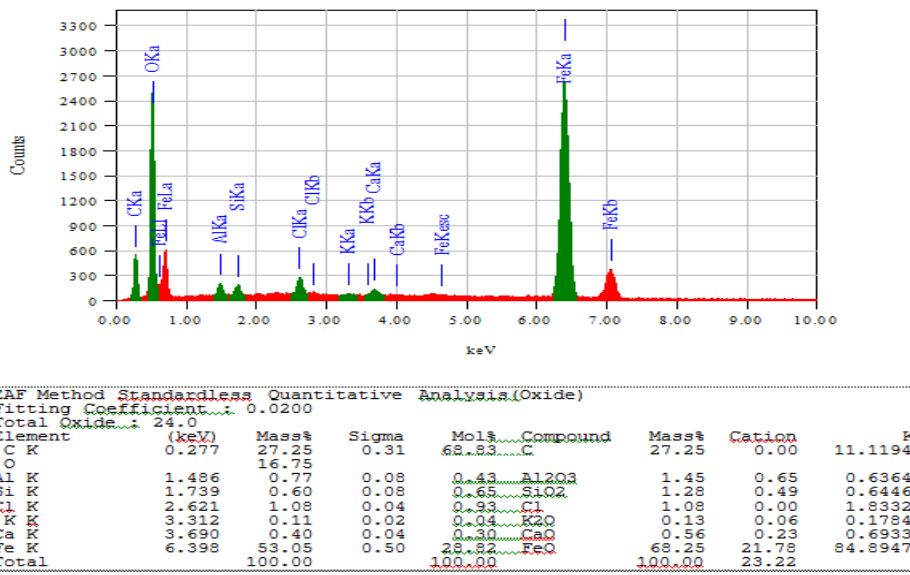
Mardova, dkk: pengaruh penambahan inhibitor ekstrak kulit kakao (*Theobroma cacao*) terhadap laju korosi baja API 5L pada medium NaCl 3% dan HCl 3%

1000x ditunjukkan pada **Gambar 10**. Berdasarkan **Gambar 10** bahwa baja karbon API 5L yang direndam dengan inhibitor 0 ppm pada medium HCl 3% memiliki 7 unsur yaitu O (oksigen), Al (Aluminium), Si (Silikon), Cl (klorida), K (Kalium), Fe (besi), dan Ca (kalsium). Unsur dengan persentasi terbesar ada pada Fe sebanyak 53,05% karena unsur utama dari baja merupakan Fe, kemudian O

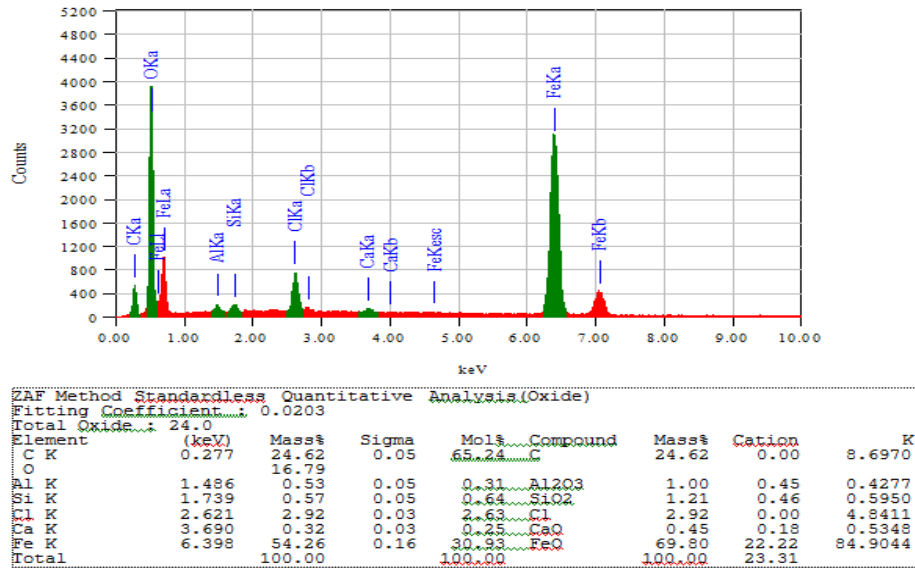
(oksigen) sebanyak 16,75% dan Cl (klorida) 1,08% karena penambahan asam klorida (HCl), Terdeteksinya unsur Cl dan O menunjukkan telah terjadinya korosi pada logam. Selain itu terdeteksi unsur lain pengotor pada baja sedikit jumlahnya yaitu Al (Aluminium) 0,77%, Si (Silikon) 0,60%, K (Kalium) 0,11%, dan Ca (kalsium) 0,40%.



Gambar 9. EDS sampel dengan inhibitor 1500 ppm pada medium NaCl dengan perbesaran 1000x.



Gambar 10. EDS sampel dengan inhibitor 0 ppm pada medium HCl dengan perbesaran 1000x.



Gambar 11. EDS sampel dengan inhibitor 1500 ppm pada medium HCl dengan perbesaran 1000x.

Selanjutnya untuk hasil EDS dengan inhibitor 1500 ppm dengan medium HCl pada perbesaran 1000x ditunjukkan pada Gambar 11. Berdasarkan Gambar 11 bahwa baja karbon API 5L yang direndam dengan inhibitor 1500 ppm pada medium HCl 3% memiliki 6 unsur yaitu O (oksigen), Al (Aluminium), Si (Silikon), Cl (klorida), Fe (besi), dan Ca (kalsium). Unsur dengan persentasi terbesar ada pada Fe sebanyak 54,26% karena unsur utama dari baja merupakan Fe, kemudian O (oksigen) sebanyak 16,79% dan Cl (klorida) 2,92% karena penambahan asam klorida (HCl), Terdeteksinya unsur Cl dan O menunjukkan telah terjadinya korosi pada logam. Selain itu terdeteksi unsur lain pengotor pada baja atau pada inhibitor yang sangat sedikit jumlahnya yaitu Al (Aluminium) 0,53%, Si (Silikon) 0,57%, dan Ca (kalsium) 0,32%.

KESIMPULAN

Semakin besar konsentrasi inhibitor ekstrak kulit kakao (*Theobroma cacao*) yang digunakan maka laju korosi akan semakin berkurang dan inhibisi akan semakin meningkat. Efisiensi terbesar terdapat pada konsentrasi inhibitor 1500 ppm baik pada HCl dan NaCl dengan efisiensi masing-masing 73,6% dan 93,39%. Hasil karakterisasi XRD memperlihatkan bahwa fasa yang terbentuk adalah Fe murni dengan bidang 110, 200, dan 211 dengan struktur kristal BCC.

Hasil karakterisasi SEM memperlihatkan cluster (gumpalan) tidak merata dan ukuran lebih kecil, lubang (hole) dan retakan (crack) juga lebih sedikit dengan penambahan dibandingkan tanpa penambahan inhibitor ekstrak kulit kakao (*Theobroma cacao*).

Hasil karakterisasi EDS pada sampel tanpa penambahan inhibitor didapatkan unsur Cl mengidentifikasi logam sudah terkontaminasi akibat interaksi antara

asam klorida dengan sampel, sehingga laju korosi lebih tinggi. Dari ketiga hasil karakterisasi dan perhitungan laju korosi didapatkan bahwa inhibitor ekstrak kulit kakao (*Theobroma cacao*) efektif dalam menghambat laju korosi pada baja karbon API 5L dan dari kedua medium inhibitor ekstrak kulit kakao (*Theobroma cacao*) lebih efektif pada medium NaCl.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada kepala Laboratorium Fisika Dasar, Fisika Inti, dan Kimia Organik FMIPA Universitas Lampung untuk fasilitas Laboratorium untuk menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Supardi, *Korosi Edisi Pertama*, vol. 1, no. 1. 1997.
- [2] Asdim, “penentuan Efisiensi Inhibisi Ekstrak Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana* L) pada Reaksi Korosi Baja dalam Larutan Asam,” *J. Gradien*, vol. 3, no. 2, pp. 273–276, 2007.
- [3] H. P. Rieger, “Electrochemistry, Second Edition,” in *Chapman and Hall Inc*, no. November, 1992, pp. 412–421.
- [4] Hermawan, *Ekstrak Bahan Alami Sebagai Inhibitor korosi*, vol. 3, no. 4. 2007.
- [5] Adriana, “Ekstrak Bahan Alam sebagai Alternatif Inhibitor Korosi,” *skripsi*, pp. 235–238, 2010.
- [6] A. M. Aidil, E. and Shams, “Corrosion Inhibition by Naturally Occurring substance-I. The Effect of Hibiscus Subdariffa (Karkade) Extract on the Dissolution of Al and Zn,” *Corros. Sci.*, vol. 12, no. 2, pp. 897–904, 1972.
- [7] G. Ameer, M. A., Khamis, E. and Al-Senani, “Effect of Thiosemicarbozones on Corrosion of Steel of Phoporic Acid Produced by Wet Process,” *Sci. Technol.*, vol. 2, pp. 127–138, 2000.
- [8] Haryati, *Potensi dan Peluang Tanaman Obat*, vol. 10. 2008.
- [9] B. Ilim dan Hermawan, “Study Penggunaan Ekstrak Buah Lada, Buah Pinang dan Daun Teh Sebagai Inhibitor Korosi Baja Lunak dalam Air Laut Buatan Yang Jenuh Gas.,” in *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi II*, 2008, pp. 257–266.
- [10] Muliati, “Reaktivitas Gugus Hidroksil Tanin Kulit Buah Kakao pada Pewarnaan Sutera,” *Ind. Has. Perkeb.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–7, 2009.