

**INHIBISI KOROSI BAJA ST-37 DALAM MEDIUM
HIDROGEN KLORIDA OLEH LIGNIN**

SKRIPSI

*Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan
memperoleh Gelar Sarjana Kimia*



PUTRI RAMADHANI

NIM. 1101528 - 2011

PROGRAM STUDI KIMIA

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2015

PERSETUJUAN SKRIPSI

**INHIBISI KOROSI BAJA ST-37 DALAM MEDIUM
HIDROGEN KLORIDA OLEH LIGNIN**

Nama : Putri Ramadhani
NIM : 1101528
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 3 Agustus 2015

Disetujui Oleh

Pembimbing I



Yerimadesi, S.Pd. M.Si
NIP. 19740917 200312 2 001

Pembimbing II



Umar Kalmar Nizar, M.Si, Ph.D
NIP.19770311 200312 1 003

HALAMAN PENGESAHAN

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di Depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Pendidikan Kimia
Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Judul : **Inhibisi Korosi Baja ST-37 dalam Medium Hidrogen Klorida oleh Lignin**
Nama : Putri Ramadhani
NIM : 1101528
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 3 Agustus 2015

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Yermadesi, S.Pd, M.Si	1. 
2. Sekretaris	: Umar Kalmar Nizar, M.Si, Ph.D	2. 
3. Anggota	: Dra. Sri Benti Etika, M.Si	3. 
4. Anggota	: Budhi Oktavia, M.Si, Ph.D	4. 
5. Anggota	: Ananda Putra, M.Si, Ph.D	5. 

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Putri Ramadhani
TM / NIM : 2011/1101528
Tempat/Tanggal lahir : Padang/ 1 Maret 1994
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Alamat : Jl. Garuda I No.6 RT 07 RW 1 Andalas Kec. Padang Timur
No. Hp/ Telpn : 083181590969
Judul Skripsi : Inhibisi Korosi Baja ST-37 dalam Medium Hidrogen Klorida oleh Lignin

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil karya saya dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik (sarjana) baik di UNP maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis/skripsi ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan tim pembimbing.
3. Pada karya tulis/skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan pada kepustakaan.
4. Karya tulis/skripsi ini sah apabila telah ditandatangani **Asli** oleh tim pembimbing dan tim penguji.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran di dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima **Sanksi Akademik** berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis/skripsi ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi

Padang , Agustus 2015
Yang Membuat Pernyataan



Putri Ramadhani
NIM : 1101528

ABSTRAK

Putri Ramadhani (2015): “Inhibisi Korosi Baja ST-37 dalam Medium Hidrogen Klorida oleh Lignin”

Telah dilakukan penelitian tentang inhibisi korosi baja ST-37 dalam medium hidrogen klorida oleh lignin alkali. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan pengaruh penambahan lignin alkali terhadap laju korosi baja ST-37 dalam medium HCl, memperoleh efisiensi inhibisi korosi baja ST-37 oleh lignin alkali, menentukan jenis adsorpsi antara lignin alkali dengan besi serta untuk mendeskripsikan morfologi permukaan baja yang dilapisi dan tidak dilapisi lignin alkali. Metode yang digunakan untuk mengetahui pengaruh lignin alkali terhadap laju korosi baja ST-37 dan efisiensi inhibisi korosi baja oleh lignin yaitu metode *weight loss*. Jenis adsorpsi yang terbentuk antara lignin alkali dan besi ditentukan dari data hasil pengujian laju korosi terhadap suhu. Sedangkan morfologi permukaan baja dikarakterisasi menggunakan mikroskop stereo dengan perbesaran 40 kali. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa lignin alkali dapat menurunkan laju korosi baja ST-37 dalam medium hidrogen klorida dengan efisiensi sebesar 89% pada konsentrasi 0,8%. Jenis adsorpsi antara lignin alkali dengan permukaan baja yaitu adsorpsi kimia. Dari analisis permukaan baja menggunakan mikroskop stereo dengan pembesaran 40 kali, terlihat perbedaan permukaan baja yang dilapisi dan tidak dilapisi lignin dalam medium hidrogen klorida. Produk korosi yang terbentuk pada permukaan baja yang dilapisi lignin alkali relatif lebih sedikit dibandingkan tidak dilapisi lignin alkali. Sehingga dapat disimpulkan lignin alkali dapat digunakan untuk menurunkan laju korosi baja ST-37.

Kata kunci : Hidrogen klorida, inhibitor organik, korosi baja, lignin, *weight loss*.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan berkah dan rahmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, dengan judul “**Inhibisi Korosi Baja ST 37 dalam Medium Hidrogen Klorida oleh Lignin**”.

Pada penyusunan skripsi ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih pada semua pihak yang telah membantu. Secara khusus penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Yerimadesi, S.Pd, M.Siselaku pembimbing I sekaligus Penasehat Akademik
2. Bapak Umar Kalmar Nizar, S.Si, M.Si, Ph.D selaku pembimbing II
3. Ibu Dra. Sri Benti Etika, M.Si dan Bapak Ananda Putra, S.Si, M.Si, Ph.D sebagai dosen penguji
4. Bapak Budhi Oktavia, S.Si, M.Si, Ph.D sebagai dosen penguji, sekaligus Ketua Prodi Kimia
5. Ibu Dra. Andromeda, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang
6. Staf Akademik Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang
7. Teman-teman kimia tahun 2011 dan semua pihak yang telah memberikan masukan dan dorongan kepada penulis dalam pelaksanaan penelitian.

Skripsi ini telah dibuat sesuai dengan aturan penulisan yang telah ada dalam Buku Panduan Penulisan Tugas Akhir/Skripsi Universitas Negeri Padang tahun 2011. Demi kesempurnaan skripsi ini penulis mengharapkan saran, kritikan dan masukan dari Bapak/Ibu dosen penguji. Atas saran dan masukan yang diberikan penulis ucapkan terima kasih.

Padang, Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Batasan Masalah	5
D. Tujuan Penelitian.....	5
E. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Korosi pada Baja	6
B. Pengendalian Korosi dengan Penggunaan Inhibitor.....	13
C. Lignin sebagai Inhibitor Korosi.....	16
D. Metode Pengukuran Laju Korosi.....	18
E. Mikroskop Stereo	19
F. Penelitian yang Relevan	21
BAB III METODE PENELITIAN	23
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	23
B. Sampel Penelitian	23
C. Alat dan bahan yang digunakan.....	23
D. Prosedur Kerja	24
E. Analisis Data.....	26

F. Desain Penelitian	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
A. Pengaruh Lignin Alkali terhadap Laju Korosi Baja ST-37 dalam Medium Hidrogen Klorida 3%	30
B. Efisiensi Inhibisi Korosi Baja ST-37 dalam Medium Hidrogen Klorida oleh Lignin	35
C. Jenis Adsorpsi Antara Lignin dengan Baja (Besi).....	38
D. Foto Optik Permukaan Baja dengan Mikroskop Stereo	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	43
A. Kesimpulan.....	43
B. Saran	44
DAFTAR PUSTAKA.....	45
LAMPIRAN	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Korosi Seragam	7
2. Korosi Sumuran.....	7
3. Korosi Erosi.....	8
4. Sebagian struktur lignin yang terdiri dari 16 unit fenilpropana	18
5. Mikroskop Stereo	20
6. Kurva hubungan Konsentrasi Lignin Alkali dengan Laju korosi.....	30
7. Kurva hubungan laju korosi dengan waktu perendaman	32
8. Kurva hubungan laju korosi dengan suhu perendaman.....	34
9. Kurva hubungan konsentrasi dengan efisiensi inhibisi korosi baja oleh lignin alkali	36
10. Kurva hubungan efisiensi inhibisi dengan waktu perendaman.....	37
11. Kurva hubungan efisiensi inhibisi dengan suhu perendaman	38
12. Kurva Arrhenius korosi baja dalam medium HCl dengan dan tanpa penambahan lignin alkali.....	39
13. Foto permukaan baja ST-37 dengan mikroskop stereo dengan perbesaran 40×. (a) Baja sebelum terkorosi, (b) Baja setelah terkorosi dalam medium HCl tanpa penambahan lignin alkali, (c) Baja setelah terkorosi dalam medium HCl dengan penambahan lignin alkali (d) Baja setelah terkorosi dalam medium HCl dengan penambahan lignin sebelum proses <i>pickling</i> .	41
14. (a) Larutan HNO ₃ 1% , (b) Medium Korosif (HCl 10%), (c) Aseton, (d) Larutan Induk Lignin Alkali (Lignin 25%), (e) Persiapan sampel baja, (e) Persiapan campuran HCl dengan Lignin Alkali.....	60
15. (a) Medium campuran HCl dan Lignin Alkali, (b) Perendaman baja dalam medium campuran HCl dan Lignin Alkali	61
16. (a) Jangka Sorong, (b) Desikator, (c) Neraca Analitik, (d) Oven, (e)Peralatan Gelas, (f) <i>Water Bath</i> , (g) Mikroskop Stereo.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi Baja Karbon Rendah Tipe ST 37	13
2. Penggunaan Inhibitor Organik sebagai Inhibitor Korosi	21
3. Nilai energi aktivasi korosi baja tanpa dan adanya penambahan lignin alkali	40

DAFTAR LAMPIRAN

LampiranHalaman

1. Preparasi Baja	50
2. Penentuan Konsentrasi Optimum Perendaman Baja oleh Lignin Alkali dalam Medium HCl	51
3. Pengaruh Waktu Perendaman Terhadap Inhibisi Korosi Baja oleh Lignin	52
4. Pengaruh Suhu Perendaman Terhadap Inhibisi Korosi Baja oleh Lignin	53
5. Analisa Morfologi Baja	54
6. Data Penentuan Konsentrasi Optimum Penambahan Lignin ke dalam Medium Korosif dan Efisiensi Inhibisi Korosi Baja dalam Medium Hidrogen Klorida oleh Lignin	55
7. Data Pengaruh Waktu Perendaman Terhadap Inhibisi Korosi Baja oleh Lignin dan Efisiensi Inhibisi Korosi Baja dalam Medium Hidrogen Klorida oleh Lignin	56
8. Data Pengaruh Suhu Perendaman Terhadap Inhibisi Korosi Baja oleh Lignin dan Efisiensi Inhibisi Korosi Baja dalam Medium Hidrogen Klorida oleh Lignin	57
9. Penentuan Nilai Energi Aktivasi	58
10. Contoh perhitungan luas baja	59
11. Contoh perhitungan laju korosi baja ($\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{waktu}$)	59
12. Contoh perhitungan Efisiensi Inhibisi korosi (%)	60
13. Dokumentasi Penelitian	60

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Penggunaan bahan logam dan *alloy* pada semua jenis peralatan dalam kehidupan manusia merupakan bukti pesatnya perkembangan sains dan teknologi. Salah satu *alloy* yang banyak digunakan adalah baja. Baja merupakan paduan antara besi (Fe) dan karbon (C) dengan penambahan paduan lainnya. Pemanfaatan baja pada fabrikasi material dan *oil platform* disebabkan karena harganya murah, mudah difabrikasi, dan memiliki kekuatan yang sangat tinggi. Namun baja tidak stabil secara termodinamika terhadap suhu dan lingkungan karena kandungan utamanya yaitu besi yang memiliki kekurangan sehingga mudah mengalami korosi (Osarolube *et al*, 2008).

Korosi adalah memburuknya kondisi suatu logam akibat serangan zat kimia atau reaksi dengan lingkungan tersebut (Raja, 2014). Korosi merupakan permasalahan yang serius bagi peralatan perindustrian yang berbahan dasar logam. Logam pada umumnya lebih cepat berinteraksi pada lingkungan asam, basa dan garam. Kebanyakan media industri kaya akan elemen gas, asam anorganik dan larutan asam. Proses asam kebanyakan berperan penting dalam proses *pickling*, *industrial cleaning*, *refinery cleaning*, *oil-well acidizing*, dan *descaling acid*. Interaksi baja pada lingkungan asam dapat mempercepat laju korosi material karena media asam merupakan media yang paling korosif (Garai *et al*, 2012).

Korosi dapat menyebabkan kerugian lingkungan dan ekonomi. Dari segi lingkungan terjadinya proses pengkaratan yang berasal dari berbagai konstruksi dapat mencemari lingkungan seperti perairan dan tanah. Sedangkan dari segi ekonomi korosi dapat menyebabkan tingginya biaya operasional. Hal ini disebabkan oleh mahalnya biaya perawatan, terhentinya proses produksi saat reparasi dan hilangnya kekuatan baja sehingga tidak dapat tahan dalam waktu yang lama.

Beberapa cara dalam mengatasi permasalahan korosi telah dilaporkan. Salah satu cara yang banyak dilakukan adalah penggunaan inhibitor. Inhibitor merupakan suatu zat yang ditambahkan ke dalam lingkungan tertentu dan dapat menurunkan laju korosi dari logam pada lingkungan tersebut. Penambahan inhibitor dilakukan dengan jumlah yang sedikit, baik secara kontinu maupun periodik menurut suatu selang waktu tertentu dan laju korosi akan menurun secara drastis atau memberikan efek yang cepat dan baik (Dalimunthe, 2004).

Inhibitor terbagi dua yaitu inhibitor organik dan inhibitor anorganik. Inhibitor organik lebih banyak digunakan karena harganya murah, mudah didapat, ramah lingkungan, bersifat *biodegradable* (mudah diuraikan oleh mikroorganisme) dan tidak mengandung logam berat atau senyawa toksik lainnya. Salah satu inhibitor organik yang sering digunakan adalah senyawa bahan alam misalnya lignin (Rani, 2012).

Lignin merupakan biopolimer aromatik dengan berat molekul sangat besar yang terdapat pada kayu. Lignin terbentuk dengan penggabungan

oksidatif unit-unit fenilpropana melalui mekanisme radikal (Arofah, 2010). Pada struktur hipotetik lignin terdapat variasi gugus-gugus fungsi seperti gugus metoksil, fenolik, benzil alkohol, benzil eter non siklik dan gugus karbonil. Hal ini memungkinkan lignin bertindak sebagai ligan bagi logam-logam berat seperti Cu, Cd, Pb dan Fe (Sihombing, 1996). Logam-logam berat ini dapat membentuk kompleks dengan lignin (Ibrahim, 2006).

Beberapa penelitian tentang pemanfaatan senyawa lignin sebagai inhibitor organik telah dilaporkan. Ren *et al* (2008) menemukan efisiensi inhibitor lignin terpolimer pada baja ringandalam medium HCl 10% mencapai 94%. Alaneme dan Olusegun (2012) memperoleh efisiensi inhibisi korosi baja karbon menengah oleh lignin dari ekstrak Bunga Matahari dalam medium H₂SO₄ yaitu antara 55.5%-78.8% pada suhu yang berbeda.

Akbardazeh (2012) melaporkan bahwa monomer lignin (*p-coumaric acid* dan *ferulic acid*) dapat menurunkan laju korosi baja ringan pada medium NaCl 3.5%. Efisiensi inhibisi meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi lignin tersebut. Selain itu, Akbardazeh (2013) juga memperoleh efisiensi inhibisi korosi baja ringan oleh lignin terhidrolisis dalam 1 mol HCl mencapai 80% terutama pada konsentrasi tinggi dan waktu yang lama. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Dalo *et al* (2013) pada inhibisi korosi baja batangan tipe 60 dalam medium air menunjukkan bahwa konsentrasi optimum lignin sulfonat yaitu 0.3-0.4 mg/L. Selain itu Yerimadesi (2013) memperoleh efisiensi inhibisi korosi baja ASSAB 760 dalam medium air laut oleh lignin dari ekstrak serbuk gergaji kayu sebesar 38,80%. Wisata (2014)

jugamemperoleh efisiensi inhibisi korosi baja ASSAB 760 dalam medium asam sulfat oleh lignin dari ekstrak serbuk gergaji kayu sebesar 72,13%. Sementara itu, Yahya *et al*(2013) memperoleh efisiensi inhibisi korosi baja karbon dalam medium HCl oleh lignin yaitu sebesar 85% sedangkan dalam medium H₂SO₄ sebesar 70%.

Berdasarkan laporan-laporan di atas dapat disimpulkan bahwa senyawa lignin yang digunakan dikategorikan sebagai lignin terhidrolisis, terpolimer dan dari ekstrak tumbuhan. Untuk mempelajari lebih lanjut penggunaan lignin sebagai inhibitor korosi, maka dalam penelitian ini akan dipelajari terlebih dahulu efisiensi dan pengaruh lignin murni sebagai inhibitor korosi baja St-37 dalam medium Hidrogen klorida.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana pengaruh lignin alkali terhadap laju korosi baja dalam medium HCl?
2. Berapakah efisiensi inhibisi korosi baja dalam medium HCl oleh lignin alkali?
3. Apakah jenis adsorpsi yang terjadi antara lignin dengan besi?
4. Bagaimana morfologi permukaan baja yang direndam pada medium asam dan campuran pada waktu yang diinginkan?

C. Batasan Masalah

Sesuai dengan rumusan masalah yang dikemukakan maka perlu diberikan pembatasan masalah sebagai berikut ini.

1. Baja yang digunakan diperoleh dari PT.Tira Austenite Cabang Padang dengan kode St-37.
2. Inhibitor korosi yang digunakan adalah lignin alkali yang diperoleh secara komersial. Konsentrasi HCl yang digunakan yaitu HCl 3%.
3. Variasi suhu perendaman yang digunakan dalam penelitian ini yaitu suhu 35, 45, 55 dan 65°C. Sedangkan variasi waktu perendaman yang digunakan dalam penelitian ini yaitu selama 2, 4, 6, 8 dan 10 jam.

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Mempelajari pengaruh lignin alkali terhadap laju korosi baja St-37 dalam medium HCl.
2. Memperoleh efisiensi inhibisi korosi baja oleh lignin alkali.
3. Menentukan jenis adsorpsi antara lignin alkali dengan besi.
4. Mendeskripsikan morfologipermukaan baja yang dilapisi dan tidak dilapisi ligninalkali dalam medium HCl dengan foto optik.

E. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang penggunaan lignin sebagai salah satu inhibitor. Untuk jangka panjang diharapkan dengan pemanfaatan inhibitor organik ini permasalahan-permasalahan korosi logam, khususnya pada baja (besi) dapat dikurangi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Korosi pada Baja

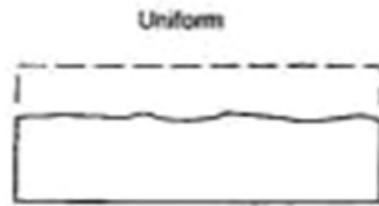
1. Korosi

Korosi adalah suatu proses kerusakan logam karena adanya faktor metalurgi (material itu sendiri) dan interaksidengan lingkungan yang berlangsung secara kimia atau elektrokimia, sehingga kualitas suatu bahan logam menurun. Proses korosi terjadi karena adanya tiga komponen dasar yaitu anoda, katoda dan larutan elektrolit. Anoda merupakan bagian logam yang mengalami korosi akibat adanya reaksi anodik (reaksi pelepasan elektron). Katoda merupakan elektroda yang mengalami reaksi katodik dan mengonsumsi elektron yang dihasilkan dari reaksi anodik. Sedangkan larutan elektrolit merupakan medium yang mentransfer elektron dari anoda ke katoda (Popoola, 2013).

Klasifikasi korosi berdasarkan bentuknya dapat dibedakan menjadi:

a) *Uniform Corrosion*

Korosi seragam merupakan korosi dengan serangan secara merata pada seluruh permukaan logam. Korosi ini berbentuk pengikisan permukaan logam secara merata sehingga ketebalan logam berkurang sebagai akibat permukaan terkonversi menjadi produk karat. Korosi seragam biasanya terjadi pada peralatan-peralatan terbuka misalnya permukaan luar pipa (Sidiq, 2013). Bentuk dari korosi seragam dapat dipaparkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Korosi Seragam (Sidiq, 2013)

b) *Pitting Corrosion*

Pitting corrosion atau korosi sumuran merupakan korosi berbentuk lubang-lubang pada permukaan logam. Hal tersebut disebabkan oleh hancurnya film dari proteksi logam karena laju korosi yang berbeda antara satu tempat dengan tempat yang lainnya pada permukaan logam tersebut.



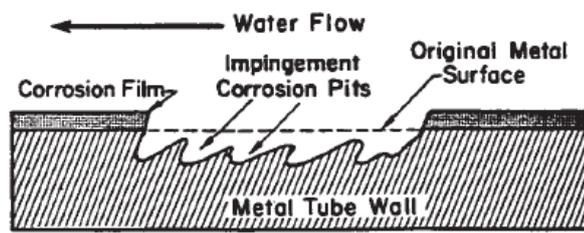
Gambar 2. Korosi Sumuran (Popoola, 2013)

c) *Stress Corrosion Cracking*

Stress corrosion cracking merupakan bentuk korosi lokal yang menghasilkan retakan pada logam. Retakan yang terbentuk di permukaan logam tidak mudah dilihat dan berusaha merambat ke dalam. Korosi jenis ini banyak terjadi pada logam-logam yang banyak mendapat tekanan. Hal ini disebabkan oleh kombinasi dari tegangan tarik dan lingkungan yang korosif sehingga struktur logam melemah (Popoola, 2013).

d) *Erosion Corrosion*

Korosi erosi adalah korosi yang terjadi karena tercegahnya pembentukan lapisan pelindung yang disebabkan oleh kombinasi fluida korosif dan kecepatan aliran yang tinggi. Bagian fluida yang kecepatan alirannya rendah akan mengalami laju korosi rendah, sedangkan fluida kecepatan tinggi menyebabkan terjadinya erosi. Erosi tersebut menggerus lapisan pelindung dari logam sehingga mempercepat terjadinya korosi. Seperti yang terlihat pada Gambar 3 di bawah ini (Sidiq, 2013).



Gambar 3. Korosi Erosi

e) *Galvanic Corrosion*

Korosi galvanik terjadi akibat perbedaan potensial antara dua logam berbeda yang tersambung melalui elektrolit. Perbedaan potensial ini mengakibatkan salah satu dari logam akan terserang korosi sedangkan yang lainnya terlindungi dari korosi. Untuk memprediksi logam yang terkorosi pada korosi galvanik dapat dilihat pada deret galvanik (Sidiq, 2013).

f) *Crevice Corrosion*

Crevice corrosion biasa disebut juga dengan korosi celah. Korosi celah ini terjadi di sela-sela gasket, sambungan bertindih, sekrup atau

kelingan yang terbentuk oleh kotoran-kotoran endapan atau timbul dari produk-produk karat (Popoola, 2013).

Menurut Hakim (2011), ada beberapa faktor yang mempengaruhi laju korosi laju yaitu:

a) Jenis logam dan struktur makroskopis logam

1) Semakin inert suatu logam, maka semakin tahan logam tersebut terhadap korosi.

2) Tidak homogenya susunan dari suatu logam, maka akan menimbulkan sel korosi pada logam itu sendiri.

b) Komposisi dan konsentrasi larutan elektrolit

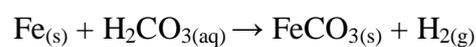
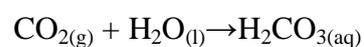
1) Konduktivitas

Naiknya konduktivitas suatu larutan, maka daya hantar listrik larutan tersebut akan semakin baik, akibatnya laju korosi lebih cepat terjadi. Adanya ion klorida dalam elektrolit meningkatkan konduktivitas larutan tersebut, sehingga aliran arus korosi akan lebih meningkat.

2) Karbondioksida CO₂

Jika karbondioksida dilarutkan dalam air maka akan terbentuk asam karbonat (H₂CO₃) yang dapat menurunkan pH air dan meningkatkan korosifitas.

Reaksi korosinya secara umum yaitu:



$\text{FeCO}_{3(s)}$ inilah yang merupakan *corrosion product* yang dikenal sebagai *sweet corrosion*.

3) Derajat Keasaman (pH)

Kenaikan laju korosi pada logam besi terjadi pada pH di bawah 4 dan diatas 12, hal ini disebabkan karena lapisan pelindung pada besi tidak terbentuk.

4) Temperatur

Temperatur merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi laju korosi. Semakin tinggi temperatur menyebabkan laju korosi semakin cepat terjadi. Hal ini disebabkan karena temperatur tinggi dapat meningkatkan kinetika reaksi kimia.

5) Kecepatan fluida

Adanya kecepatan alir fluida yang berbeda-beda akan menentukan jenis korosi yang dapat terjadi. Korosi yang sering ditimbulkan akibat faktor ini adalah korosi erosi.

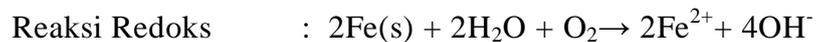
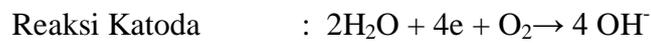
6) Kondisi biologis

Mikroorganisme seperti bakteri dan jamur dapat menyebabkan terjadinya korosi mikrobiologi terutama pada material yang terletak di tanah. Keberadaan mikroorganisme sangat mempengaruhi konsentrasi oksigen yang mempengaruhi kecepatan korosi pada material.

7) Oksigen (O_2)

Adanya oksigen yang terlarut akan menyebabkan korosi pada logam seperti laju korosi pada *mild steel alloys* akan bertambah

denganmeningkatnyakandungan oksigen. Reaksi korosi secara umum pada besi karena adanya kelarutanoksigenadalahsebagaberikut ini.



8) Ion Klorida

Ion klorida menyerang lapisan *mild steel* dan lapisan *stainless steel* yang dapat menyebabkan terjadinya *pitting*, *crevice corrosion*, dan juga menyebabkan pecahnya paduan. Klorida biasanya ditemukan pada campuran minyak-air dalam konsentrasi tinggi yang akan menyebabkan proses korosi. Proses korosi juga dapat disebabkan oleh kenaikan konduktivitas larutan garam, dimana larutan garam yang lebih konduktif, laju korosinya juga akan lebih tinggi (Gunaatmaja, 2011).

2. Baja

Baja merupakan paduan logam yang terdiri dari besi (Fe), karbon (C), dan unsur paduan lainnya. Unsur karbon (C) merupakan salah satu unsur yang terpenting karena dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja. Baja paduan merupakan baja yang dipadu dengan unsur lain seperti ; Nikel (Ni), Silikon (Si), Molybdenum (Mo), Mangan (Mn), Krom (Cr) dan lain-lain. Penambahan unsur-unsur lain tersebut bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik baja (Fontana, 1987).

Menurut Hasnan (2006) klasifikasi baja menurut kandungan karbon dibedakan atas tiga macam yaitu sebagai berikut ini.

a) Baja karbon rendah (*low carbon steel*)

- 1) Kadar karbonnya adalah 0,05%-0,30% .
- 2) Sifatnya mudah ditempa.
- 3) Penggunaannya: baja dengan kadar karbon 0,05%-0,20% banyak digunakan untuk badan mobil, bangunan, pipa, rantai, paku, sekrup. Sedangkan bajadengan kadar karbon 0,20%-0,30% digunakan pada gigi persneling, baut jembatan dan palang.

b) Baja karbon menengah (*medium carbon steel*)

- 1) Kadar karbonnya adalah sebesar 0,3%-0,5%.
- 2) Kekuatannya lebih tinggi daripada baja karbon rendah.
- 3) Sifatnya sulit untuk dibengkokkan, dilas, dipotong.
- 4) Penggunaannya: baja dengan kadar karbon 0,30%-0,40% banyak digunakan untuk poros roda dan engkol. Baja dengan kadar karbon 0,40%-0,50% digunakan pada rel, sekrup mobil, gigi roda mobil dan ketel uap sedangkan dengan kadar 0,50%-0,60% digunakan untuk palu.

c) Baja karbon tinggi (*high carbon steel*)

- 1) Kadar karbonnya adalah 0,60%-1,50%.
- 2) Sifatnya sulit dibengkokkan, dilas dan dipotong.
- 3) Penggunaannya: untuk palu, silinder, pisau, gergaji, pemotong, kabel dan bor.

Baja ST 37 adalah baja yang memiliki kekuatan tarik maksimum ≤ 37 kg/mm². Baja ST 37 merupakan baja karbon rendah yang mempunyai kandungan karbon kurang dari 0,3% dan kandungan besi lebih dari 99% seperti Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Baja Karbon Rendah Tipe ST 37

Unsur	Kandungan (%)	Unsur	Kandungan (%)
Fe	99,310	S	0,015
Mn	0,375	Co	0,007
C	0.118	Nb	0,006
Si	0,055	Cu	Max. 0,004
W	0,046	Mo	Max. 0,02
Ni	0,026	Al	Max. 0,002
Cr	0,021	V	Max. 0,001
P	0,017	-	-

(Sumber: Rusianto & Sigit, 2002)

B. Pengendalian Korosi dengan Penggunaan Inhibitor

Pengendalian korosi dengan inhibitor merupakan proses pengendalian dengan cara memperlambat laju korosi melalui reaksi antara zat inhibitor dengan permukaan logam atau lingkungan sekitar logam untuk memberi tingkat perlindungan tertentu terhadap logam (Djarmiko, 2009). Mekanisme kerja inhibitor dalam pengendalian korosi yaitu melalui pembentukan lapisan molekul-molekul tunggal dari inhibitor yang teradsorpsi pada permukaan logam, sehingga dapat mencegah penyerangan permukaan logam oleh zat-zat agresif. Pengendalian korosi oleh inhibitor dinilai lebih efisien karena biayanya murah dan prosesnya yang cukup sederhana. Penggunaan inhibitor dikatakan efektif apabila dapat memproteksi logam dari serangan korosi pada konsentrasi rendah dan tidak menimbulkan efek

samping seperti pembentukan kerak pada permukaan logam (Djarmiko, 2009).

Inhibitor korosi merupakan zat kimia yang ditambahkan ke dalam lingkungan korosif dalam jumlah sedikit, sehingga dapat menurunkan laju penyerangan lingkungan terhadap suatu logam (Dalimunthe, 2004). Umumnya inhibitor korosi berasal dari senyawa-senyawa organik dan anorganik yang mengandung gugus-gugus yang memiliki pasangan elektron bebas, seperti nitrit, kromat, fosfat, urea, fenilalanin, imidazolin, dan senyawa-senyawa amina (Haryono, 2010). Berdasarkan bahan dasarnya inhibitor diklasifikasikan menjadi inhibitor organik dan anorganik.

1. Inhibitor Organik

Inhibitor organik melindungi logam dengan cara membentuk lapisan tipis (film) yang bersifat hidrofobik sebagai hasil adsorpsi ion inhibitor oleh permukaan logam. Lapisan ini akan memisahkan permukaan logam dengan elektrolitnya, sehingga reaksi reduksi dan oksidasi pada proses korosi dapat terhambat. Contoh dari inhibitor organik ini adalah gugus kimia yang bisa membentuk ikatan koordinasi dengan logam seperti gugus amina ($-NH_2$), gugus karboksilat ($-COOH$), dan gugus fosfat ($-PO_3H_2$) (Dalimunthe, 2004).

Pada jenis inhibitor organik, terjadi proses adsorpsi pada permukaan logam untuk membentuk lapisan senyawa kompleks. Namun dalam adsorpsi terbagi menjadi 3 mekanisme yaitu:

a) *Physical adsorption*

Mekanisme ini terbentuk dari interaksi elektrostatik antara inhibitor dengan permukaan logam. Logam yang bermuatan positif akan mengikat inhibitor dengan muatan negatif. Begitu juga dengan sebaliknya. Ikatan ini terbentuk dengan cepat dan bersifat *reversible* namun mudah hilang atau rusak dari permukaan logam.

b) *Chemisorption*

Mekanisme ini terbentuk dari transfer atau pembagian muatan antar molekul dari inhibitor dengan permukaan logam. Jenis adsorpsi ini sangat efektif karena sifatnya *irreversible* namun dalam pembentukannya berjalan lebih lambat.

c) *Film Forming*

Mekanisme jenis ini dipengaruhi oleh struktur inhibitor, komposisi larutan sebagai media elektrolit, sifat bawaan dari logam, dan potensial elektrokimia pada lapisan antar muka logam-larutan. Adsorpsi inhibitor organik biasanya melibatkan minimal dua dari jenis adsorpsi di atas yang berjalan simultan. Sebagai contoh, adsorpsi inhibitor organik pada logam di lingkungan HCl adalah kombinasi *chemisorptions-physical adsorption* yang memberikan perlindungan fisik dan kimiawi (Gunaatmaja, 2011).

2. Inhibitor Anorganik

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 (Halimatuddahlia, 2003).

Adapun mekanisme kerja inhibitor dapat dibedakan sebagai berikut (Dalimunthe, 2004) :

- 1) Inhibitor teradsorpsi pada permukaan logam dan membentuk suatu lapisan tipis dengan ketebalan beberapa molekul inhibitor. Lapisan ini tidak dapat dilihat secara kasat mata, namun dapat menghambat penyerangan lingkungan terhadap logamnya.
- 2) Melalui pengaruh lingkungan (misal pH) menyebabkan inhibitor dapat mengendap dan selanjutnya teradsorpsi pada permukaan logam serta melindunginya terhadap korosi. Endapan yang terjadi cukup banyak, sehingga lapisan yang terjadi dapat diamati oleh mata.
- 3) Inhibitor lebih dulu mengkorosi logamnya dan menghasilkan suatu zat kimia yang kemudian melalui peristiwa adsorpsi dari produk korosi tersebut membentuk suatu lapisan pasif pada permukaan logam.
- 4) Inhibitor menghilangkan kontituen yang agresif dari lingkungannya.

C. Lignin sebagai Inhibitor Korosi

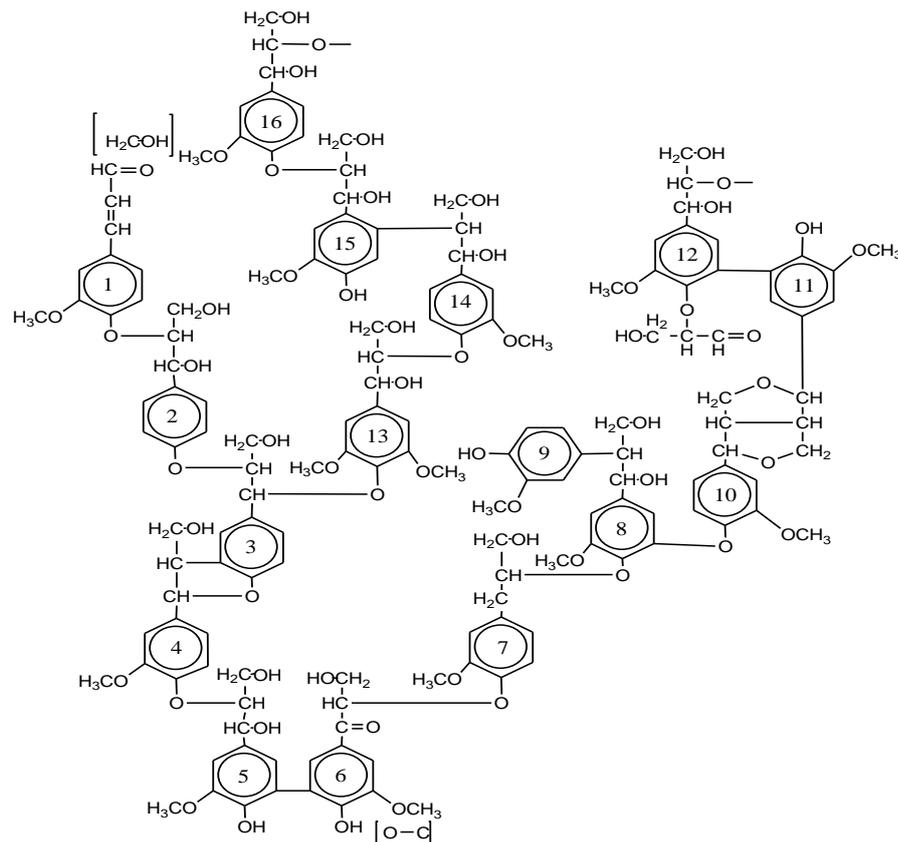
Lignin merupakan polimer alami terbanyak kedua setelah selulosa dan berperan penting dalam dunia tumbuhan. Lignin merupakan senyawa aromatik terdiri dari unit phenilpropana, memiliki gugus fenol, hidroksil,

karboksil, benzil alkohol, metoksil dan aldehid yang membuat lignin sangat berguna sebagai inhibitor korosi (Altwalg, 2011).

Lignin yang diambil secara eksperimen atau yang diperoleh secara komersial berupa zat padat dan biasanya berbentuk serbuk berwarna coklat, mempunyai berat jenis 1,3–1,4 dan indeks bias 1,6. Dalam keadaan bebas lignin tidak larut dalam air, asam kuat maupun larutan hidrokarbon, ketidaklarutannya dalam asam sulfat 72% adalah basis untuk tes dalam membedakannya dari selulosa dan karbohidrat lain dalam kayu dan pulp kayu (Suryaman, 1996).

Pada struktur lignin (Gambar 4) terdapat variasi gugus-gugus fungsi. Banyaknya gugus fungsi yang mengandung oksigen, seperti gugus fenolik, hidroksil, karboksil, benzil alkohol, metoksil dan aldehid memungkinkan lignin untuk bertindak sebagai ligan bagi logam-logam berat seperti Cu, Cd, Pb dan Fe (Sihombing, 1996).

Senyawa kompleks antara lignin dengan logam seperti besi (Fe), dapat membentuk lapisan pelindung pada permukaan logam. Lapisan tersebut merupakan lapisan pasif yang teradsorpsi pada permukaan logam sehingga dapat menghambat masuknya ion-ion korosif. Dengan adanya lapisan tersebut laju korosi baja yang dilapisi lignin menurun dibandingkan laju korosi baja yang tidak dilapisi lignin. Sehingga lignin dapat dijadikan sebagai alternatif inhibitor korosi baja (besi) (Yerimadesi, 2013).



Gambar 4. Sebagian struktur lignin yang terdiri dari 16 unit fenilpropana (Fengeldan Wegener, 1995).

D. Metode Pengukuran Laju Korosi

Laju korosi merupakan suatu ukuran yang digunakan untuk menentukan besarnya degradasi suatu material akibat korosi dengan lingkungannya. Laju korosi baja dapat ditentukan dengan beberapa metode seperti metode kehilangan berat (*weight loss*), metode perolehan berat (*weight gain*), analisis kimia larutan, teknik gasometri, pengukuran ketebalan, maupun teknik elektrokimia (Firmansyah, 2011).

Metode kehilangan berat adalah metode pengukuran korosi yang paling banyak digunakan. Prinsip dasar pengujian ini yaitu dengan

menghitung pengurangan berat yang terjadi pada suatu sampel yang telah ditimbang lalu direndam pada larutan uji selama beberapa waktu. Setelah perendaman, sampel dibersihkan dengan zat *pickling* untuk membersihkan produk korosinya, kemudian dilanjutkan dengan penimbangan sampel kembali dan akhirnya didapatkan data berat sampel sesudah perendaman. Pengurangan berat yang terjadi kemudian dikonversikan menjadi suatu laju korosi dalam bentuk satuan mpy dengan memperhitungkan pengurangan berat (gram), luas permukaan yang terendam (cm^2), waktu perendaman (jam), dan massa jenis (gr/cm^3) (Febriyanti, 2008).

E. Mikroskop Stereo

Mikroskop merupakan alat optik untuk mengamati benda-benda yang sangat kecil yang terdiri dari satu atau lebih lensa yang memproduksi gambar yang diperbesar dari sebuah benda yang diletakkan pada bidang fokus dari lensa. Mikroskop stereo merupakan jenis mikroskop yang hanya bisa digunakan untuk benda yang relatif besar yang dapat dilihat secara 3 dimensi. Mikroskop stereo memiliki lensa okuler (lensa cembung) yang digunakan untuk mengamati bagian dalam sel dan lensa objektif. Mikroskop ini merupakan instrumen khusus yang menggunakan *polarizer* dan *analyzer* untuk melihat spesimen di bawah cahaya terpolarisasi. Spesimen tersebut disinari dengan cahaya terpolarisasi bidang dan rotasi cahaya, kemudian dianalisa (Safri, 2009). Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Mikroskop Stereo (Hale, 2007)

F. Penelitian yang Relevan

Beberapa penelitian yang relevan dirangkum dalam Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Penggunaan Inhibitor Organik sebagai Inhibitor Korosi

Logam	Medium	Inhibitor	Effisiensi	Referensi
Baja ringan	Hidrogen klorida (HCl) 10%	Lignin Terpolimer	94%	Ren <i>et al</i> , 2008
Baja karbon	NaCl	Asam glutamat	48.19%	Ketis dkk, 2010
Baja Ringan	HCl	Tanin dari <i>Rhizophora racemosa</i>	72%	Oki <i>et al</i> , 2011
Baja Ringan	NaCl 3.5%	Kraft dan Soda Lignin	95% (Kraft lignin) 97% (Soda Lignin)	EbrahimAkbardazeh, 2011
Baja St-37	Asam Sulfat	Ekstrak Daun Pepaya (<i>Carica papaya</i>)	96.22%	Yulia Risandi, Emriadi & Yeni Stiadi, 2012
Baja Ringan	NaCl 3.5%	Monnomer Lignin (<i>p-coumaric acid dan ferulic acid</i>)	Lebih dari 70%	E.Akbardazeh dkk, 2012
Baja Karbon Menengah	Asam Sulfat (H ₂ SO ₄)	Lignin Ekstrak Bunga Matahari	55.5% - 78.8%	Alaneme &Olusegun, 2012
Baja Ringan	Hidrogen klorida (HCl)	Lignin Terhidrolisis	80%	E.Akbarzadeh 2013

Logam	Medium	Inhibitor	Efisiensi	Referensi
Baja batangan tipe 60	Air	Lignin sulfonat	72.1%-86.2% (dosis optimum: 0.3-0.4 mg/L)	Daloet <i>al</i> , 2013
Baja ASSAB 760	Air Laut	Lignin Ekstrak Serbuk Gergaji Kayu	38.8%	Yerimadesi, 2013
Baja 1014	Air Laut	Ekstrak Daun Eceng Gondok	73.45%	Olurontoba & Danniell Toyin, 2013
Baja Karbon	HCl	Ekstrak Jerami	64.4%	Rabiahtul Zulkafli dkk, 2013
Baja ringan	HCl	Ekstrak Daun Jarak Pagar (<i>Jatropha curcas</i>)	93.69%	Olusegun, 2013
Baja Karbon	HCl dan H ₂ SO ₄	Lignin	70-85% (HCl) 70-76% (H ₂ SO ₄)	Yahyaet <i>al</i> , 2013
Baja Ringan	H ₂ SO ₄	Kalsium Lignosulfonat	88%	J. Thiruppathyet <i>al</i> , 2014
Baja Ringan	HCl	Ekstrak Kulit Buah Coklat Theobroma	96.3 %	Yuli Yetri, Emriadi, 2014

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Lignin alkali mampu bertindak sebagai inhibitor korosi baja ST-37 dalam medium hidrogen klorida.
2. Efisiensi inhibisi laju korosi baja ST-37 oleh lignin yaitu 89% pada konsentrasi optimum 0,8%.
3. Jenis adsorpsi yang terjadi antara lignin dengan baja yaitu adsorpsi kimia.
4. Morfologi permukaan baja ST-37 dengan foto optik memperlihatkan perbedaan permukaan baja yang ditambahkan lignin alkali dan tanpa penambahan lignin alkali. Baja yang dilapisi oleh lignin alkali lebih sedikit berkarat dibandingkan tanpa lignin alkali.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disarankan:

1. Mempelajari pengaruh penambahan lignin alkali terhadap laju korosi baja ST-37 dalam medium lainnya.
2. Menentukan pengaruh pH terhadap laju korosi.
3. Menentukan pengaruh waktu terhadap inhibisi korosi baja ST-37 dalam medium HCl dengan waktu yang lebih panjang.
4. Menggunakan metoda Tafel untuk menentukan laju korosi baja.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbardazeh, E., M.Ibrahim, M.N & Rahim, A.A. 2011. Corrosion Inhibition of Mild Steel in Near Neutral Solution by Kraft and Soda Lignins Extracted from Oil Palm Empty Fruit Bunch. *Int. J. Electrochem. Sci.* Vol. 6. pp 5396-5416.
- Akbardazeh, E. 2013. Corrosion Inhibition of Thermal Hydrolyzed Lignin on Mild Steel in Hydrochloric Acid. *JCSE* Volume 16 ISSN 1466-8858 November 2013.
- Akbardazeh, E., M. Ibrahim, M. N & Rahim, A. A. 2012. Monomers of Lignin as Corrosion Inhibitors for Mild Steel: Study of Their Behaviour by Factorial Experimental Design. *Corrosion Engineering, Science and Technology* Vol 47 No 4.
- Alaneme, K. K& Sunday J. O. 2012. Corrosion Inhibition Performance of Lignin Extract of Sun Flower (*Tithonia diversifolia*) on Medium Carbon Low Alloy Steel Immersed in H₂SO₄ Solution. *Leonardo Journal of Science* p. 59-70.
- Altwaig, A.M., Khouri, S.J., Al-luaibi, S., Lehmann, R., Drucker, H., & Vogt, C. 2011. The Role of Extracted Alkali Lignin as Corrosion Inhibitor. *J. Mater. Environ. Sci.* 2 (3) (2011) 259-270.
- Arofah, V.A.M., & Taslim, E. 2010. Peningkatan Kualitas Kayu Instia Bijuga: Kajian Senyawa Lignin. *Prosiding Kimia FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Bahri, S. 2007. Penghambatan Korosi Baja Beton dalam Larutan Garam dan Asam dengan Menggunakan Campuran Senyawa Butilamina dan Oktilamin. *Jurnal Gradien* Vol.3 No.1 hlm: 231-236.
- Butarbutar, S. L.& Geni R. S. 2011. Analisis Mekanisme Pengaruh Inhibitor Siskem pada Material Baja Karbon. *Prosiding Seminar Nasional ke-17 Teknologi dan Keselamatan PLTN Serta Fasilitas Nuklir* Yogyakarta.
- Dalimunthe, I. S. 2004. *Kimia dari Inhibitor Korosi*. Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara.
- Dalo, M.A., Al-Rawashdesh, N.A.F& Ababneh, A.2013. Evaluating The Performance of Sulfonated Kraft Lignin Agent as Corrosion Inhibitor For Iron-Based Materials in Water Distributions System. *Elsevier Journal. Desalination* 313 (2013) 105-114.