

Inhibisi Korosi Baja oleh Ekstrak Serbuk Gergaji Kayu dalam Medium Air Laut

Putri Hartika¹, Yerimadesi², Hardeli³

Laboratorium Penelitian Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Padang, Jl. Prof. Dr. Hamka Padang 25131, Indonesia

¹putrihartika@gmail.com, ²yerimadesi_74@yahoo.com, ³hardelil@yahoo.com,

Abstract — The using of steel support building system in some productions in Indonesia, such us oil refineries, cooling systems production, shipbuilding and marine equipment. The sea is a corrosive environment so the metals which stay in the sea easy to corrosion. One of all effort to reduce the rate of corrosion of steel is the use of organic inhibitors such as tannins, nicotine and lignin. Wood sawdust is one natural ingredient that contains lignin. These compounds can complex with iron. This study aims to utilize wood sawdust extract as corrosion inhibitor of steel in medium of sea. Wood sawdust was extracted by using alkali method. The rate of corrosion and steel corrosion inhibition efficiency with wood sawdust extracts were determined by using the gravimetric method (the reduction of steel weight before and after corrosion). Based on the results of the study showed that the extract of wood sawdust can reduce the corrosion rate of steel in the medium of the sea with corrosion inhibition efficiency of 38.8% on 30 ppm the extract concentration. The analysis of steel surfaces using a stereo microscope with a magnification 40 times. It can seen the difference surfaces between coated steel and uncoated with wood sawdust extract in medium of the sea. Coated steel less rusty than uncoated.

Keywords — Corrosion of steel, organic inhibitor, sawdust extract, seawater, gravimetric method

I. PENDAHULUAN

Baja mendukung sektor pembangunan di Indonesia, seperti penggunaan baja untuk membangun kilang minyak, sistem pendingin produksi dan kapal laut. Penggunaan baja pada lingkungan air laut, dapat membuatnya mudah terkorosi yang akan berdampak menurunnya fungsi bahan. Korosi merupakan suatu proses kimia yang menyebabkan penurunan mutu logam, karena adanya interaksi antara logam dengan lingkungan. Lingkungan yang banyak mengandung garam seperti air laut akan menyebabkan korosi cepat terjadi. Hal ini disebabkan karena kandungan ion klorida (Cl⁻) yang cukup tinggi dan mikrobakteri yang hidup di laut, sehingga akan memicu terjadinya reaksi oksidasi-reduksi^[1].

Dengan dasar pengetahuan tentang elektrokimia proses korosi yang dapat menjelaskan mekanisme dari korosi, dapat dilakukan usaha-usaha untuk pencegahan terbentuknya korosi. Banyak cara sudah dilakukan untuk pencegahan terjadinya korosi, diantaranya dengan cara proteksi katodik, *coating*, dan penggunaan *chemical inhibitor*^[2]. Inhibitor yang banyak dikembangkan saat ini adalah inhibitor organik karena bersifat ekonomis dan tidak berbahaya atau non-toksik^[3].

Kayu merupakan sumber daya alam yang banyak terdapat di Indonesia dan berasal dari penebangan hutan. Hasil pengolahan kayu yang tidak berguna dalam proses produksi

disebut juga dengan limbah. Adapun contoh limbah dari penggunaan kayu yaitu serbuk gergaji kayu dan limbah buangan hasil pulp. Kayu mengandung komposisi kimia berupa selulosa, poliosa (hemiselulosa), lignin dan senyawa polimer minor sebagai pati dan senyawa pektin^[4]. Pada lignin terdapat gugus-gugus fungsi yaitu metoksil, hidroksil fenol, benzil alkohol dan karbonil^[5].

Beberapa laporan penelitian sebelumnya menyatakan bahwa logam transisi seperti Fe^[6] dan Co^[7] dapat membentuk kompleks dengan lignin. Sihombing^[9] menjelaskan bahwa Cu (II), Cd (II), Pb (II) dan Fe (III) dapat membentuk kompleks dengan lignin yang berasal dari limbah pembuatan pulp. Yeni^[9] melaporkan bahwa serbuk gergaji kayu dapat dimanfaatkan sebagai inhibitor korosi pada baja ASSAB 760 dalam medium udara dengan efisiensi optimum 65,40%. Oleh sebab itu pada penelitian ini akan dipelajari bagaimana pengaruh penambahan ekstrak serbuk gergaji kayu terhadap laju korosi baja dalam medium air laut.

II. METODE PENELITIAN

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu neraca analitis Kern tipe ABS 220-4, termometer, penangas air, jangka sorong, besi penjepit, oven, desikator, FTIR PerkinElmer Spektrum Version 10.03.07, UV-Vis PG Instrumen Tipe T70, Mikroskop Stereo Binokuler dan peralatan gelas yang digunakan dalam analisis laboratorium.

Bahan-bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja ASSAB 760 (AISI 1045: 96,32% Fe, 0,5% C, 0,4% Si, 0,8% Mn dan S maksimal 0,045%), serbuk gergaji kayu, air laut, H₂SO₄ 96% Merck Jerman, NaOH p.a Merck Jerman, detergen, ampelas, asam nitrat 65% Merck Jerman,

Corresponding Author :

Yerimadesi, Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Padang State University, Padang, West Sumatera, Indonesia.



yerimadesi_74@yahoo.com

aseton p.a Merck Jerman, kertas saring Whatman no. 40 dan aquades.

A. Persiapan Sampel Baja

Baja dengan diameter $\pm 2,5$ cm dipotong-potong dengan tebal 0,5 cm, dihaluskan permukaannya dengan mesin gerinda dan diampelas. Sampel baja kemudian dicuci dengan detergen dan aquades. Selanjutnya dicelupkan ke dalam HNO_3 1% dan aseton p.a, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 40°C selama 5 menit dan dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit. Baja kemudian ditimbang sebagai berat baja tanpa inhibitor (massa awal) [9].

B. Ekstraksi Serbuk Gergaji Kayu

Sampel berupa serbuk kayu dikeringkan di udara terbuka. Sebanyak 500 g serbuk kayu dipanaskan dengan air dengan perbandingan 1:3 hingga kering pada suhu 100°C . Selanjutnya diambil sebanyak 100 g sampel kering dan diekstrak dengan 300 mL air panas pada suhu $65\pm 5^\circ\text{C}$, kemudian disaring. Residu yang diperoleh diekstrak dengan NaOH 1,5% pada suhu 90°C , kemudian disaring untuk memisahkan filtrat dengan residu. Filtrat yang diperoleh diendapkan dengan H_2SO_4 20%. Endapan yang diperoleh kemudian dipisahkan dari filtrat dengan cara dekantasi. Endapan kemudian dicuci dengan air untuk menghilangkan asam dan dikeringkan pada suhu 105°C untuk menghilangkan sisa air [10].

C. Penentuan Konsentrasi Optimum Pelapisan Baja oleh Ekstrak Serbuk Gergaji Kayu dalam Medium Air Laut

Sampel baja yang telah disiapkan direndam dalam campuran larutan ekstrak serbuk gergaji kayu dan air laut dengan variasi konsentrasi 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 dan 40 ppm. Perendaman dilakukan selama 24 jam. Baja diangkat dan dibersihkan menggunakan sikat yang halus, kemudian dicelupkan dalam HNO_3 1% dan aseton p.a. Baja kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu 40°C selama 5 menit dan dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit. Baja ditimbang sebagai massa akhir untuk mencari laju korosinya.

D. Pengaruh Waktu Pelapisan Ekstrak Serbuk Gergaji Kayu terhadap Laju Korosi Baja dalam Medium Air Laut

Baja direndam pada konsentrasi optimum dengan variasi waktu 1 sampai 5 hari. Baja diangkat dan dicuci dengan menggunakan sikat yang halus. Kemudian dicelupkan dalam HNO_3 1% dan aseton p.a. Baja kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu 40°C selama 5 menit dan dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit. Baja ditimbang sebagai massa akhir untuk mencari laju korosinya.

E. Analisis Data

Laju korosi baja dan efisiensi inhibisi dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini [11].

$$\text{Laju Korosi} = \frac{\text{Massa awal (gram)} - \text{Massa akhir (gram)}}{\text{Luas permukaan baja (cm}^2\text{)} \times \text{Waktu perendaman (hari)}} \quad (1)$$

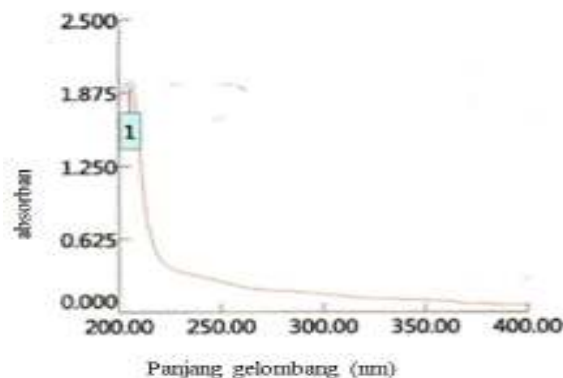
Efisiensi ekstrak serbuk gergaji kayu sebagai inhibitor dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$EI = \frac{K_0 - K_{inh}}{K_0} \times 100\% \quad (2)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

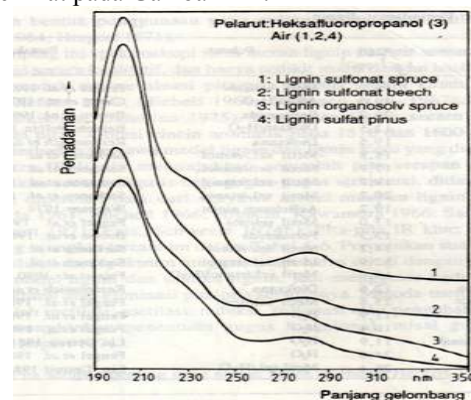
A. Karakterisasi Ekstrak Serbuk Gergaji Kayu

Dalam penelitian ini UV-Vis digunakan untuk identifikasi lignin dari ekstrak serbuk gergaji kayu. Karakterisasi lignin yang berasal dari ekstrak serbuk gergaji kayu ini dilakukan pada panjang gelombang 200-400 nm [4]. Dari hasil pengukuran diperoleh spektrum seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Spektrum UV-Vis Ekstrak Serbuk Gergaji Kayu

Dari Gambar 1 dapat dilihat nilai serapan maksimal terjadi pada panjang gelombang 205,50 nm. Spektrum khas lignin maksimum pada kisaran panjang gelombang 200 dan 208 nm, seperti terlihat pada Gambar 2 [4].

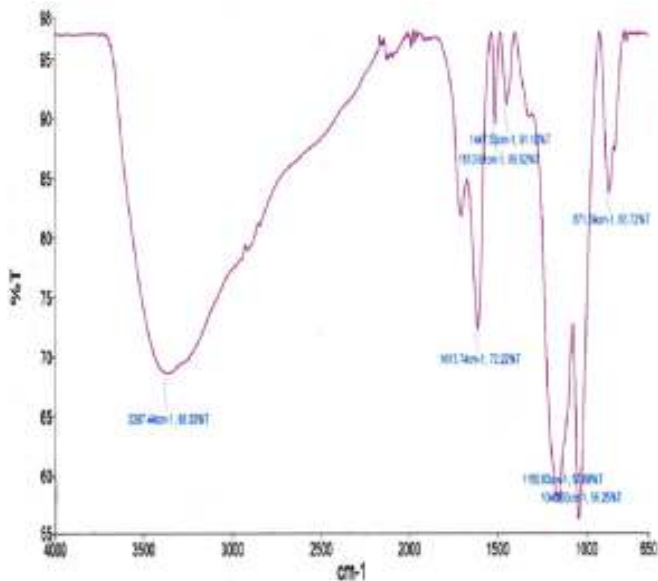


Gambar 2. Spektrum UV Lignin [4]

Setelah dibandingkan spektrum UV lignin menurut Fengel dan Wegener [4] dengan spektrum UV-Vis lignin hasil ekstraksi serbuk gergaji kayu, dapat dinyatakan bahwa serapan pada panjang gelombang 205,50 nm merupakan serapan maksimal dari lignin hasil ekstraksi serbuk gergaji kayu. Dari data yang didapatkan terlihat bahwa spektrum UV lignin [4] hampir sama dengan spektrum UV ekstrak serbuk gergaji kayu. Hal ini berarti bahwa hasil ekstraksi serbuk gergaji kayu yang diperoleh merupakan senyawa lignin.

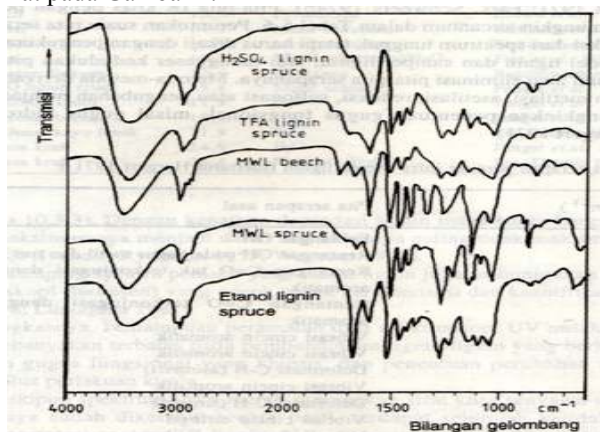
Untuk memastikan bahwa senyawa yang diperoleh dari ekstrak serbuk gergaji kayu merupakan lignin, maka

dilakukan analisis gugus fungsi dengan menggunakan FTIR. Spektrum yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Spektrum FTIR Ekstrak Serbuk Gergaji Kayu

Spektrum FTIR ekstrak serbuk gergaji kayu dibandingkan dengan spektrum IR lignin dari beberapa jenis kayu, yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Spektrum IR lignin [4]

Dari Gambar 3 dan 4 dapat dilihat bahwa spektrum lignin menurut Fengel dan Wegener [4] dengan spektrum lignin hasil ekstrak serbuk gergaji kayu hampir sama. Pita serapan inframerah lignin yang paling karakteristik terdapat pada sekitar 1510 dan 1600 cm^{-1} yang menandakan terjadinya vibrasi cincin aromatik dan bilangan gelombang antara 1470 dan 1460 cm^{-1} menandakan terjadinya deformasi C-H dan vibrasi cincin aromatik [4].

TABEL I
SERAPAN PENTING INFRA MERAH LIGNIN [4]

Kedudukan (cm^{-1})	Pita serapan asal
3450-3400	Rentangan OH
2940-2820	Rentangan OH pada gugus metil dan metilena
1715-1710	Rentangan aromatik C=O tak terkonjugasi dengan cincin aromatik
1675-1660	Rentangan aromatik C=O terkonjugasi dengan cincin aromatik
1605-1600	Vibrasi cincin aromatik
1515-1505	Vibrasi cincin aromatik
1470-1460	Deformasi C-H (asimetri)
1430-1425	Vibrasi cincin aromatik
1370-1365	Deformasi C-H (simetri)
1330-1325	Vibrasi cincin sirigel
1270-1275	Vibrasi cincin quaiasil
1085-1030	Deformasi C-H, C-O

Dari hasil interpretasi yang didapat dari pengujian FTIR, terdapat 7 puncak bilangan gelombang yang teridentifikasi sebagai spektrum serapan seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2.

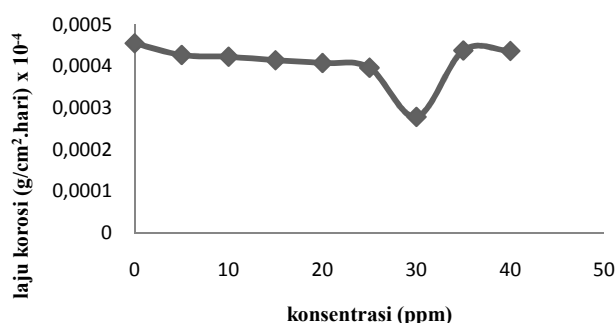
TABEL II
SPEKTRUM SERAPAN EKSTRAK SERBUK GERGAJI KAYU

Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Gugus Fungsi
3367.44	O-H
1613.74	C=C
1513.91	C=C (aromatis)
1447.52	CH_2
1150.93	C-O
1040.5	C-O
871.54	C-H

Dari hasil spektrum FTIR, ekstrak serbuk gergaji kayu mengandung gugus fungsi yang merupakan senyawa aromatik. Hal ini sesuai dengan kriteria bahan aktif yang dapat digunakan sebagai inhibitor korosi.

B. Penentuan Konsentrasi Optimum Pelapisan Baja oleh Ekstrak Serbuk Gergaji Kayu dalam Medium Air Laut

Hubungan laju korosi terhadap konsentrasi ekstrak serbuk gergaji kayu dapat dilihat dari Gambar 5, laju korosi yang diperoleh cenderung menurun untuk setiap kenaikan konsentrasi ekstrak serbuk gergaji kayu sampai diperoleh konsentrasi optimum. Penentuan konsentrasi optimum ekstrak serbuk gergaji kayu dalam medium air laut dilakukan dengan variasi konsentrasi 5 ppm sampai 40 ppm.



Gambar 5. Kurva hubungan konsentrasi ekstrak serbuk gergaji kayu vs laju korosi baja dalam medium air laut, dengan perendaman selama 24 jam

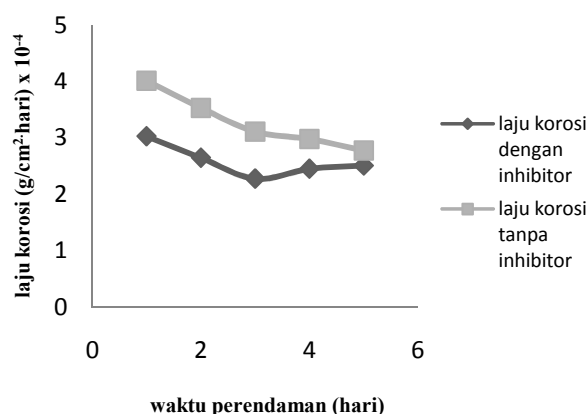
Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa air laut merupakan larutan yang sangat korosif, hal ini ditunjukkan oleh tingginya laju korosi baja dalam medium air laut. Namun laju korosi baja dalam medium air laut menurun setelah ditambahkan ekstrak serbuk gergaji kayu dengan berbagai variasi konsentrasi. Penurunan laju korosi yang paling besar terjadi pada konsentrasi ekstrak serbuk gergaji kayu 30 ppm.

Penurunan laju korosi disebabkan oleh adanya lignin yang terdapat pada ekstrak serbuk gergaji kayu. Senyawa ini membentuk kompleks pada permukaan baja dan kompleks yang terbentuk melindungi baja dari ion-ion agresif penyebab korosi. Sesuai dengan yang dilaporkan Altwaiq et.al [12], menyatakan bahwa adanya atom-atom oksigen pada lignin dapat membentuk lapisan pelindung pada permukaan logam. Lapisan ini yang akan menghalangi ion-ion korosif masuk ke permukaan baja sehingga laju korosi menurun.

Perendaman baja di atas konsentrasi optimum meningkatkan kembali laju korosi baja. Hal ini dikarenakan kapasitas gugus fungsi untuk teradsorpsi pada permukaan baja sudah maksimum [13]. Walaupun laju korosi baja meningkat setelah perendaman dalam konsentrasi optimum, namun laju korosi masih lebih rendah bila dibandingkan dengan laju korosi baja dalam air laut tanpa menggunakan ekstrak serbuk gergaji kayu.

C. Pengaruh Waktu Pelapisan oleh Ekstrak Serbuk Gergaji Kayu terhadap Laju Korosi Baja dalam Medium Air Laut

Penentuan waktu pelapisan bertujuan untuk mengetahui kemampuan ekstrak serbuk gergaji kayu dapat melindungi baja dalam medium air laut. Setelah didapatkan konsentrasi optimum ekstrak serbuk gergaji kayu, maka dipelajari pengaruh waktu perendaman dengan ekstrak serbuk gergaji kayu terhadap laju korosi baja dalam medium air laut pada berbagai variasi waktu (hari). Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 6.



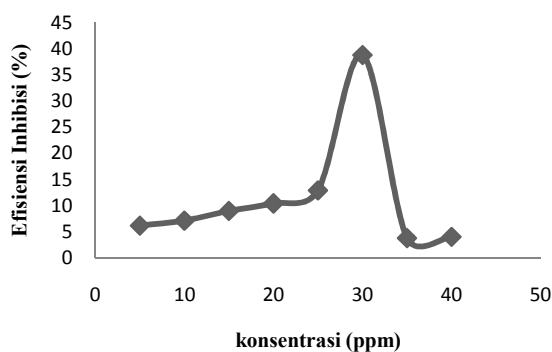
Gambar 6. Kurva hubungan waktu perendaman vs laju korosi baja dalam medium air laut selama 1 s.d 5 hari

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa semakin lama waktu perendaman maka laju korosi semakin menurun baik laju korosi baja yang dilapisi ekstrak serbuk gergaji kayu maupun yang tidak dilapisi. Laju korosi baja dalam air laut menurun dikarenakan terbentuknya lapisan oksida pada permukaan baja yang terkorosi [14]. Lapisan oksida ini akan menghalangi serangan ion-ion korosif pada permukaan baja [14] sehingga laju korosi semakin lama semakin menurun. Laju korosi baja tanpa dilapisi ekstrak serbuk gergaji kayu lebih tinggi dibandingkan dari laju korosi baja yang dilapisi ekstrak serbuk gergaji kayu. Hal ini dikarenakan adanya senyawa lignin dalam ekstrak serbuk gergaji kayu yang dapat membentuk kompleks dengan permukaan baja. Sihombing [8] dan Ibrahim [6] menyatakan bahwa logam transisi besi (Fe) dapat membentuk kompleks dengan lignin. Kompleks besi-lignin ini merupakan lapisan pasif yang terserap pada permukaan baja sehingga dapat menghalangi masuknya ion-ion korosif pada permukaan baja dan menyebabkan laju korosi baja yang dilapisi oleh ekstrak serbuk gergaji kayu menurun bila dibandingkan laju korosi baja yang tidak dilapisi oleh ekstrak serbuk gergaji kayu.

Dari Gambar 6 dengan adanya variasi waktu perendaman 1-5 hari, laju korosi baja terus menurun sampai perendaman selama 3 hari. Setelah perendaman di atas 3 hari laju korosi kembali meningkat, hal ini berarti waktu perendaman maksimal baja terjadi pada hari ke 3. Laju korosi yang kembali meningkat setelah batas optimum diakibatkan kapasitas gugus fungsi yang teradsorpsi pada permukaan baja sudah maksimum, dan tidak dapat lagi membentuk lapisan pelindung yang stabil [13]. Haryono [15] juga menyatakan bahwa kemampuan inhibitor untuk melindungi logam dari korosi akan hilang atau habis pada waktu tertentu, hal ini dikarenakan semakin lama waktunya maka inhibitor akan semakin habis terserang oleh larutan.

D. Efisiensi Inhibisi Korosi Baja oleh Ekstrak Serbuk Gergaji Kayu dalam Medium Air Laut

Gambar 7 memperlihatkan efisiensi inhibisi korosi baja oleh ekstrak serbuk gergaji kayu dalam medium air laut.

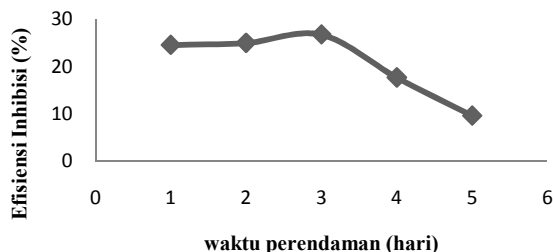


Gambar 7. Kurva hubungan konsentrasi ekstrak serbuk gergaji kayu vs efisiensi inhibisi korosi baja dalam medium air laut

Dari Gambar 7 terlihat efisiensi inhibisi korosi baja meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak serbuk gergaji kayu dalam medium air laut, sampai diperoleh konsentrasi optimum yaitu 30 ppm. Pada konsentrasi 30 ppm ini baja dapat dilindungi dari serangan ion-ion agresif dari air laut secara maksimal.

Efisiensi inhibisi merupakan kemampuan suatu inhibitor untuk memperlambat laju korosi pada logam. Dari Gambar 5 dan 7 dapat dilihat bahwa efisiensi inhibisi korosi baja semakin meningkat dengan menurunnya laju korosi. Efisiensi inhibisi korosi baja oleh ekstrak serbuk gergaji kayu yang paling tinggi terjadi pada konsentrasi 30 ppm, yaitu 38,80% .

Pengaruh waktu perendaman terhadap efisiensi inhibisi korosi baja oleh ekstrak serbuk gergaji kayu dalam medium air laut, dapat dilihat pada Gambar 8.

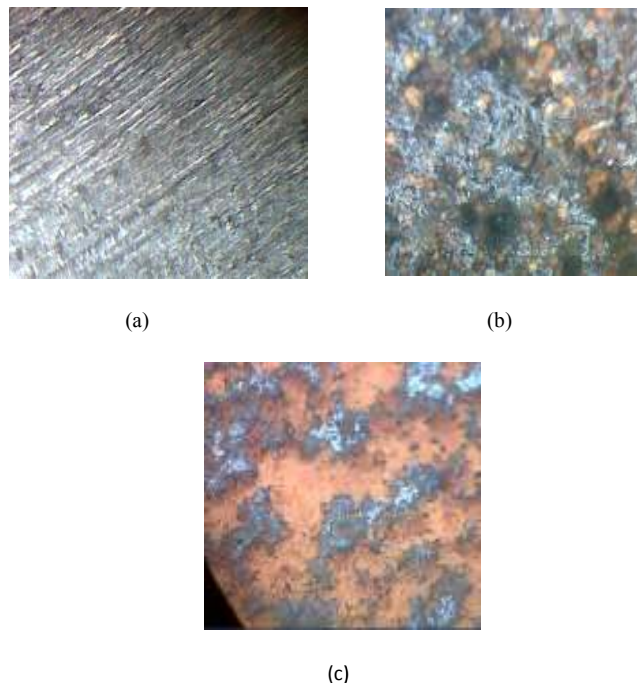


Gambar 8. Kurva hubungan waktu perendaman vs efisiensi inhibisi korosi baja dalam medium air laut

Dari Gambar 8 disimpulkan bahwa ekstrak serbuk gergaji kayu bekerja maksimal pada waktu 3 hari dengan efisiensi inhibisi sebesar 26,76%. Efisiensi inhibisi oleh ekstrak serbuk gergaji kayu dalam medium air laut lebih rendah dari efisiensi inhibisi korosi dalam medium udara. Yeni [9] melaporkan efisiensi inhibisi korosi baja oleh ekstrak serbuk gergaji kayu dalam medium udara yaitu 65,40%. Hal ini dikarenakan air laut merupakan lingkungan yang mengandung kadar klorida yang cukup tinggi, lingkungan ini merupakan lingkungan yang sangat korosif terhadap baja. Ion klorida ini akan menyerang baja sehingga meningkatkan laju korosi pada baja [16].

E. Foto Optik Permukaan Baja dengan Mikroskop Stereo

Untuk membandingkan permukaan baja sebelum dan sesudah korosi, maka dilakukan analisa permukaan baja dengan menggunakan mikroskop stereo.



Gambar 9. Foto permukaan baja ASSAB 760 dengan mikroskop stereo pada pembesaran 40 kali (a) baja sebelum terkorosi (b) baja setelah terkorosi dalam medium air laut dengan penambahan ekstrak serbuk gergaji kayu (c) baja setelah terkorosi dalam medium air laut tanpa penambahan ekstrak serbuk gergaji kayu

Dari Gambar 9 dapat dilihat bentuk permukaan baja sebelum terkorosi dan sesudah terkorosi dalam medium air laut. Gambar 9 (a) menunjukkan permukaan baja sebelum terkorosi dan terlihat permukaan baja bersih tidak berkarat, adanya garis-garis halus pada permukaan baja disebabkan penghalusan permukaan baja dengan menggunakan amplas. Gambar 9 (b) menunjukkan baja yang telah terkorosi dalam medium air laut dengan adanya penambahan ekstrak serbuk gergaji kayu. Dari Gambar 9 (b) dapat kita lihat bahwa permukaan baja sudah terkorosi dan terlihat adanya karat yang terbentuk, namun karat yang terbentuk relatif sedikit bila dibandingkan dengan Gambar 9 (c) yang tidak ditambahkan ekstrak serbuk gergaji kayu.

Besi pada baja dalam larutan dapat terion menjadi ion besi. Ion besi (III) akan bereaksi dengan lignin dari ekstrak serbuk gergaji kayu membentuk kompleks [8] pada permukaan baja. Kompleks yang terbentuk teradsorpsi pada permukaan baja, sehingga dapat melindungi baja dari serangan ion-ion agresif dari air laut. Sedangkan untuk baja tanpa ditambahkan ekstrak serbuk gergaji kayu terdapat banyak karat berwarna coklat pada permukaannya (Gambar 9 c). Hal ini dikarenakan air laut merupakan lingkungan yang mengandung kadar klorida yang cukup tinggi, lingkungan ini merupakan lingkungan yang

sangat korosif terhadap baja. Ion klorida ini akan menyerang baja sehingga meningkatkan laju korosi pada baja^[16].

[16] Priyotomo, G dan Hartati Soeroso. 2007. *Karakterisasi Material Nonferrous di Lingkungan Kabut Sodium Klorida 5%Wt dengan Standar ASTM B117-97*. Serpong: LIPI.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan :

1. Ekstrak serbuk gergaji kayu dapat dimanfaatkan sebagai inhibitor korosi baja.
2. Ekstrak serbuk gergaji kayu dapat menurunkan laju korosi baja dalam medium air laut dengan efisiensi inhibisi korosi 38,80% pada konsentrasi optimum 30 ppm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada dosen penguji yaitu Bapak Budhi Oktavia, M.Si, Ph.D, Bapak Deski Beri, M.Si dan Bapak Hary Sanjaya, M.Si atas bimbingan dan masukan nya. Serta semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Krauss, Et. Al. 1994. *Comparative Evaluation Of Corrosion Inhibiting Admixtures For Reinforced Concrete*. Third International Conference On Concrete Duability. American Concrete Institute.
- [2] Halimatuddahlia. 2003. *Pencegahan Korosi dan Scale Pada Proses Produksi Minyak Bumi*. Teknik Kimia. USU.
- [3] Trethewey, K. R dan Chamberlein, J. 1991. *Korosi: Untuk Mahasiswa Sains Dan Rekayasa*. (Alih Bahasa: Alex Tri Kantjono Widodo). Editor: Mc. Prihminto Widodo, Ed, 1. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- [4] Fengel, D Dan G, Wegener. 1995. *Kayu; Kimia, Ultrastruktur Dan Reaksi-Reaksi*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press. Terjemahan Dari: *Wood; Chemistry, Ultrastructure, Reactions*.
- [5] Sjoustrom, E. 1981. *Kimia Kayu dan Dasar-Dasar Penggunaan*, Edisi 2. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- [6] Ibrahim, Et Al . 2006. *The Effect Of Lignin Purification On The Performance Of Iron Complex Drilling Mud Thinner*. Jurnal Teknologi. 44(F) Jun 2006: Hlm. 83-94. Universiti Teknologi Malaysia.
- [7] Sippola. V. 2006. *Transition Metal-Catalysed Og Lignin Model Compounds For Oxygen Delignification Of Pulp*. Industrial Chemistry Publication Series. Teknillisen Kemia Julkaisuarja. Espoo.
- [8] Sihombing, R. 1996. *Pembentukan Kompleks Cu (II), Cd (II), Pb (II) Dan Fe (III) dengan Lignin dari Limbah Pembuatan Pulp*. AKTA KIMIA volume 6. No. 1-2.
- [9] Yeni, Refi dkk. 2012. *Pemanfaatan Serbuk Gergaji Kayu Sebagai Inhibitor Korosi Baja Assab 760 di Udara*. Kimia FMIPA UNP. Volume 1, No.1.
- [10] Arofah, V.A.M., dan Taslim, E. 2010. *Peningkatan Kualitas Kayu Instia Bijuga: Kajian Senyawa Lignin*. Prosiding Kimia FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [11] Asdim. 2007. *Penghambatan korosi baja dengan menggunakan ekstrak kulit buah manggis (Garcinia mangostana L) sebagai inhibitor dalam larutan garam*. Bengkulu: Jurnal Gradien Vol.4 No.1 Januari 2008 : 304-307.
- [12] Altwaiq et.al. 2011. *The role of extracted alkali lignin as corrosion inhibitor*. J. Mater. Environ. Sci. 2 (3) (2011) 259-270.
- [13] Diyananda, Dzulfikar. *Studi Inhibisi Korosi Baja API-5L (ASTM A53) dalam Air Formasi (Connate Water) dengan Ekstrak Ubi Ungu (Ipomea batatas) Menggunakan Metode Polarisasi*. Skripsi. Universitas Indonesia : Depok.
- [14] Asdim. 2001. *Pengaruh senyawa n-alkilamina terhadap korosi baja dalam larutan asam sulfat*. Tesis. Padang: Universitas Andalas.
- [15] Haryono, Gatot dkk. 2010. *Ekstrak bahan alam sebagai inhibitor korosi*. Prosiding seminar nasional teknik kimia. Yogyakarta : UPN Veteran.