

PENGENDALIAN LAJU KOROSI BAJA St-37 DALAM MEDIUM ASAM KLORIDA DAN NATRIUM KLORIDA MENGGUNAKAN INHIBITOR EKSTRAK DAUN TEH (*Camelia sinensis*)

Desi Mitra Sari¹, Sri Handani¹, Yuli Yetri²

¹Jurusan Fisika, Fakultas MIPA Universitas Andalas, Padang

²Politeknik Negeri Padang

e-mail : desimitrasari@rocketmail.com, shandani69@yahoo.com, yuliyetrietri@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian tentang pengendalian laju korosi baja St-37 dalam medium asam klorida dan natrium klorida menggunakan inhibitor ekstrak daun teh (*Camelia sinensis*) telah dilakukan. Metode yang digunakan adalah metode potensiodinamik untuk melihat nilai arus korosi, dan metode kehilangan berat untuk melihat nilai laju korosi. Medium korosif yang digunakan adalah HCl 3 % dan NaCl 3 %. Baja direndam di dalam medium korosif dengan penambahan dan tanpa penambahan inhibitor. Variasi konsentrasi inhibitor yang digunakan adalah dari 1 % hingga 10 % dengan lama perendaman selama empat hari. Semakin besar konsentrasi inhibitor yang ditambahkan maka nilai laju korosi akan semakin menurun dan nilai efisiensi inhibisi korosi semakin tinggi. Nilai efisiensi terbesar didapatkan pada penambahan konsentrasi inhibitor 10 % untuk medium korosif HCl mencapai 86,3 % dan untuk medium korosif NaCl mencapai 92 %. Hal ini menunjukkan bahwa inhibitor ekstrak daun teh sangat efisien dalam mengendalikan laju korosi dalam medium korosif HCl dan NaCl. Dari analisis foto optik morfologi permukaan baja St-37 memperlihatkan permukaan baja dengan penambahan ekstrak daun teh mengalami korosi lebih sedikit.

Kata kunci : laju korosi, inhibitor, efisiensi, potensiodinamik, medium korosif

ABSTRACT

A research to control corrosion rate of St-37 steel in acid chloride and sodium chloride medium using tea leaf (*Camellia sinensis*) extract inhibitor has been done. The method used is potentiodynamic to observe the value of the corrosion current and weight loss method for corrosion rate. Corrosive medium used were HCl 3% and NaCl 3%. The concentration of the extract used range from 1% to 10% and the immersion time is four days. The results showed that the greatest corrosion rate was resulted in the corrosive medium without addition of inhibitors, whereas the corrosion rate decreases with the addition of inhibitors, it is also evident from the results of the Tafel plot shows I_{cor} impairment. The greater the concentration of inhibitor that is used the lower the corrosion rate. Greatest efficiency values both for medium corrosive obtained at inhibitor concentrations of 10%, 86,3% in HCl and 92% in NaCl. This shows that tea leaves extract inhibitor is very efficient in controlling the rate of corrosion in HCl and NaCl medium. From the optical photograph analysed on the surface morphology of St-37 steel showed that the addition of tea leaf extract suffered less corrosion.

Keywords : rate corrosion, inhibitor, efficiency, potentiodynamic, corrosive medium

I. PENDAHULUAN

Korosi atau pengkaratan dikenal sebagai peristiwa kerusakan logam karena adanya faktor metalurgi (pada material itu sendiri) dan reaksi kimia dengan lingkungannya yang menyebabkan terjadinya penurunan kualitas suatu bahan logam (Nathan, 1977). Bahan-bahan korosif (yang dapat menyebabkan korosi) terdiri atas asam dan garam, seperti asam klorida (HCl) dan natrium klorida (NaCl) yang digunakan sebagai medium korosif.

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 (Hermawan, 2007). Inhibitor korosi dapat didefinisikan sebagai suatu zat yang apabila ditambahkan dalam jumlah sedikit ke dalam lingkungan akan menurunkan serangan korosi lingkungan terhadap logam. Biasanya proses korosi logam berlangsung secara elektrokimia yang terjadi secara simultan pada daerah

anoda dan katoda. Inhibitor biasanya ditambahkan dalam jumlah sedikit, baik secara kontinu maupun periodik menurut suatu selang waktu tertentu.

Inhibitor terbagi dua yaitu inhibitor organik dan inhibitor anorganik (Aidil, 1972). 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 (Haryati, 2008). Senyawa ekstrak bahan alam yang dijadikan inhibitor harus mengandung atom N, O, P, S, dan atom-atom yang memiliki pasangan elektron bebas (Ferdany, 2010). Unsur-unsur yang mengandung pasangan elektron bebas ini nantinya dapat berfungsi sebagai ligan yang akan membentuk senyawa kompleks. Salah satu jenis tumbuhan yang mengandung tanin adalah teh (*Camelia sinensis*) yang terletak pada bagian daunnya. Sedangkan inhibitor anorganik adalah inhibitor yang diperoleh dari mineral-mineral yang tidak mengandung unsur karbon dalam senyawanya. Material dasar dari inhibitor anorganik antara lain kromat, nitrit, silikat, dan pospat. Inhibitor anorganik bersifat sebagai inhibitor anodik karena inhibitor ini memiliki gugus aktif, yaitu anion negatif yang berguna untuk mengurangi korosi. Senyawa-senyawa ini juga sangat berguna dalam aplikasi pelapisan anti-korosi, tetapi mempunyai kelemahan utama yaitu bersifat toksik (Haryono, 2010). Daun teh mengandung senyawa tanin berkisar antara 7%-15%. Senyawa tanin yang ada dalam daun teh inilah yang dapat berfungsi sebagai inhibitor (Putra, 2009).

Pada penelitian sebelumnya oleh Ludiana (2012) mengenai pengaruh konsentrasi inhibitor ekstrak daun teh (*Camelia sinensis*) terhadap laju korosi baja karbon *Schedule 40 Grade B ERW* dengan medium korosif NaCl 3% dan waktu perendaman selama 3 hari dan 6 hari untuk melihat kemampuan inhibitor menghambat laju korosi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi inhibisi korosi yang paling besar terjadi pada konsentrasi 4%, baik untuk perendaman 3 hari maupun 6 hari dengan efisiensi masing-masing adalah 74,32% dan 73,41%.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan laju korosi baja St-37 dalam medium natrium klorida (NaCl) 3% dan asam klorida (HCl) 3% yang ditambahkan dan tanpa ditambahkan inhibitor ekstrak daun teh dengan konsentrasi 1-10% dan waktu perendaman selama empat hari, untuk menentukan nilai efisiensi inhibisi ekstrak daun teh serta menentukan nilai arus korosi dengan metode potensiodinamik.

II. METODE

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah Hot plate magnetic stirrer C-MAG HS 7, timbangan digital PGW 2502i, logam penjepit, pipet, oven dengan merk memmert, jangka sorong dengan merk metric, kertas amplas dengan merk kinik cc-1500-cw, gergaji besi, *galvanostat*, mikroskop optik trinokuler, *rotary evaporator* dan botol besar ukuran 2,5 liter.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Baja St-37, daun teh (*Camelia sinensis*), natrium klorida (NaCl) dan asam klorida (HCl) sebagai medium korosif, etanol, aquabides dan aseton.

2.1 Prosedur Penelitian

2.1.1 Persiapan Bahan Uji

Persiapan bahan uji dilakukan dengan tiga cara yaitu pertama persiapan sampel baja dimana baja St-37 dengan diameter 3 cm dipotong dengan ketebalan 0,2 sebagai sampel pengujian untuk menentukan laju korosi. Baja St-37 juga dibentuk menjadi jarum dengan diameter 1 mm dan panjang 10 cm untuk pengujian arus korosi dengan metode potensiodinamik. Kemudian permukaan baja dihaluskan dengan menggunakan amplas besi lalu dibilas dengan aquabides dan dicelupkan ke dalam aseton untuk menghilangkan lemak yang menempel pada permukaan baja. Selanjutnya baja dikeringkan di dalam oven dengan suhu 40°C selama 15 menit, setelah kering dilakukan penimbangan massa awal baja. Kedua persiapan bahan inhibitor yaitunya daun teh segar sebanyak 3500 gram dikering anginkan dalam suhu kamar selama 20 hari. Setelah kering, didapatkan sebanyak 1000 gram. Selanjutnya daun teh kering ini dihaluskan dengan menggunakan blender kemudian diekstrak dengan menggunakan metode maserasi. Metode maserasi dilakukan dengan memasukkan daun teh yang telah

dihaluskan ke dalam wadah botol yang berisi etanol. Hasil perendaman selanjutnya disaring menggunakan kertas saring hingga diperoleh filtrat. Filtrat yang diperoleh dari proses tersebut diuapkan dengan menggunakan alat penguap putar vakum (*rotary evaporator*) dengan kecepatan 200 rpm dan suhu 60 °C hingga menghasilkan ekstrak pekat. Dan langkah terakhir persiapan medium korosif yang digunakan yaitu HCl 3 % dan NaCl 3 %. Medium korosif HCl dan NaCl ini dibuat dengan metode pengenceran yaitu 3 ml larutan HCl dicampurkan dengan 97 ml aquabides serta 3 gram NaCl dicampurkan dengan 97 ml aquabides.

2.1.2 Penentuan Laju Korosi Sampel Baja

Seluruh sampel baja dengan diameter 3 cm dibersihkan terlebih dahulu. Medium korosif NaCl 3% dan HCl 3% yang telah ditambahkan zat inhibitor dilakukan pengujian untuk mendapatkan nilai laju korosi dan arus korosi. Diambil masing-masing sebanyak 2 sampel baja yang sudah diketahui massa awalnya, kemudian direndam masing-masing ke dalam medium korosif HCl 3 % dan NaCl 3 % yang telah ditambahkan inhibitor selama 4 hari (92 jam) pada temperatur kamar dengan komposisi seperti pada Tabel 1.

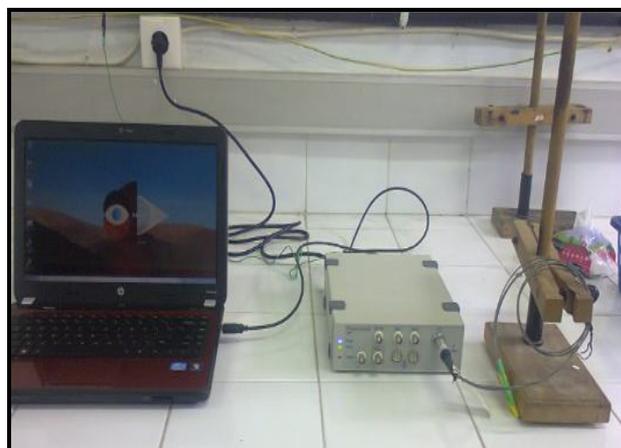
Tabel.1 Komposisi Inhibitor dengan Berbagai Variasi

No	Volume Larutan Inhibitor Daun Teh (ml)	Volume Larutan Korosif (ml)	% Volume Larutan Inhibitor
1	1	99	1
2	2	98	2
3	3	97	3
4	4	96	4
5	5	95	5
6	6	94	6
7	7	93	7
8	8	92	8
9	9	91	9
10	10	90	10

Setelah waktu korosi tercapai maka dilakukan pencucian sampel baja, yaitu dibilas dengan aquabides lalu dicelupkan ke dalam aseton, kemudian dikeringkan selama 15 menit pada suhu 40 °C dan ditimbang sebagai massa akhir. Massa yang hilang ini digunakan untuk menghitung efisiensi inhibisi menggunakan Persamaan 1.

$$\text{Efisiensi inhibisi} = \frac{(Cr_a - Cr_b)}{Cr_a} \times 100\% \tag{1}$$

dengan Cr_a merupakan laju korosi tanpa penambahan ekstrak daun teh dan Cr_b merupakan laju korosi dengan penambahan ekstrak daun teh.



Gambar 1 Skema pengujian dengan metode potensiodinamik

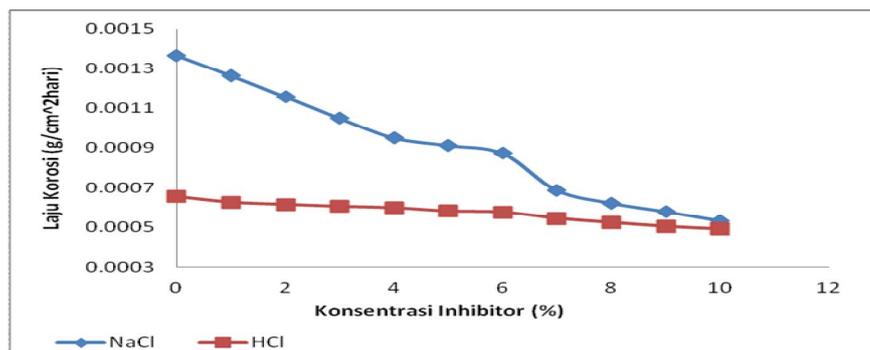
Selanjutnya dilakukan analisis laju korosi menggunakan metode potensiodinamik menggunakan baja yang berbentuk jarum. Dalam proses analisis metode potensiodinamik didapatkan kurva Tafel untuk menentukan karakteristik sampel. Dari pengukuran ini didapatkan kerapatan arus korosi (I_{kor}) dan potensial korosi (E_{kor}). Skema pengujian dengan metode potensiodinamik dapat dilihat pada Gambar 1.

Dalam skema kerja potensiodinamik, menggunakan tiga elektroda yaitunya, elektroda kerja (WE), elektroda referensi (REF) dan elektroda bantu (AUX). Proses akhir dari penelitian adalah melakukan pemotretan morfologi permukaan baja menggunakan mikroskop optik trinokuler dengan perbesaran 100 kali.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Laju Korosi Baja St-37 Dalam Larutan Korosif Asam Klorida 3% dan Natrium Klorida 3% dengan Penambahan Inhibitor Ekstrak Daun Teh Pada Perendaman Selama Empat Hari.

Pada pengujian laju korosi dalam larutan korosif asam klorida (HCl) 3% dan larutan korosif natrium klorida (NaCl) 3% dengan waktu perendaman selama empat hari, terlihat adanya perbedaan antara sampel baja yang ditambahkan dan tanpa ditambahkan inhibitor larutan ekstrak daun teh. Inhibitor bertindak untuk memperlambat reaksi yang terjadi antara baja dan medium korosif yang diberikan. Pada berbagai variasi konsentrasi larutan inhibitor yang diberikan terlihat adanya indikasi pengurangan laju korosi setelah ditambahkan larutan inhibitor seperti yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Grafik pengaruh konsentrasi inhibitor terhadap laju korosi baja St-37 dalam larutan HCl 3% dan NaCl 3% dengan dan tanpa penambahan inhibitor ekstrak daun teh pada perendaman selama empat hari.

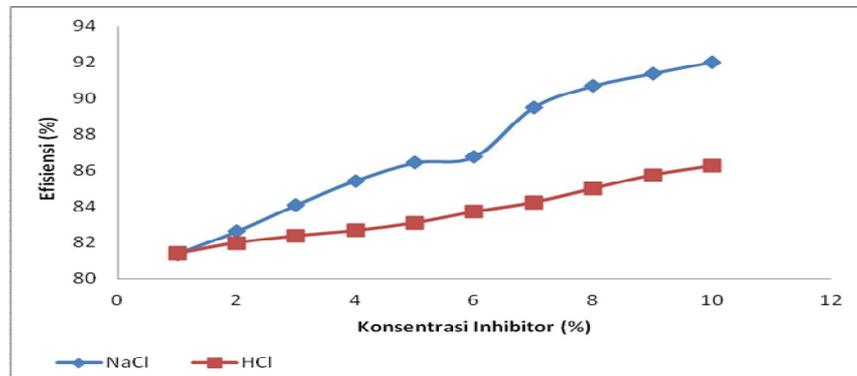
Dari Gambar 2 dilihat bahwa pada konsentrasi penambahan ekstrak 0% atau diistilahkan dengan *blanko*, nilai laju korosinya besar, setelah pemberian inhibitor dengan kenaikan konsentrasi yang diberikan, grafik menunjukkan penurunan nilai laju korosi dari pemberian konsentrasi inhibitor 1% sampai dengan 10%. Hal ini terjadi karena inhibitor berperan sebagai penghambat laju korosi. Semakin besar nilai konsentrasi inhibitor yang diberikan, maka nilai laju korosi juga akan semakin menurun. Adanya penurunan nilai laju korosi terhadap variasi inhibitor yang diberikan, menunjukkan bahwa ekstrak daun teh baik digunakan sebagai inhibitor.

Dalam hal ini inhibitor berperan sebagai penghambat dikarenakan tannin yang terkandung dalam ekstrak daun teh berikatan dengan besi sehingga terbentuk proteksi yang melindungi baja dari korosi (Hermawan, 2007). Dengan bertambahnya konsentrasi tannin akan menggeser nilai laju korosi ke arah yang lebih rendah, dengan kata lain tannin berperan sebagai inhibitor anodik, dimana proses inhibisi korosi berlangsung dengan cara menekan reaksi oksidasi baja sehingga transfer elektron dapat terhambat (Trethewey, 1991).

3.2 Efisiensi Inhibisi Korosi

Pemberian inhibitor dapat mengurangi laju korosi dan dapat menaikkan nilai inhibisi. Kemampuannya untuk menghambat diukur dari efisiensinya. Nilai efisiensi bergantung kepada

konsentrasi inhibitor yang digunakan. Semakin besar konsentrasi inhibitor yang digunakan maka akan semakin besar pula efisiensi yang didapatkan. Hubungan efisiensi inhibisi terhadap konsentrasi inhibitor dapat dilihat pada Gambar 3.



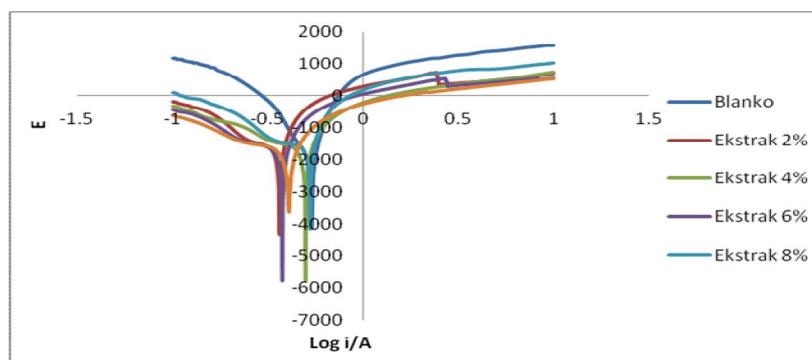
Gambar 3 Grafik pengaruh konsentrasi inhibitor terhadap efisiensi inhibisi korosi baja St-37 dalam medium korosif HCl 3% dan NaCl 3% pada perendaman selama empat hari.

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa nilai efisiensi inhibisi ekstrak daun teh terhadap korosi baja St-37 cenderung naik dengan bertambahnya konsentrasi yang diberikan dimana semakin besar konsentrasi inhibitor yang diberikan, akan semakin besar pula nilai efisiensi inhibisi yang dihasilkan. Pada grafik dapat terlihat bahwa efisiensi inhibisi tertinggi terdapat pada medium korosif natrium klorida (NaCl) mencapai 92%, sedangkan pada medium korosif asam klorida (HCl) dapat mencapai 86,3%.

3.3 Analisis Laju Korosi Metode Potensiodinamik

Pengujian menggunakan metode potensiodinamik digunakan untuk mendapatkan nilai arus korosi (I_{korosi}) dan potensial korosi (E_{korosi}). Potensial korosi yang digunakan adalah -1000 mV hingga +1000 mV. Hal ini untuk mendapatkan nilai arus korosi yang maksimal antara potensial dengan log arus. Pada Tafel plot terlihat adanya pergeseran E_{korosi} ke katodik dan anodik

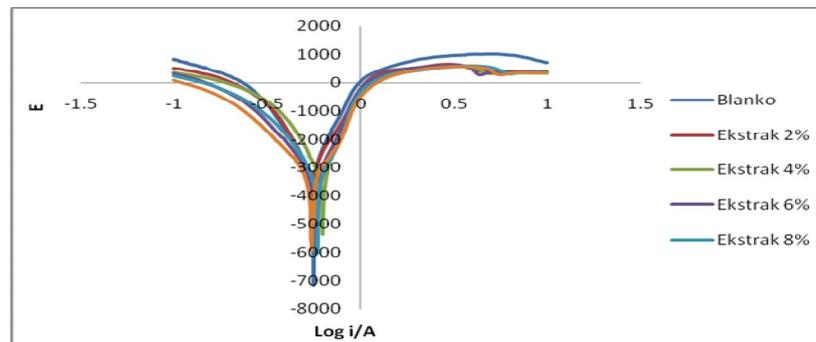
3.3.1 Analisis Laju Korosi Metode Potensiodinamik Dalam Larutan Korosif Asam Klorida 3% Dengan Penambahan dan Tanpa Penambahan Inhibitor



Gambar 4 Grafik Tafel pengujian potensiodinamik dalam medium HCl 3%.

Pada Gambar 4 dapat disimpulkan bahwa nilai laju korosi berbanding terbalik dengan besarnya penambahan inhibitor ekstrak daun teh. Dimana semakin besar konsentrasi inhibitor yang diberikan maka akan semakin kecil nilai laju korosinya. Dari grafik Tafel dapat terlihat bahwa kemampuan konsentrasi ekstrak 10% sangat baik dalam mengurangi nilai laju korosi terbukti dengan grafik yang berada pada bagian terbawah dari *blanko* (tanpa penambahan inhibitor).

3.3.2 Analisis Laju Korosi Metode Potensiodinamik dalam Larutan Korosif Natrium Klorida 3 % Dengan Penambahan dan Tanpa Penambahan Inhibitor



Gambar 5 Grafik Tafel pengujian potensiodinamik dalam medium NaCl 3%.

Pada Gambar 5 dapat disimpulkan bahwa pengujian laju korosi dengan metode potensiodinamik dalam medium korosif natrium klorida, menunjukkan adanya penurunan nilai laju korosi, dengan menurunnya nilai arus korosi yang terdapat pada kurva Tafel. Dimana kondisi tanpa penambahan inhibitor (*blanko*) berada di atas nilai laju korosi dengan penambahan inhibitor.

3.4 Foto Optik Morfologi Permukaan Baja

Foto struktur permukaan sampel diperoleh dengan menggunakan foto optik *Trinokuler* dengan perbesaran 100 kali. Dengan perbesaran 100 kali maka dapat dilihat perubahan struktur permukaan dari baja tersebut.

3.4.1 Foto Morfologi Permukaan Dari Spesimen Awal

Foto morfologi permukaan dari spesimen awal dapat dilihat pada Gambar 6, pada gambar terlihat adanya garis-garis halus berwarna putih yang sangat halus dan relatif tipis yang merupakan pengaruh penggerindaan dan pengamplasan pada permukaan baja St-37. Terlihat juga bahwa permukaannya masih rata, bersih, tidak berpori dan belum ada lubang-lubang. Hal ini berarti baja tersebut belum menunjukkan terjadinya reaksi korosi karena belum ada pengaruh dari lingkungan apapun dari luar seperti air, udara, asam, garam, basa maupun dari zat korosifnya.

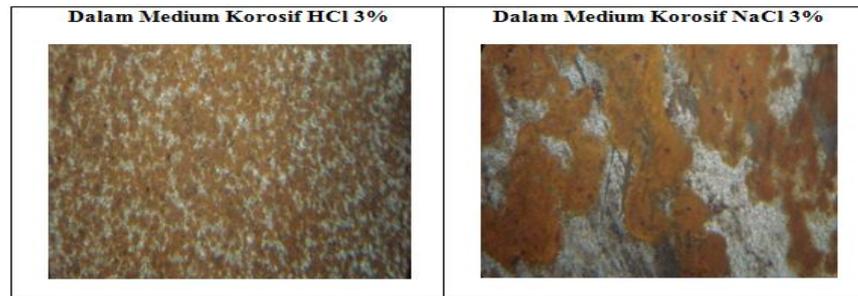


Gambar 6 Foto optik morfologi permukaan spesimen awal dengan perbesaran 100 x yang telah dihaluskan dengan amplas besi dan belum mengalami perlakuan.

3.4.2 Morfologi Permukaan Dari Baja Setelah Direndam Selama Empat Hari Dalam Larutan Korosif Asam Klorida 3% dan Natrium Klorida 3% Tanpa Penambahan Ekstrak Daun Teh

Pada Gambar 7 yang merupakan hasil foto optik morfologi permukaan spesimen baja setelah direndam selama empat hari dalam larutan korosif HCl 3% dan NaCl 3% tanpa penambahan inhibitor terlihat bahwa baja mengalami proses korosi yang sangat cepat yang ditandai dengan terbentuknya karat yang berwarna coklat pada permukaan baja akibat reaksi kimia yang merata pada permukaan logam. Terlihat jelas bahwa baja tersebut telah mengalami korosi dan terjadi kerusakan pada permukaan baja. Permukaan baja terlihat mengalami

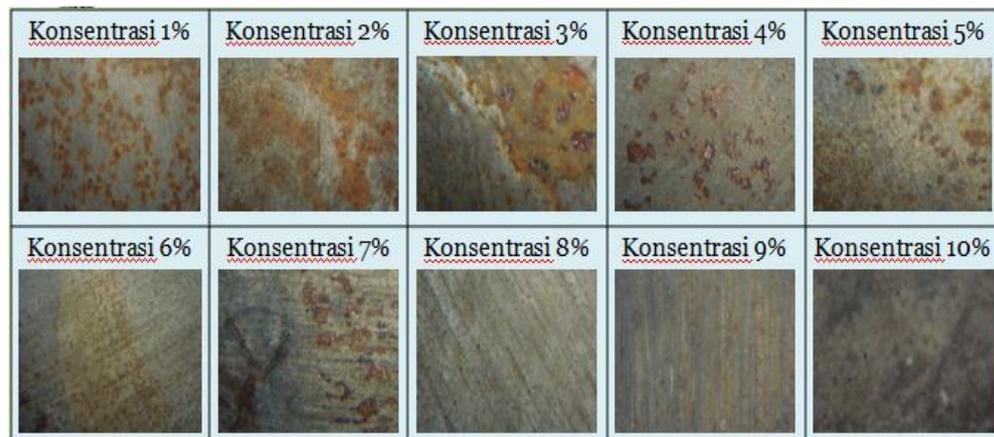
perubahan struktur dan terbentuk pori dimana logam teroksidasi, sehingga dalam medium HCl dan NaCl baja akan lebih cepat berkarat.



Gambar 7 Foto optik morfologi permukaan baja tanpa penambahan inhibitor

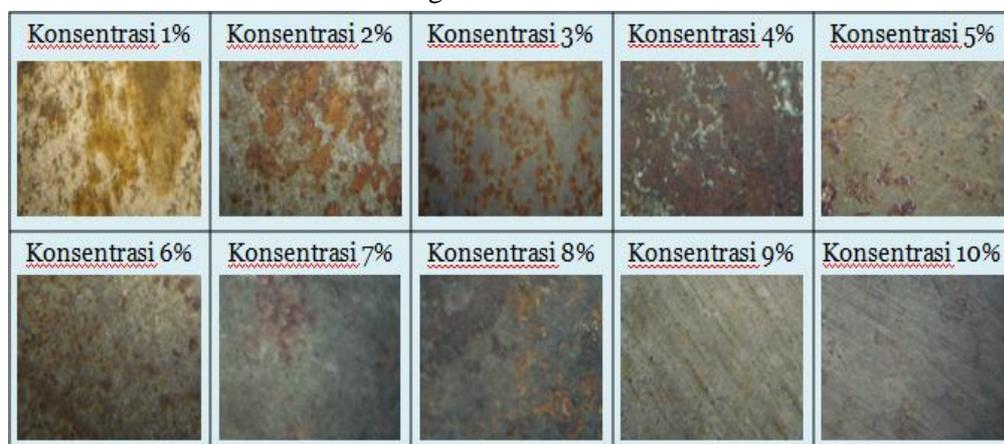
3.4.3 Morfologi Permukaan Dari Baja Setelah Direndam Selama Empat Hari Dalam Larutan Korosif Asam Klorida 3% dengan Penambahan Ekstrak Daun Teh.

Dari Gambar 8 terlihat adanya perbedaan yang cukup signifikan yang terjadi pada permukaan baja akibat reaksi yang terjadi pada larutan korosif asam klorida. Dengan kenaikan penambahan inhibitor yang diberikan terlihat penurunan serangan laju korosi, dimana semakin besar konsentrasi inhibitor yang ditambahkan ke dalam medium korosif HCl laju korosi juga semakin menurun.



Gambar 8 Foto optik morfologi permukaan baja dalam medium HCl dengan penambahan inhibitor pada perbesaran 100 kali.

3.4.4 Morfologi Permukaan Dari Baja Setelah Direndam Selama Empat Hari Dalam Larutan Korosif Natrium Klorida 3% dengan Penambahan Ekstrak Daun Teh.



Gambar 9 Foto optik morfologi permukaan baja dalam medium NaCl dengan penambahan inhibitor pada perbesaran 100 kali.

Gambar 9 memperlihatkan bahwa semakin besar konsentrasi inhibitor ekstrak daun teh yang digunakan maka kerusakan yang terjadi pada permukaan baja juga semakin berkurang. Hal ini ditandai dengan melihat hasil foto optik perbesaran 100 kali, terlihat bahwa karat yang terbentuk semakin berkurang dengan bertambahnya konsentrasi inhibitor yang digunakan. Inhibitor mampu membentuk lapisan yang dapat menghalangi serangan ion-ion agresif seperti asam dan garam, sehingga permukaan baja menjadi terlindungi dan terproteksi yang menyebabkan proses korosi berlangsung lebih lambat.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian terhadap pengujian korosi pada baja St-37 yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa ekstrak daun teh sangat baik digunakan sebagai inhibitor, dibandingkan pengujian yang telah dilaksanakan sebelumnya oleh Ludiana (2012) dengan menggunakan ekstrak yang sama tetapi metode yang berbeda. Terbukti dari pengujian dengan perendaman selama empat hari didapatkan penurunan nilai laju korosi seiring dengan kenaikan konsentrasi inhibitor yang diberikan baik pada medium korosif asam klorida 3% maupun medium korosif natrium klorida 3%. Terjadi kenaikan nilai efisiensi inhibisi seiring dengan penambahan ekstrak daun teh dari 1% hingga 10%. Dan dari analisis potensiodinamik memperlihatkan adanya penurunan nilai laju korosi setelah adanya penambahan inhibitor ekstrak daun teh terbukti dengan ekstrapolasi Tafel didapatkan penurunan nilai arus korosi (I_{korosi}). Foto morfologi permukaan dengan Foto optik *Trinokuler* memperlihatkan terjadinya perubahan morfologi permukaan baja St-37 antara spesimen awal tanpa perlakuan dan setelah mengalami perendaman selama empat hari dalam medium korosif HCl dan NaCl baik yang ditambahkan maupun tanpa penambahan inhibitor ekstrak daun teh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Laboratorium Material Jurusan Fisika dan Laboratorium Elektro/Fotokimia Jurusan Kimia yang telah memfasilitasi dalam penelitian dan kepada semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aidil, E., and A. M. Shams El Din, 1972, *Corrosion inhibition by naturally occurring substances-I. The effect of Hibiscus subdariffa (karkade) extract on the dissolution of Al and Zn*, *Corrosion Science*, vol. 12, no. 12, pp. 897–904.
- Ferdany, A., 2010, tanin. [Http :// en. Wikipedia. Org/wiki/tannin](http://en.wikipedia.org/wiki/tannin). [diakses tanggal 20 Januari 2013 jam 15.00 WIB].
- Haryati, 2008, *Potensi dan Peluang Tanaman Obat*, Jakarta : Erlangga.
- Haryono, G., Sugiarto, B., dkk, 2010, *Ekstrak Bahan Alam sebagai Inhibitor Korosi*, Jurusan Teknik Kimia FTI UPN Veteran : Yogyakarta.
- Hermawan, B., 2007, *Ekstrak Bahan Alami sebagai Inhibitor korosi*. http://www.chem-is-try.org/author/Beni_Hermawan.com. [diakses tanggal 30 Desember 2012, jam 22.00 WIB].
- Ludiana, Y. 2012, *Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Ektrak Daun The (Camelia sinensis) Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Schedule 40 Grade B ERW*. *Jurnal Fisika Volume 1 No.1*, Unand : Padang.
- Nathan, C.C. (1977), *Corrosion Inhibitors*. Houston, National Association Of Corrosion Engineers.
- Putra, S.E. (2009). *Antioksidan Alami di Sekitar Kita*. [Online]. Tersedia : http://www.chem-is-try.org/artikel_kimia/kimia_pangan/antioksidan-alami-di-sekitar-kita. 5. Akses 10 Desember 2012, 22.11 WIB.
- Trethewey, K.R., and Chamberlein, J., 1991, *Korosi, untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa*, Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.