

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Sebelumnya

Gusti, Aritonang, dan Azis (2008) meneliti tentang penambahan asam suksinat dalam menghambat korosi baja dalam larutan asam sulfat, namun data yang diperoleh dari sampel sebelum ditambahkan asam suksinat dan setelah ditambahkan asam suksinat menunjukkan kecenderungan yang sama. Sampel baja *stainless steel* diampelas kemudian direndam dalam larutan asam sulfat 0,01 M, 0,02 M, 0,03 M, 0,04 dan 0,05 M dengan masing - masing volume 50 mL selama 24, 48 dan 72 jam kemudian diukur kecepatan korosinya. Kemudian didapat grafik hubungan yang berbanding lurus antara konsentrasi dan laju korosi. Semakin tinggi konsentrasi larutan asam sulfat maka laju korosi juga semakin tinggi. Namun laju korosi berbanding terbalik dengan waktu perendaman. Semakin lama waktu perendaman maka laju korosi akan semakin turun.

Noor (2008) meneliti tentang pengaruh waktu dan konsentrasi  $H_2SO_4$  dan HCl terhadap laju korosi, namun material yang diteliti adalah AISI 316 L. Variasi konsentrasi asam sulfat yang digunakan yaitu 0.5 M, 1 M, dan 2 M serta variasi waktu 7, 14, 21, dan 28 hari. Dari data pengujian dalam media korosif  $H_2SO_4$  diperoleh hubungan bahwa semakin tinggi konsentrasi maka laju korosi semakin tinggi pula dalam variabel waktu yang sama. Semakin lama waktu perendaman maka laju korosi semakin menurun dalam variabel konsentrasi yang sama.

Febrianto (2010) meneliti tentang analisis laju korosi material bejana tekan pwr dalam berbagai konsentrasi  $H_2SO_4$  dan temperatur. Variasi konsentrasi  $H_2SO_4$  yang digunakan yaitu 4, 5, 6, 7, dan 8% dengan variasi temperatur 30, 40, 50, 60, 70, dan 200°C. Spesimen yang digunakan pada penelitian ini adalah stainless steel 304. Dari penelitian tersebut dapat dilihat bahwa konsentrasi  $H_2SO_4$  dan temperatur berpengaruh terhadap laju korosi material stainless steel 304. Semakin besar konsentrasi  $H_2SO_4$  dan semakin tinggi temperatur maka semakin tinggi pula laju korosi yang terjadi.

Roger (2009) meneliti tentang “*The performance of stainless steels in concentrated sulphuric acid*”, disebutkan bahwa material *austenitic stainless steel* dengan kadar silikon tinggi memiliki ketahanan korosi yang baik dalam konsentrasi asam sulfur panas dan lebih baik dibanding material 310 dalam asam yang lebih lemah. Silikon memberikan paduan ini ketahanan yang baik terhadap asam sulfur.

## 2.2 Korosi

Korosi adalah kerusakan material khususnya logam secara umum akibat reaksi dengan lingkungan sekitarnya, sedangkan arti karat dikhususkan pada logam *ferrous* (besi). Korosi tidak bisa dicegah namun bisa dikendalikan. Laju korosi diakibatkan oleh adanya pengurangan berat atau tebal yang disebabkan oleh adanya korosi, laju korosi bisa terjadi cepat ataupun lambat, hal ini tergantung dari lingkungan yang ada disekelilingnya. Kehilangan berat pada logam merupakan parameter korosi yang sering dipakai dalam menganalisa suatu umur komponen atau suatu konstruksi logam.

## 2.3 Faktor Terjadinya Korosi

### 2.3.1 Material

Ada beragam jenis material yang digunakan di dunia industri. Namun pada penelitian ini digunakan material *austenitic stainless steel* tipe SARAMET.

#### a) Penggolongan Stainless Steel

*Stainless steel* adalah baja paduan dengan kadar paduan tinggi ( *high alloy steel* ) dimana terdapat penambahan unsur paduan setidaknya 10,5% kromium dan unsur-unsur lain seperti karbon, fosfor, silikon, nikel, molibdenum, mangan dan lain-lain sehingga menjadikan *stainless steel* mampu memberikan sifat tahan korosi yang baik. *Stainless steel* biasanya dibedakan menjadi lima golongan, penggolongan ini dilakukan menurut kadar paduan di dalamnya, yaitu martensitik, feritik, austenitik, duplex ( feritik – austenitik ), dan *precipitation – hardening*.

##### 1. *Stainless steel* martensitik

Mempunyai struktur *Cristal Body Centered Cubic* (BCC). Mempunyai sifat dapat dikeraskan dan ketahanannya terhadap korosi hanya pada lingkungan yang sifat korosifnya menengah. Jenis ini memiliki kandungan kromium berkisar antara 10.5 – 18 %, nikel maksimal 2% dan kandungan karbon bisa mencapai 1,2 %. Kandungan kromium dan karbon yang cukup tinggi ini menyebabkan bisa terbentuknya struktur martensit setelah proses perlakuan panas (*heat treatment*).

##### 2. *Stainless steel* feritik

Paduan baja ini juga mempunyai struktur BCC. Kandungan kromium berkisar antara 12 % - 30 %, tidak ada kandungan nikel, dan kandungan karbon <0.08%. Paduan jenis ini biasanya mengandung

molibdenum, silikon, aluminium, titanium, dan niobium untuk menghasilkan karakteristik tertentu. *Stainless steel* jenis ini bersifat feromagnetik, mempunyai sifat yang ulet dan mampu bentuk yang baik. Tetapi pada temperatur yang tinggi kekuatannya akan menurun dan lebih rendah dari *stainless steel* austenitik. Demikian pula dengan ketangguhannya hanya baik pada temperatur rendah.

### 3. *Stainless steel* austenitik

Mempunyai kekuatan, ketangguhan, keuletan, sifat mampu bentuk yang baik. Jenis ini mempunyai struktur kristal *Face Centered Cubic* (FCC). Struktur kristal ini terbentuk karena penambahan unsur paduan austenit seperti nikel, mangan, dan nitrogen. *Stainless steel* jenis ini tidak bersifat magnetik dan hanya dapat dikeraskan dengan pengerjaan dingin (*cold worked*). Kandungan *stainless steel* austenitik yaitu karbon (<0,08%), kromium (16-26%), nikel (8-35%), molibdenum (0-7%), silikon (<1%) dan unsur-unsur tambahan lain.

### 4. *Stainless steel* duplex

*Stainless steel* duplex mempunyai struktur campuran antara BCC dan FCC austenit. Jenis ini mengandung kromium 23-30%, nikel 2.5-7% dan karbon (<0.05%). Sifat tahan korosi *stainless steel* ini mendekati *stainless steel* austenitik pada unsur paduan yang serupa, tetapi mempunyai *tensile* dan *yield strength* yang lebih tinggi.

### 5. *Precipitation – hardening stainless steel*

*Stainless steel* ini memiliki kandungan kromium berkisar 12-18%, nikel 4-25% dan sedikit sekali karbon (0.2-0.3%). Jenis ini mempunyai unsur - unsur penambah kekerasan seperti tembaga, aluminium, atau titanium. Pada kondisi anil, struktur mikro *stainless steel* jenis ini dapat berupa austenitik maupun martensitik.

## b) Pengaruh Unsur Paduan *Stainless Steel*

Setiap unsur paduan memiliki pengaruh spesifik terhadap kekuatan mekanik *stainless steel*. Untuk mengerti kenapa *grade* yang berbeda pada *stainless steel* memiliki komposisi yang berbeda pula maka perlu dipahami tentang pengaruh unsur-unsur paduan dalam *stainless steel* berikut ini :

### 1. Karbon (C)

Karbon adalah pembentuk struktur austenit dan meningkatkan kekuatan mekanik. Karbon mereduksi ketahanan terhadap korosi batas butir. Pada *stainless steel* feritik, karbon mengurangi keuletan dan ketahanan korosi secara bersamaan. Pada *stainless steel* martensit, karbon meningkatkan kekerasan dan kekuatan yang diikuti dengan berkurangnya keuletan baja.

### 2. Kromium (Cr)

Kromium merupakan salah satu elemen yang paling penting dalam membuat lapisan pasif sehingga apabila ditambahkan ke dalam baja maka dapat memperbaiki ketahanan terhadap korosi. Kromium juga merupakan salah satu unsur penstabil *ferrite*.

### 3. Nikel (Ni)

Efek penambahan nikel yaitu sebagai berikut :

- Meningkatkan ketahanan korosi secara umum terutama korosi pitting jika digunakan bersama-sama dengan kromium sebagai paduan.
- Merupakan penstabil fasa austenit
- Ni yang larut dalam ferrit dapat meningkatkan kekerasan, kekuatan, dan ketangguhan tanpa menurunkan keuletan.
- Meningkatkan mampu bentuk dan mampu las
- Meningkatkan mampu keras (*hardenability*)
- Meningkatkan ketahanan *impact* dari baja pada temperatur yang sangat rendah.

### 4. Silikon (Si)

Silikon terdapat hanya sebagian kecil dalam kebanyakan paduan dasar nikel. Akan tetapi, paduan silikon banyak digunakan untuk meningkatkan resistensi nikel pada konsentrasi asam sulfat dengan temperatur tinggi.

### 5. Tembaga (Cu)

Penambahan unsur ini umumnya tidak akan terlalu mempengaruhi kurva polarisasi anodik. Namun, unsur tersebut akan memudahkan proses katodik dimana Cu mereduksi polarisasi anodik sehingga baja tetap berada pada daerah pasif di lingkungan yang oksidatif. Atau dengan kata lain,

dengan adanya unsur Cu pada suatu logam khususnya baja maka dapat meningkatkan ketahanan korosi material tersebut terutama pada lingkungan atmosferik.

6. Molibdenum (Mo)

Sama halnya dengan kromium, molibdenum merupakan salah satu unsur yang dapat menstabilkan struktur ferit. Molibdenum dengan adanya kromium akan sangat efektif dalam menstabilkan lapisan pasif dalam lingkungan yang mengandung ion-ion korosif. Molibdenum terutama akan sangat efektif dalam meningkatkan ketahanan terhadap pembentukan korosi sumuran dan korosi celah.

7. Mangan (Mn)

Berfungsi sebagai penstabil struktur austenit. Interaksi antara mangan dengan sulfur dalam baja tahan karat akan membentuk mangan sulfida. Morfologi dan komposisi sulfida ini mempunyai efek dasar pada ketahanan korosi, terutama pada *pitting corrosion*.

8. Nitrogen (N)

Nitrogen adalah pembentuk dan penstabil struktur austenit. Nitrogen dapat meningkatkan ketahanan terhadap korosi lokal khususnya jika dikombinasikan dengan molibdenum. Pada *stainless steel* feritik, nitrogen dapat mereduksi keuletan dan ketahanan korosi. Pada *stainless steel* martensitik, nitrogen dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan secara bersamaan namun mengurangi keuletan.

9. Titanium (Ti)

Pada *stainless steel* austenitik, titanium ditambahkan untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi batas butir juga meningkatkan kekuatan mekanik pada temperatur tinggi. Pada *stainless steel* feritik, titanium ditambahkan untuk meningkatkan keuletan dan ketahanan korosi. Pada *stainless steel* martensitik berfungsi untuk mengurangi kekerasan martensit dan meningkatkan ketahanan saat tempering.

10. Niobium (Nb)

Niobium berfungsi sebagai pembentuk struktur ferit seperti titanium sekaligus juga pembentuk karbida. Pada austenitik ditambahkan niobium untuk menambah ketahanan terhadap korosi batas butir serta meningkatkan

performa pada temperatur tinggi. Pada martensitik ditambahkan niobium untuk mengurangi kekerasan dan menambah ketahanan saat tempering.

11. Aluminium (Al)

Tujuan utama ditambahkan aluminium adalah untuk meningkatkan ketahanan panas.

12. Vanadium (V)

Meningkatkan kekerasan dari *stainless steel* martensitik.

13. Sulphur (S)

Sulfur hanya ditambahkan pada *stainless steel* tertentu guna meningkatkan mampu mesin. Namun sulphur dapat mengurangi ketahanan korosi, keuletan dan kemampuan fabrikasi seperti mampu las dan mampu bentuk.

14. Cerium (Ce)

Cerium biasanya ditambahkan dalam jumlah sedikit pada baja temperature tinggi karena cerium dapat meningkatkan ketahanan oksidasi dan ketahanan korosi pada temperatur tinggi.

15. Cobalt (Co)

Co hanya digunakan pada *stainless steel* martensitik dimana untuk meningkatkan kekerasan dan ketahanan saat tempering, khususnya pada temperatur tinggi.

c) **SARAMET**

*Sulphuric Acid Resistance Alloyed Metal* (SARAMET) adalah *stainless steel* pertama yang memiliki kandungan silikon cukup tinggi bahkan hingga mencapai 5,8 %. Silikon merupakan unsur paduan logam yang penting dalam meningkatkan ketahanan korosi terutama akibat serangan asam sulfur, seperti  $H_2SO_4$ . SARAMET termasuk *stainless steel* austenitik karena setidaknya mengandung 21 % kromium, 11 % nikel dan karbon 0.08%.

### 2.3.2 Reaksi Elektrokimia

Salah satu syarat terjadinya korosi adalah reaksi elektrokimia. Reaksi yang terjadi dalam proses korosi adalah reaksi redoks.

1. Reaksi oksidasi



2. Reaksi reduksi dalam asam



### 2.3.3 Faktor Lingkungan

Lingkungan juga berpengaruh terhadap terjadinya korosi. Contoh lingkungan di sekitar material yang dapat memicu terjadinya korosi antara lain :

1. Kontak langsung dengan elektrolit (media korosif)

Kontak langsung dengan elektrolit bisa menimbulkan korosi. Semakin tinggi konsentrasi media korosif maka laju korosi juga semakin tinggi. Hal ini karena semakin tinggi konsentrasi maka akan meningkatkan mobilitas ion-ion korosifnya. Semakin lama waktu kontak langsung material dengan media korosif maka laju korosinya semakin turun karena material sudah mampu membentuk lapisan pasif relatif lebih banyak sehingga ion-ion korosif sukar masuk ke dalam permukaan material.

2. Temperatur

Temperatur berbanding lurus dengan laju korosi. Semakin tinggi temperatur maka laju korosi juga semakin tinggi. Hal ini bisa terjadi karena dengan tingginya temperatur akan mempercepat difusi oksigen melalui lapisan katodik dari oksida yang terbentuk sehingga akan terjadi reaksi oksidasi di dalam anoda dan akan memungkinkan terjadinya korosi.

3. Kontak dengan  $\text{O}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$

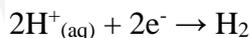
Semakin banyak jumlah  $\text{O}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  yang mengalami kontak dengan permukaan logam, maka korosi pada permukaan logam tersebut semakin cepat. Oksigen dari udara yang larut dalam air akan tereduksi, sedangkan air berfungsi sebagai media tempat berlangsungnya reaksi redoks pada peristiwa korosi.

4. Kekasaran permukaan

Kekasaran material juga berpengaruh terhadap proses korosi. Jika material berlubang ataupun terkena goresan yang membuat permukaan material tidak mulus lagi maka permukaan tersebut akan mudah dimasuki kotoran yang nantinya dapat memicu terjadinya korosi karena keberadaan zat pengotor berpengaruh terhadap laju korosi.

## 5. pH

Peristiwa korosi pada kondisi asam, yakni pada kondisi  $\text{pH} < 7$  semakin besar, karena adanya reaksi reduksi tambahan yang berlangsung pada katode yaitu:



Adanya reaksi reduksi tambahan pada katode menyebabkan lebih banyak atom logam yang teroksidasi sehingga laju korosi pada permukaan logam semakin besar.

## 6. Kelembaban relatif

Lingkungan yang lembab akan semakin mempercepat terjadinya korosi.

7. Efek *Galvanic Coupling*

Kemurnian logam yang rendah mengindikasikan banyaknya atom-atom unsur lain yang terdapat pada logam tersebut sehingga memicu terjadinya efek *Galvanic Coupling*, yakni timbulnya perbedaan potensial pada permukaan logam akibat perbedaan  $E^\circ$  antara atom-atom unsur logam yang berbeda dan terdapat pada permukaan logam dengan kemurnian rendah. Efek ini memicu korosi pada permukaan logam melalui peningkatan reaksi oksidasi pada daerah anoda.

## 8. Mikroba

Adanya koloni mikroba pada permukaan logam dapat menyebabkan peningkatan korosi pada logam. Hal ini disebabkan karena mikroba tersebut mampu mendegradasi logam melalui reaksi redoks untuk memperoleh energi bagi keberlangsungan hidupnya. Mikroba yang mampu menyebabkan korosi antara lain protozoa, bakteri besi mangan oksida, bakteri reduksi sulfat, dan bakteri oksidasi sulfur-sulfida.

## 2.4 Asam Sulfat

Asam sulfat merupakan asam mineral (anorganik) yang kuat. Zat ini larut dalam air pada semua perbandingan. Asam sulfat mempunyai banyak kegunaan dan merupakan salah satu produk utama industri kimia. Kegunaan utamanya termasuk untuk pemrosesan bijih mineral, sintesis kimia, pemrosesan air limbah, pengilangan minyak, produksi pupuk, obat-obatan, zat pewarna, bahan peledak, deterjen sintetis, pemurnian logam, dan produksi karet (Fontana, 1987).

Pengenceran asam sulfat pekat dilakukan dengan cara menambahkan asam sulfat pada aquades bukan sebaliknya. Hal ini disebabkan perbedaan massa jenis kedua zat, sehingga air akan mengapung di atas asam sulfat karena massa jenisnya lebih rendah. Oleh sebab itu jika pengenceran dilakukan dengan cara menambahkan aquades pada asam sulfat maka akan terjadi reaksi yang keras atau mendidih, sama seperti air yang jatuh ke dalam minyak panas. Reaksi antara asam sulfat dengan air adalah sebagai berikut:



Rumus yang digunakan dalam mengencerkan asam sulfat yaitu :

$$V_1 \cdot K_1 = V_2 \cdot K_2 \dots\dots\dots 2.1$$

Keterangan :

$V_1$  : volume sebelum pengenceran (ml)

$K_1$  : konsentrasi sebelum pengenceran (%)

$V_2$  : volume setelah pengenceran (ml)

$K_2$  : konsentrasi setelah pengenceran (%)

## 2.5 Polarisasi

Ketika suatu logam tidak berada dalam kesetimbangan dengan larutan yang mengandung ion-ionnya, potensial elektrodanya berbeda dengan potensial korosi bebas dan selisih antara keduanya disebut polarisasi. Besar polarisasi dinyatakan dengan satuan *overvoltage* ( $\eta$ ) yang menyatakan besarnya polarisasi terhadap potensial equilibrium elektroda. Polarisasi aktivasi adalah reaksi elektrokimia yang dikendalikan oleh salah satu tahap siklus reaksi elektrokimia yang terjadi pada *interface* logam dan elektrolit. Polarisasi konsentrasi adalah reaksi elektrokimia yang dikendalikan oleh proses difusi ion dalam elektrolit.

Polarisasi dapat diilustrasikan dengan proses difusi ion hidrogen ke permukaan logam membentuk gas hidrogen berdasarkan reaksi evolusi hidrogen. Dalam hal ini, konsentrasi ion hidrogen rendah dalam elektrolit, dan laju reduksi ion hidrogen dipermukaan logam dikendalikan oleh difusi hidrogen ke permukaan logam tersebut. Pada polarisasi konsentrasi, sejumlah perubahan dalam sistem yang meningkatkan laju difusi ion dalam elektrolit akan mengurangi pengaruh polarisasi konsentrasi dan peningkatan laju reaksi.

## 2.6 Pasifasi

Pasifasi logam adalah rintangan korosi akibat pembentukan produk korosi sebagai lapisan protektif yang menghambat kelangsungan reaksi. Dengan definisi lain bahwa pasifasi logam merupakan peristiwa kehilangan reaktifitas reaksi logam akibat keberadaan kondisi lingkungan tertentu. Sejumlah logam dan paduan teknik menjadi pasif dan bahkan sangat tahan korosi dalam lingkungan oksidator sedang sampai kuat. Contoh logam yang memiliki sifat pasivasi adalah baja tahan karat (*stainless steel*), nikel dan sejumlah paduan nikel, titanium dan paduannya, aluminium dan paduannya.

Ada dua teori berkaitan dengan lapisan pasif, yakni teori lapisan oksida dan teori adsorpsi. Menurut teori lapisan oksida, lapisan pasif adalah lapisan barrier difusi pada produk korosi yang memisahkan logam dengan lingkungan sehingga reaksi terhambat atau berhenti. Menurut teori adsorpsi, lapisan pasif logam pasif yang dilapisi oleh lapisan *chemisorbed* oksigen. Keberadaan lapisan ini dimaksudkan untuk mengadsorpsi molekul H<sub>2</sub>O sehingga menghambat pelarutan di anoda. Dua teori tersebut menjabarkan maksud yang hampir sama bahwa lapisan protektif yang terbentuk pada permukaan logam menciptakan kondisi pasif dan terjadi peningkatan ketahanan korosi logam.

## 2.7 Klasifikasi Korosi

Korosi dapat dibedakan menjadi korosi basah dan korosi kering.

### a) Korosi Basah (*Aqueous Corrosion*)

Korosi basah dapat terjadi pada lingkungan yang terdapat cairan. Korosi ini melibatkan larutan atau cairan, contohnya korosi baja oleh air. Daerah-daerah pada permukaan logam yang terkorosi merupakan tempat reaksi-reaksi anoda dan katoda sedang berlangsung dan daerah-daerah ini disebut anoda dan katoda.

Contoh korosi basah antara lain :

#### 1) *Uniform Attack*

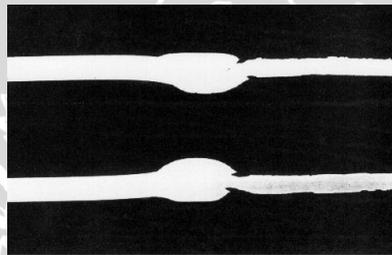
*Uniform corrosion* merupakan jenis korosi berupa reaksi kimia atau elektrokimia yang biasanya terjadi pada permukaan material atau pada area yang lebih luas. Logam akan menipis dan kemudian akan rusak. *Uniform corrosion* ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 *Uniform Corrosion*  
Sumber : NASA, *Corrosion Division*

## 2) *Galvanic Corrosion*

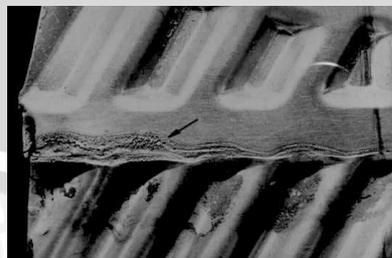
Korosi galvanis merupakan proses korosi secara elektrokimia apabila dua jenis logam berbeda beda potensialnya direndam dalam cairan korosif atau konduktif sehingga memungkinkan terjadinya aliran diantara kedua logam tersebut. *Galvanic Corrosion* pada logam terlihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 *Galvanic Corrosion*  
Sumber : Leffler (2010)

## 3) *Crevice Corrosion*

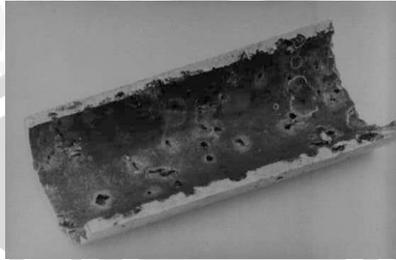
Korosi celah merupakan jenis korosi yang tempat terjadinya pada celah – celah, lubang atau daerah terlindung dari permukaan. Korosi celah ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 *Crevice Corrosion*  
Sumber : Leffler (2010)

#### 4) *Pitting*

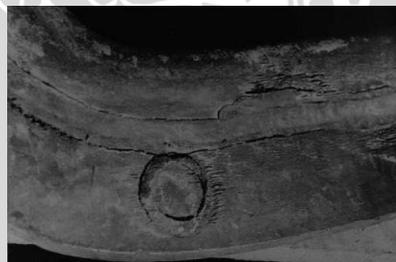
*Pitting* merupakan jenis korosi ekstrim yang menyerang logam sehingga membentuk lubang ke dalam atau biasa disebut sumuran. *Pitting* adalah salah satu jenis korosi yang sangat merusak. *Pitting corrosion* ditunjukkan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 *Pitting Corrosion*  
Sumber : Leffler (2010)

#### 5) *Intergranular Corrosion*

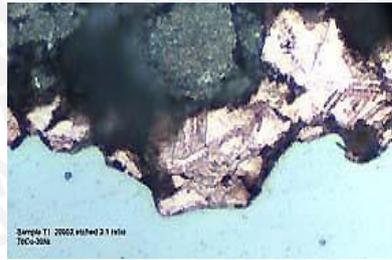
*Intergranular corrosion* adalah jenis korosi yang lokasi penyerangannya sepanjang batas dari butiran material (*grain boundaries*) namun pada butirannya tidak terjadi efek apapun. *Intergranular corrosion* ditunjukkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 *Intergranular Corrosion*  
Sumber : Leffler (2010)

#### 6) *Selective Leaching*

*Selective leaching* merupakan jenis korosi yang berhubungan dengan melarutnya suatu komponen dari paduan. Zat yang terlarut ini bersifat anodik ( kurang mulia) terhadap komponen lainnya. *Selective leaching* ditunjukkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 *Selective Leaching*  
Sumber : corrosion-doctors.org

#### 7) *Erosion Corrosion*

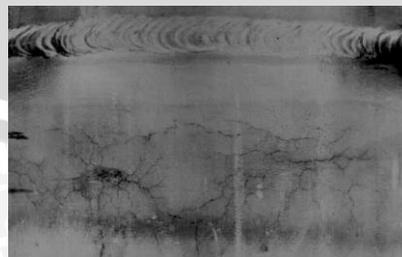
*Erosion corrosion* merupakan kerusakan pada permukaan logam yang disebabkan aliran fluida yang sangat cepat sehingga merusak permukaan logam dan lapisan film pelindung. *Erosion Corrosion* ditunjukkan pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 *Erosion Corrosion*  
Sumber : Alpha (2009)

#### 8) *Stress Corrosion Cracking*

*Stress corrosion cracking* merupakan kombinasi antara tegangan tarik dan lingkungan korosif yang mengakibatkan kegagalan pada material. *Stress Corrosion Cracking* ditunjukkan pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 *Stress Corrosion Cracking*  
Sumber : Leffler (2010)

### b) Korosi Kering ( *High Temperature Corrosion* )

Korosi kering atau korosi temperatur tinggi adalah proses korosi yang terjadi melalui reaksi kimia secara murni, tanpa adanya elektrolit atau bisa dikatakan tidak melibatkan air dengan segala bentuknya. Korosi kering biasanya terjadi pada kondisi temperatur tinggi atau dalam keadaan kering yang melibatkan logam dengan oksigen, nitrogen, dan sulfida.

## 2.8 Pengujian Korosi

### a) Metode *Weight Loss*

Pada pengujian biasanya digunakan larutan-larutan yang bersifat korosif dengan temperatur tertentu dan waktu perendaman spesimen ke dalam larutan tersebut. Dalam pengujian ini akan diperoleh angka kehilangan berat spesimen sebelum dan sesudah perendaman yang nantinya akan dimasukkan ke dalam rumus ASTM G1 pada persamaan 2.1.

$$\text{mpy} = \frac{3.45 \times 10^6 \times W}{A \times D \times t} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

*Mils per year* (mpy) = laju korosi

W = kehilangan massa (gram)

t = waktu perendaman (jam)

D = densitas (gram/cm<sup>3</sup>)

A = luas penampang (cm<sup>2</sup>)

(Sumber : Gadang Priyotomo, *Free E-Book* Edisi Mahasiswa, 2008)

### b) Pengujian Elektrokimia

Metode elektrokimia adalah metode mengukur laju korosi dengan mengukur beda potensial objek hingga didapat laju korosi yang terjadi. Perhitungan laju korosi dari *I<sub>corr</sub>* dalam kurva polarisasi diitung sesuai standar ASTM G102 pada persamaan 2.3.

$$CR = \frac{K_1 \times I_{corr} \times EW}{\rho} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

CR = Laju Korosi (mmpy) untuk *i<sub>corr</sub>* (μA/cm<sup>2</sup>)

K<sub>1</sub> = 3.27 x 10<sup>-3</sup> mm g/μA cm yr

$I_{\text{corr}}$  = Rapat arus saat Ecorr (*exchange current density*)

$\rho$  = densitas ( $\text{g/cm}^3$ )

EW = *Equivalent Weight* (g/ekivalen)

Konversi :

$$1 \text{ mpy} = 0,0245 \text{ mm/yr} = 25,4 \text{ }\mu\text{m/yr} = 2,90 \text{ nm/yr} = 0,805 \text{ pm/S}$$

## 2.9 Desain Faktorial

Desain faktorial digunakan apabila eksperimen terdiri atas 2 faktor atau lebih. Desain faktorial memungkinkan kita melakukan kombinasi antarlevel faktor. Dalam desain faktorial, jumlah level tiap faktor dan atau jumlah replikasi yang dilakukan mungkin tidak sama. Kita memerlukan desain faktorial apabila interaksi antarfaktor mempengaruhi respons dan apabila menghilangkan interaksi antarfaktor mungkin mempengaruhi kesimpulan. Desain ini lebih efisien karena bisa mendeteksi pengaruh perbedaan antarlevel faktor pada saat bersamaan.

## 2.10 Hipotesa

Berdasarkan tinjauan pustaka dapat diambil hipotesa bahwa semakin tinggi konsentrasi asam sulfat maka laju korosi SARAMET akan semakin naik sedangkan jika semakin lama waktu perendaman maka laju korosi spesimen akan semakin turun.