

EFFECT OF TEMPERATURE AND CONCENTRATION OF NaOH SOLUTIONS AS INHIBITORS ON IRON CORROSION RATE IN WATER MEDIA

Muthia Elma*, Nurhalisah, Afrisa Noor Hidayanti

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
Jl. A. Yani Km. 36 Banjarbaru, Kalimantan Selatan, Indonesia

*E-mail corresponding author: melma@ulm.ac.id

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Article history:</i> Received: 17-3-2020 Received in revised form: 27-3-2020 Accepted: 02-04-2020 Published: 15-04-2020</p> <hr/> <p><i>Keywords:</i> Corrosion Iron Inhibitor Temperature</p>	<p><i>Corrosion is a chemical phenomenon that often occurs in iron materials that are exposed or immersed in a medium either liquid or air. As a result of this corrosion is fragility and damage to the object so that the object cannot function properly. The purpose of this research is to prevent or slow down the occurrence of corrosion by adding chemicals called corrosion inhibitors which work by forming a protective layer on the surface of objects in the form of metal or iron.</i></p> <p><i>In this study, inhibitors were used in the form of NaOH solution with variations in the concentration of 0.1; 0.5; 1; 1.25; 1.5; 5 and 10 N are dissolved in water media and the iron immersion process is carried out at temperatures of 40, 45, and 50 °C. Soaked iron bars are measured for surface area and volume as well as weighing before and after the immersion process so that the corrosion rate is obtained with various variables used. Based on the research results obtained corrosion rate increases with increasing temperature and the addition of NaOH concentration inhibitors. Optimal temperature and concentration to inhibit the rate of iron corrosion is at an immersion temperature of 45 ° C and a concentration of 0.1 N NaOH with a corrosion rate of 0.084875 mpy.</i></p>

PENGARUH TEMPERATUR DAN KONSENTRASI LARUTAN NaOH SEBAGAI INHIBITOR TERHADAP LAJU KOROSI BESI PADA MEDIA AIR

Abstrak- Korosi merupakan fenomena kimiawi yang sering terjadi pada benda yang terbuat dari besi yang terbuka atau tercelup pada suatu media baik cair atau udara. Akibat yang ditimbulkan oleh korosi ini adalah kerapuhan dan kerusakan terhadap benda sehingga benda tersebut tidak dapat berfungsi dengan baik. Tujuan dari penelitian adalah untuk mencegah atau memperlambat terjadinya korosi dengan penambahan bahan kimia yang disebut *inhibitor corrosion* yang bekerja dengan cara membentuk lapisan pelindung pada permukaan benda yang berupa logam atau besi. Pada penelitian ini digunakan inhibitor berupa larutan NaOH dengan variasi konsentrasi 0,1; 0,5; 1; 1,25; 1,5; 5 dan 10 N yang dilarutkan pada media air dan dilakukan proses perendaman terhadap besi pada temperatur 40, 45, dan 50°C. Batangan besi yang direndam dilakukan pengukuran terhadap luas permukaan dan volume serta penimbangan terhadap berat sebelum dan sesudah proses perendaman sehingga diperoleh laju korosi yang terjadi pada besi dengan berbagai variable yang digunakan. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh laju korosi semakin meningkat dengan naiknya temperatur dan penambahan inhibitor konsentasi NaOH. Temperatur dan konsentrasi optimal untuk menghambat laju korosi besi yaitu pada temperatur perendaman 45°C dan konsentrasi inhibitor NaOH 0,1 N dengan laju korosi 0,084875 mpy.

Kata kunci: korosi, besi, *inhibitor*, temperatur

PENDAHULUAN

Besi merupakan suatu komposisi kimia (biasanya suatu oksida) dan diketahui bahwa pada umumnya kebanyakan mengandung bahan oksida besi *magnetite*, *hematite*, dan *limonite*. Jenis *magnetite* adalah *Ferrosoferic oxide* (Fe_3O_4) yang berwarna hitam dan paling banyak kandungan besinya yaitu sekitar 65%. *Hematite* adalah *Ferric oxide* (Fe_2O_3) adalah bijih besi yang mengandung sekitar 60 – 75%, warnanya merah coklat, dengan kadar belerang dan phosfornya yang rendah. *Limonite* adalah oksida besi hidrat (*hydrated iron oxide*) adalah bijih besi yang kandungan besinya sedikit, sekitar 20% (Love, 1986).

Korosi adalah penurunan mutu logam akibat reaksi elektro kimia dengan lingkungannya. Korosi atau pengkaratan merupakan fenomena kimia pada bahan-bahan logam yang pada dasarnya merupakan reaksi logam menjadi ion pada permukaan logam yang kontak langsung dengan lingkungan berair dan oksigen. Contoh yang paling umum, yaitu kerusakan logam besi dengan terbentuknya karat oksida.

Secara garis besar korosi ada dua jenis yaitu:

a. Korosi Internal

Korosi yang terjadi akibat adanya kandungan CO_2 dan H_2S pada minyak bumi, sehingga apabila terjadi kontak dengan air akan membentuk asam yang merupakan penyebab korosi.

b. Korosi Eksternal

Korosi yang terjadi pada bagian permukaan dari sistem perpipaan dan peralatan, baik yang kontak dengan udara bebas dan permukaan tanah, akibat adanya kandungan zat asam pada udara dari tanah (Halimatuddahlia, 2003).

Faktor yang berpengaruh terhadap korosi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu yang berasal dari bahan itu sendiri dan dari lingkungan. Faktor dari bahan meliputi kemurnian bahan, struktur bahan, bentuk kristal, unsur-unsur kelumit yang ada dalam bahan, teknik pencampuran bahan dan sebagainya. Faktor dari lingkungan meliputi tingkat pencemaran udara, temperatur, kelembaban, keberadaan zat-zat kimia yang bersifat korosif dan sebagainya. Bahan-bahan korosif (yang dapat menyebabkan korosi) terdiri atas asam, basa serta

garam, baik dalam bentuk senyawa an-organik maupun organik. Penguapan dan pelepasan bahan-bahan korosif ke udara dapat mempercepat proses korosi. Udara dalam ruangan yang terlalu asam atau basa dapat mempercepat proses korosi peralatan elektronik yang ada dalam ruangan tersebut. *Flour*, hidrogen fluorida beserta persenyawaan-persenyawaannya dikenal sebagai bahan korosif (Akhadi, 2000).

Korosi tidak hanya disebabkan oleh kandungan uap air yang tinggi di udara, tetapi juga oleh temperatur benda (logam) yang tinggi pada saat operasi. Hal ini terjadi pada perkakas-perkakas atau mesin-mesin yang dalam pemakaiannya menimbulkan panas akibat gesekan (seperti *cutting tools*) atau dikenai panas secara langsung (seperti mesin kendaraan bermotor dan lain-lain). Karena itu, diperlukan bahan pelapisan yang tahan panas sekaligus tahan oksidasi sehingga logam tidak mengalami korosi. Sebab, bahan ini mampu menahan masuknya atom oksigen ke permukaan logam.

Tabel 1. Hasil penelitian laju korosi beton terhadap elektroda magnesium

Temperatur (°C)	Laju Korosi (mmpt)	
	Terbungkus (semen dan pasir)	Tanpa pembungkus
250	0,79	3,776
300	2,785	6,119
350	2,811	6,691
400	7,564	8,209

Sumber: Karta dkk, 2008.

Menurut hasil penelitian Karta dkk (2008), menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur, laju korosi besi beton semakin meningkat. Laju korosi besi beton yang terlindung oleh elektrode korban Magnesium yang terbungkus (semen dan pasir) pada temperatur. Dengan dasar pengetahuan tentang elektrokimia proses korosi yang dapat menjelaskan mekanisme dari korosi, dapat dilakukan usaha-usaha untuk pencegahan terbentuknya korosi. Banyak cara sudah ditemukan untuk pencegahan terjadinya korosi diantaranya adalah dengan cara proteksi katodik, *coating*, dan penggunaan *chemical inhibitor*.

Tabel 2. Hasil laju korosi pada tulangan beton bertulang dengan metode immersi dan metode polarisasi

Jenis Besi	Waktu (hari)	Metode	Lingkungan	Laju Korosi (mpy)
ST 41	34	Immersi	Air Bersih	7,62
			Air Laut	5,45
		Polarisasi	Air Bersih	2,039
			Air Laut	7,482
ST 60	60	Immersi	Air Bersih	5,15
			Air Laut	3,09
		Polarisasi	Air Bersih	1,229
			Air Laut	3,876

Sumber: Aryadi, 2001.

Penelitian Aryadi (2001) membuktikan teori bahwa kemungkinan terjadinya korosi dipengaruhi oleh mutu beton, kecepatan korosi dipengaruhi oleh pencemaran air laut yang semakin tinggi di sekitar tulangan beton bertulang, dan semakin rendah mutu tulangan beton, semakin cepat terjadinya korosi .

Tabel 3. Laju Korosi pada Material AISI 321

T (°C)	W (gr)	A(in ²)	Laju Korosi
35	0.400	0.007925	14917.55536
40	0.300	0.007831	13526.1131
45	0.000	0.007855	12134.67085
50	0.200	0.007576	10743.22859
55	0.100	0.007717	8057.421442

Sumber: Nurbanasari dan Budi, 2000

Tabel 3 menunjukkan data laju korosi yang diperoleh dari penelitian Pengaruh Temperatur dan Reduksi Ketebalan terhadap Kekerasan dan Laju Korosi AISI 321 pada Larutan 3,5 % NaCl oleh Nurbanasari dan Budi (2000) tanpa menggunakan inhibitor.

Suatu inhibitor kimia adalah suatu zat kimia yang dapat menghambat atau memperlambat suatu reaksi kimia. Secara khusus, inhibitor korosi merupakan suatu zat kimia yang bila ditambahkan kedalam suatu lingkungan tertentu, dapat menurunkan laju penyerangan lingkungan itu terhadap suatu logam. Berdasarkan sifat korosi logam secara elektrokimia, inhibitor dapat mempengaruhi polarisasi anodik dan katodik. Bila

suatu sel korosi dapat dianggap terdiri dari empat komponen yaitu: anoda, katoda, elektrolit dan penghantar elektronik, maka inhibitor korosi memberikan kemungkinan menaikkan polarisasi anodik, atau menaikkan polarisasi katodik atau menaikkan tahanan listrik dari rangkaian melalui pembentukan endapan tipis pada permukaan logam. Mekanisme ini dapat diamati melalui suatu kurva polarisasi yang diperoleh secara eksperimental (Dalimunthe, 2004).

Salah satu metoda pengendalian korosi besi dalam medium air pada sistem pendingin di beberapa industri adalah dengan penambahan inhibitor ke dalam medium. Senyawa amonium molibdat dan dinatrium fosfat adalah inhibitor anodik dan bersifat tidak oksidatif. Suatu metoda laboratorium yang cepat dipilih untuk menguji keefektifan amonium molibdat dan dinatrium fosfat sebagai inhibitor korosi besi dalam medium air meliputi konsentrasi minimum tertentu yang diperlukan, pH optimum, waktu kontak untuk mempromosikan inhibisi korosi serta mempelajari efek larutan amonium molibdat sebagai inhibitor korosi besi dibandingkan dengan larutan dinatrium fosfat pada pH yang sama. Metoda monitoring yang digunakan adalah metoda pengurangan berat besi yang analog dengan jumlah besi yang terkorosi, seperti terlihat dalam tabel 4. Penelitian Atikah (1996), menunjukkan bahwa konsentrasi efektif amonium molibdat yang diperlukan menghambat laju korosi besi dalam sampel air ledeng sumur, laut dan sungai.

Tabel 4. Hasil penelitian konsentrasi efektif amonium molibdat dan dinatrium fosfat dengan metoda monitoring

Inhibitor	Konsentrasi (ppm)	Effisiensi (%)	PH Optimum	Waktu Efektif
Amonium Molibdat	50-200	75-97	6,8-8	3 jam
Dinatrium fosfat	25-50	50-67	6,8	4 jam

Sumber: Atikah, 1996.

Kajian tentang korosi logam sangat perlu dilakukan karena banyak juga logam digunakan dalam berbagai bidang dan kerugian ekonomis yang ditimbulkan sangat besar bahkan membahayakan keselamatan manusia. Berdasarkan kebutuhan untuk memperoleh logam yang tahan korosi, maka perlu dilakukan penelitian tentang daya tahan logam terhadap korosi. Tujuan penelitian ini adalah menentukan dan mempelajari tingkat laju korosi besi dengan pengaruh variasi temperatur dan penambahan variasi konsentrasi larutan NaOH sebagai inhibitor pada media air.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Operasi Teknik Kimia Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru, Kalimantan Selatan. Parameter yang

diuji adalah laju korosi yang terjadi dengan variasi penambahan konsentrasi inhibitor larutan NaOH dan temperatur, menggunakan metode gravimetri melalui perhitungan selisih berat besi sebelum dan sesudah proses perendaman.

Alat

Seperangkat alat gelas, alat titrasi, neraca analitik, *waterbath*, *oven*, dan desikator.

Bahan

Batangan besi ST 37, NaOH, asam oksalat, indikator PP, HCl 37%, *aquadest*.

Prosedur Penelitian

Persiapan

Tahap persiapan diawali dengan pengukuran dan penimbangan 7 buah batangan besi ST 37

dengan menggunakan alat ukur dan neraca analitik. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui luas permukaan besi sebelum dilakukan proses pengkorosian, begitu pula dengan penimbangan yang dilakukan untuk mengetahui berat awal besi sebelum terjadi korosi.

Tahap persiapan selanjutnya yaitu pembuatan larutan standar NaOH yang akan digunakan sebagai perendam sekaligus inhibitor untuk menghambat atau memperlambat terjadinya korosi pada besi. Larutan NaOH distandarisasi dengan asam oksalat dan indikator PP melalui proses titrasi sehingga didapatkan larutan NaOH standar dengan konsentrasi 0,1; 0,5; 1; 1,25; 1,5; 5 dan 10 N.

Pra Penelitian (Penentuan Waktu Pengkorosian)

Pra penelitian dilakukan untuk mengetahui waktu yang tepat dalam perendaman pengkorosian, sehingga proses korosi dapat diperkirakan terjadi dalam larutan NaOH yang telah distandarkan. Data yang diperoleh pada tahap ini tidak digunakan dalam analisis laju korosi, melainkan hanya analisis pendahuluan dengan melihat dalam waktu tertentu sejauh mana korosi dapat terjadi pada perendaman dengan air biasa dan temperatur kamar. Perendaman ini diamati dari hari ke hari hingga terlihat perubahan pada besi beserta media cairnya. Waktu terlama perendaman ini diperkirakan selama satu minggu.

Penentuan Laju Korosi Besi

Tahap penentuan laju korosi yang terjadi pada besi diawali dengan proses perendaman 7 buah besi yang telah diukur dan ditimbang dengan larutan NaOH yang telah distandarkan masing-masing dengan konsentrasi 0,1; 0,5; 1; 1,25; 1,5; 5 dan 10 N di dalam erlenmeyer. Seluruh rendaman kemudian dimasukkan ke dalam *waterbath* yang

telah dimasukkan air ke dalamnya sebanyak 2 L dan temperatur diatur pada 40°C, selanjutnya *waterbath* ditutup dan dibiarkan selama waktu 159 jam.

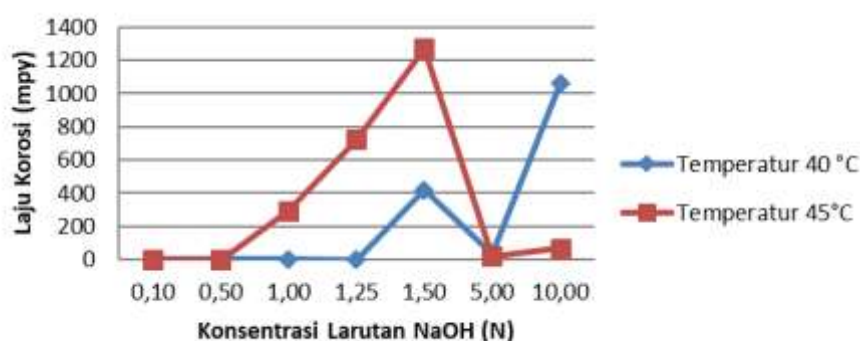
Setelah waktu yang ditetapkan usai maka seluruh rendaman dikeluarkan dari *waterbath* dan besi dikeluarkan dari larutan inhibitornya, kemudian dimasukkan ke dalam *oven* dan dikeringkan selama ± 2 jam. Setelah itu dilakukan proses pendinginan selama ± 1 jam pada desikator. Kemudian dilakukan penimbangan berat besi setelah perendaman yang digunakan untuk perhitungan laju korosi besi.

Selanjutnya dilakukan pencucian terhadap besi-besi dari karatnya akibat korosi dengan jalan mencelupkannya pada larutan HCl 37%. Setelah kering dan bersih maka besi-besi tersebut dipergunakan kembali dalam proses pengkorosian yaitu perendaman dengan larutan NaOH dalam *waterbath* selama 159 jam seperti pada langkah awal, namun kali ini *waterbath* diset pada temperatur 45°C, dan proses selanjutnya sama seperti yang telah dilakukan sebelumnya hingga penentuan laju korosi.

Analisis data dilakukan setelah semua proses selesai, yakni setelah didapatkan laju korosi besi yang terendam dalam larutan NaOH dengan berbagai variasi konsentrasinya temperatur lingkungan media cairnya. Sehingga diperoleh kondisi dimana laju korosi yang optimum dalam menghambat laju korosi besi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penghambatan laju korosi dalam media air pada penelitian ini dilakukan dengan variasi temperatur yakni 40 dan 45°C, dan dengan variasi konsentrasi inhibitor larutan NaOH yaitu 0,1; 0,5; 1; 1,25; 1,5; 5; dan 10 N. Hasil penelitian maka ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan laju korosi besi terhadap konsentrasi larutan NaOH pada variasi temperatur 40 dan 45°C

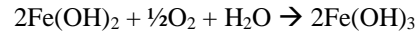
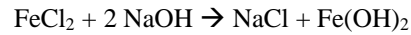
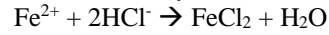
Gambar 1 menunjukkan laju korosi yang cenderung naik pada penambahan konsentrasi

larutan NaOH yang tinggi, hal ini menunjukkan bahwa proses pengkorosian akan semakin cepat

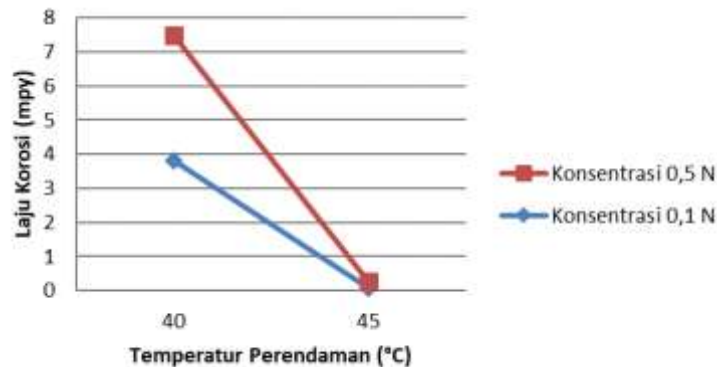
dengan semakin tingginya konsentrasi larutan NaOH. Sehingga larutan NaOH sebagai inhibitor dengan konsentrasi tinggi tidak efektif dalam menghambat laju korosi, hal ini karena larutan NaOH sebagai inhibitor adalah larutan yang dengan kebiasaannya mampu menghambat korosi yang terjadi pada besi dengan menetralkan kondisi asam yang menyebabkan lingkungan menjadi korosif dan dari temperatur lingkungan yang tinggi.

Peningkatan laju korosi yang signifikan terjadi pada temperatur perendaman 40 dan 45°C. Pada temperatur perendaman 40°C laju korosi mengalami kenaikan pada konsentrasi larutan NaOH 1,5 dan 10 N, sedangkan pada temperatur perendaman 45°C kenaikan laju korosi terjadi mulai saat konsentrasi larutan NaOH 1 N dan menurun pada 5 N. Hal ini terjadi karena adanya pengaruh asam penyebab lingkungan lebih korosif yang

berasal dari proses pencucian besi menggunakan HCl 37% setelah proses perendaman, untuk digunakan kembali dalam proses perendaman selanjutnya. Pengaruh kontaminasi HCl menyebabkan tingkat laju korosi terjadi lebih tinggi pada besi-besi yang sebelumnya mengalami pencucian sehingga bereaksi dengan NaOH dan air beserta udara menghasilkan karat berupa $2\text{Fe}(\text{OH})_3$, dimana reaksinya adalah sebagai berikut:



Gambar 2 menunjukkan tingkat laju korosi yang terendah untuk kedua temperatur perendaman terjadi pada konsentrasi larutan NaOH 0,1 dan 0,5 N. Sehingga konsentrasi ini adalah konsentrasi yang paling baik digunakan untuk menghambat laju korosi pada temperatur 40 dan 45°C.



Gambar 2. Hubungan antara laju korosi terhadap temperatur perendaman pada konsentrasi inhibitor larutan NaOH 0,1 dan 0,5 N.

Tingkat laju korosi yang terlihat pada gambar 2 terendah terjadi pada temperatur perendaman 45°C, sehingga pada temperatur inilah laju korosi dapat dihambat dengan konsentrasi inhibitor larutan NaOH sebesar 0,1 N; dengan nilai laju korosi yang didapatkan adalah 0,084875 mpy.

KESIMPULAN

1. Laju korosi pada besi dengan temperatur 40 dan 45°C dapat dihambat dengan penambahan inhibitor larutan NaOH dalam jumlah yang terbatas, dimana semakin tinggi konsentrasi inhibitor larutan NaOH maka semakin tinggi pula laju korosi yang terjadi.
2. Kondisi penghambatan laju korosi pada besi paling optimal terjadi pada konsentrasi inhibitor larutan NaOH 0,1 N dengan temperatur perendaman 45°C yakni 0,084875 mpy.

DAFTAR PUSTAKA

AKHADI, M. 2000." Korosi Pada Peralatan Elektronik". Peneliti Bidang Fisika Badan Tenaga Nuklir Nasional

ARYADI, R. 2001. "Laju Korosi Pada Tulangan Beton Bertulang Akibat Pengaruh Air Laut Yang Tercemar Dengan Metode Immersi Dan Metode Polarisasi". Skripsi Dep. Teknik Sipil.

ANGGONO, J dan Soejono T. 1999. "Studi Perbandingan Kinerja Anoda Korban Paduan Aluminium dengan Paduan Seng dalam Lingkungan Air Laut", Jurusan Teknik Mesin - Universitas Kristen Petra.

ATIKAH, 1996. "Pengaruh Senyawa Inhibitor Korosi Dalam Menghambat Laju Korosi Besi Pada Air Sistem Pendingin". Central Library of Brawijaya University. Malang.

DALIMUNTHE, I.S. 2004. "Kimia Dari Inhibitor Korosi". Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.

DEXTER, C. S., 1995, *Localized Biological Corrosion*. College of Marine Studies University Of Delaware.

HALIMATUDDAHLIANA, 2003. "Pencegahan Korosi Dan Scale Pada Proses Produksi

- Minyak Bumi”. Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- KARTA, I.W, NI WAYAN R. L, I MADE A.S. 2008. ”Pengaruh Temperatur Terhadap Korosi Besi Beton Yang Terlindung Secara Katodik Menggunakan Elektrode Korban Magnesium”. Tunas Cendekia adalah Jurnal Ilmiah Mahasiswa Indonesia Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA). Semarang
- LOVE, GEORGE dan HARUN A.R, 1986. “Teori dan Praktek Kerja Logam” Edisi Ketiga. Erlangga. Jakarta.
- MEIJERS, R. 2008. “Delamination of Iron”. Museum Valkhof. Nijmegen.
- NUIJTEN, 2007. “Baja dan Besi Tuang”. OASEN Gouda. The Netherlands.
- NURBANASARI, M dan MICHAEL. B, 2000, “Pengaruh Temperatur Dan Reduksi Ketebalan Terhadap Kekerasan Dan Laju Korosi Aisi 321 Pada Larutan 3,5 % NaCl”, Jurusan Teknik Mesin – Institut Teknologi Nasional Bandung
- ROCHATI, D, 1995. “Pengembangan Desain Produk Pipa dan Pelat Baja Tahan Korosi dalam Lingkungan Gas”. Dep.Perindustrian. Balai besar penelitian dan Pengembangan Industri Bahan dan Barang teknik. Bandung. ITS Library.
- SUPARDI, R., 1997, “Korosi”, Penerbit Tarsito Bandung.
- SURIADI K dan Ika S., 2007. “Prediksi Laju Korosi dengan Perubahan Besar Derajat Deformasi Plastis dan Media Pengkorosi pada Material Baja Karbon”. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM Vol. 1, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali.
- WIDHARTO, S. 2001. “Karat dan Pencegahannya”. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.