ANALISIS LAJU KOROSI DAN LIFETIME MATERIAL STAINLESS STEEL

A.Zilfikar Syaiful[1)], M.Tang[2)],Julia Dwita Rambung Batu Kada[3)],
[1,2,3]Prodi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia
email:
zulfikar.syaiful@universitasbosowa.ac.id
muh.tang@universitasbosowa.ac.id
julia.dwitarbk@gmail.com

Abstrak

Korosi merupakan degradasi dari suatu material akibat interaksi dengan lingkungan melalui proses elektrokimia. Laju korosi adalah kecepatan rambatan atau kecepatan penurunan kualitas bahan terhadap waktu. Baja tahan karat (Stainless Steel 316) adalah segala bentuk paduan Fe (Fe alloy) yang mengandung lebih dari 11 % Chromium (Cr). Tujuan diadakannya penelitian ini adalah menentukan laju korosi pada material stainless steel, mengetahui perbedaan laju korosi pada larutan asam klorida (HCl) dan natrium klorida (NaCl). Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode weight loss merupakan perhitungan kecepatan berdasarkan berat hilang yang diakibatkan oleh korosi. Jenis penelitian eksperimental yaitu dengan mengetahui pengaruh variabel independent (treatment/perlakuan) terhadap variabel dependen (hasil) dalam kondisi yang terkendalikan. Dari hasil penelitian didapatkan hasil perhitungan Laju korosi spesimen A pada larutan HCl 10% didapatkan hasil spesimen (12 cm^2) adalah 5,64 mm/year, spesimen (24 cm^2) adalah 3,72 mm/year, dan spesimen (36 cm^2) adalah 4,66 mm/year. Sedangkan untuk hasil perhitungan Laju korosi Spesimen B pada larutan NaCl 10% didapatkan hasil spesimen (12 cm^2) adalah 0,067 mm/year, spesimen (24 cm^2) adalah 0,011 mm/year, dan spesimen (36 cm^2) adalah 0,011 mm/year. Nilai Lifetime Spesimen A pada HCl 10% (12 cm^2) adalah 0,26 yang kemudian setelah di konversi ke tahun dapat bertahan selama 3,12 tahun, Spesimen A (24 cm^2) adalah 0,40 yang kemudian setelah di konversi ke tahun dapat bertahan selama 4,8 tahun, dan Spesimen A (36 cm^2) adalah 0,32 yang kamudian setelah di konversi dapat bertahan selama 3,84 tahun. Nilai Lifetime Spesimen B pada NaCl 10% (12 cm^2) adalah 22,09 yang kemudian setelah di konversi ke tahun dapat bertahan selama 23,08 tahun, Spesimen B (24 cm^2) adalah 129,79 yang kemudian setelah di konversi ke tahun bertahan selama 138,48 tahun, dan Spesimen B (36 cm^2) adalah 128,87 yang kemudian setelah di konversi ke tahun dapat bertahan selama 138,44 tahun. Temperatur, waktu, dan pH berpengaruh terhadap laju korosi. Laju korosi terbesar terjadi pada spesimen A larutan HCl 10% dibandingkan dengan spesimen B larutan NaCl 10%.

Kata kunci : *Laju korosi, SS-316, Weight loss, Lifetime, Eksperimental.*

1. PENDAHULUAN

Dalam dunia industri, barang hasil produksi dibuat dan dirancang supaya memiliki ketahanan yang baik terhadap lingkungan, terutama produk yang berbahan logam. Logam merupakan salah satu jenis bahan yang banyak dimanfaatkan dalam peralatan penunjang bagi kehidupan manusia. Suatu logam dapat mengalami kerusakan akibat adanya korosi. Korosi merupakan reaksi elektrokimia antara logam dan lingkungan yang menyebabkan pengkaratan dan menurunkan mutu logam. Korosi merupakan sesuatu yang

sangat berbahaya, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Baja merupakan salah satu material logam yang banyak diaplikasikan dalam dunia industri. Ketahanan korosi pada baja dipengaruhi oleh unsur paduan yang terkandung di dalamnya seperti nikel (Ni), krom (Cr), dan mangan (Mn). Ketiga unsur tersebut akan berdampak pada sifat ketahanan korosi. Baja nikel laterit adalah baja yang diolah dari bijih nikel laterit kadar rendah. Baja ini dapat digolongkan ke dalam baja paduan rendah dengan kandungan nikel dan

kromium lebih sedikit dibandingkan stainless steel.

Stainless steel merupakan baja anti karat yang tahan terhadap korosi karena memiliki unsur paduan minimal 18% krom dan 8% nikel. Stainless steel dapat diperoleh dengan mencampurkan feronikel (18-20% Ni. 75-78% Fe) ke dalam leburan nikel ferokrom melalui oksidasi sebelum dilakukan proses pembuatan baja. Feronikel yang ditambahkan disesuaikan dengan kandungan nikel yang terdapat dalam nikel ferokrom.

Berdasarkan struktur kristalnya, baja tahan karat dikelompokkan menjadi lima yaitu baja tahan karat austenitik, baja tahan karat feritik, baja tahan karat martensitik, baja tahan karat dupleks, dan baja tahan karat pengerasan pengendapan. Baja tahan karat austenitik adalah baja yang mempunyai ketahanan korosi baik, sifat mampu bentuk, dan sifat mampu las serta bersifat non feromagnetik. Pada suhu rendah sering dimanfaatkan dalam aplikasi kriogenik. Baja tahan karat austenitik yang mengandung kromium dan nikel diberi nomor seri 300 dan seri 200 untuk kromium, nikel, dan mangan. Meskipun stainless steel merupakan baja tahan karat, tetapi masih dapat terserang korosi. Korosi yang terjadi dapat berupa korosi batas butir (intergranular corrosion), korosi lubang (crevice corrosion), korosi sumuran (pitting corrosion), dan korosi retak tegang (stress corrosion cracking). Untuk mengetahui keunggulan austenitic stainless steel sebagai bahan konstruksi, perlu dilakukan penelitian mengenai korosi lokal dari stainless steel tersebut. Penelitian mengenai korosi dilakukan dengan cara mereaksikan stainless steel dalam media korosif seperti larutan garam (NaCl) (Arga dkk, 2020).

1.2 Rumusan Masalah

a. Bagaimana menentukan laju korosi logam stainless steel 316 ?

b. Bagaimana perbedaan laju korosi pada larutan natrium klorida (NaCl) dan larutan asam klorida (HCl) ?

c. Berapa nilai lifetime pada logam stainless steel 316 dengan waktu terkorosi 4 minggu ?

1.3 Tujuan Penelitian

a. Menentukan laju korosi pada material stainless steel 316.

b. Mengetahui perbedaan laju korosi pada larutan natrium klorida (NaCl) dan larutan asam klorida (HCl).

c. Menentukan nilai lifetime pada material stainless steel 316.

1.4 Manfaat Penelitian

a. Memberikan sumbangan pemikiran mengenai laju korosi pada stainless steel 316 yang biasa digunakan pada perusahaan industri seperti pada pipa, pompa, dll.

1.5 Batasan Masalah

a. Laju korosi yang diteliti adalah logam stainless steel 316.

b. Penentuan laju korosi berdasarkan metode kehilangan berat (weight loss).

c. Analisa ekonomi tidak diperhitungkan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Korosi

Korosi merupakan degradasi dari suatu material akibat interaksi dengan lingkungan melalui proses elektrokimia. Pada saat suatu logam di ekspos ke lingkungannya, maka akan terjadi interaksi diantara keduanya. Timbulnya korosi ini akan sangat merugikan karena dapat menimbulkan kerusakan, penurunan penampilan, ongkos maintenance membesar, kontaminasi produk, serta keamanan berkurang. Korosi yang biasa terjadi di lapangan memiliki berbagai macam jenis antara lain: galvanic, uniform, crevice, pitting, interganular, selective leaching, erosion corrosion, stress corrosion cracking. Faktor - faktor yang harus ada dalam korosi antara lain: anoda, katoda, konduktor, dan elektrolit (Fontana, 1986).

a. Faktor yang berpengaruh terhadap korosi

Faktor yang mempengaruhi 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, suhu, 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. (Femiana, 2017)

b. Mekanisme Korosi dan Reaksi Korosi pada Logam

Mekanisme korosi tidak terlepas dari reaksi elektrokimia. Reaksi elektrokimia melibatkan perpindahan elektron-elektron. Perpindahan elektron merupakan hasil reaksi redoks (reduksi-oksidasi). Mekanisme korosi melalui reaksi elektrokimia melibatkan reaksi anodik di daerah anodik. Reaksi anodik yang terjadi pada proses korosi logam yaitu:

$$Mn \rightarrow Mn^{+} + ne$$

Proses korosi dari logam M adalah proses oksidasi logam menjadi satu ion (n+) dalam pelepasan n elektron. Harga dari n bergantung dari sifat logam sebagai contoh besi :

$$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e$$

Reaksi katodik juga berlangsung di proses korosi. Reaksi katodik diindikasikan melalui penurunan nilai valensi atau konsumsi elektron - elektron yang dihasilkan dari reaksi anodik. Reaksi katodik terletak di daerah katoda. Beberapa jenis reaksi katodik yang terjadi selama proses korosi logam yaitu :

Pelepasan gas hydrogen :

$2H^{-} + 2e \rightarrow H_2$

Reduksi oksigen :

$O_2 + H_2O_4 \rightarrow 4OH^{-}$

Reduksi ion logam :

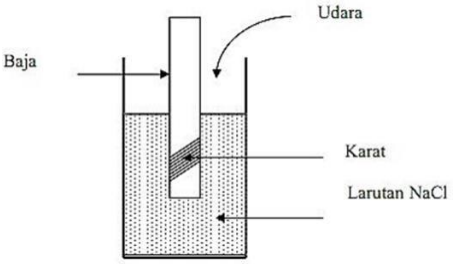
$Fe^{3+} + e \rightarrow Fe^{2+}$

Pengendapan logam :

$3Na^{+} + 3e \rightarrow 3\ Na$

reaksi katodik dimana oksigen dari udara akan larut dalam larutan terbuka. Reaksi korosi tersebut dapat terlihat pada gambar berikut :

$$2Fe + O_2 \rightarrow Fe_2O_3$$



***Gambar 2.3** Korosi baja pada larutan NaCl*

Pada reaksi korosi yang terpenting sebenarnya ialah laju reaksinya/laju korosi (faktor kinetik) walau dapat /tidaknya terjadi reaksi adalah persoalan termodinamik pula. Laju korosi ditentukan terutama oleh perilaku polarisasi sel.

c. Laju Korosi

Laju korosi adalah kecepatan rambatan atau kecepatan penurunan kualitas bahan terhadap waktu. Dalam perhitungan laju korosi, satuan yang biasa digunakan adalah mm/th (standar internasional) atau mill/year (mpy, standar British). Tingkat ketahanan suatu material terhadap korosi umumnya memiliki niai laju korosi antara 1 – 200 mpy (Fontana, 1986).

Laju korosi dapat ditentukan dengan berbagai cara, diantaranya dengan ekstrapolasi kurva tabel. Pada tabel 2.1 berikut dapat dilihat hubungan laju korosi dengan ketahanan korosinya (Trezar., 2011).

ketahanan korosi relatif	Laju Korosi				
	Mpy	mm/y	µm/y	nm/hr	pm/s
sangat baik	<1	<0,02	<25	<2	<1
Baik	1 – 5	0,02 – 0,1	25 – 100	2 – 10	1 – 5
Cukup	5 – 20	0,1 – 0,5	100 – 500	10 – 50	20 – 50
Kurang	20 – 50	0,5 – 1	500 – 1000	50 – 150	20 – 50
Buruk	50 - 200	1 - 5	1000 - 5000	150 – 500	50 - 200

***Tabel 2.1** Tabel Hubungan Laju Korosi Dengan Ketahanan Korosi*

2.2 Metode Weight Loss (Kehilangan berat)

Metode weight loss merupakan perhitungan kecepatan berdasarkan berat hilang yang diakibatkan oleh korosi. Menurut ASTM (American Society

Testing and Material) International, pengukuran laju korosi dengan metode kehilangan berat dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$CR = \frac{W \; x \; K}{D \; x \; As \; x \; T} \text{.....(2.1)}$$

Keterangan :
CR = Corrosion rate
W = Weight Loss (gram)
K = Konstanta Factor (mm/year)
D = Densitas (gram/cm3)
As = Dimensi (cm2)
T = Eksposure Time (jam)

2.3 Lifetime

Dalam menghitung lifetime menggunakan standard API 570 (American Petroleum Institute). Lifetime merupakan penentun usia material khususnya logam yang diakibatkan oleh korosi, maka maximum wall thickness material dikurangi minimum wall thickness kemudian dibagi dengan laju korosi.

$$LT = \frac{Tac - Tm}{CR} \text{.....(2.2)}$$

Keterangan :
LT = Lifetime
Tac = Thickness Actual (mm)
Tm = Thickness Minimum (mm)
CR = Corrosion Rate

2.4 Stainless Steel 316

Baja tahan karat (Stainless Steel) adalah segala bentuk paduan Fe (Fe alloy) yang mengandung lebih dari 11 % Chromium (Cr) (Chandler, 1987:108). Pada Baja SS-316 terdiri dari kandungan karbon rendah dan mengandung campuran nikel kromium baja tahan karat austenitik yang tinggi dengan penambahan molybdenum yang memberikan peningkatan ketahanan terhadap korosi, hal ini terutama terlihat untuk korosi sumuran (pitting corrosion) dan korosi celah dalam lingkungan klorida.

Unsur logam nikel dan krom yang terkandung dalam SS-316 membuatnya bersifat menentang karat yang memiliki kandungan nikel 10% dan kromium 16%. Kandungan nikel yang tinggi juga dapat mencegah terjadinya korosi tegang. Kandungan molybdenum dan tembaga dalam logam SS-316 ditingkatkan untuk mencegah terjadinya korosi sumur dan celah serta korosi umum lainnya. Kandungan karbon yang rendah dapat mencegah terjadinya korosi antar butir. Logam SS-316 banyak digunakan untuk komponen mesin, keran, pipa, peralatan petrokimia, peralatan laboratorium, lambung kapal, mur, baut, dan peralatan industri lainnya (Shreir, 1994).

C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni	N
0.8	2.0	0.75	0.045	0.03	16 - 18	2 - 3	10 -14	0.1

Tabel 2.2 *Komposisi Kimia Baja Tahan Karat (Stainless Steel)*

2.5 Potensial Elektroda Logam

Kecenderungan logam terkorosi dalam larutan diukur dengan elektroda potensial efektif antara permukaan logam dengan ion - ionnya yang terdapat dalam larutan. Artinya, potensial logam pada larutan yang mengandung satu gram berat atom (1 mol) ion - ionnya dihitung pada temperatur konstan (Trethewey, 1991). Hasilnya adalah standar elektroda potensial baku tiap logam. Elektroda hidrogen dipakai sebagai potensial acuan yaitu sebesar nol volt. Semakin negatif potensial reduksi maka semakin reaktif logam tersebut. Dalam suatu sel korosi, elektroda dengan potensial reduksi lebih negatif akan mengalami oksidasi (anoda) dan elektroda dengan potensial reduksi lebih positif akan mengalami reaksi reduksi (katoda).

2.6 Rinsing

Proses rinsing bertujuan untuk membersihkan soda kaustik (NaOH) yang masih menempel pada permukaan spesimen dengan menggunakan aseton dengan cara direndam pada temperatur kamar.

2.7 Aseton

Penggunaan aseton terbesar dapat dibagi menjadi tiga kategori penggunaan. Ini termasuk penggunaan sebagai bahan baku kimia, pelarut formulasi untuk produk komersial, dan pelarut proses industri. Mayoritas produksi di seluruh dunia digunakan sebagai pakan untuk menyiapkan asam metil metakrilat dan

bisfenol A. Aseton memiliki banyak sifat menguntungkan yang membuatnya berguna sebagai pelarut formulasi untuk berbagai jenis cat, tinta, resin, pernis, lapisan permukaan, penghilang cat, sebagai pembersih logam dan pelarut finishing, dan produk perawatan otomotif. Sebagai pelarut proses industri, aseton biasa digunakan memproduksi benang selulosa asetat, busa poliuretan, vitamin C, dan bubuk tanpa asap (Hernandez, 1999).

2.8 NaCl

Natrium klorida, juga dikenal dengan garam dapur, atau halit, adalah senyawa kimia dengan rumus molekul NaCl, mewakili perbandingan 1:1 ion natrium dan klorida. Dengan massa molar masing-masing 22,99 dan 35,45 g/mol, 100 g NaCl mengandung 39,34 g Na dan 60,66 g Cl. Senyawa ini adalah garam yang paling mempengaruhi salinitas laut dan cairan ekstraselular pada banyak organisme multiseluler. Sebagai komponen utama pada garam dapur, natrium klorida sering digunakan sebagai bumbu dan pengawet makanan. Sejumlah besar natrium klorida digunakan dalam banyak proses industri, dan merupakan sumber utama senyawa natrium dan klorin yang digunakan sebagai bahan baku untuk sintesis kimia lebih lanjut. Aplikasi utama kedua natrium klorida adalah untuk menghilangkan lapisan jalan pada cuaca sub-beku (panjaitan,2020).

2.9 HCl

Asam klorida merupakan salah satu asam kuat yang merupakan komponen utama dari asam lambung. Asam klorida yang dilarutkan ke dalam air menghasilkan larutan tak berwarna. Pada saat dilarutkan dalam air, asam klorida terionisasi melepaskan ion hidrogen (satu proton tunggal) karena ia merupakan suatu asam monoprotik. Asam klorida juga sering digunakan diberbagai dunia perindustrian. Namun karena sifatnya yang korosif, senyawa ini diharuskan mendapat penanganan yang tepat supaya tidak membahayakan. Seiring dengan semua faktor lingkungan ini, laju korosi logam juga dipengaruhi secara alami oleh sifat produk korosi yang terkumpul di permukaan (Mazères et al.,2016). Sifat produk korosi bisa didapat ketika proses pelapisan baja. Keseluruhan proses korosi ini dapat berlangsung dalam media atau larutan asam, seperti asam klorida dan asam sulfat (Bentiss et al.,2000). Korosi juga dapat menyebabkan kerusakan bertingkat pada lapisan baja akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Universitas Bosowa dan dilakukan selama 2 bulan.

3.2 Alat dan Bahan

a. Alat

- Gelas Kimia 500 ml
- Gelas Kimia 100 ml
- Labu Ukur 500 ml
- Batang Pengaduk
- Jangka Sorong
- Labu Semprot
- Penjepit
- Corong
- Timbangan digital
- Baskom Kecil 2

b. Bahan

- Stainless Steel 316
- Aquades
- NaCl 10%
- HCl 10%
- Aseton

3.3 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimental yaitu dengan mengetahui pengaruh variabel independent (treatment/perlakuan) terhadap variabel dependen (hasil) dalam kondisi yang terkendalikan.

3.4 Prosedur Penelitian

1. Metode Penelitian

a. Disiapkan Alat dan Bahan
b. Dibentuk spesimen dengan ukuran yang berbeda-beda :
   - 12 cm^2 : Panjang 6 cm, Lebar 2 cm, Tebal 3 mm
   - 24 cm^2 : Panjang 12 cm, Lebar 2 cm, Tebal 3 mm

- 36 cm^2 : Panjang 18 cm, Lebar 2 cm, Tebal 3 mm

c. Dibersihkan permukaan besi dengan menggunakan larutan alkaline degreasing
d. Dilakukan pembersihan lanjutan dengan menggunakan larutan aseton
e. Ditimbang berat awal spesimen
f. Dicatat berat awal spesimen
g. Dibuat larutan asam dan larutan basa (NaCl 10% dan HCl 10%)
h. Dilakukan perendaman dengan waktu 4 minggu
i. Dilakukan pengeringan sampel uji
j. Ditimbang berat akhir spesimen
k. Dicatat berat akhir spesimen
l. Dilakukan perhitungan laju korosi dan lifetime dari data yang di dapatkan.

2. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan tiga cara, yaitu :

a. Pengamatan langsung dilaboratorium
Dilakukan pengamatan pada saat proses dilakukannya penelitian dari awal sampai akhir proses pengkorosian sampel dan dicatat hasil akhirnya.

b. Pengumpulan data spesifikasi stainless steel
Dilakukan pada saat pembelian bahan untuk mengetahui tipe besi yang digunakan, kemudian pengambilan data spesifikasi dilakukan saat preparasi, penimbangan awal – penimbangan akhir sampel.

c. Studi Pustaka yaitu melakukan teknik pengumpulan data dengan mencari literatur yang relevan dengan penelitian tersebut.

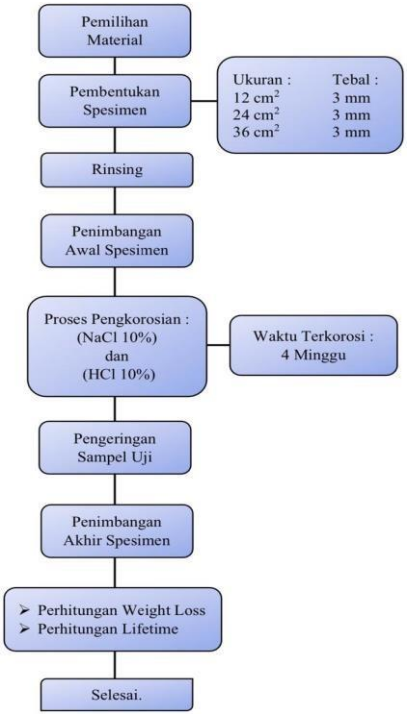
3.5 Teknik Pengolahan Data

Teknik pengolahan data pada penelitian ini adalah data yang dikumpulkan dari hasil penelitian tersebut diolah dengan menggunakan Microsoft Excel 2016 dan dengan rumus perhitungan laju korosi, serta rumus lifetime dari logam stainless steel.

3.6 Analisa Data

Analisa data pada penelitian ini dibuat berdasarkan basis perhitungan laju korosi menggunakan metode kehilangan berat, serta perhitungan lifetime dari laju korosi.

3.7 Diagram Alir



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

1.1 Hasil

Setelah melakukan observasi pada penelitian yang dilakukan selama 2 bulan, telah didapatkan hasil dalam bentuk rekapan data dan tabel. Data tersebut adalah data variabel laju korosi, data variabel lifetime, data laju korosi, dan data lifetime. Rekapan data tersebut sebagai berikut :

1. Rekapan Data Variabel Laju Korosi

Berikut rekapan data Variabel Laju Korosi SS-316 pada HCl 10%.

Tabel 4.1 Variabel Spesimen A (12 cm^2)

SS 316 (12 cm)	
Nama Variabel	Nilai
Exposure Time (jam)	672
Konstanta Laju Korosi (mm/year)	87600
Lebar	2
Tebal Actual (mm)	3
Tebal Minimum (mm)	1,5
Panjang (cm)	6
Berat Awal (gram)	36,75
Berat Akhir (gram)	26,77
Densitas (gram/cm3)	8
Berat Hilang (gram)	9,98
Total Berat Hilang (%)	27,1565

Tabel 4.2 Variabel Spesimen A (24 cm^2)

SS 316 (24 cm)	
Nama Variabel	Nilai
Exposure Time (jam)	672
Konstanta Laju Korosi (mm/year)	87600
Lebar	2
Tebal Actual (mm)	3
Tebal Minimum (mm)	1,5
Panjang (cm)	12
Berat Awal (gram)	70,6
Berat Akhir (gram)	57,72
Densitas (gram/cm3)	8
Berat Hilang (gram)	12,88
Total Berat Hilang (%)	18,2436

Tabel 4.3 Variabel Spesimen A (36 cm^2)

SS 316 (36 cm)	
Nama Variabel	Nilai
Exposure Time (jam)	672
Konstanta Laju Korosi (mm/year)	87600
Lebar	2
Tebal Actual (mm)	3
Tebal Minimum (mm)	1,5
Panjang (cm)	18
Berat Awal (gram)	108,47
Berat Akhir (gram)	84,43
Densitas (gram/cm3)	8
Berat Hilang (gram)	24,04
Total Berat Hilang (%)	22,1628

2. Rekapan Data Variabel Laju Korosi

Berikut rekapan data Variabel Laju Korosi SS-316 pada NaCl 10%.

Tabel 4.4 Variabel Spesimen B (12 cm^2)

SS 316 (12 cm)	
Nama Variabel	Nilai
Exposure Time (jam)	672
Konstanta Laju Korosi (mm/year)	87600
Lebar	2
Tebal Actual (mm)	3
Tebal Minimum (mm)	1,5
Panjang (cm)	6
Berat Awal (gram)	34,52
Berat Akhir (gram)	34,4
Densitas (gram/cm3)	8
Berat Hilang (gram)	0,12
Total Berat Hilang (%)	0,34762

Tabel 4.5 Variabel Spesimen B (24 cm^2)

SS 316 (24 cm)	
Nama Variabel	Nilai
Exposure Time (jam)	672
Konstanta Laju Korosi (mm/year)	87600
Lebar	2
Tebal Actual (mm)	3
Tebal Minimum (mm)	1,5
Panjang (cm)	12
Berat Awal (gram)	72,78
Berat Akhir (gram)	72,74
Densitas (gram/cm3)	8
Berat Hilang (gram)	0,04
Total Berat Hilang (%)	0,05496

Tabel 4.6 Variabel Spesimen B (36 cm^2)

SS 316 (36 cm)	
Nama Variabel	Nilai
Exposure Time (jam)	672
Konstanta Laju Korosi (mm/year)	87600
Lebar	2
Tebal Actual (mm)	3
Tebal Minimum (mm)	1,5
Panjang (cm)	18
Berat Awal (gram)	111,49
Berat Akhir (gram)	111,43
Densitas (gram/cm3)	8
Berat Hilang (gram)	0,06
Total Berat Hilang (%)	0,05382

3. Rekapan Data Perhitungan Laju Korosi Stainless Steel 316 (Pada Larutan HCl 10%)

Tabel 4.7 Data Laju Korosi Stainless Steel 316 (Spesimen A)

Perhitungan Laju Korosi Spesimen A								
Stainless Steel 316	W Weight Loss (gram)	K Konstanta Factor mm/year	W x K (gram)	D Densitas (gram/cm3)	As Dimensi (cm2)	T Eksposur Time (jam)	D x As x T (gram x cm x jam)	CR = (W x K)/(D x As x T) (mm/year)
12 cm2	9,98	87600	874248	8	28,8	672	154828,8	5,646546379
24 cm2	12,88	87600	1128288	8	56,4	672	303206,4	3,721187943
36 cm2	24,04	87600	2105904	8	84	672	451584	4,663371599

4. Rekapan Data Perhitungan Laju Korosi Stainless Steel 316 (Pada Larutan NaCl 10%)

Tabel 4.8 Data Laju Korosi Stainless Steel 316 (Spesimen B)

Perhitungan Laju Korosi Spesimen B								
Stainless Steel 316	W Weight Loss (gram)	K Konstanta Factor mm/year	W x K (gram)	D Densitas (gram/cm3)	As Dimensi (cm2)	T Eksposur Time (jam)	D x As x T (gram x cm x jam)	CR = (W x K)/(D x As x T) (mm/year)
12 cm2	0,12	87600	10512	8	28,8	672	154828,8	0,067894345
24 cm2	0,04	87600	3504	8	56,4	672	303206,4	0,011556484
36 cm2	0,06	87600	5256	8	84	672	451584	0,011639031

5. Rekapan Data Variabel Perhitungan Lifetime (Larutan HCl 10%)

Tabel 4.9 Data Lifetime Stainless Steel 316 (Spesimen A)

Perhitungan LifeTime Spesimen A						
Stainless Steel 316	T Actual (mm)	T minimum (mm)	Tac - Tm (mm)	CR	Persamaan Lifetime $LT = \frac{Tmax - Tmin}{CR}$	Year
12 cm2	3	1,5	1,5	5,64654638	0,265649106	3,12
24 cm2	3	1,5	1,5	3,72118794	0,403097082	4,8
36 cm2	3	1,5	1,5	4,6633716	0,321655688	3,84

6. Rekapan Data Variabel Perhitungan Lifetime (Larutan NaCl 10%)

Tabel 4.10 Data Lifetime Stainless Steel 316 (Spesimen B)

Perhitungan LifeTime Spesimen B						
Stainless Steel 316	T Actual (mm)	T minimum (mm)	Tac - Tm (mm)	CR	Persamaan Lifetime $LT = \frac{Tmax - Tmin}{CR}$	Year
12 cm2	3	1,5	1,5	0,06789435	22,09315068	23,08
24 cm2	3	1,5	1,5	0,01155648	129,7972603	138,48
36 cm2	3	1,5	1,5	0,01163903	128,8767123	138,44

4.2 Pembahasan

Pada penelitian ini dilakukan analisis laju korosi dan lifetime dari satu jenis spesimen stainless steel yaitu tipe 316, dengan metode weight loss dan menggunakan dua variasi larutan yaitu NaCl 10% dan HCl 10%, serta variasi luas spesimen yaitu 12 cm^2, 24 cm^2, 36 cm^2. Korosi merupakan degradasi dari suatu material akibat interaksi dengan lingkungan melalui proses elektrokimia. Pada saat suatu logam di ekspos ke lingkungannya. Timbulnya korosi ini akan sangat merugikan karena dapat menimbulkan kerusakan, penurunan penampilan, ongkos maintenance membesar, kontaminasi produk, serta keamanan berkurang. Faktor-faktor yang harus ada dalam korosi antara lain: anoda, katoda, konduktor, dan elektrolit.

Adapun perubahan tiap minggu, dapat dilihat secara visual dari kedua jenis larutan yang berbeda :

a. Pada larutan HCl 10% dari ketiga spesimen (12 cm^2, 24 cm^2, dan 36 cm^2) perubahan fisik pada minggu ke 2 :

Gambar 4.1 *Perubahan Fisik Spesimen A Pada Minggu Ke 2*

Diminggu kedua, bagian pinggir dari tiap spesimen mengalami degradasi akibat terkorosi serta bagian tengah permukaan mengalami perubahan warna yang merupakan lapisan besi yang telah berkarat.

b. Pada larutan HCl 10% dari ketiga spesimen (12 cm^2, 24 cm^2, dan 36 cm^2) perubahan fisik pada minggu ketiga :

Gambar 4.2 *Perubahan Fisik Spesimen A Pada Minggu Ke 3*

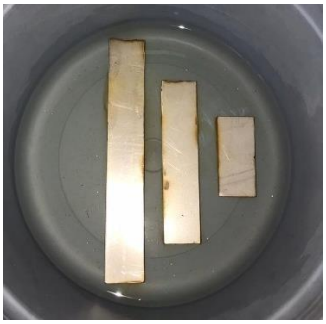
Diminggu ketiga, permukaan yang merupakan lapisan karat mulai terlepas dari logam dan pinggiran spesimen mengalami degradasi lebih dalam.

c. Pada larutan HCl 10% dari ketiga spesimen (12 cm^2, 24 cm^2, dan 36 cm^2) perubahan fisik pada minggu ke 4 :

Gambar 4.3 *Perubahan Fisik Spesimen A Pada Minggu Ke 4*

Diminggu keempat, terlihat permukaan logam dilapisi oleh endapan larutan serta logam yang telah terkorosi. Sehingga, membentuk warna lapisan menjadi hitam kecoklatan.

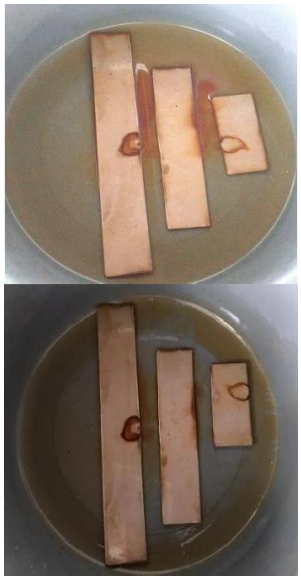
d. Pada larutan NaCl 10% dari ketiga spesimen (12 cm^2, 24 cm^2, dan 36 cm^2) perubahan fisik pada minggu ke 1 :



Gambar 4.4 *Perubahan Fisik Spesimen B Pada Minggu Ke 1*

Diminggu pertama, logam mengalami korosi dibagian pinggiran logam serta bintik kecil korosi pada bagian tengah permukaan logam.

e. Pada larutan NaCl 10% dari ketiga spesimen (12 cm^2, 24 cm^2, dan 36 cm^2) perubahan fisik pada minggu ke 3 :



Gambar 4.5 *Perubahan Fisik Spesimen B Pada Minggu Ke 3*

Diminggu ketiga, bintik korosi yang terdapat pada permukaan logam semakin melebar, serta korosi pada pinggir logam juga semakin melebar menuju permukaan logam.

f. Pada larutan NaCl 10% dari ketiga spesimen (12 cm^2, 24 cm^2, dan 36 cm^2) perubahan fisik pada minggu ke 4 :

Gambar 4.6 *Perubahan Fisik Spesimen B Pada Minggu Ke 4*

Diminggu keempat, bintik logam yang terdapat pada permukaan logam semakin merambat, sementara bintik logam pertama menjadi semakin dalam dan pinggiran logam yang terkorosi juga ikut merambat pada permukaan.

Gambar 4.7 *Korosi Yang Terjadi Pada Plat SS-316 (HCl 10%)*

Jenis korosi yang terjadi pada spesimen A pada larutan HCl 10% adalah uniform attack (korosi seragam), merupakan korosi yang terjadi pada permukaan logam akibat reaksi kimia karena pH air yang rendah dan udara yang lembab, sehingga makin lama logam makin menipis. Biasanya ini terjadi pada pelat baja atau profil, logam homogen.

Gambar 4.8 *Korosi Yang Terjadi Pada Plat SS-316 (NaCl 10%)*

Kemudian untuk jenis korosi yang terjadi pada spesimen B yaitu pada larutan NaCl 10% adalah korosi mikrobiologi yang terjadi karena mikroba. Mikroorganisme yang mempengaruhi korosi antara lain bakteri, jamur, alga dan protozoa. Lapisan film tipis atau biofilm, membentuk lapisan tipis saat 2 – 4 jam pencelupan sehingga membentuk lapisan ini terlihat hanya bintik – bintik dibandingkan menyeluruh di permukaan. Pada spesimen ini dapat kita lihat pada gambar diatas, pada bagian yang dilingkari terdapat pembentukan mikroorganisme jamur di permukaan logam.

Sehingga dapat dipastikan, jenis korosi yang terjadi pada spesimen B pada larutan NaCl 10% adalah korosi mikroorganisme. Mikroorganisme ini muncul disebabkan karena lingkungan NaCl dapat memicu terjadinya proses aktivasi bakteri protease halofilik yang terkandung pada larutan NaCl.

Pada perhitungan laju korosi ini digunakan metode weight loss (berat hilang). Metode ini merupakan metode yang paling cocok digunakan dalam perhitungan laju korosi kali ini. Pada penelitian ini dilakukan simulasi korosi dengan mengikuti keadaan lingkungan, dan siklus cuaca. Metode weight loss sering digunakan pada skala industri dan laboratorium karena peralatan sederhana dan hasil cukup akurat, namun dari pengujian dengan metode weight loss dalam mendapatkan suatu laju korosi memiliki kelemahan. Kelemahan tersebut adalah tidak dapat mendeteksi secara cepat perubahan yang terjadi saat proses korosi. Untuk Hasil perhitungan Laju korosi spesimen A pada larutan HCl 10% didapatkan hasil spesimen (12 cm^2) adalah 5,64 mm/year, spesimen (24 cm^2) adalah 3,72 mm/year, dan spesimen (36 cm^2) adalah 4,66 mm/year.

Sedangkan untuk hasil perhitungan Laju korosi Spesimen B pada larutan NaCl 10% didapatkan hasil spesimen (12 cm^2) adalah 0,067 mm/year, spesimen (24 cm^2) adalah 0,011 mm/year, dan spesimen (36 cm^2) adalah 0,011 mm/year. Dapat dilihat dari data hasil perhitungan Laju Korosi dengan menggunakan metode weight loss, pada spesimen A larutan HCl 10% memiliki nilai Laju Korosi yang lebih besar dibandingkan dengan spesimen B larutan NaCl 10%. Artinya, spesimen A pada larutan HCl 10% mengalami kerusakan lebih cepat.

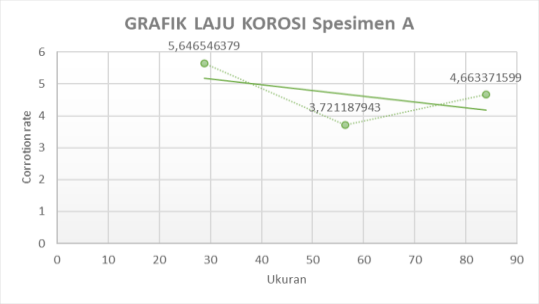
Hal ini terjadi karena adanya perbedaan lingkungan dan spesimen itu sendiri. Dari faktor lingkungan sendiri, HCl merupakan larutan asam yang bersifat korosif karena reaksi pada daerah anodik dengan reaksinya adalah sebagai berikut : Fe + 2HCl → FeCl 2 + H 2 (gas) ketika logam tersebut berada pada lingkungan yang asam. Lebih jelasnya, adanya perbedaan ion antara HCl dan NaCl dimana korosi pada spesimen A dipengaruhi oleh konsentrasi ion agresif seperti ion klorida (Cl-). Konsentrasi ion klorida yang makin tinggi akan semakin meningkatkan kecenderungan terjadinya korosi, tetapi ion klorin pada NaCl sendiri tidak bersifat agresif dikarenakan gaya tarik antar ion Na+ dan Cl-.

Tetapi, pada spesimen B larutan NaCl 10% ada 2 spesimen yang memiliki nilai laju korosi yang sama yaitu, spesimen ukuran 24 cm^2 dengan ukuran 36 cm^2. Perbedaan ini terjadi diakibatkan oleh adanya perbedaan struktur lapisan serta ikatan unsur logam pada kedua spesimen.

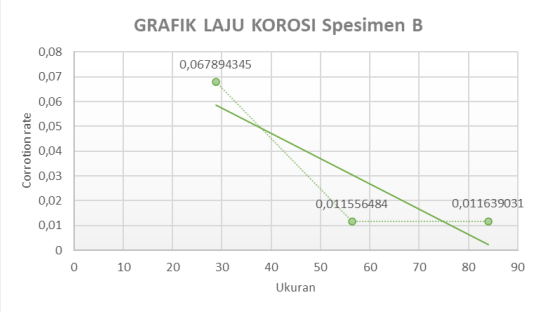
Selain dari perbedaaan nilai Laju Korosi, Adapun perbedaan yang bisa dilihat secara visual yaitu, jenis korosi yang terjadi pada spesimen dengan larutan yang berbeda. Pada spesimen A larutan HCl 10%, jenis korosi yang terjadi adalah uniform attack sedangkan jenis korosi yang terjadi pada spesimen B

larutan NaCl 10% adalah korosi mikrobiologi.

Berikut ini, merupakan diagram grafik dari perhitungan laju korosi antar kedua larutan.



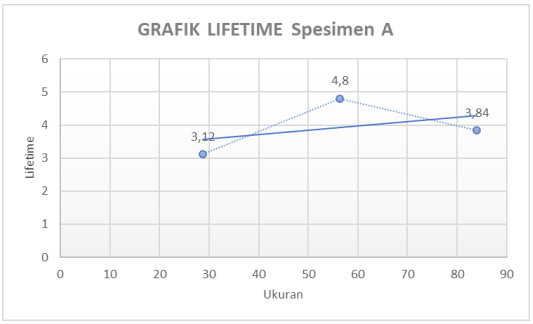
Gambar 4.9 *Diagram Grafik Nilai Laju Korosi Spesimen A (HCl 10%)*



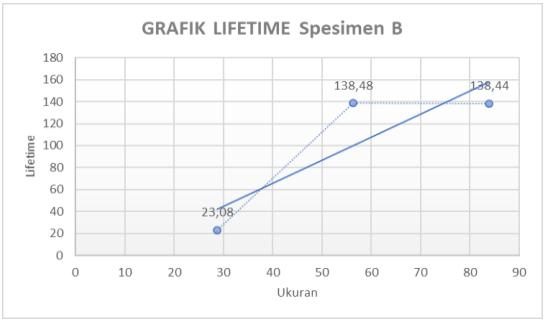
Gambar 4.10 *Diagram Grafik Nilai Laju Korosi Spesimen B (NaCl 10%)*

Terlihat pada grafik spesimen dengan luas 12 cm², 24 cm², dan 36 cm² memiliki perbedaan nilai laju korosi yang signifikan. Tetapi untuk spesimen dengan luas 24 cm² dan 36 cm² memiliki nilai laju korosi yang sama.

Pada grafik dengan larutan HCl 10% sendiri, terlihat garis grafik yang tidak linear yang disebabkan oleh karena nilai laju korosi pada spesimen dengan luas 36 cm^2 lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen denga luas 24 cm^2. Secara teori, permukaan yang lebih luas seharusnya memiliki nilai laju korosi yang lebih rendah. Kesesuaian ini disebabkan oleh adanya beberapa faktor yaitu, adanya perbedaan susunan deret volta antar spesimen, dan adanya perbedaan reaksi redoks oleh media larutan.



Gambar 4.11 *Diagram Grafik Nilai Lifetime Spesimen A (HCl 10%)*



Gambar 4.12 *Diagram Grafik Nilai Lifetime Spesimen B (NaCl 10%)*

Untuk nilai Lifetime pada spesimen A, HCl 10% dapat dilihat pada tabel 4.10. Nilai Lifetime Spesimen A (12 cm^2) adalah 0,26 yang kemudian setelah di konversi ke tahun dapat bertahan selama 3,12 tahun, Spesimen A (24 cm^2) adalah 0,40 yang kemudian setelah di konversi ke tahun dapat bertahan selama 4,8 tahun, dan Spesimen A (36 cm^2) adalah 0,32 yang kamudian setelah di konversi dapat bertahan selama 3,84 tahun.

Perbedaan umur antara Spesimen A dengan Spesimen B terlihat jauh berbeda, Spesimen B memiliki umur pakai yang lebih lama dibandingkan dengan Spesimen A yang memiliki umur pakai yang lebih pendek.

Sedangkan nilai Lifetime Spesimen B, NaCl 10% dapat dilihat pada tabel 4.9. Nilai Lifetime Spesimen B (12 cm^2) adalah 22,09 yang kemudian setelah di konversi ke tahun dapat bertahan selama 23,08 tahun, Spesimen B (24 cm^2) adalah 129,79 yang kemudian setelah di konversi ke tahun bertahan selama 138,48 tahun, dan Spesimen B (36 cm^2) adalah 128,87 yang kemudian setelah di konversi ke tahun dapat bertahan selama 138,44 tahun.

Perbedaan Lifetime tersebut sangat dipengaruhi oleh nilai Laju Korosi serta ukuran dari tiap – tiap spesimen.

Dari hasil penelitian didapatkan data spesimen NaCl 10% mengalami korosi rata – rata 0,36% selama 1 bulan maka, dapat dihitung spesimen tersebut mengalami korosi perharinya yaitu 0,108%. Sedangkan Untuk spesimen HCl 10% mengalami korosi rata – rata 53% selama 1 bulan maka perharinya spesimen tersebut dapat mengalami korosi yaitu 15,9%.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

a. Laju Korosi

Dari Hasil perhitungan Laju korosi spesimen A pada larutan HCl 10% didapatkan hasil spesimen (12 cm^2) adalah 5,64 mm/year, spesimen (24 cm^2) adalah 3,72 mm/year, dan spesimen (36 cm^2) adalah 4,66 mm/year.

Sedangkan untuk hasil perhitungan Laju korosi Spesimen B pada larutan NaCl 10% didapatkan hasil spesimen (12 cm^2) adalah 0,067 mm/year, spesimen (24 cm^2) adalah 0,011 mm/year, dan spesimen (36 cm^2) adalah 0,011 mm/year.

b. Perbedaan Laju Korosi Pada Larutan HCl 10% dan NaCl 10%

Pada spesimen A larutan HCl 10% memiliki nilai Laju Korosi yang lebih besar dibandingkan dengan spesimen B larutan NaCl 10%. Artinya, spesimen A pada larutan HCl 10% mengalami kerusakan lebih cepat.

Adapun jenis korosi yang terjadi pada spesimen A larutan HCl 10%, adalah uniform attack sedangkan jenis korosi yang terjadi pada spesimen B larutan NaCl 10% adalah korosi mikrobiologi.

c. Lifetime

Nilai Lifetime Spesimen A, HCl 10% dapat dilihat pada tabel 4.9. (12 cm^2) adalah 0,26 yang artinya dapat bertahan selama 3,12 tahun, Spesimen A (24 cm^2) adalah 0,40 yang artinya dapat bertahan selama 4,8 tahun, dan Spesimen A (36 cm^2) adalah 0,32 yang artinya dapat bertahan selama 3,84 tahun. Kemudian nilai Lifetime Spesimen B, NaCl 10% dapat dilihat pada tabel 4.10. Nilai Lifetime Spesimen B (12 cm^2) adalah 22,09 yang kemudian setelah di konversi ke tahun dapat bertahan selama 23,08 tahun, Spesimen B (24 cm^2) adalah 129,79 yang kemudian setelah di konversi ke tahun bertahan selama 138,48 tahun, dan Spesimen B (36 cm^2) adalah 128,87 yang kemudian setelah di konversi ke tahun dapat bertahan selama 138,44 tahun.

d. Kesimpulan Keseluruhan

Pada hasil penelitian didapatkan potensial nilai korosi pada kedua media larutan dengan jenis logam stainless steel 316, serta variasi dimensi spesimen, ketahanan stainless steel pada larutan NaCl dikategorikan baik dikarenakan nilai laju korosi yang dihasilkan tiap spesimen yaitu berada pada range 0,02 – 0,1 mm/year. Adapun rata – rata berat logam yang hilang akibat korosi yaitu ±0,36% dari berat awal.

Sedangkan potensial korosi pada larutan HCl ketahanan stainless steel 316 dikategorikan kurang dikarenakan nilai laju korosi yang dihasilkan berada pada range 1 - 5 mm/year, dan rata – rata berat logam yang hilang akibat korosi yaitu ±53,33% dari berat awal.

Dari hasil penelitian didapatkan data spesimen NaCl 10% mengalami korosi rata – rata 0,36% selama 1 bulan maka, dapat dihitung spesimen tersebut mengalami korosi perharinya yaitu 0,108%. Sedangkan Untuk spesimen HCl 10% mengalami korosi rata – rata 53% selama 1 bulan maka perharinya spesimen tersebut dapat mengalami korosi yaitu 15,9%.

Jika dilihat dari nilai lifetime yang didapatkan, stainless steel tipe 316 dapat lebih lama bertahan digunakan pada larutan bersifat netral dibandingkan dengan larutan yang bersifat asam,. Tetapi jika dibandingkan dengan logam lain maka, stainless steel 316 lebih cocok

digunakan sebagai material logam pada proses skala industri dan produk rumahan, yang dimana dapat bertahan lama jika hanya dihadapkan dengan lingkungan yang cenderung bersifat netral.

5.2 Saran

a. Sebaiknya jumlah spesimen untuk percobaan lebih dari 3 spesimen untuk setiap media korosif, agar ketika terjadi kegagalan tidak mengulangi percobaan melainkan memilih 3 spesimen yang memiliki laju korosi terbaik.

6. REFERENSI

Arga Jeremia Sinaga[1,*], Sutan L.M.H Simanjuntak[2], Charles S.P Manurung[2], (2020). Analisa Laju Korosi dan Kekerasan Pada Stainless Steel 316L Dalam Larutan 10 % NaCl Dengan Variasi Waktu Perendaman. Universitas HKBP Nommensen, Medan-Indonesia

API570,Piping Inspection Code : *In service Inspection ,Rating ,Repair, and Alteration of Piping Systems*.(2010).Edition,T (November2009).https://doi.org/10.1109/TSMCC.2011.2109710, diakses tanggal 3 juli 2021

ASTM105.(2010).*Standard Specification for Carbon Steel Forgings for Piping Applications*.

Bentiss, F., Traisnel, M., & Lagrenee, M. (2000). *The substituted 1,3,4-oxadiazoles: A new class of corrosion inhibitors of mild steel in acidic media*. CorrosionScience,42(1),127–146.https://doi.org/10.1016/S0010-938X(99)00049-9

Chamberlain, John. 1998. Korosi. Jakarta: Gamedia Pustaka Utama.

Femiana,Gapsari.(2017).,*Buku PengantarKorosi*,UBMedia.Malang

Fontana,Mars Guy.(1986).*Corrosion Engineering*.Singapore:McGraw-Hill Book Co

Hernandez, Oscar. 1999. Acetone. OECD SIDS. USA.

Mazères,B.,Desgranges,C.,Toffolon-Masclet,C.,&Monceau,D. (2016). *Experimental study and numerical simulation of high temperature (1100-1250°C) oxidation of prior-oxidized zirconium alloy*.Corrosion Science, 103, 10–19.

Shreir,L.L and R.A. Jarmanand G.T Burstein.(1994). *Corrossion*. Third Edition Oxford.Butter worth-Heinemann Ltd.

Trethewey,K.R.and Chamberlain,J. (1991). *Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasa*. Gramedia Pustaka Utama.Jakarta.Pp.27-28

Trezar Prima Nurhamza.,(2011). Studi laju korosi pada sampel pipa baja API5LX-52 dengan pengaruh variasi kecepatan putar dan gas Co2 pada pH6 dalam larutan NaCl3,5%, skripsi,FTUI.Depok