

**PENGARUH LINGKUNGAN SIKLIK (BASAH DAN KERING)
TERHADAP LAJU KOROSI**

SKRIPSI

Diajukan Guna Melengkapi Syarat Dalam Memperoleh Gelar

Sarjana Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Islam Riau



DISUSUN OLEH:

Hadrian Dwico Sahputra

14.331.0647

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2021

HALAMAN PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

PENGARUH LINGKUNGAN SIKLIK (BASAH DAN KERING)
TERHADAPA LAJU KOROSI



Dr. KURNIA HASTUTI, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing

Tanggal : 10-1-2022

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PENGARUH LINGKUNGAN SIKLIK (BASAH DAN KERING)
TERHADAPA LAJU KOROSI



Disusun Oleh :
HADRIAN DWICO SAHPUTRA

NPW : 143310647

Disahkan Oleh :

MENGETAHUI

PEMBIMBING

Ketua Prodi Teknik Mesin

JHONNI RAHMAN, B.Eng., M.Eng., Ph.D
NIDN. 1009038504

Dr. KURNIA HASTUTI, S.T., M.T
NIDN. 1008057102

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

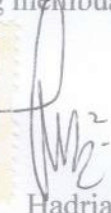
Nama : Hadrian Dwico Sahputra
Tempat/Tgl Lahir : Lirik, 23 April 1996
Alamat : Lirik, Indragiri Hulu
Fakultas : Teknik
Jurusan : Teknik Mesin
Program Studi : Teknik Mesin
Jenjang Pendidikan : Strata-1 (S1)

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang saya tulis adalah benar dan asli hasil dari penelitian yang telah saya lakukan dengan judul **“PENGARUH LINGKUNGAN SIKLIK (BASAH DAN KERING) TERHADAP LAJU KOROSI”**. Apabila dikemudian hari ada yang merasa dirugikan dan atau menuntut karena penelitian ini menggunakan sebagian hasil tulisan atau karya orang lain tanpa mencantumkan nama penulis yang bersangkutan, atau terbukti karya ilmiah ini **bukan** karya saya sendiri atau **plagiat** hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Pekanbaru, 14 Desember 2021
Yang membuat pernyataan,




Hadrian Dwico S

PENGARUH LINGKUNGAN SIKLIK (BASAH DAN KERING) TERHADAP LAJU KOROSI

Hadrian Dwico Sahputra

Program Studi Tekni Mesin, Fakultas Teknik Universitas Islam Riau
Jl. Kaharudin Nasution Km 11 No. 113 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru

Telp. 0761-674653 Fax. (0761) 674834

email: hadrian.sahputra@student.uir.ac.id

ABSTRAK

Korosi merupakan proses reaksi elektrokimia antara logam dan lingkungan yang menghasilkan ion-ion sehingga dapat menurunkan mutu logam. Analisa korosi pada karbon sedang pada lingkungan air, udara, dan natrium klorida ini adalah : untuk mengetahui pengaruh air (H_2O), udara (O_2), dan natrium klorida ($NaCl$) terhadap laju korosi pada baja karbon sedang serta mengetahui jenis korosi dan struktur mikro dari material tersebut. Pada penelitian ini, sebelum korosi specimen baja karbon sedang dilakukan uji siklik. Proses korosi meliputi : perendaman (direndam dalam larutan $NaCl$) dan tanpa perendaman (dibiarkan dalam udara bebas). Pelaksanaan pengkorosian selama 8×24 jam (192 jam). Kemudian specimen tersebut ditimbang menggunakan timbangan digital untuk menentukan laju korosi dimana material korosi dibersihkan terlebih dahulu sebelum penimbangan awal dan akhir, dan selanjutnya diuji siklik serta melihat struktur mikro. Hasil penelitian yang telah dilakukan di peroleh bahwa laju korosi sampel baja karbon sedang pada massa $NaCl$ 50 gr , 70 gr dan 90 gr yaitu 0,3612 mm/y , 0,543 mm/y dan 1,028 mm/y sedangkan untuk. Besarnya laju korosi pada massa $NaCl$ 90 gr di banding 50 gr dan 70 gr disebabkan oleh beberapa faktor yaitu suhu udara, Kelembaban, serta massa $NaCl$ lebih besar. Korosi yang terbentuk pada sampel baja karbon sedang adalah corrosion retak tegang dan korosi sumuran. Dan didapatkan unsur Penyusun utama plat adalah besi (Fe) dan karbon (C).

Kata Kunci : Baja Karbon Sedang, Korosi, Natrium Klorida, Lingkungan

Corrosion is an electrochemical reaction process between metals and the environment that produces ions that can degrade the quality of metals. Analysis of corrosion in moderate carbon in the environment of water, air, and sodium chloride is: to find out the effect of water (H_2O), air (O_2), and sodium chloride ($NaCl$) on the rate of corrosion in medium carbon steel and to know the type of corrosion and microstructure of the material. In this study, before corrosion carbon steel specimens were being conducted cyclic tests. Corrosion processes include immersion (soaked in a solution of $NaCl$) and without immersion (left in free air). The implementation of the testing for 8 x 24 hours (192 hours). Then the specimen is weighed using digital scales to determine the rate of corrosion where the corrosion material is cleaned first before the initial and final weighing, and then tested cyclically and look at the microstructure. The results of research that has been done obtained that the corrosion rate of carbon steel samples is moderate at a mass of $NaCl$ 50 gr, 70 gr and 90 grams which is 0.3612 mm / y, 0.543 mm / y and 1.028 mm / y as for. The magnitude of corrosion rate in $NaCl$ mass of 90 gr in the 50 gr and 70 gr is caused by several factors, namely air temperature, humidity, and greater $NaCl$ mass. Corrosion formed in a sample of medium carbon steel is corrosion of strained cracks and corrosion of wells. And obtained the main constituent elements of the plate are iron (Fe) and carbon (C).

Keywords: Medium Carbon Steel, Corrosion, Sodium Chloride, Environment

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamualaikum, Wr. Wb

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga kita saat ini masih diberi kesehatan, kesempatan untuk menikmati nikmat iman dan islam serta penulis dapat menyelesaikan Tugas Proposal ini sesuai dengan penulis harapkan. Tidak lupa pula kita ucapkan shalawat beriring salam kita hadiahkan kepada nabi besar Muhammad SAW berkat perjuangannya kita dapat menikmati ilmu pengetahuan hingga saat ini.

Tugas Akhir ini yang berjudul “*Pengaruh Lingkungan Siklik (Basah Dan Kering) Terhadap Laju Korosi*“ penulisan Tugas Proposal ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan kurikulum akademis guna memperoleh gelar sarjana teknik mesin Universitas Islam Riau. Selain itu penulis Tugas Proposal juga bertujuan agar mahasiswa bisa berfikir secara logis dan ilmiah serta bisa menuangkan pemikirannya secara sistematis dan terstruktur.

Tugas Akhir ini tidak akan terwujud tanpa bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati penulis ucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua tercinta yakni alm bapak marzuki dan ibu yuliarti yang telah member motivasi, semangat dan dukungan kepada penulis, baik secara moral maupun material.
2. Bapak Dr. Eng. Muslim, S.T., M.T. Selaku Ketua Dekan Fakultas Teknik Mesin, Universitas Islam Riau.
3. Bapak Jhonni Rahman, B.Eng., M.Eng., P.h.d sebagai ketua prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.

4. Ibu Dr. Kurnia Hatuti, S.T, M.T. selaku pembimbing yang telah banyak memberi waktu serta materi dan membantu saya dalam menyelesaikan proposal tugas akhir ini.
5. Bapak Rafil Arizona, S.T.,M.Eng Selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
6. Seluruh Dosen Teknik Mesin umumnya dan khususnya dosen pengajar Material.
7. Rekan satu angkatan Teknik Mesin 2014, terkhusus kelas C Teknik Mesin 2014 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, terimah kasih persahabatn dari awal hingga akhir masa perkuliahan (Salam solidarity Forever).

Semoga apa yang diberikan mendapatkan balasan yang setimpal dari Tuhan Yang Maha Esa, Aamiin. Penulis berharap Tugas Akhir Sarjana ini dapat memberikan manfaat dan sumbangan pemikiran khususnya dibidang Teknik Mesin.

Tugas Akhir Sarjana ini belum sepenuhnya sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritikan dan saran dari dosen. Sehingga pada penulisan yang akan datang penulis dapat menyelesaikannya dengan lebih baik lagi.

Pekanbaru, 18 November 2021

Penulis

Hadrian Dwico Sahputra

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
2.1 Rumusan Masalah	2
3.1 Tujuan Penelitian	2
4.1 Manfaat Penelitian	2
5.1 Batasan Masalah	3
6.1 Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1 Baja Karbon	4
a. Baja Karbon Rendah	4
b. Baja Karbon Sedang	4
c. Baja Karbon Tinggi	4
2.2 Korosi.....	6
2.3 JenisKorosi.....	6
2.4 Korosi Pada Media Air Laut	8

2.5	Faktor - Faktor Yang Mempengaruhi Korosi Pada Media	
	Air Laut	9
2.6	Pencegahan Korosi.....	11
2.7	Uji Siklik	14
2.8	Perhitungan Laju Korosi	15
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1	Diagram Alir	17
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian	18
	3.2.1 Waktu	18
	3.2.2 Tempat	18
3.3	Alat dan Bahan	18
	3.3.1 Alat	18
	3.3.2 Bahan	18
3.4	Prosedur Kerja	21
	3.4.1 Preparasi Spesimen Uji	21
	3.4.2 Pembuatan Larutan NaCl	22
	3.4.3 Proses Uji Siklik	22
3.5	Pencucian Material Dengan Larutan NaCl	22
3.6	Analisa laju korosi	23
3.7	Pengamatan Makro Material	23
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1	Baja ASTM A36	25
4.2	Perhitungan Konsentrasi NaCl	26

4.2 Pengaruh Persentase Berat NaCl Terhadap Laju Korosi	
Pada Uji Siklik	27
4.4 Hasil Pengamatan Korosi Secara Mikro	31
4.6 Pembahasan.....	34
BAB V PENUTUP.....	36
5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA.....	37
LAMPIRAN.....	38



DAFTAR GAMBAR

Gambar. 2.1 Korosi Merata.....	6
Gambar. 2.2 Korosi Pelobangan	7
Gambar. 2.3 Korosi Tegangan.....	7
Gambar. 2.4 Korosi Erosi	7
Gambar. 2.5 Korosi Celah.....	8
Gambar. 2.6 Cara kerja Proteksi Katodik	12
Gambar. 3.1 Diagram Alir	17
Gambar. 3.2 Gerinda Listrik	18
Gambar.3.3 Wadah Pembersih.....	19
Gambar.3.4 Jangka Sorong	19
Gambar.3.5 Timbangan Digital	20
Gambar.3.6 Gelas Ukur.....	20
Gambar.3.7 Aquarium.....	21
Gambar.3.8 Mikroskop Optik	24
Gambar.4.1 Grafik Hasil Perhitungan Persentasi Berat Larutan NaCl	27
Gambar.4.2 Pengaruh Konsentrasi Garam Pada Korosi Baja A36.....	30
Gambar.4.3 Korosi Pitting Matrial ASTM A36 Massa Larutan NaCl 50gr	32

Gambar.4.4 Korosi *pitting* Matrial ASTM A36 Massa NaCl 70gr32

Gambar.4.5 Korosi *sumuran* Matrial ASTM A36 Massa NaCl 90gr33

DAFTAR TABEL

Tabel. 2.1 Unsur Pokok Dalam Media Air Laut.....8

Tabel. 2.2 Konsentrasi Ion/Molekul pada air laut densitas $1,023\text{g/cm}^3$ pada 25°C10

Tabel. 2.3 Perbandingan nilai konstanta, K, untuk satuan yang berbeda.....16

Tabel. 2.4 Perbandingan ketahanan korosi material berdasarkan nilai laju korosi16

Tabel. 3.1 Data hasil perhitungan laju korosi23

Tabel.4.1 Komposisi Kimia Baja ASTM A36.....25

Tabel.4.2 Komposisi Kimia Baja ASTM A36.....25

Tabel.4.3 Data hasil perhitungan kehilangan berat28

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LatarBelakang

Baja karbon merupakan salah satu jenis baja paduan yang terdiri atas unsure besi (Fe) dan karbon (C) dimana besi merupakan unsure dasar dan karbon sebagai unsure paduan utamanya. Dalam proses pembuatan baja akan ditemukan pula penambahan kandungan unsure kimia lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn) dan unsure kimia lainnya sesuai dengan sifat baja yang diinginkan. Baja karbon memiliki kandungan unsure karbon dalam besi sebesar 0,2% hingga 2,14%, dimana kandungan karbon tersebut berfungsi sebagai unsure penguat dalam struktur baja (Amstead, 1997). Dalam bentuk batang atau struktur baja karbon sering dipakai untuk pembuatan komponen mesin, struktur bangunan, dan alat-alat perkakas.

Korosi adalah salah satu proses perusakan material khususnya logam karena adanya suatu reaksi antara logam tersebut dengan lingkungan. Menurut Kevin Jones (2013), proses perusakan material yang terjadi menyebabkan turunnya kualitas material logam tersebut. Korosi yang terjadi pada benda logam merupakan sebuah hal yang akan selalu terjadi dan tidak dapat dihindarkan.

Lingkungan yang beragam merupakan salah satu faktor yang penting untuk diperhatikan dalam perencanaan suatu produk yang menggunakan logam sebagai bahannya. Perencanaan produk yang akan digunakan pada lingkungan asam akan berbeda dengan perencanaan produk untuk lingkungan basa. Selain tingkat keasaman lingkungan yang perlu dipertimbangkan, ada beberapa hal yang bisa berpengaruh terhadap proses terjadinya korosi, yaitu temperatur lingkungan dan jumlah oksigen yang tersedia dalam lingkungan. Dengan beragamnya faktor-faktor yang mempengaruhi proses korosi tersebut, akan berpengaruh pada perencanaan produk, misalnya pada pemilihan bahan. Berbagai jenis material banyak tersedia dengan komposisi masing-masing sehingga memungkinkan bagi perencana untuk memilih bahan yang cocok dengan kondisi lingkungannya.

Salah satu kondisi yang sering ditemukan adalah korosi yang terjadi pada kondisi siklik, transisi antara keadaan basah dan keadaan kering atau sebaliknya. Tidak selamanya material berada pada kondisi basah terus atau keringterus, Menjadi penting untuk mengamati bagaimana korosi pada material yang bekerja pada kedua kondisi ini. Berdasarkan latar belakang tersebut maka penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh kondisi siklik, peralihan basah dan kering terhadap korosi yang terjadi pada material baja ASTM A36.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, yang menjadi rumusan masala dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh kadar garam dan kondisi lingkungan siklik terhadap laju korosi baja ASTM A36?
2. Jenis korosi apa yang terjadi pada baja ASTM A36 akibat lingkungan siklik?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan laju korosi baja ASTM A36 pada lingkungan siklik dan kadar garam berbeda.
2. Untuk mengetahui jenis korosi yang terjadi pada baja ASTM A36 pada lingkungan siklik

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian diatas, maka penelitian ini memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Untuk referensi bagi penelitalainnya.

2. Sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan perencanaan dan pemanfaatan baja karbon rendah yang akan digunakan pada daerah yang mengandung garam.
3. Untuk mengurangi resiko laju korosi logam pada lingkungan siklik.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengujian ini menggunakan specimen baja karbon rendah ASTM A36.
2. Pengujian ini menggunakan media korosif larutan NaCl dengan variasi 50g,70g,90g.
3. Metode pengujian yang digunakan adalah uji siklik.
4. Spesimen pengujian berbentuk plat dengan ukuran 5cm x 3cm x 0,3cm.
5. Proses pengujian dilakukan selama 8 x 24 jam.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pendahuluan berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Menyajikan literatur yang melandasi dan mendukung penelitian ini. Memberikan pemahaman singkat melalui penjelasan umum, uraian pengertian dan teori.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Menguraikan metodologi penelitian sebagai kerangka pemecahan masalah baik dalam mengumpulkan data ataupun dalam menganalisis data yang diperoleh. Bab ini berisikan diagram alir, penyiapan spesimen uji, pengujian komposisi kimia, pengujian korosi dan pengamatan struktur mikro.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Menyajikan data hasil penelitian dalam bentuk table dan grafik, dan pembahasan hasil analisis data tersebut. Data yang diperoleh dari pengujian korosi, pengamatan struktur mikro, pengurangan berat dan perhitungan laju korosi.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran yang dibuat berdasarkan hasil analisis data yang diperoleh.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Baja Karbon

Berdasarkan kandungan karbonnya, baja karbon dapat dikelompokkan atas tiga yaitu, baja karbon rendah ($C < 0,3\%$), baja karbon medium ($0,3 - 0,6\%C$) baja karbon tinggi ($C > 0,6\%$).

a. **Baja Karbon Rendah**

Baja karbon rendah umumnya bersifat lunak, keuletan dan ketangguhan baik tetapi kekuatan rendah. Struktur mikronya adalah ferit dan perlit. Karena keuletan yang tinggi maka baja jenis ini banyak dibuat dalam bentuk plat hasil di proses *rolling* dingin. Karena karbon C rendah, baja jenis ini kurang tahan terhadap perlakuan panas. Artinya baja tersebut tidak dapat dikeraskan dengan perlakuan panas.

b. **Baja Karbon Sedang**

Baja karbon sedang (*medium carbon steel*) mengandung karbon $0,3 - 0,6\%C$. Dengan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan melalui proses perlakuan panas yang sesuai. Baja ini lebih keras serta lebih kuat dibandingkan dengan baja karbon rendah.

c. **Baja Karbon Tinggi**

Baja karbon tinggi memiliki kandungan karbon $0,6-1,5\%C$ dan memiliki kekerasan yang lebih tinggi, namun keuletannya lebih rendah. Berkebalikan dengan baja karbon rendah, pengerasan dengan perlakuan panas pada baja karbon tinggi tidak memberikan hasil yang optimal karena terlalu banyaknya martensit, sehingga membuat baja menjadi getas (Amanto, 1999).

2.2 Korosi

Korosi adalah kerusakan logam karena adanya reaksi kimia atau elektro kimia antara logam dengan lingkungannya. Adapun lingkungan yang dimaksud berupa larutan asam, air dan uap yang masing - masing mempunyai daya hantar listrik yang berbeda - beda. Perusakan logam yang dimaksud adalah berkurangnya nilai logam baik dari segi ekonomis maupun teknis.

Penurunan kualitas logam ini dapat mengakibatkan kecelakaan yang tidak terduga. Disamping itu logam yang mengalami korosi di bagian dalam dan luar permukaan dapat membuat penanpilan menjadi buruk. Untuk mengatasi hal ini diperlukan biaya mahal. Hal inilah yang mengakibatkan korosi dari segi biaya sangat mahal. Eko Julianto, (2010).

2.3 Jenis Korosi

Beberapa jenis korosi yang terjadi pada baja yaitu :

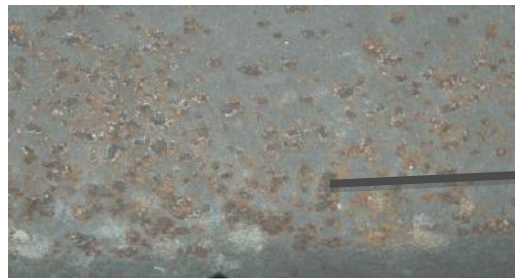
1. Korosi merata (*uniform corrosion*), semua permukaan plat akan terkena korosi dan biasanya ini terjadi pada bagian pelat yang berada diatas garis air. Gambar korosi merata dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Korosi merata

Gambar 2.1 Korosi Merata (Eko Julianto, 2010)

2. Korosi sumuran (*pitting corrosion*), pada permukaan pelat terjadi lobang yang semakin lama akan bertambah dalam dan akhirnya dapat menembus pelat. Gambar korosi pelobangan dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Korosi sumuran

Gambar 2.2 Korosi Pelobangan (Eko Julianto,2010)

3. Korosi tegangan (*stress corrosion*), korosi pada bagian pelat yang memikul beban besar. Gambar korosi tegangan dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Korosi tegangan

Gambar 2.3. Korosi Tegangan (Eko Julianto,2010)

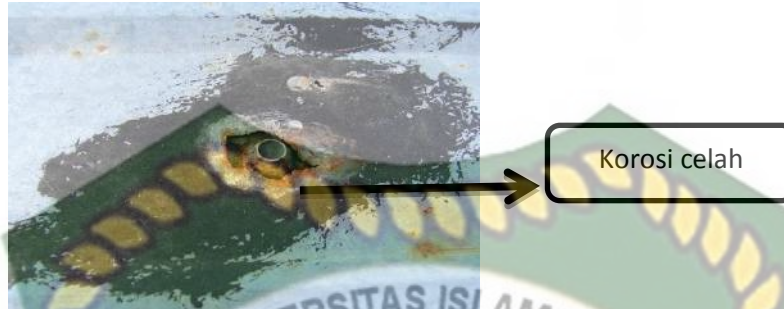
4. Korosi erosi(*erosion corrosion*),korosi ini terjadi pada material yang terdapat tumbukan partikel cairan yang mengalir dengan kecepatan tinggi. Gambar korosi erosi dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Korosi erosi

Gambar 2.4. Korosi Erosi (Eko Julianto,2010)

5. Korosi celah (*crevice corrosion*), korosi yang terjadi pada celah, daerah jepitan, sambungan dan daerah yang ditutupi binatang dan tumbuhan kecil. Gambar korosi celah dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Korosi Celah (Eko Julianto, 2010)

2.4 Korosi Pada Media Air Laut

Air laut termasuk salah satu media yang bersifat korosif. Korosi yang terjadi dilingkungan air laut di dorong oleh faktor – faktor kadar gas dalam air laut (*aerosols*), hujan (*rain*), embun (*dew*), kondensasi (*condensation*) dan tingkat kelembaban (*humidity*) serta resistivitas. Secara alami lingkungan air laut mengandung ion khlorida (*chloride ions*) dengan kombinasi tingginya penguapan (*moisture*), unsur yang terkandung dalam air laut dapat dilihat dalam Tabel 2.1 dan persentasi oksigen terkandung yang juga turut memperparah korosi karena air laut. Korosi pada air laut sangat tergantung pada kadar khlorida, pH, kadar oksigen dan temperature.

Tabel.2.1 Unsur Pokok Dalam Media Air Laut

Anion	Part/Million	Equevalents Per Million	Part/Million/ unit Chlorinity
Chloride, Cl^-	18.980,00	535,30	998,90
Sulfate, SO_4^{2-}	2.649,00	55,10	139,40
Bicarbonete, HCO_3^-	139,70	2,30	7,35
Bromine, Br^-	64,60	0,80	0,80

Fluoride, F ⁻	1,30	0,10	0,07
Boric Acid H ₃ BO ₃	26,00	-	1,37
Total		593,60	
Cation	Part/Million	Equevalents perMillion	Part/Million/unit Chlorinity
Sodium, Na ⁺	10.556,10	159,00	555,60
Magnesium, MG ²⁺	1.272,00	104,60	66,95
Calcium, Ca ²⁺	400,10	20,00	21,06
Potassium, K ⁺	380,00	9,70	20,00
Strotium, Sr ²⁺	13,30	0,30	0,70
Total		593,60	

Sumber : Benjamin D, 2006

2.5 Faktor - Faktor Yang Mempengaruhi Korosi Pada Media Air Laut

Air laut merupakan lingkungan yang korosif untuk besi dan baja, terutama karena resistivitas air laut sangat rendah (+ 25 Ohm-cm) dibandingkan resistivitas air tawar (+ 4000 Ohm-cm). Proses korosi air lau tmerupakan proses elektrokimia. Faktor faktor yang mendorong korosi dalam media air laut adalah :

1. Salinitas (Kadar Garam)

Kadar garam yang tinggi (salinitas) menjadi satu faktor yang membedakan korosi dalam air laut dibandingkan media lain, salinitas ialah berat garam non organic secara keseluruhan (dalamg) pada 1 Kg air laut, Salinitas air laut dinyatakan dengan satuan per seribu (‰). Untuk berbagai wilayah perairan dunia salinitas berkisar antara 32 ‰ - 38 ‰, sedangkan perairan di Indonesia berkisar antara 30 ‰ - 35 ‰, salinitas sangat berpengaruh terhadap laju korosi, semakin tinggi salinitas semakin cepat laju korosi. Konsentrasi garam terlarut atau ion/molekul dalam air laut dapat dilihat pada Tabel.2.2

Tabel 2.2. Konsentrasi Ion/Molekul pada air laut densitas $1,023\text{g/cm}^3$ pada 25°C

Garam	Salinitas(‰)		
	33	35	37
NaCl	23.13	24.53	25.93
MgCl ₂	4.900	5.200	5.497
Na ₂ SO ₄	4.090	4.090	4.090
CaCl ₂	1.090	1.160	1.230
KCl	0.660	0.695	0.735
NaHCO ₃	0.201	0.201	0.201
KBr	0.101	0.101	0.101
H ₃ BO ₃	0.027	0.027	0.027
SrCl ₂	0.024	0.025	0.026
NaF	0.003	0.003	0.003

Sumber : Anggono, 2000

2. Efek pH (Derajat Keasaman)

Efek pH ditentukan oleh banyaknya kandungan ion H^+ atau ion OH^- dalam suatu senyawa nilai ini akan menunjukkan apakah senyawa tersebut bersifat asam dan sebaliknya. Pada air laut nilai pH dipengaruhi oleh kedalaman, temperatur, dan kandungan oksigen.

3. Temperatur

Korosi yang dipengaruhi temperatur, semakin tinggi temperature akan diikuti dengan peningkatan laju korosi kenaikan temperatur 100°C dapat meningkatkan laju korosi dua kali lipat, temperatur juga mempengaruhi konsentrasi O_2 lokasi dimana laut berada menentukan temperature permukaan air laut.

4. Kecepatan Gerakan Air Laut

Laju korosi sangat ditentukan oleh jumlah oksigen yang berada dipermukaan logam. Gerakan air laut akan mempengaruhi jumlah oksigen tersebut. Air laut dengan kecepatan tinggi akan meningkatkan jumlah oksigen dipermukaan logam dan hilangnya selaput penghalang, sehingga terjadinya pengikisan, kecepatan yang tinggi menyebabkan terjadinya kapitasi sehingga semakin tinggi kecepatan gerakan air laut maka semakin tinggi laju korosi.

5. Pencemaran Air Laut

Sulfida dalam polutan yang mencemari air laut akan meningkatkan korosif walaupun penurunan oksigen dapat mengurangi korosi.

2.6 Pencegahan Korosi

Korosi timbul karena adanya logam dan lingkungan yang korosif, sehingga cara pencegahannya selalu merujuk kesumber masalah. Cara mencegah dan mengatasi sebelum dan sesudah terbentuknya korosi yaitu:

1. Proteksi Katodik

Proteksi katodik digunakan untuk melindungi pelat baja kapal dari serangan rantai. Ada dua jenis proteksi katodik, yaitu dengan metoda anoda korban (*sacrificial anode*) dan dengan metoda arus tanding (*impressed current*). Anoda korban relative lebih murah, mudah dipasang bila dibandingkan dengan metoda arus tanding. Keuntungan antara lainnya adalah tidak diperlukannya peralatan listrik yang mahal dan tidak ada kemungkinan salah arah dalam pengaliran arus.

Proteksi katodik dan anoda korban bekerja dengan menggunakan konsep tentang sel korosi basah. Sel korosi basah adalah suatu sel dimana anoda adalah yang terkorosi, sedangkan yang tidak terkorosi adalah katoda. Anoda-anoda yang dihubungkan kestruktur dengan tujuan mengefektifkan perlindungan terhadap korosi dengan cara ini disebut anoda korban

(*sacrificial anodes*). Anoda korban yang biasa digunakan di lingkungan pantai diantaranya adalah seng dan aluminium. Cara kerja proteksi katodik dapat dilihat pada Gambar 2.11



Gambar 2.6 Cara Kerja Proteksi Katodik (Trethewey, 1991)

Perlindungan yang akan diberikan oleh seng akan luar biasa seandainya logam tersebut dapat dilarutkan dengan laju yang kurang-lebih konstan. Seng murni yang tersedia di pasaran, terkorosi di air laut sambil membentuk selaput kulit kedap air yang sangat membatasi keluaran arusnya.

Diantara bahan-bahan pengotor :besi, tembaga dan timbal, yang paling menimbulkan efek merusak pada anoda adalah besi. Kelarutannya dalam seng sedemikian rendah (<0.0014%) sehingga apabila berlebih maka kelebihan-kelebihan itu akan berupa partikel-partikel terpisah. Hal ini pada gilirannya akan membentuk sel galvanic lokal yang menghasilkan suatu lapisan seng hidroksida/sengkar bonat yang tidak dapat larut dan tidak menghantarkan listrik; yang akhirnya menjadikan anoda tidak efektif

Dalam keadaan normal aluminium mengalami korosi sumuran dalam air laut diakibatkan oleh lapisan oksida yang bersifat katodik yang selalu membungkus logam itu ketika masih berada di udara bebas. Unsur paduan yang ditambahkan dapat mencegah terbentuk nya selaput oksida yang merata,

merekat erat dan protektif sehingga kegiatan galvanic terus berlangsung. Dengan tujuan inilah orang mengembangkan paduan aluminium yang menggunakan seng dan air raksa atau seng dan indium. Paduan aluminium mempunyai nisbah daya listrik/berat yang lebih besar dibandingkan dengan paduan seng dan penggunaan paduan aluminium mulai menggantikan penggunaan seng dalam beberapa penerapan khususnya pada industry lepas pantai.

2. Coating

Coating adalah sejenis material berbentuk lapisan tipis yang digunakan untuk melapisi atau menutupi seluruh permukaan struktur guna melindungi atau mencegah pengaruh kondisi lingkungan.

Dalam prakteknya, metode arus paksa biasanya digabung dengan penggunaan lapisan pelindung. Lapisan pelindung ini berfungsi sebagai proteksi primer pada kapal yang bertugas sebagai pemisah lingkungan korosif (air laut) dengan logam. Dalam fungsinya, lapisan pelindung mempunyai tahanan tersendiri yaitu kemampuan untuk menghambat aliran arus listrik sehingga menghambat laju korosi pada lambung kapal dalam air laut maupun atmosfer. Sebagai pemenuhan syarat kelulusan.

Untuk kondisi lingkungan korosif yang serius, digunakan pendekatan suatu sistem pelapisan (*primer coat*, *intermediate coat* dan *top coat*) yang memberikan perlindungan untuk solusi jangka panjang.

Lazimnya sistem coating diaplikasikan dengan lebih dari 1 lapis, antara lain:

1. Lapisan primer (*primer coat*)

Fungsi utama lapisan primer adalah

- a. Adhesi atau ikatan yang kuat dengan permukaan.
- b. Kohesi atau kekuatan internal dari lapisan perlindungan.
- c. Sulitnya bereaksi dengan lingkungan.
- d. Pengikat yang kuat pada lapisan menengah.

2. Lapisan menengah (*intermediate coat*)

Fungsi utama lapisan menengah adalah memberikan:

- a. Ketebalan dari lapisan pelindung ketahanan yang kuat terhadap zat kimia.
- b. Ketahanan terhadap perpindahan uap yang lembab.
- c. Meningkatkan ketahanan terhadap aliran listrik.
- d. Sebagai pengikat yang kuat antara lapisan primer dengan lapisan atas.

3. Lapisan menengah(*intermediate coat*)

Fungsi utama dari top coat adalah memberikan:

- a. Segel yang kuat untuk sistem pelapisan.
- b. Penghambat awal pada permukaan logam.
- c. Ketahanan terhadap zat kimia, air dan cuaca.
- d. Ketangguhan dan ketahanan pada permukaan
- e. Penampilan yang indah.

3. Cat

Secara umum definisi dari cat adalah cairan yang mampu membentuk lapisan tipis yang kontinyu (*continous film*) apabila mengering. Pada dasarnya terdapat 3 (tiga) tipe cat yang tersedia saat ini di lapangan, yaitu :

1. *Solvent* (pengencer) yang mengandung cat cair (*tradisional*)
2. *Solvent* (pengencer) yang bebas dari cat cair.
3. Cat bubuk (*powder paints*).

2.7 Uji Siklik

Uji siklik merupakan percobaan yang menirukan kondisi lingkungan yang bervariasi. Alasan dilakukannya hal ini diperoleh dari observasi bahwa kebanyakan korosi terjadi selama transisi dari keadaan basah ke keadaan kering, dan sebaliknya, sehingga tidak selamanya material tersebut berada dalam kondisi basah terus atau kering terus. Salah satu contoh uji siklik ialah dengan pengkabutan (Gambar 1).

Spesimen yang diuji dikondisikan dalam kabut larutan elektrolit hasil penyemprotan dengan sprayer untuk jangka waktu tertentu kemudian dikondisikan dalam lingkungan kering untuk jangka waktu tertentu, dan begitu seterusnya dilakukan secara berulang-ulang.

2.8 Perhitungan Laju Korosi

Kecepatan korosi dapat dihitung menurut rumus berikut :

$$\text{Lajukorosi} = \frac{D.W}{D.A.T} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

K = konstanta (lihat tabel 2.2)

W = berat yang hilang selama percobaan (g)

D = densitas material (gr/cm³)

A = luas permukaan yang terkorosi (cm²)

T = lamanya waktu ekspos (jam)

Banyak satuan yang berbeda digunakan untuk menggambarkan laju korosi dari suatu material. Dengan menggunakan satuan untuk T, A, W dan D, laju korosi dapat dihitung dengan menggunakan satuan yang berbeda dengan menggunakan nilai K yang tepat:

Tabel 2.3 perbandingan nilai konstanta, K, untuk satuan yang berbeda

Corrosion Rate Units Desired	Constant (K) in Corrosion Rate Equation
mils per year (mpy)	3.45×10^6
inches per year (ipy)	3.45×10^3
inches per month (ipm)	2.87×10^2
millimetres per year (mm/y)	8.76×10^4
micrometres per year (um/y)	8.76×10^7
picometres per second (pm/s)	2.78×10^6
grams per square meter per hour (g/m ² ·h)	$1.00 \times 10^4 \times D$
milligrams per square decimeter per day (mdd)	$2.40 \times 10^6 \times D$
micrograms per square meter per second (µg/m ² ·s)	$2.78 \times 10^6 \times D$

Sumber : ASTM G1-03, *Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens*

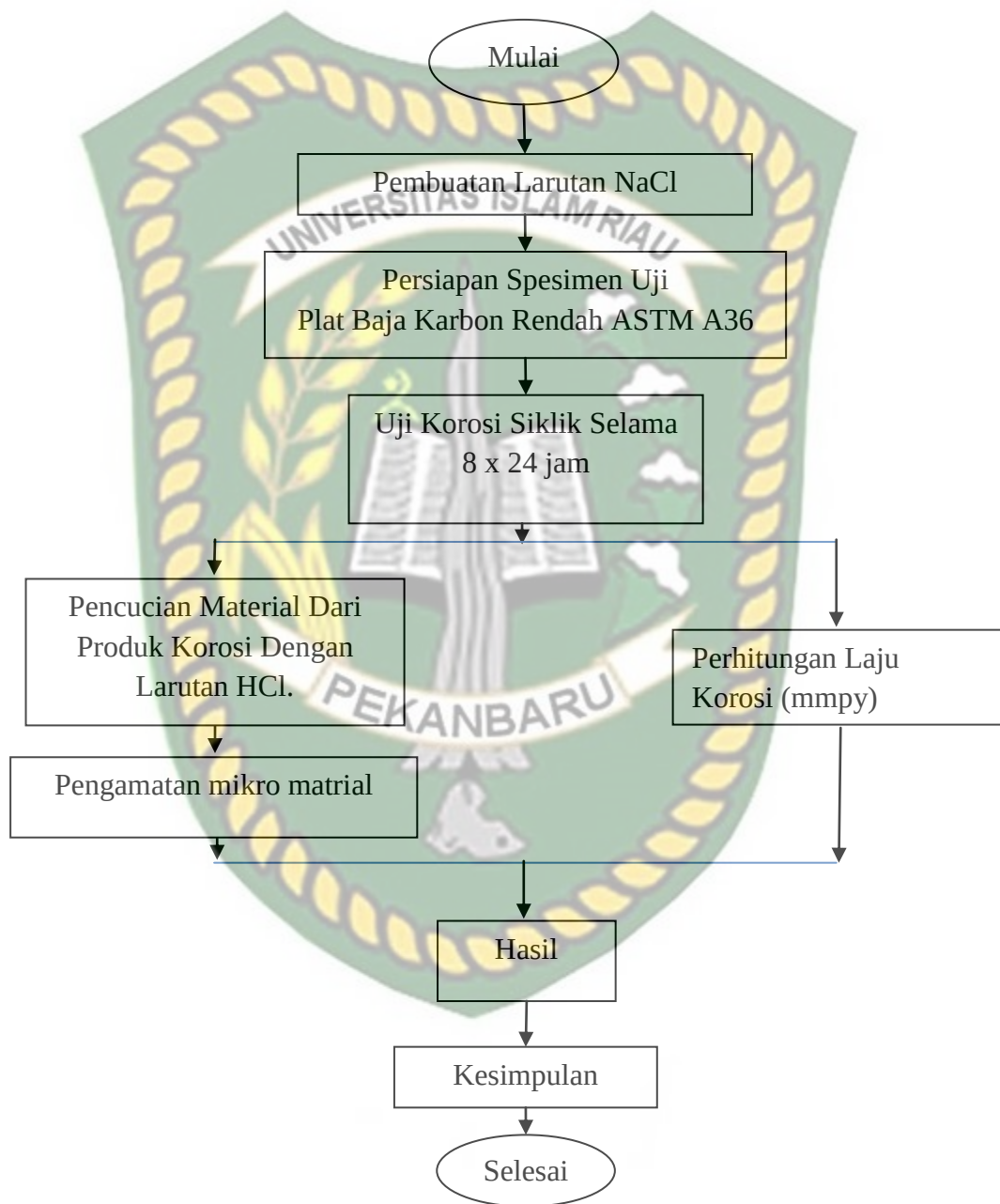
Table 2.4 perbandingan ketahanan korosi material berdasarkan nilai laju korosi

Relative Corrosion Resistance*	mpy	mm/yr	µm/yr	nm/h	pm/s
Outstanding	< 1	< 0.02	< 25	< 2	< 1
Excellent	1–5	0.02–0.1	25–100	2–10	1–5
Good	5–20	0.1–0.5	100–500	10–50	20–50
Fair	20–50	0.5–1	500–1000	50–150	20–50
Poor	50–200	1–5	1000–5000	150–500	50–200
Unacceptable	200+	5+	5000+	500+	200+

Sumber : Denny A. Jones, *Principles and Prevention of Corrosion*, hal. 34

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

3.2.1 Waktu

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan dimulai dari pemotongan material, persiapan media korosi dan pengambilan data. Dari keseluruhan penelitian ini dilaksanakan selama 8 x 24 jam.

3.2.2 Tempat

Adapun proses pengambilan data dilaksanakan di Laboratorium Material Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.

3.3 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan antara lain:

3.3.1 Alat

Alat-alat yang digunakan untuk penelitian ini adalah :

1. Gerinda listrik

Gerinda listrik digunakan untuk membersihkan permukaan spesimen dari kotoran yang melekat dan mencegah terjadinya korosi awal. Gambar gerinda listrik dapat dilihat pada Gambar.3.2



Gambar 3.2 Gerinda listrik

2. Wadah pembersihan

Wadah pembersihan berfungsi untuk menampung cairan pembersih kimia, tempat untuk merendam dan membersihkan specimen yang sudah terkorosi. Gambar wadah pembersihan dapat dilihat pada Gambar.3.3



Gambar 3.3 Wadah pembersihan

3 Jangka sorong

Pada penelitian ini jangka sorong digunakan untuk mengukur dimensi specimen. Gambar jangka sorong dapat dilihat pada Gambar.3.4



Gambar 3.4 Jangka Sorong

4 Timbangan Digital

Timbangan digital digunakan untuk menimbang berat spesimen sebelum dan sesudah dilakukannya pengujian. Gambar timbangan digital dapat dilihat pada Gambar.3.5



Gambar 3.5 Timbangan Digital

Kapasitas maksimum 300g (ketelitian : 0,01 g), dengan spesifikasi alat :

- Layar : LCD
- Tenaga baterai : DC 9V / 4 AA
- Resolusi : 0,01 g
- Konversi unit : g, oz

5 Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume media air laut yang dibutuhkan pada saat pengujian. Gambar gelas ukur dapat dilihat pada Gambar.3.6



Gambar 3.6 Gelas ukur

6 Aquarium

Aquarium digunakan untuk menampung air laut dan tempat untuk merendam spesimen pada saat pengujian. Gambar aquarium dapat dilihat pada gambar 3.7



Gambar 3.7 Aquarium

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini, adalah :

1. Larutan NaCl

Larutan NaCl digunakan sebagai media untuk uji korosi

2. Spesimen Pengujian

Spesimen pengujian menggunakan baja karbon sedang ASTM A36

3.4 Prosedur Kerja

Prosedur kerja penelitian dibagi menjadi tiga tahapan yaitu tahap prepares sampel uji, pembuatan larutan NaCl, dan proses uji siklik serta melakukan prosedur pengujian untuk melihat laju korosi pada baja yang telah di uji.

3.4.1 Preparasi Spesimen Uji

Spesimen uji yang akan digunakan dalam proses dipreparasi dengan tahapan sebagai berikut:

1. Spesimen uji dipotong sesuai ukuran dengan alat pemotong baja
Ukurannya 5 cm x 3 cm x 0,3cm.

2. Bersihkan specimen uji dan haluskan permukaan specimen dengan kertas amplas..
3. Bersihkan specimen uji dengan aquades untuk menghilangkan sisa-sisa kotoran pada spesimen.
4. Spesimen uji siap untuk di uji siklik

3.4.2 Pembuatan Larutan NaCl

Tuangkan air kedalam wadah sebanyak 2000 ml, kemudian larutkan garam kedalam air dengan variasi berat garam yang sudah ditentukan yaitu 50g,70g,dan 90g

3.4.3 Proses Uji Siklik

Penelitian dilakukan dengan menempatkan specimen pada 2 kondisi berbeda yaitu kondisi basah dan kondisi kering. Korosi pada lingkungan basah dilakukan pada 24 jam pertama, dilanjutkan dengan kondisi kering pada 24 jam kedua, specimen kembali di rendam dalam media korosif pada 24 jam ketiga, kondisi kering pada 24 jam keempat, dan seterusnya hingga waktu pengujian 8 hari (8 x 24 jam). Kondisi basah diperoleh dengan cara merendam specimen dalam larutan garam yang berbeda kadar garamnya, yaitu 50g garam dicampur dengan 2000 ml air , 70g garam dicampur dengan 2000 ml air dan 90 g garam dicampur dalam 2000 ml. Kondisi kering diperoleh dengan menempatkan spesimen pada lingkungan atmosfer tanpa perendaman. Kondisi pengujian ini mengakibatkan spesimen akan berada pada lingkungan elektrolit dan udar secara bergantian.

3.5 Pencucian Matrial Dengan Larutan NaCl

Pencucian specimen menggunakan cairan HCL dengan kadar 37%. Pencucian setiap specimen dibagi menjadi 5% dalam larutan 100mL aquadest. Kemudian specimen direndam dalam waktu 20 menit, setelah itu specimen di netralsisir menggunakan produk anoda(cairan alcohol). Kemudian setiap specimen di timbang menggunakan timbangan digital untuk melihat berat yang hilang atau berat akhir.

3.6 Analisa laju korosi

Perhitungan ini digunakan untuk mendapatkan laju korosi. Prinsip dari metode ini adalah dengan menghitung banyaknya material yang hilang atau kehilangan berat setelah dilakukan pengujian rendaman sesuai dengan standard ASTM 631-72 (Santoso 2019).

$$CR = \frac{K.W}{D.A.T} \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan: CR : Laju Korosi (m/tahun)
 K : Konstanta Laju Korosi (mpy)
 W : Selisih Massa (g)
 A : Luas Permukaan (cm²)
 t : Waktu Perendaman (tahun)
 D : Massa Jenis (g/cm³)

Dari perhitungan laju korosi pada specimen uji, data yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Data hasil perhitungan laju korosi.

No	Specimen	Beratawal	Berataakhir	Waktu
1				
2				
3				

3.7 Pengamatan Makro Material

Material hasil pengujian korosi dengan metode siklik dilakukan pengamatan dengan mikroskop untuk melihat lebih detail permukaannya.

Pengamatan dilakukan di laboratorium material teknik mesin UIR. Alat yang digunakan adalah mikroskop optic OLYMPUS. Alat yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Mikroskop optic.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diambil dalam penelitian ini meliputi data uji siklik, laju korosi, dan pengamatan visual secara mikro. Setelah mendapatkan data, data akan diolah dan dibahas untuk melihat uji siklik dan laju korosi pada specimen ASTM A36.

4.1 Baja ASTM A36

Baja ASTM A36 adalah salah satu jenis baja karbon yang umum digunakan pada aplikasi struktur. Baja ini tergolong baja karbon rendah yang memiliki sifat mampu mesin (*machinability*), keuletan (*ductility*) dan kekuatan (*strength*) yang ideal untuk penggunaan konstruksi dan struktur lainnya. Baja ini banyak digunakan juga dalam berbagai bentuk seperti plat, batang, baut, dan konstruksi jembatan dan bangunan yang sering juga mengalami pengelasan. Komposisi kimia baja ASTM A36 dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Komposisi Kimia Baja ASTM A36

Grade	C	Si	Mn	P	S
ASTM A36	0,25 max	0,4 max	0,8 – 1,2	0,035 max	0,035 max

Sedangkan sifat mekanisnya dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Komposisi Kimia Baja ASTM A36

Tensile strength, kis [MPa]	Yield strength, min, kis [MPa]	Elongation in 8 in. [200 mm], min, %	Elongation in 2 in. [50 mm], min, %
58-80 [400-550]	36 [250]	20	23

4.2 Perhitungan Konsentrasi NaCl

Media perendaman yang digunakan untuk menganalisa laju korosi yaitu NaCl. Pembuatan larutan NaCl menggunakan berat yang variasi 50gr, 70gr dan 90gr. Adapun perhitungan yang digunakan dalam proses pembuatan larutan NaCl untuk menghitung presentasi berat (%) dapat diselesaikan dengan persamaan sebagai berikut:

A. Membuat Larutan NaCl 50g dengan 2000ml

Diketahui bahwa $\rho \text{ air} = 1 \text{ g/cm}^3$

Maka, 2000 ml air = 2000 g

Persentase berat 50g NaCl dalam 2000ml air.

$$\text{Persen berat (\%)} = \frac{\text{g zat terlarut}}{\text{g zat terlarut} + \text{g pelarut}} \times 100 \%$$

$$\text{Persen berat (\%)} = \frac{50 \text{ g}}{50 + 2000 \text{ g}} \times 100 \%$$

$$= 2,4 \%$$

B. Membuat Larutan NaCl 70g dengan 2000ml

Persentase berat 70 g NaCl dalam 2000ml air.

$$\text{Persen berat (\%)} = \frac{\text{g zat terlarut}}{\text{g zat terlarut} + \text{g pelarut}} \times 100 \%$$

$$\text{Persen berat (\%)} = \frac{70 \text{ g}}{70 \text{ g} + 2000 \text{ g}} \times 100 \%$$

$$= 3,4 \%$$

C. Membuat Larutan NaCl 90g dengan 2000ml

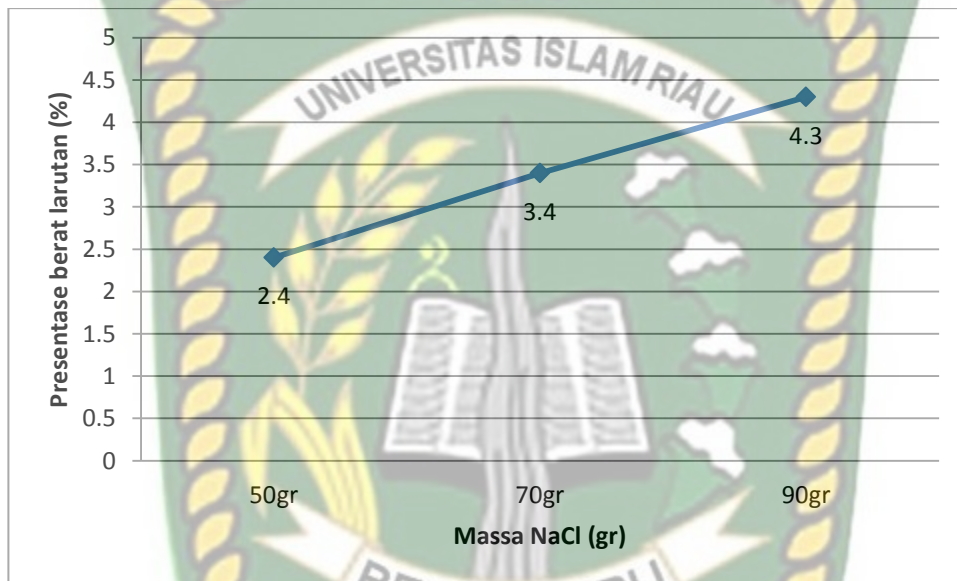
Persentase berat 90g NaCl dalam 2000ml air.

$$\text{Persen berat (\%)} = \frac{\text{g zat terlarut}}{\text{g zat terlarut} + \text{g pelarut}} \times 100 \%$$

$$\text{Persenberat (\%)} = \frac{90 \text{ g}}{90 \text{ g} + 2000 \text{ g}} \times 100 \%$$

$$= 4,3 \text{ \% berat}$$

Hubungan massa garam yang dicampurkan dengan konsentrasi garam dalam media korosi yang dihasilkan diperlihatkan pada Gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 4.1 Grafik Hasil Perhitungan Persentasi Berat Larutan NaCl

4.2 Pengaruh Persentase Berat NaCl Terhadap Laju Korosi Pada Uji Siklik

Persentase berat NaCl dalam larutan sebagai media perendaman plat baja ASTM A36 dapat mempengaruhi laju korosi. Dimana sampel uji yang direndam menghasilkan nilai kehilangan berat yang berbeda. Data diambil setelah waktu perendaman 8 hari (8 x 24 jam) dengan siklus 1 x 24 jam basah, 1 x 24 jam kering, 1 x 24 jam basah, dan seterusnya hingga 8 hari. Nilai kehilangan berat dari setiap specimen dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data hasil perhitungan kehilangan berat

No	Kadar garam	Beratawal (g)	Beratakhir (g)	Waktu (Jam)	Berat yang hilang (g)
1	50g	30,557	30,34	192	0,216
2	70g	30,935	30,61	192	0,325
3	90g	31,515	30,90	192	0,615

$$CR = \frac{K.W}{D.A.T} \dots\dots\dots (4.1)$$

)

Keterangan: CR : Laju Korosi (m/tahun)

K : Konstanta Laju Korosi (mpy)

W : Selisih Massa (g)

A : Luas Permukaan (cm²)

t : Waktu Perendaman (jam)

D : Massa Jenis(g/cm³)

Diketahui D baja karbon adalah 7,84 g/cm³.

Perhitungan :

A. Perhitungan laju korosi dengan media rendaman 50 g

$$CR = \frac{K.W}{D.A.T}$$

$$\begin{aligned}
 CR &= \frac{8,76 \cdot 10^4 \cdot \text{mpy} \cdot 0,216 \text{ g}}{7,84 \text{ g/cm}^3 \cdot 34,8 \text{ cm}^2 \cdot 192} \\
 &= \frac{18.921,6}{52.383,744}
 \end{aligned}$$

$$= 0,3612 \text{ mm/y}$$

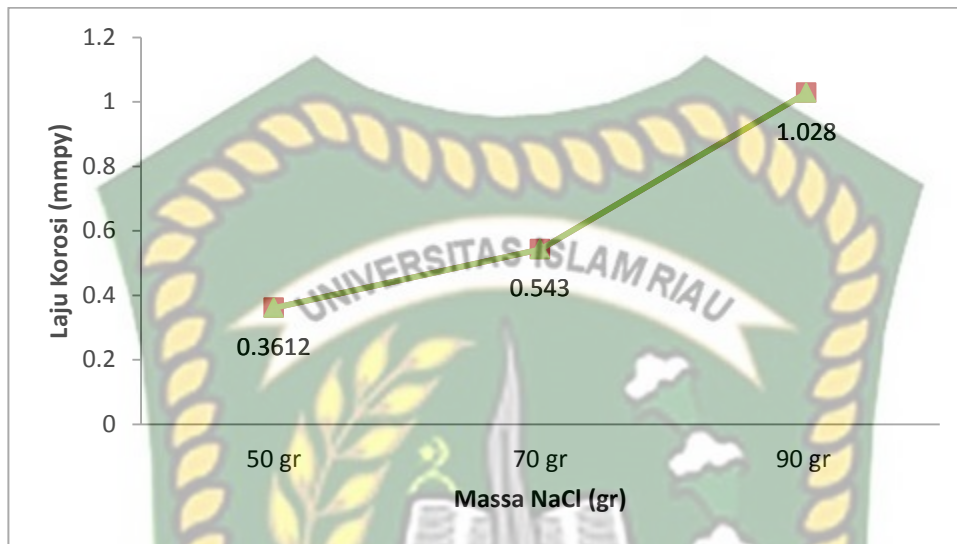
B. Perhitungan laju korosi dengan media rendaman 70 g

$$\begin{aligned} CR &= \frac{K.W}{D.A.T} \\ &= \frac{8,76 \cdot 10^4 \text{ mmpy} \cdot 0,325 \text{ g}}{7,84 \text{ g/cm}^3 \cdot 34,8 \text{ cm}^2 \cdot 192} \\ &= \frac{28.470}{52.383,744} \\ &= 0,543 \text{ mm/y} \end{aligned}$$

C. Perhitungan laju korosi dengan media rendaman 90 g

$$\begin{aligned} CR &= \frac{K.W}{D.A.T} \\ &= \frac{8,76 \cdot 10^4 \text{ mmy} \cdot 0,615 \text{ g}}{7,84 \text{ g/cm}^3 \cdot 34,8 \text{ cm}^2 \cdot 192} \\ &= \frac{53.874}{52.383,744} \\ &= 1,028 \text{ mm/y} \end{aligned}$$

Pengaruh konsentrasi garam terhadap laju korosi yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pengaruh konsentrasi garam pada laju korosi Baja A36.

Sampel 1 sebelum di uji pada rendaman larutan NaCl terlebih dahulu ditimbang massa awal dan didapatkan massa awal sampel 30,557 g setelah diuji dan di rendam dalam larutan NaCl 2,4 wt.% dan dihilangkan karat yang menempel pada sampel maka massa akhir 30,34 g, sehingga kehilangan massa menjadi 0,216 g yang diakibatkan dari proses korosi. Setelah dilakukan perhitungan laju korosi pada sampel maka didapatkan nilai laju korosi adalah 0,3612 mmpy. Adanya reaksi reduksi dan oksidasi menyebabkan permukaan sample yang menjadi anoda akan melepaskan ion-ion dan bagian yang menjadi katoda akan menjadi tempat berkumpulnya ion-ion yang dilepaskan anoda. Bagian katoda akan menebal dan menjadi tempat korosi dan bagian anoda akan menipis sehingga pada saat menghilangkan karat pada sampel maka massa sampel akan mengalami pengurangan berat.

Sampel 2 memiliki berat awal 30,935 g dan berat akhir setelah pengujian dalam larutan NaCl adalah dan di rendam dalam larutan NaCl 3,4 wt.% adalah 30,61

g, sehingga kehilangan massa menjadi 0,325 g. Setelah dilakukan perhitungan laju korosi pada sampel maka didapatkan nilai laju korosi adalah 0,543 mmpy.

Selanjutnya pada Sampel 3 sebelum diuji pada rendaman larutan NaCl terlebih dahulu ditimbang massa awal dan didapatkan massa awal sampel 31,515 g setelah diuji dan di rendam dalam larutan massa NaCl 4,3 wt.% dan dihilangkan karat yang menempel pada sampel maka massa akhir 30,90 g, sehingga kehilangan massa menjadi 0,615 g yang merupakan korosi, setelah dilakukan perhitungan laju korosi pada Sampel maka didapatkan nilai laju korosi adalah 1,028 mmpy

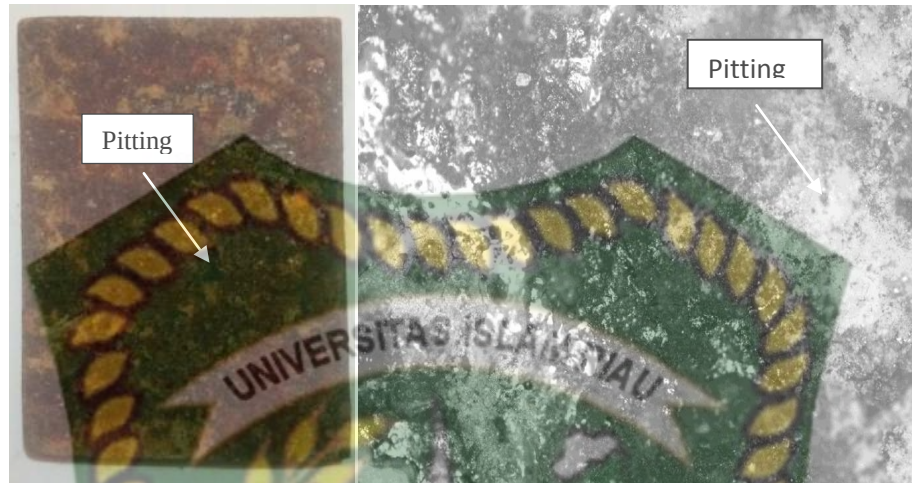
Dari grafik di atas, jelas terlihat bahwa dengan naiknya konsentrasi garam maka laju korosi yang terjadi semakin tinggi. Laju korosi tertinggi ditemukan pada specimen yang direndam dalam larutan NaCl 4,3 wt.%.

Massa NaCl akan meningkatkan energy dalam suatu sistem sehingga akan mempengaruhi besarnya laju korosi yang terjadi. Hal ini dikarenakan, semakin besar massa NaCl yang di larutkan, partikel yang menyusun unsure baik itu dari larutan maupun dari logamnya bergerak semakin cepat. Dengan adanya gerakan yang lebih cepat ini, kemungkinan bertemunya ion dari larutan dan ion dari logam untuk bereaksi semakin cepat pula. Dengan demikian, laju reaksi yang terjadi juga semakin cepat. Pada aplikasinya dalam air laut, kadar garam dikenal dengan salinitas. Kadar garam yang tinggi (salinitas) menjadi satu faktor sangat berpengaruh terhadap laju korosi, semakin tinggi salinitas semakin cepat laju korosi.

4.4 Hasil Pengamatan Korosi Secara Mikro

Dilihat dari pengamatan foto mikro specimen uji pada Gambar 4.3 sampai Gambar 4.5, korosi pada specimen uji semakin bertambah banyak dan bertambah buruk selama waktu pengujian dalam waktu 8 x 24 jam. Terlihat pada setiap gambar terdapat titik lubang-lubang yang di sebut korosi pitting atau sumuran. Hal ini menunjukan bahwa laju korosi dan waktu kontak pada lingkungan saling berkaitan,

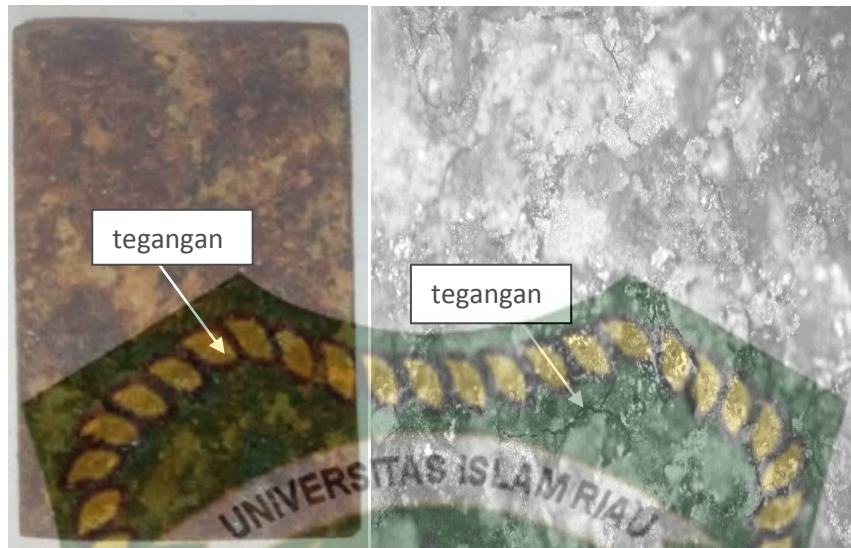
semakin lama logam berinteraksi dengan lingkungan siklik maka semakin banyak specimen tersebut akan terkorosi.



Gambar 4.3, Korosi *pitting* material ASTM A36 massa NaCl 50gr, yang ditandai adanya lubang yang terbentuk pada material.



Gambar 4.4, Korosi *pitting* material ASTM A36 massa NaCl 70gr, yang ditandai adanya lubang yang terbentuk pada material.



Gambar 4.5, Korosi tegangan material ASTM A36 dengan Massa NaCl 90gr

Dari Gambar 4.3 dan 4.4 di atas, terlihat bahwa lubang-lubang(*pitting*) ditemukan pada semua specimen. *Pitting* menunjukkan telah terjadi korosi sumuran pada material. Korosi dimulai dari rusaknya lapisan pasif yang terbentuk, sehingga mengakibatkan elektron pada unsur Fe mampu menembus keluar dan mengakibatkan unsur Fe berubah menjadi ion Fe^{2+} . Terlihat bahwa serangan korosi di dalam korosi pitting itu sendiri dimulai dari batas butir. Hal ini dikarenakan pada batas butir terdapat energi yang lebih tinggi dari daerah di sekitar batas butir akibat adanya gaya ikatan antar butir. Energi yang lebih tinggi ini menyebabkan unsur Fe lebih mudah untuk melepas elektronnya dan akan berubah menjadi ion. Proses yang terjadi selanjutnya sama seperti yang terjadi pada korosi *pitting* di atas.

Hasil korosi material ASTM A36 pada kondisi (basah dan kering) selama 192 jam sudah timbul produk korosi pada permukaannya. Material ASTM A36 sudah mulai terkorosi dengan terlihatnya bekas produk korosi yang terdapat pada permukaannya. Dengan demikian, lapisan pasif pada material ASTM A36 sudah mengalami kerusakan dan korosi terlihat secara merata di permukaan dan pada batas butir.

Sedangkan pada Gambar 4.5 diatas terlihat berbeda dari Gambar 4.3 dan Gambar 4.4. Gambar 4.5 terlihat ada retakan pada permukaan material yang terkorosi. Hal ini menunjukkan telah terjadi korosi retak tegang. Dikarenakan specimen tersebut direndam pada pengujian dengan massa NaCl yang lebih besar yaitu 90 gr, sedangkan pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 spesimen tersebut di rendam dengan massa NaCl yang lebih rendah yaitu hanya 50 gr dan 70 gr. Adanya retakan dimungkinkan pengaruh dari tegangan yang terjadi pada proses pembuatan material karena selama pengkorosian sebenarnya material tidak diberikan tegangan.

4.6 Pembahasan

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh lingkungan siklik terhadap laju korosi. Sementara kondisi lingkungan yang digunakan adalah lingkungan kering dan lingkungan basah. Hal pertama yang dapat dilihat pada pengujian ini adalah hasil pengamatan visual secara mikro yang ada pada permukaan plat logam yang mengacu pada Gambar 4.3, Gambar 4.4 dan Gambar 4.5. Jumlah korosi yang terbentuk pada permukaan bertambah dengan meningkatnya massa NaCl dalam larutan. Pada kondisi lingkungan kering, korosi yang terbentuk lebih sedikit dari kondisi lingkungan basah. Selanjutnya dilakukan pengamatan secara makro dengan mikroskop optik. Dari hasil mikroskop optik, berdasarkan Gambar 4.3 sampai Gambar 4.5 dapat ditentukan jenis korosi yang timbul adalah korosi merata (*uniform*). Hal ini dilihat dari persebaran korosi yang dihasilkan di permukaan plat. Selain itu kehadiran pitting pada beberapa tempat menunjukkan telah terjadi juga korosi *pitting*. Sedangkan pada konsentrasi larutan yang lebih tinggi telah terjadi korosi retak tegang karena terlihat adanya retakan di permukaan material yang terkorosi.

Kenaikan kadar garam menunjukkan bahwa laju korosi meningkat seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4.2. Pada kondisi massa NaCl 90 gr laju korosi meningkat secara signifikan, Ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa korosi dibawah insulasi digolongkan sebagai korosi atmosferik dengan faktor penyebab air dan kadar massaNaCl.

Penelitian menunjukkan bahwa kombinasi lingkungan basah dan kering telah menyebabkan terjadinya korosi pada material baja A36. Kehadiran NaCl yang semakin meningkat mempengaruhi laju korosi karena meningkatnya salinitas media korosi. Selain itu kehadiran ion Cl^- telah mendorong terjadinya korosi *pitting*.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan dari penelitian ini :

1. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di peroleh bahwa laju korosi sampel baja karbon sedang pada massa NaCl 50 gr , 70 gr dan 90 gr yaitu 0,3612 mm/y , 0,543 mm/y dan 1,023 mm/y sedangkan untuk. Besarnya laju korosi pada massa NaCl 90 gr di banding 50 gr dan 70 gr disebabkan oleh beberapa faktor yaitu suhu udara, kelembaban, serta massa NaCl lebih besar .
2. Korosi yang terbentuk pada baja ASTM A36 adalah korosi retak tegang dan korosi sumuran (*pitting*) karena adanya ion Cl^- .
3. Meningkatnya kadar NaCl dalam media korosi menyebabkan salinitas meningkat sehingga laju korosi juga meningkat.

5.2 Saran

Saran dan rekomendasi yang dapat diberikan oleh penulis untuk penelitian lanjutan mengenai pengaruh lingkungan siklik terhadap laju korosi :

1. Di perlukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh lingkungan siklik terhadap laju korosi dengan menyertakan seluruh faktor-faktor yang mempengaruhi korosi dan sebaiknya rentang waktu penelitian di perpanjang agar didapatkan hasil yang lebih detail.
2. Jumlah spesimen untuk percobaan sebaiknya lebih dari 5 agar saat terjadinya kegagalan tidak perlu mengulang proses pengujian.
3. Data diambil tidak hanya pada akhir penelitian tetapi setiap jangka waktu tertentu misal 1, 2, 3, 4, dan seterusnya. Sehingga dapat diketahui perbedaan laju korosi pada lingkungan berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggono, Juliana. 2000. “ *Studi Perbandingan Kinerja Anoda Korban Paduan Aluminium Dengan Paduan Seng Dalam Lingkungan Air Laut*”. Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra, Surabaya, Volume 2 Nomer 1, Halaman 89-99.
- Amanto, H. Dan Daryanto, 1999. *Ilmu Bahan*. Jakarta, Bumi Aksara
- Amstead. 1997. *Teknologi Mekanik*. Erlangga. Jakarta. edisi ketujuh
- Asiyanto 2008 *metode konstruksi proyek jalan*. Jakarta universitas indonesia
- ASM Handbook Volume 13, Corrosion, hal. 313
- ASTM G1-30 Standard practice for preparing, cleaning, and evaluating corrosion test specimens.
- Benjamin D Craig, (2006) “*Corrosion Prevention and Control : A Pragmatic Management Guide for Selecting Materials*”, Advanced Material, Manufacturing, and Testing Information Analysis Centre (AMMTIAC)
- Baboian Robert, *Nace Corrosion Engineer’s Reference Book*, 2002 : 111
- Denny A Jones, *Principles and Prevention of Corrosion* Hal-34
- Jhonson E.R, Oktober 1972, *Horizontal Force Due To Waves Acting On Large Vertical Cylinders in Deep Water*, Naval Undersea Center San Diego, California.
- Ricker, W.E. 1979. “*Growth Rates and Models*”. In: W.S. Hoar, D.J. Randall and J.R. Brett (Eds.). *Fish Physiology: Bioenergetics and Growth*. Vol. VIII. Acad. Press Inc., USA.
- Tretheway, KR, dan Chamberlin, J., (1991), “*Korosi Untuk Mahasiswa dan Rekayasawan*”, terjemahan Alex Tri Kantjono Widodo, PT, Gedia Utama, Jakarta.
- Muhbin sarhaysim, (2017) *Analisis Laju Korosi*
- Sumarji, *Jurnal ROTOR*, Volume 4 Nomor 1, Januari 2011