

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Korosi adalah salah satu permasalahan besar dalam dunia industri. Korosi merupakan proses atau reaksi elektrokimia yang bersifat alamiah dan berlangsung spontan. Korosi tidak dapat dicegah atau dihentikan sama sekali. Korosi hanya bisa dikendalikan atau diperlambat lajunya sehingga memperendah proses kerusakan yang diakibatkannya. Dampak yang ditimbulkan korosi dapat berupa kerugian langsung dan kerugian tidak langsung. Kerugian langsung berupa terjadinya kerusakan pada peralatan, permesinan atau struktur bangunan atau produk. Kerugian tidak langsung berupa terhentinya aktivitas produksi, karena terjadinya pergantian peralatan yang rusak akibat korosi. Kerugian tidak langsung dapat berupa terjadinya kecelakaan yang menimbulkan korban jiwa, seperti meledaknya tank industri kimia Gresik, melayangnya disk rotor turbin uap di Kediri, runtuhnya jembatan akibat korosi, terjadinya kebakaran akibat kebocoran pipa gas karena korosi, dan meledaknya pembangkit tenaga nuklir akibat terjadinya korosi pada pipa uapnya.

Asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) merupakan asam kuat yang sangat korosif. Asam sulfat mempunyai banyak kegunaan dan merupakan salah satu produk utama industri kimia. Salah satu kegunaan utamanya adalah untuk proses pembuatan pupuk pada industri petrokimia. Untuk meminimalkan biaya,  $H_2SO_4$  dibeli dalam jumlah yang banyak dan tentu saja perlu wadah sebagai tempat penyimpanan yang kemudian disalurkan melalui pipa-pipa untuk berlangsungnya proses produksi. Berikut ini gambar tempat penyimpanan dan penyaluran asam sulfat.



Gambar 1.1 Saluran pipa pengalir asam sulfat  
Sumber : *Chemetics Inc.* 2012

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> disimpan dalam kondisi temperatur rendah dan jangka waktu yang lama, maka wadah dan pipa yang digunakan sangat rentan terjadi korosi. Untuk meminimalisasi terjadinya kerusakan atau kerugian akibat korosi, perlu dilakukan pemilihan material yang tepat dan memiliki ketahanan korosi yang tinggi.

Jenis material yang umum digunakan adalah baja tahan karat atau baja *stainless steel*. Jenis *stainless steel* yang sering dipakai dalam instalasi ini adalah *austenitic stainless steel*. Dimana *austenitic stainless steel* ini mempunyai keunggulan yang lebih dibanding jenis *feritic* dan *martensitic stainless steel*. Contoh *austenitic stainless steel* yang sering digunakan adalah AISI 304 dan 316 untuk *piping*, *pressure vessel* dan lainnya. Biasanya digunakan pada temperatur kamar.

Seiring berkembangnya zaman, baja *stainless steel* dengan peningkatan tingkat konsentrasi asam, harus dilakukan perubahan dalam pemilihan jenis material. Dimana masing-masing jenis *austenitic stainless steel* mempunyai komposisi yang berbeda dalam penggunaannya dengan asam belerang (*Sulphuric acid*). Baja AISI 304 dan 316 merupakan jenis *austenitic stainless steel* yang umum digunakan dalam proses industri. Namun penggunaannya saat ini mulai digantikan oleh jenis Saramet (*Sulphuric Acid Resistance Alloyed Metal*). Saramet juga merupakan salah satu jenis baja tahan karat dalam golongan *austenitic stainless steel*. Pada saat ini industri pupuk lebih memilih untuk menggunakan Saramet sebagai bahan utama (material) pada wadah yang digunakan sebagai tempat penyimpanan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Kelebihan yang dimiliki Saramet antara lain material ini mempunyai kandungan silikon dan khusus didesain untuk larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dalam suhu yang tinggi.

Ada beberapa faktor yang dapat memicu terjadinya korosi. Diantaranya adalah jenis material yang digunakan, lingkungan, dan reaksi. Faktor lingkungan ini misalnya: jenis material yang berbeda, temperatur, waktu dan lain sebagainya. Oleh karena itu, perlu dipertimbangkan dalam melakukan proses pemilihan material serta lingkungan dari tempat operasi dari suatu produk, apakah lingkungan tersebut memerlukan bahan yang mempunyai sifat tahan korosi yang tinggi atau tidak. Dengan demikian diharapkan produk tersebut dapat beroperasi sesuai dengan waktu yang diperhitungkan dan apabila ada kerusakan mudah untuk dilakukan perbaikan.

Berdasarkan faktor - faktor di atas, ada tiga faktor yang sangat menarik untuk dilakukan penelitian, yakni waktu dan pemilihan material. Mengapa dua faktor ini sangat menarik? Karena dalam 2 (dua) tahun terakhir, industri pupuk berpindah dari menggunakan material baja *Austenitic* biasa (304 dan 316L) ke material jenis Saramet

yang mengandung silikon sampai 5%. Pemilihan material yang baik atau sesuai dengan kebutuhan, tentu akan mampu menunjang terciptanya proses produksi yang baik. Hal ini sangat berhubungan erat dengan waktu, karena material tersebut digunakan sebagai tempat penyimpanan asam sulfat dalam jangka waktu yang relatif tidak sebentar. Kedua faktor di atas sangat mempengaruhi tingkat produksi pada perusahaan pupuk. Untuk itu perlu dilakukan penelitian mengenai pemilihan material yang memiliki laju korosi yang rendah.

## 1.2 RUMUSAN MASALAH

Dari uraian di atas, maka permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh waktuperendaman dalam larutan asam sulfat terhadap laju korosi baja AISI 304, 316L dan Saramet (*Sulphuric Acid Resistance Alloyed Metal*)?

## 1.3 BATASAN MASALAH

Batasan masalah yang dipakai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Material yang digunakan adalah *austenitic stainless steel* tipe 304, 316L dan Saramet.
2. Larutan yang digunakan pada uji *weight loss* adalah  $H_2SO_4$  dengan konsentrasi 98 % dan pada uji potensiostat 0.1M.
3. Pengujian dilakukan pada suhu kamar
4. Lama waktu perendaman: 240, 360 dan 480 jam.
5. Luas permukaan spesimen uji *weight loss* adalah  $8.8 \text{ cm}^2$
6. Luas permukaan spesimen uji potensiostat adalah  $1 \text{ cm}^2$
7. Perubahan suhu, kelembaban udara dianggap konstan (tetap)

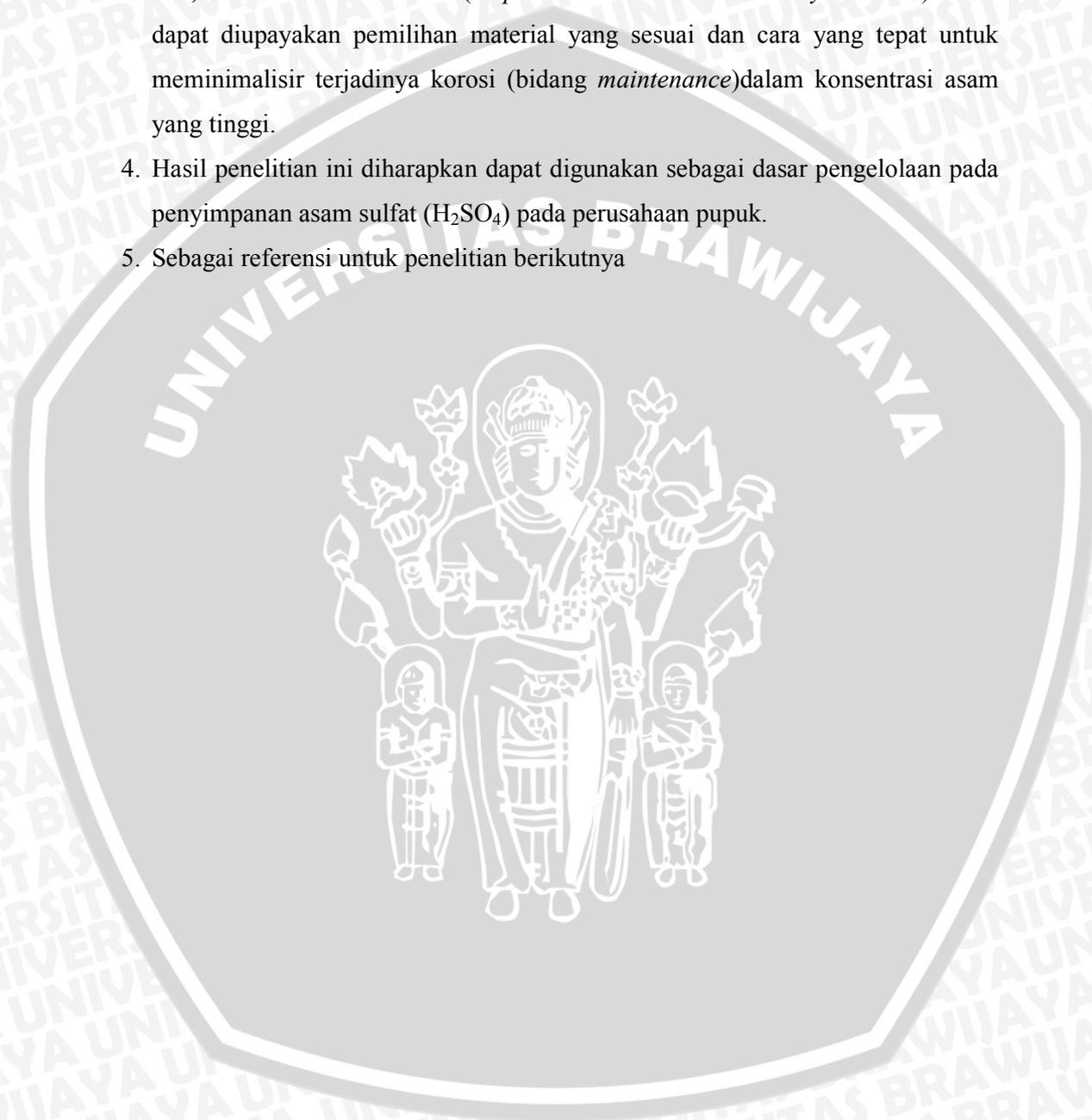
## 1.4 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh waktu terhadap laju korosi pada material AISI 304, 316L dan Saramet (*Sulphuric Acid Resistance Alloyed Metal*).

## 1.5 MANFAAT PENELITIAN

Selain dengan tujuan penelitian yang telah dikemukakan di atas, maka hasil penelitian ini diharapkan mempunyai manfaat antara lain :

1. Mengetahui pengaruh asam sulfat terhadap laju korosi Baja Austenitik *stainless steel*
2. Mengetahui pengaruh waktu terhadap laju korosi pada jenis material yang berbeda
3. Dengan diketahuinya tingkat laju korosi pada *Austenitic stainless steel* tipe AISI 304, AISI 316L dan Saramet (*Sulphuric Acid Resistance Alloyed Metal*) maka dapat diupayakan pemilihan material yang sesuai dan cara yang tepat untuk meminimalisir terjadinya korosi (bidang *maintenance*) dalam konsentrasi asam yang tinggi.
4. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai dasar pengelolaan pada penyimpanan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) pada perusahaan pupuk.
5. Sebagai referensi untuk penelitian berikutnya



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Sebelumnya

Roger Francis (2009), dalam penelitiannya dilakukan analisis tentang perbandingan jenis – jenis *austeniticstainless steel* dalam berbagai konsentrasi asam. Tujuan yang ingin dicapai adalah pemilihan material yang tepat untuk mengatasi konsentrasi asam belerang yang tinggi. Jenis *austeniticstainless steel* yang digunakan dalam penelitian ini type 304, 316, 310, Alloy 20, ZERON 100, 2507, Saramet, Sandvik SX dan Zecor. Baja 310 memiliki kandungan Cr dan Ni yang tinggi dibanding jenis austenit *stainless steel* yang lain. Sehingga baja ini memiliki ketahanan korosi yang sangat tinggi. Namun kurang tahan korosi pada konsentrasi asam kurang dari 98 %. Hasil penelitian menunjukkan bahwa baja austenitic *stainless steel* dengan kadar silicon tinggi lebih tahan korosif dibandingkan jenis yang lain dalam konsentrasi asam yang tinggi.

Noor Yudhi (2008) meneliti tentang pengaruh waktu dan konsentrasi  $H_2SO_4$  dan HCl terhadap laju korosi, material yang diteliti adalah AISI 316L. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kehilangan berat (*weight loss*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju korosi baja AISI 316L dalam media asam klorida jauh lebih cepat jika dibandingkan dengan dalam media asam sulfat. 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 konsentrasi larutan asam yang sama.

Febrianto (2010) meneliti tentang pengaruh konsentrasi  $H_2SO_4$  dan temperatur, material yang digunakan dalam penelitian adalah tipe 304. Dari data hasil penelitian didapat bahwa kenaikan temperatur meningkatkan laju korosi yang terjadi, hal ini disebabkan dengan semakin tinggi temperatur akan mempercepat difusi oksigen melalui lapisan katodik dari oksida yang terbentuk. Sedangkan meningkatnya konsentrasi  $H_2SO_4$  maka akan mempertinggi mobilitas  $H_2SO_4$  dalam larutan, hal ini bisa meningkatkan laju korosi. Korosi yang terjadi pada AISI 304 relatif rendah, hal ini disebabkan cukup tingginya kandungan Cr (>18%) dan rendahnya kandungan karbon (C) yakni < 0,08 %. Dengan tingginya kandungan Cr dan rendahnya kandungan karbon akan mengurangi korosi yang terjadi pada AISI 304. Tingginya kandungan karbon

(>0,03%) akan mempertinggi kemungkinan terjadinya CrC (krom karbida) pada batas butir. Berkurangnya konsentrasi Cr pada batas butir akan mempermudah terjadinya korosi.

C. A. Loto *et all.* (2012) meneliti tentang pengaruh waktu terhadap baja AISI 304 dalam 4 jenis larutan, yaitu larutan asam sulfat 2M, larutan asam sulfat 2M ditambah NaCl 5%, larutan asam sulfat 5M dan larutan asam sulfat 5M ditambah NaCl 5%. Material yang digunakan berbentuk silindris dengan diameter 65 mm. Material diampas dengan Grade 240, 320, 400 dan 600. Waktu yang digunakan untuk perendaman adalah selama 16 hari dimana material dalam masing-masing larutan diangkat (diambil) setiap 3 (tiga) hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama waktu perendaman laju korosi semakin menurun. Laju korosi tertinggi pada larutan asam sulfat 2M sebesar 0,011 mmpy, laju korosi tertinggi pada larutan asam sulfat 2M + NaCl 5% sebesar 0,45 mmpy, laju korosi tertinggi pada larutan asam sulfat 5M sebesar 0,025 mmpy dan laju korosi tertinggi pada larutan asam sulfat 5M + NaCl 5% sebesar 0,022 mmpy. Sehingga laju korosi terbesar terjadi pada larutan asam sulfat 2M + NaCl 5% (0,45 mmpy).

## 2.2 Korosi

Fenomena alam dan material khususnya logam mempunyai suatu keterikatan dalam suatu sistem dan proses. Namun dalam suatu sistem tersebut terdapat suatu hubungan tidak sinergis atau berlawanan. Hubungan tersebut diimplementasikan dalam suatu proses kerusakan yang dinamakan korosi. Sebagian orang dalam bidang keteknikan khususnya di bidang kimia material, material dan mesin telah mengetahui arti dari korosi, tapi korosi (*corrosion*) selalu diartikan sama dengan istilah karat (*rust*). Kenyataannya kedua istilah tersebut selalu berhubungan satu sama lain. Korosi adalah kerusakan material khususnya logam secara umum akibat reaksi dengan lingkungan sekitarnya, sedangkan arti karat dikhususkan pada logam *ferrous* (besi). Hasil dari proses kerusakan berupa berbagai produk korosi misalnya berbagai macam oksida logam, kerusakan permukaan logam secara morfologi, perubahan sifat mekanis, perubahan sifat kimia (Gadang Priyatomo, 2008). Korosi adalah penurunan mutu material akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungan sekitar (Trethewey, 1991). Definisi lain dari korosi adalah perusakan atau penurunan mutu dari material akibat bereaksi dengan lingkungan (Mars G. Fontana, 1987). Bila ditinjau dari interaksi yang terjadi, korosi adalah proses transfer elektron dari logam ke lingkungannya. Logam

bertindak sebagai sel yang memberikan elektron (anoda) dan lingkungan bertindak sebagai penerima elektron (katoda). Sedangkan penurunan mutu yang diakibatkan interaksi secara fisik bukan disebut korosi, namun biasa dikenal sebagai erosi dan keausan. Dengan bereaksi ini sebagian logam akan hilang, menjadi suatu senyawa yang lebih stabil. Di alam, logam pada umumnya berupa senyawa, karena itu peristiwa korosi juga dapat dianggap sebagai peristiwa kembalinya logam menuju bentuknya sebagaimana yang terdapat di alam. Dan ini merupakan kebalikan dari proses *extractive metallurgy*, yang memurnikan logam dari senyawanya. Dalam hal ini korosi mengakibatkan kerugian karena hilangnya sebagian hasil usaha manusia memurnikan logam.

## 2.2.1 Faktor – faktor yang mempengaruhi korosi

### a. Material

Material memiliki jenis yang beragam. Dimana setiap jenis memiliki komposisi yang berbeda sesuai dengan penggunaan masing–masing. Material yang tahan karat sering disebut dengan baja *stainless steel*. Baja *stainless steel* adalah baja dengan kandungan kromium minimal 12%. Baja *stainless steel* digolongkan dalam 5 (lima) jenis *stainless steel*, yaitu :

#### 1. *Stainless steel Austenitik*

Salah satu *stainless steel* yang paling umum adalah *stainless steel austenitik*. Jenis baja ini adalah non-magnetik, tidak bisa mengeras dengan panas dan memiliki ketahanan terhadap korosi. Selain itu, semakin banyak kromium, nitrogen dan *molybdenum* maka semakin tahan dari ancaman korosi. Baja ini dikenal dengan baja seri 300. Contoh *austeniticstainless steel* :

##### 1) Tipe 304

*Austenitic stainless steel* khusus yang paling umum (kelas *stainless chromium-nickel*), dengan jumlah lebih dari setengah *stainless steel* yang diproduksi diseluruh dunia, tipe ini menjadi yang paling sering digunakan dalam produksi pipa dan perkakas lainnya.

##### 2) Tipe 316L

*Austeniticstainless steel* (kelas *stainless chromium-nickel*) yang mengandung 2%-3% *molybdenum*. Dengan adanya *molybdenum* memberikan tipe 316 ketahanan lebih besar terhadap berbagai bentuk kerusakan. Type ini terbagi menjadi dua jenis yaitu 316 dan 316L.

Perbedaan antara 316 dan 316L adalah pada kandungan karbon yang dimiliki, 316L memiliki kandungan karbon yang lebih rendah (0.03%) daripada karbon pada 316 (0.08%).

### 3) Tipe Saramet (*Sulphuric Acid Resistance Alloyed Metal*)

Saramet merupakan jenis *austenitic stainless steel* baru. Jenis ini masuk dalam baja kromium nikel seri 300 dengan penambahan silikon sampai 5% dan kandungan *molybdenum* sampai 1%. Contoh baja type Saramet adalah Sandvik 235MA.

### 2. *Stainless steel Feritik*

*Stainless steel feritik* mengandung kromium dengan berat kurang dari 0,1% dari karbon. Biasanya *stainless steel feritik* digunakan untuk trim otomotif dan pengering pakaian serta mesin pencuci piring. Jenis *stainless steel* ini dapat menjadi keras bila terkena panas. Selain itu *feritic stainless steel* ini memiliki kemampuan magnetik dan tahan terhadap korosi lebih baik daripada *martensitic stainless steel*.

### 3. *Stainless steel duplex*

*Stainless steel Duplex* lebih kuat dari *austenitic stainless steel* dan *feritik*. Dibuat dari sekitar 50 persen *stainless steel* austenitik dan 50 persen *stainless steel feritik*. *Stainless steel* ini bersifat magnetik, mudah dilas dan lebih mudah untuk membentuknya menjadi bentuk yang berbeda.

### 4. *Stainless steel Martensitik*

*Martensitik* memiliki kemampuan mudah keras mirip dengan baja campuran rendah dan karbon. *Martensitik* mirip dengan *stainless steel feritik*, dengan pengecualian tingkat tinggi karbon, hingga 1%. *Stainless steel martensitik* bekerja dengan baik pada aplikasi yang membutuhkan daya tahan dan jumlah yang sederhana agar dapat bertahan dari korosi. Namun, tidak tahan lama seperti *stainless steel austenitik*.

### 5. *Stainless steel dengan Presipitasi Cepat*

Jenis yang terakhir ini akan menjadi salah satu jenis yang paling kuat jika dicampur dengan aluminium, niobium, dan tembaga. Jenis *stainless steel* ini memiliki tingkat fleksibilitas tinggi sehingga dapat diubah dalam berbagai bentuk dengan distorsi kecil dan memiliki tingkat ketahanan yang sama dengan *stainless steel Austenitik*. Jenis *Stainless steel* ini biasa dipakai dalam pembuatan jam tangan seperti jam tangan Seiko.

## b. Faktor lingkungan

### 1. Kontak Langsung logam dengan $H_2O$ dan $O_2$

Korosi pada permukaan logam merupakan proses yang mengandung reaksi redoks. Reaksi yang terjadi ini merupakan sel Volta mini. sebagai contoh, korosi besi terjadi apabila ada oksigen ( $O_2$ ) dan air ( $H_2O$ ). Logam besi tidaklah murni, melainkan mengandung campuran karbon yang menyebar secara tidak merata dalam logam tersebut. Akibatnya menimbulkan perbedaan potensial listrik antara atom logam dengan atom karbon (C). Atom logam besi (Fe) bertindak sebagai anode dan atom C sebagai katode. Oksigen dari udara yang larut dalam air akan tereduksi, sedangkan air sendiri berfungsi sebagai media tempat berlangsungnya reaksi redoks pada peristiwa korosi. Semakin banyak jumlah  $O_2$  dan  $H_2O$  yang mengalami kontak dengan permukaan logam, maka semakin cepat berlangsungnya korosi pada permukaan logam tersebut.

### 2. Keberadaan Zat Pengotor

Zat Pengotor di permukaan logam dapat menyebabkan terjadinya reaksi reduksi tambahan sehingga lebih banyak atom logam yang teroksidasi. Sebagai contoh, adanya tumpukan debu karbon dari hasil pembakaran BBM pada permukaan logam mampu mempercepat reaksi reduksi gas oksigen pada permukaan logam. Dengan demikian peristiwa korosi semakin dipercepat.

### 3. Kontak dengan Elektrolit

Keberadaan elektrolit, seperti garam dalam air laut dapat mempercepat laju korosi dengan menambah terjadinya reaksi tambahan. Sedangkan konsentrasi elektrolit yang besar dapat melakukan laju aliran elektron sehingga korosi meningkat.

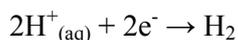
### 4. Temperatur

Temperatur mempengaruhi kecepatan reaksi redoks pada peristiwa korosi. Secara umum, semakin tinggi temperatur maka semakin cepat terjadinya korosi. Hal ini disebabkan dengan meningkatnya temperatur maka meningkat pula energi kinetik partikel sehingga kemungkinan terjadinya tumbukan efektif pada reaksi redoks semakin besar. Dengan demikian laju korosi pada logam semakin meningkat. Efek korosi yang disebabkan oleh pengaruh temperatur dapat dilihat pada perkakas-perkakas atau mesin-mesin yang dalam pemakaiannya menimbulkan panas akibat gesekan

(seperti *cutting tools*) atau dikenai panas secara langsung (seperti mesin kendaraan bermotor).

#### 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. Metalurgi

- Permukaan logam

Permukaan logam yang lebih kasar akan menimbulkan beda potensial dan memiliki kecenderungan untuk menjadi anode yang terkorosi.

- 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 anode.

#### 7. 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 : *Thiobacillus thiooxidans* *Thiobacillus ferrooxidans*.

#### c. Faktor reaksi

Adanya kontak antara logam dengan lingkungan akan menimbulkan beda potensial, sehingga akan terjadi reaksi kimia antara keduanya. Reaksi ini sering disebut dengan reaksi reduksi oksidasi (reaksi redoks).

### 2.3 Macam – macam korosi

Menurut jenis reaksinya, korosi dapat digolongkan sebagai korosi kimia (*chemical corrosion*) dan korosi elektrokimia (*electrochemical corrosion*). Korosi kimia terjadi secara murni karena reaksi kimia tanpa adanya cairan elektrolit, biasanya terjadi pada suhu yang relatif tinggi atau dalam lingkungan udara yang kering. Sebaliknya korosi elektrokimia biasanya terjadi pada lingkungan yang basah, pada temperatur yang relatif rendah dengan berbagai bentuk korosi yang berbeda, mengikuti mekanisme elektrokimia yaitu terjadinya reaksi oksidasi (reaksi anodik) dan reaksi reduksi (reaksi katodik). Korosi ini seringkali terjadi secara merata pada permukaan atau lokal pada daerah tertentu dari bagian mesin sehingga seringkali menjadi masalah yang sangat serius di dunia Industri.

Sedangkan bila ditinjau dari bentuk dan prosesnya maka korosi dapat dibedakan menjadi :

#### 1. Korosi merata ( *Uniform Corrosion* )

Korosi merata adalah korosi yang terjadi pada seluruh permukaan metal ketika bereaksi dengan lingkungan sekitar (Black, 1988). Korosi merata merupakan korosi yang paling banyak terjadi pada logam dan merupakan jenis korosi yang seharusnya tidak berbahaya selama pengurangan ketebalan metal masih bisa ditolerir. Lapisan pasif pada logam-logam yang sangat reaktif merupakan produk dari korosi merata. Contohnya adalah Titanium memiliki laju korosi yang paling rendah jika dibanding dengan *Stainless steel* dan paduan Cobalt Chromium. Tapi adanya serum protein dapat bereaksi dengan Cromium dan Nikel, sehingga menaikkan korosi merata 2 hingga 10 kali lipat (Black, 1988).

#### 2. Korosi galvanik ( *Galvanic Corrosion* )

Korosi ini terjadi akibat perbedaan makroskopik pada potensial elektrokimia, biasanya merupakan dampak dari berdekatnya metal yang berbeda (Jacobs, 1998). Contohnya adalah penggunaan metal yang tidak seharusnya, seperti halnya kawat *Stainless steel* yang mengalami kontak metalik dengan *femoral stem* paduan Cobalt atau Titanium, paduan Cobalt *femoral head* mengalami kontak metalik dengan paduan Titanium femoral stem, dan baut paduan Titanium mengalami kontak metalik dengan lempengan *Stainless steel*(Griffin,1983).

#### 3. Korosi celah ( *Crevice Corrosion* )

Korosi ini terjadi bila ada salah satu sisi yang terlindungi dari lingkungan. Biasanya hal ini ditemukan pada bagian bawah dari kepala mur yang menahan plat

implant atau pada lokasi yang serupa sebagai contoh daerah pertemuan antara komponen dari dua benda. Hal penting yang membuat terjadinya korosi ini adalah terjadinya celah, baik celah yang sempit, retakan dalam juga pada pertemuan antara dua jenis alat seperti pada plat dan kepala mur, atau *defect* seperti *fatigue crack*. Mekanisme dari korosi celah adalah mula-mula terjadi korosi merata pada permukaan logam (pada celah), lalu oksigen yang ada dicelah habis untuk korosi merata sehingga tidak terbentuk lagi ion hidroxil. Selanjutnya adalah terjadinya peristiwa otokatalitik, yaitu masuknya ion negatif dari lingkungan kedalam celah melalui proses difusi sehingga akan terjadi serangan korosi yang lebih hebat lagi.

#### 4. Korosi Sumuran (*Pitting Corrosion*)

Korosi Sumuran adalah penembusan yang cepat pada daerah kecil pada tempat yang berlainan. Sumuran ini sangat kecil dan mudah tertutup oleh korosi. Demikian pula serangan yang dilokalisir biasanya terlindung oleh celah yang ada pada bagian logam dibawah endapan antara metal dengan metal yang lain. Sumuran ini dapat dilihat secara langsung dengan mata telanjang tapi pada kasus tertentu sumuran tersebut tidak dapat dilihat, dan berbahaya karena dapat menyebabkan bentuk *stress corrosion cracking (SCC)*. Sumuran terukur ketika sisi anodik menjadi bagian bagian yang kecil dari permukaan dikarenakan pecahnya lapisan pasif. Perbedaan kadar oksigen menyebabkan perbedaan dari potensial elektrokimia antara sumuran dengan logam sekitar.

#### 5. Korosi Batas Butir (*Intergranular Corrosion*)

*Intergranular corrosion (IGC)* atau *intergranular attack (IGA)* atau korosi batas butir adalah serangan korosi pada daerah sepanjang batas butir atau daerah sekitarnya tanpa serangan yang cukup besar terhadap butirnya sendiri. Seperti kita ketahui, logam merupakan susunan butiran-butiran kristal seperti butiran pasir yang menyusun batu pasir. Butiran-butiran tersebut saling terikat yang kemudian membentuk mikrostruktur. Adanya serangan korosi batas butir menyebabkan butiran menjadi lemah terutama di batas butir sehingga logam kehilangan kekuatan dan daktilitasnya.

Sebagian besar paduan logam rentan terserang korosi batas butir ketika dihadapkan pada lingkungan agresif. Hal ini disebabkan batas butir merupakan tempat pengendapan (*precipitation*) dan pemisahan (*segregation*), dimana membuat mereka secara fisik dan kimia berbeda dengan butirnya. Presipitasi dan segregasi terjadi oleh adanya migrasi impuriti atau unsur pepadu (*alloying element*) menuju batas butir. Apabila kadar unsur tersebut cukup besar, maka akan terbentuk fasa yang berbeda

dengan yang ada di bulk. Misalnya fasa intermetalik  $Mg_5Al_8$  dan  $MgZn_2$  pada paduan aluminium dan  $Fe_4N$  pada paduan besi.

Pada paduan nikel dan austenitic *stainless steel*, kromium sengaja ditambahkan untuk memberikan sifat ketahanan korosi. Sekitar minimal 12% kromium dibutuhkan untuk membentuk lapisan pasif yang tidak nampak pada permukaan *stainless steel*. Lapisan ini berfungsi untuk melindungi logam dari lingkungan korosif. Apabila *stainless steel* mengalami pemanasan pada 550-850 °C (misalnya selama produksi, fabrikasi, perlakuan panas, dan pengelasan), maka kromium karbida (terutama  $Cr_{23}C_6$ ) akan tumbuh dan mengendap pada batas butir saat terjadi pendinginan. Sebagai konsekuensinya, wilayah yang berdekatan dengan batas butir akan kekurangan kromium. Daerah yang kekurangan kromium itu menjadi lebih rentan terserang korosi dalam lingkungan agresif dibandingkan daerah yang jauh dari batas butir.

Pengendapan atas beberapa karbida sering disebut sebagai “sensitasi”. Sensitisasi merupakan penyebab terjadinya serangan korosi batas butir. Sensitisasi terjadi saat pendinginan perlahan dari suhu 550-850 °C. Sensitisasi pada *stainless steel* dapat dicegah dengan cara:

- Pemanasan di atas 1000 °C kemudian dilakukan pendinginan secara cepat di dalam air. Akibatnya kromium karbida akan larut ke dalam butiran dan tidak sempat terjadi presipitasi. Metode ini dikenal dengan *solution treatment*.
- Menambahkan titanium, niobium, dan tantalum. Ketika unsur tersebut akan membentuk titanium karbida, niobium karbida dan tantalum karbida yang lebih stabil daripada kromium karbida. Baja yang mengandung unsur-unsur penstabil ini disebut *stabilized steel*.
- Menurunkan kadar karbon di bawah 0,02%.

#### 6. Korosi Erosi ( *Erosion Corrosion* )

Korosi erosi adalah korosi yang terjadi pada permukaan logam yang disebabkan aliran fluida yang sangat cepat sehingga merusak permukaan logam dan lapisan film pelindung. Korosi erosi juga dapat terjadi karena efek – efek mekanik yang terjadi pada permukaan logam, misalnya pengausan, abrasi dan gesekan. Logam yang mengalami korosi erosi akan menimbulkan bagian – bagian yang kasar dan tajam.

#### 7. Korosi Tegangan ( *Stress Corrosion* )

Logam yang mengalami beban dinamis yang berulang-ulang lama kelamaan akan patah, patahnya logam ini dapat dipercepat bila terdapatnya korosi pada logam tersebut.

## 2.4 Asam Sulfat

Asam sulfat memiliki rumus kimia  $H_2SO_4$ . Asam sulfat merupakan asam mineral yang kuat dan larut dalam air dalam semua perbandingan. Di atmosfer, zat ini termasuk salah satu bahan kimia yang menyebabkan hujan asam. Asam sulfat dipercayai pertama kali ditemukan di Iran oleh Al-Razi pada abad ke-9.

Berikut data-data mengenai asam sulfat :

Nama sinonim	: <i>Oil of Vitriol, Battery Acid, Fertilizer Acid</i>
Nama Inggris	: <i>Sulphuric Acid</i>
Rumus molekul	: $H_2SO_4$
Berat molekul	: 98,08 g/mol
Informasi bahan singkat	: Asam sulfat banyak digunakan dalam industri. Cairan kental, amat korosif. Bereaksi dengan jaringan tubuh. Berbahaya bila kontak dengan kulit dan mata. Bereaksi hebat dengan air dan mengeluarkan panas (eksotermis). Bereaksi pula dengan logam, kayu, pakaian dan zat organik. Uapnya amat iritatif terhadap saluran pernapasan.
<b>Sifat-sifat bahaya</b>	
Kesehatan	: Efek jangka pendek : Penghirupan uap asam menyebabkan iritasi pada hidung dan tenggorokan serta mengganggu paru-paru. Cairan asam dapat merusak kulit dan menimbulkan luka yang amat sakit. Dapat menimbulkan kebutaan bila terkena mata. Efek jangka panjang : Penghirupan uap asam kadar kecil dalam jangka panjang berakibat iritasi pada hidung, tenggorokan dan paru-paru.
Kebakaran	: Tidak terbakar, tetapi asam pekat bersifat oksidator yang dapat menimbulkan kebakaran bila kontak dengan zat organik seperti gula, selulosa dan lain-lain. Amat reaktif dengan bubuk zat organik.
Reaktivitas	: Mengalami penguraian bila kena panas, mengeluarkan

gas SO<sub>2</sub>. Asam encer bereaksi dengan logam menghasilkan gas hidrogen yang eksplosif bila kena nyala atau panas. Asam sulfat bereaksi hebat dengan air.

#### Sifat-sifat fisika

Titik leleh (°C)	: 10
Titik didih (°C)	: 290

## 2.5 Laju Korosi

Laju krosi merupakan suatu besaran yang menyatakan mudah atau tidaknya suatu material bereaksi dengan lingkungannya. Untuk mengetahui laju korosi umumnya menggunakan dua metode, metode kehilangan berat (*weight loss*) dan metode elektrokimia.

### 2.5.1 Metode Kehilangan Berat (*Weight loss*)

Metode kehilangan berat (*weight loss*) ini didasarkan pada perbedaan berat awal sebelum pengujian korosi dengan berat akhir setelah pengujian korosi. Laju korosi biasanya dinyatakan dalam mils per tahun (mpy), (Fontana, 1986).

$$CR = \frac{3.45 \times 10^6 \times W}{D \times A \times t} \quad (2-1)$$

dengan :

CR	: Corrosion Rate (mpy)
W	: Kehilangan berat (gr)
D	: Rapat jenis spesimen (g/cm <sup>3</sup> )
A	: Luas spesimen (cm <sup>2</sup> )
T	: Lama pengujian (hour)
Konversi	: 1 mpy (mils per year) = 0.001 inch/year = 0,0245 mm/year

Pengujian laju korosi suatu material berdasarkan perhitungan kehilangan berat diilustrasikan seperti pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Pengujian laju korosi metode *weight loss*

### 2.5.2 Metode Elektrokimia

Metode elektrokimia adalah metode mengukur laju korosi dengan mengukur beda potensial objek hingga didapat laju korosi yang terjadi. Metode ini menggunakan alat yang disebut potensiostat. Dari hasil uji potensiostat akan didapatkan laju korosi dalam satuan mmpy (millimeter per year). Rumus yang digunakan untuk menghitung laju korosi dengan menggunakan metode elektrokimia adalah rumus standar ASTM G102 yaitu:

$$CR = K \frac{I_{corr} EW}{\rho} \quad (2-2)$$

Dengan :

CR = laju korosi (mmpy) untuk  $I_{corr}$  ( $\frac{\mu A}{cm^2}$ )

$$K = 3,27 \times 10^{-3} \left( \frac{mmg}{\mu A cm yr} \right)$$

$I_{corr}$  = rapat arus saat  $E_{corr}$

$\rho$  = densitas spesimen ( $\frac{g}{cm^3}$ )

EW = *equivalent weight*

Konversi : 1 mpy (mils per year) = 0.001 inch/year = 0,0245 mm/year

Ketahanan logam terhadap korosi dibedakan menjadi 6 tingkatan seperti pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbandingan Mpy dengan *equivalent metric – rate corrosion*

Relative corrosion Resistance	mpy	mm/y	$\mu\text{m/y}$	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	5 – 20
Fair	20 – 50	0.5 – 1	500 – 1000	50 – 100	20 – 50
Poor	50 – 200	1 – 5	1000 – 5000	100 – 500	50 – 200
Unacceptable	200+	5+	5000+	500+	200+

Sumber :Fontana, 1986.

Pengukuran potensial sel dapat digunakan untuk membandingkan kecenderungan logam-logam atau spesi lain untuk mengalami oksidasi atau reduksi. Misalnya, jika elektrode  $\text{Zn/Zn}^{2+}$  diganti dengan elektrode  $\text{Ag/Ag}^+$ , ternyata elektron mengalir dari elektrode Cu ke elektrode Ag menghasilkan potensial standar ( $E^0_{\text{sel}}$ ) = 0,45 volt. Jadi, tembaga lebih mudah teroksidasi perak. Berdasarkan data di atas, urutan kecenderungan teroksidasi dari logam-logam Zn, Cu, dan Ag adalah  $\text{Zn} > \text{Cu} > \text{Ag}$ .

Untuk membandingkan kecenderungan oksidasi atau reduksi dari suatu elektrode, telah ditetapkan suatu elektrode pembanding, yaitu elektrode hidrogen. Elektrode hidrogen terdiri atas hidrogen yang dialirkan ke dalam larutan asam ( $\text{H}^+$ ) melalui logam inert, yaitu platina. Potensial sel yang dihasilkan oleh suatu elektrode (M) dengan elektrode hidrogen disebut potensial elektrode itu dan dinyatakan dengan lambang  $E^0$ . Apabila pengukuran dilakukan pada kondisi standart, yaitu pada suhu  $25^{\circ}\text{C}$  dengan konsentrasi ion-ion 1 M dengan tekanan gas 1 atm, disebut potensial elektrode standar dan diberi lambang  $E^0$ .

Elektrode yang lebih mudah mengalami reduksi dibandingkan terhadap elektrode hidrogen mempunyai potensial elektrode bertanda positif (diberi tanda positif), sedangkan elektrode yang lebih sukar mengalami reduksi diberi negatif.

Menurut kesepakatan (konvensi), potensial elektrode dikaitkan dengan reaksi reduksi. Jadi, potensial elektrode sama dengan potensial reduksi. Adapun potensial oksidasi sama nilainya dengan potensial reduksi, tetapi tandanya berlawanan.

## 2.6 Hipotesa

Hipotesa (dugaan sementara) dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Semakin lama waktu perendaman dalam larutan asam sulfat, laju korosi baja AISI 304, 316L dan Saramet semakin menurun
2. Jenis material baja SS (*stainless steel*) berpengaruh terhadap tingkat laju korosi, dengan tingkat laju korosi yang terbesar adalah baja AISI 304 dan yang terkecil tipe Saramet.



## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Metode penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian semu, yakni analisa terhadap material AISI 304, AISI 316L dan SARAMET yang rendamdi dalam larutan asam sulfat98% dengan waktu 240, 360 dan 480jam. Disamping itu juga dilakukan studi literatur untuk memperoleh informasi tambahan berkenaan dengan penelitian yang dilakukan.

### 3.2 Tempat Penelitian

Penelitian mengenai pengaruh waktu perendaman dalam larutan asam sulfat terhadap laju korosi baja AISI 304, 316L dan Sarametdilaksanakan pada bulan Maret-April 2013. Penelitian uji *weight loss* dilakukan di Laboratorium Proses Produksi I, Laboratorium Metalurgi Fisik dan Laboratorium Metrologi Industri, jurusan Teknik Mesin, Universitas Brawijaya. Dan penelitian uji potensiostat dilaksanakan di Laboratorium Kimia ITS Surabaya.

### 3.3 Variabel Penelitian

Variabel Penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

#### 1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan sebelum penelitian. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Variasi Material yaitu Baja AISI 304, 316L dan Saramet
- b. Variasi waktu perendaman yaitu 240, 360 dan 480 jam.

#### 2. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tergantung dari variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terikatnya yaitu laju korosi.

#### 3. Variabel terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya dikonstankan. Dalam hal ini yang menjadi variabel terkontrol adalah:

- a. Larutan asam sulfat 98%
- b. Volume larutan asam sulfat 100 mL

c. Dilakukan pada temperatur ruang

### 3.4 Alat dan Bahan Penelitian

#### 3.4.1 Alat Penelitian

##### 1. Power Hacksaw

Alat ini digunakan untuk memotong spesimen.

Spesifikasi :

- Tegangan : 220 V
- Frekuensi : 50-60 Hz
- Daya : 2.34 Kw

##### 2. Sentrifugal Sandpaper Machine

Alat ini digunakan untuk menggosok atau menghaluskan spesimen.

Spesifikasi :

- Roda kerja 200-250 mm
- 1.5 kVa
- Tegangan : 230 V
- Frekuensi : 50-60 Hz
- Kecepatan putar roda kerja 600 rpm
- Berat : 44 kg

##### 3. Timbangan Digital

Alat ini digunakan untuk menimbang berat spesimen.

Spesifikasi :

- Tegangan : 220 V
- Frekuensi : 50-60 Hz
- Arus : 0,3 A
- Daya : 10 watt
- Ketelitian 0,0001 gr

##### 4. Mikroskop Optik

Alat ini digunakan untuk melihat struktur mikro spesimen.

Spesifikasi :

- Tegangan : 110/220 V
- Frekuensi : 50-60 Hz

- Tinggi Maks. spesimen 70 mm
  - Lebar Maks. spesimen 95 mm
  - LCD
5. Sarung Tangan  
Alat ini digunakan untuk mengambil dan memasukkan material dalam Gelas Beker.
  6. Gelas Beker  
Alat ini digunakan untuk mereaksikan spesimen dengan larutan asam sulfat ( $H_2SO_4$ )  
Spesifikasi :
    - Kapasitas 250 ml
    - Tahan pada  $\pm 200^\circ C$
  7. Dapur listrik  
Untuk mengeringkan spesimen setelah dicuci dengan air suling.
  8. Penjepit  
Untuk mengangkat spesimen setelah direndam dalam gelas beker.
  9. Kertas Gosok  
Digunakan untuk membersihkan dan menghaluskan permukaan spesimen. Grade yang digunakan 100, 220, 500, 800, 1000.
  10. Kain Pembersih dan Autosol  
Digunakan untuk membersihkan permukaan spesimen sebelum dilakukan foto mikro.

### 3.4.2 Bahan Penelitian

#### a. Material

Material atau spesimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah AISI 304, AISI 316L dan Saramet (Sandvik 253 MA) dengan komposisi sebagai berikut:

Tabel 3.1 Komposisi Sepesimen

Jenis Material	Komposisi											
	Fe (%)	C (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Si (%)	Cr (%)	Ni (%)	N (%)	Ce (%)	Mo (%)	D (gr/cm <sup>3</sup> )
304	Bal*	0.08	2	0.045	0.03	1	18-20	8-10.5	0.1	-	-	8.03
316L	Bal*	0.03	2	0.045	0.03	0.75	16-18	10-14	0.1	-	2-3	7.9
Saramet (253 MA)	Bal*	0.5-1	0.8	0.04	0.03	1.4-2	20-22	10-20	0.14-2	0.03-0.08	2-3	7.8

\*Bal = Balance

#### b. Dimensi spesimen

Dimensi spesimen uji :

##### 1. AISI 304

Panjang = 20 mm

Lebar = 20 mm

Tebal = 1 mm

##### 2. AISI 316L

Panjang = 20 mm

Lebar = 20 mm

Tebal = 1 mm

##### 3. SARAMET

Panjang = 20 mm

Lebar = 20 mm

Tebal = 1 mm

Luas masing-masing spesimen : 8.8 cm<sup>2</sup>

#### c. Asam Sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

Asam sulfat yang digunakan dalam penelitian ini adalah asam sulfat dengan konsentrasi 98% pada uji *weight loss* dan konsentrasi 0.1M pada uji potensiostat.

#### d. Aquades

Aquades digunakan untuk mencuci spesimen setelah diangkat dari rendaman asam sulfat.

### 3.5 Rancangan Penelitian

Adapun pemodelan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

Tabel 3.2 Rancangan Penelitian

Waktu Jenis Material	1	2	3
1	X11	X12	X13
2	X21	X22	X23
3	X31	X32	X33

Keterangan :

X11 : Spesimen AISI 304 pada waktu 240 jam

X12 : Spesimen AISI 304 pada waktu 360 jam

X13 : Spesimen AISI 304 pada waktu 480 jam

X21 : Spesimen AISI 316L pada waktu 240 jam

X22 : Spesimen AISI 316L pada waktu 360 jam

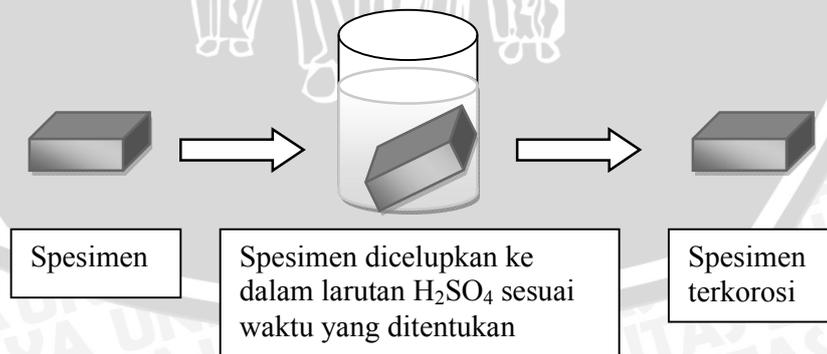
X23 : Spesimen AISI 316L pada waktu 480 jam

X31 : Spesimen Saramet pada waktu 240 jam

X32 : Spesimen Saramet pada waktu 360 jam

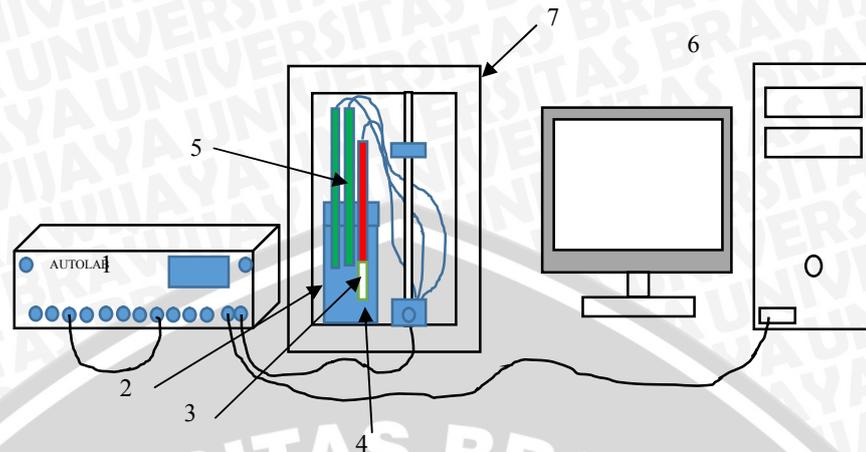
X33 : Spesimen Saramet pada waktu 480 jam

Berikut disajikan gambar 3.1 model penelitian untuk menguji laju korosi uji *weight loss* :



Gambar 3.1 Model Penelitian Korosi

Gambar 3.2 disajikan instalasi penelitian uji potensiostat :



Gambar 3.2 Instalasi penelitian metode elektrokimia

Keterangan :

1. Alat potensiostat
2. Gelas beker
3. Spesimen uji (elektrode kerja)
4. Larutan asam sulfat (elektrolit kerja)
5. Elektrode *reference* (acuan) Ag/AgCl
6. Perangkat computer (NOVA software)
7. *Frame*

### 3.6 Prosedur Penelitian

#### 3.6.1 Prosedur Penelitian uji *weight loss*

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian metode *weight loss* adalah:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian.
2. Mencuci spesimen dengan aquades lalu dikeringkan dalam dapur listrik dengan suhu  $110^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam.
3. Setelah dikeluarkan dari dapur listrik, timbang spesimen untuk mengetahui berat awal spesimen.
4. Siapkan gelas beker yang berisi larutan asam sulfat konsentrasi 98%
5. Masukkan spesimen ke dalam gelas beker yang sudah berisi larutan asam sulfat 98%.

6. Saat tepat 240, 360 dan 480 jam, angkat spesimen lalu dicuci dengan aquades dan dipanaskan lagi dalam dapur listrik dengan suhu  $110^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam.
7. Setelah 1 jam, spesimen dikeluarkan kemudian ditimbang untuk memperoleh berat akhir spesimen.
8. Lakukan Fotomikrostruktur untuk memperjelas bentuk korosi yang terjadi.

### 3.6.2 Prosedur Penelitian uji potensiostat

1. Siapkan spesimen uji dengan luasan  $1\text{ cm}^2$  dan larutan asam sulfat  $0.1\text{M}$
2. Pasangkan spesimen (dijepit) pada elektrode kerja
3. Turunkan elektrode kerja sampai spesimen tercelup dalam larutan asam sulfat (elektrolit kerja)
4. Nyalakan alat uji potensiostat
5. Lakukan pengaturan melalui PC
6. Setelah didapatkan hasil kurva polarisasi linier, keluarkan spesimen dari elektrode penjepit.

### 3.6.3 Prosedur Pengambilan Data dan Pengolahan Data

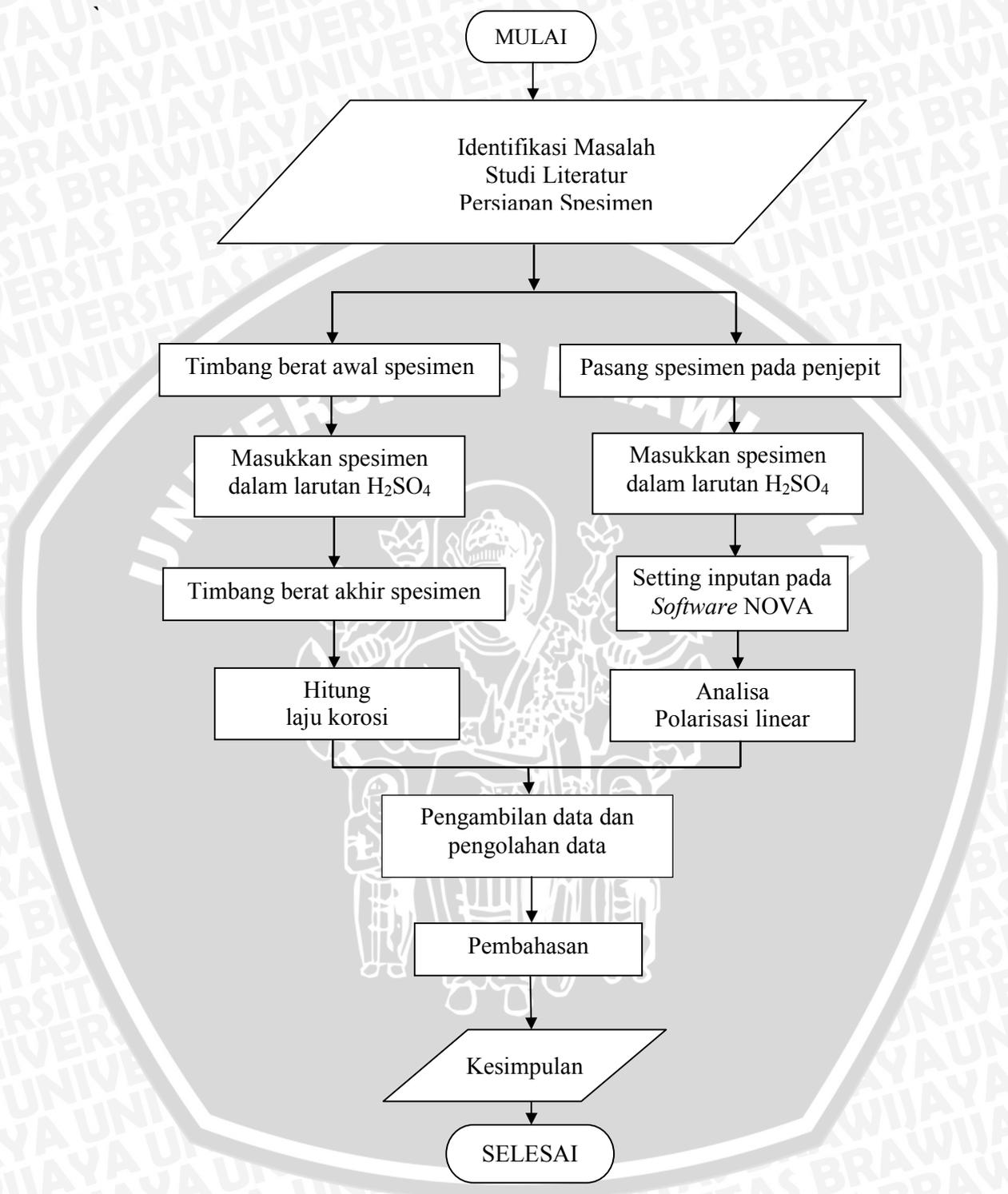
Langkah-langkah yang diambil untuk mengetahui nilai laju korosi dengan uji *weight loss* yaitu :

- a) Mencatat berat spesimen sebelum dan setelah perendaman dengan asam sulfat.
- b) Menghitung berat yang hilang (*Weights loss*) yaitu dengan cara berat awal (sebelum spesimen direndam asam sulfat) dikurangi dengan berat akhir (setelah spesimen direndam asam sulfat) sesuai waktu yang ditentukan.
- c) Berat yang hilang digunakan untuk menghitung besar laju korosi.

Langkah-langkah yang diambil untuk mengetahui nilai laju korosi dengan uji potensiostat adalah:

- a) Mencatat data yang diinput pada software NOVA
- b) Mencatat hasil laju korosi yang tertera pada kurva hasil analisa polarisasi linier

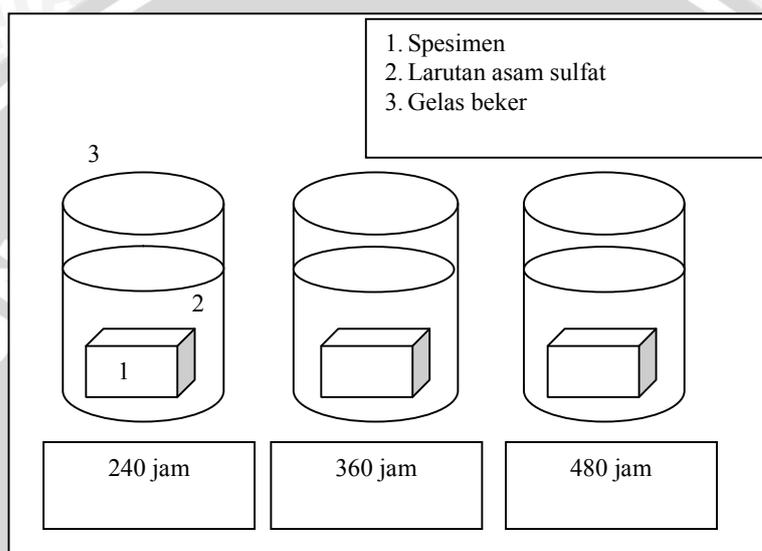
3.7 Diagram Alir Penelitian



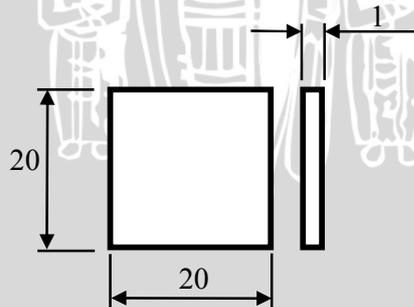
## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Uji Laju Korosi Metode *Weight loss*

Uji laju korosi metode *weight loss* merupakan penghitungan laju korosi berdasarkan jumlah berat yang hilang selama waktu perendaman dalam larutan asam sulfat. Instalasi penelitian metode *weight loss* ditunjukkan pada gambar 4.1 dan ukuran spesimen yang digunakan ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.1 instalasi penelitian uji spesimen metode *weight loss*



Gambar 4.2 ukuran spesimen uji metode *weight loss* (dalam mm)

#### 4.1.2 Pengaruh Waktu Perendaman dalam Asam Sulfat Terhadap Laju Korosi Baja AISI 304 Metode *Weight loss*

Data hasil pengujian laju korosi baja AISI 304 ditunjukkan pada tabel 4.1 dan gambar 4.3.

Tabel 4.1 Data hasil pengujian laju korosi baja AISI 304

Tipe Material	D (g/cm <sup>3</sup> )	A (cm <sup>2</sup> )	t (jam)	W1 (gram)	W2 (gram)	ΔW (gram)	R (mpy)
304	8.027	8.8	240	1.6430	1.6162	0.0268	5.452
	8.027	8.8	240	1.7631	1.7285	0.0346	7.039
	8.027	8.8	360	1.6395	1.6155	0.0240	3.255
	8.027	8.8	360	1.6779	1.6529	0.0250	3.390
	8.027	8.8	480	1.7110	1.6996	0.0114	1.160
	8.027	8.8	480	1.7184	1.7085	0.0099	1.007

Berikut ini perhitungan laju korosi baja AISI 304 secara matematis pada waktu perendaman 480 jam:

$$CR = \frac{3.45 \times 10^6 \times W}{D \times A \times t}$$

$$CR = \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.0114}{8.027 \times 8.8 \times 480}$$

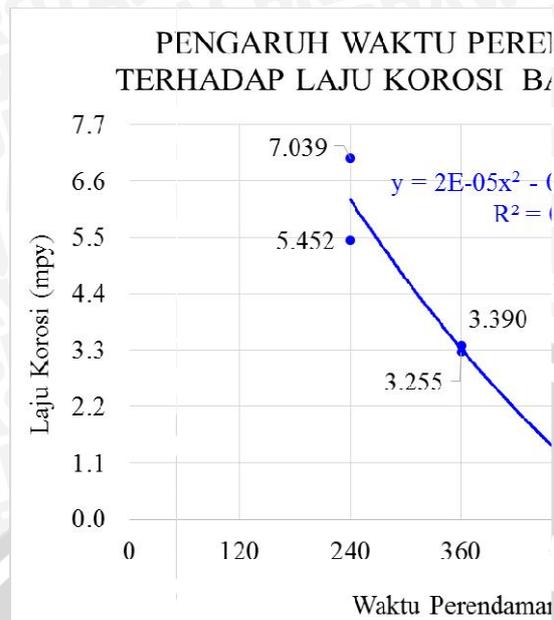
$$CR = 1.160 \text{ mpy}$$

$$1 \text{ tahun} = 365 \text{ hari} = (365 \times 24) \text{ jam} = 8760 \text{ jam}$$

$$1 \text{ mils} = 0.001 \text{ inch} = 0.0254 \text{ mm}$$

Jika nilai laju korosi ini dikonversi ke mmpy, maka :

$$1.160 \text{ mpy} = 0.028 \text{ mmpy}$$



Gambar 4.3 grafik hubungan waktu perendaman terhadap laju korosi baja 304

Berdasarkan data pada tabel 4.1 dan gambar 4.3 diperoleh laju korosi Baja AISI 304. Pada waktu perendaman dalam larutan asam sulfat selama 240 jam, laju korosi baja 304 adalah 5.452 mpy dan 7.039 mpy yang kemudian turun pada waktu 360 jam menjadi 3.255 mpy dan 3.390 mpy. Dan pada waktu 480 jam, laju korosi baja 304 semakin menurun menjadi 1.160 mpy dan 1.007 mpy. Hal ini menunjukkan bahwa laju korosi baja 304 dari 240 jam sampai 480 jam mengalami penurunan. Penurunan ini terjadi karena semakin sedikit berat yang hilang akibat bereaksi dengan asam sulfat, serta sudah terbentuk lapisan pasif yang melindungi baja dari reaksi dengan lingkungan (oksigen). Sehingga dapat disimpulkan, semakin lama waktu perendaman Baja AISI 304 dalam larutan  $H_2SO_4$  pada suhu kamar, laju korosi semakin menurun. Pernyataan ini sesuai dengan teori bahwa waktu berbanding terbalik dengan laju korosi. Lapisan pasif yang terbentuk pada permukaan baja ini akan menghalangi masuknya ion-ion korosif ke permukaan baja, sehingga akan mengurangi kecepatan korosi baja dalam larutan asam sulfat (Rozenfeld, 1980).

Bila diasumsikan baja AISI 304 yang digunakan untuk tempat penyimpanan dan pipa pada pabrik pupuk memiliki tebal 10 mm. Dengan diketahui tingkat laju korosi pada baja AISI 304 ini, maka dapat diketahui pula berapa lama material jenis 304 tersebut mampu digunakan serta kapan waktu yang tepat untuk dilakukan penggantian material. Laju korosi rata-rata baja AISI 304 sebesar 3.550 mpy atau 0.087 mmpy. Bila

toleransi yang diijinkan terkorosi adalah 2 mm (20%), maka material baja 304 harus diganti setelah digunakan selama 23 tahun.

#### 4.1.3 Pengaruh waktu Terhadap Laju Korosi Baja AISI 316L Metode *Weight loss*

Tabel 4.2 Data hasil pengujian Baja AISI 316L

Type Material	D (g/cm <sup>3</sup> )	A (cm <sup>2</sup> )	T (jam)	W1 (gram)	W2 (gram)	ΔW (gram)	R (mpy)
AISI 316L	7.9	8.8	240	4.0200	4.0196	0.0004	0.082
	7.9	8.8	240	4.2958	4.2951	0.0007	0.143
	7.9	8.8	360	4.0060	4.0046	0.0014	0.191
	7.9	8.8	360	4.1871	4.1856	0.0015	0.204
	7.9	8.8	480	4.3900	4.3877	0.0023	0.235
	7.9	8.8	480	4.0557	4.0538	0.0019	0.194

Berikut ini perhitungan laju korosi baja AISI 316L secara matematis pada waktu perendaman 480 jam:

$$CR = \frac{3.45 \times 10^6 \times W}{D \times A \times t}$$

$$CR = \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.0023}{7.9 \times 8.8 \times 480}$$

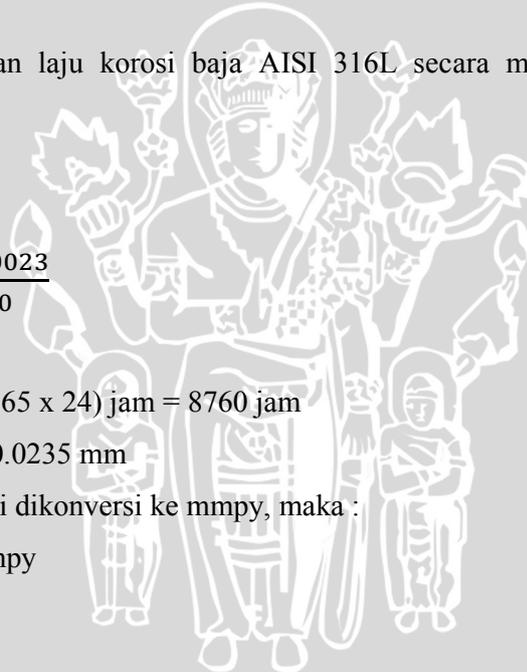
$$CR = 0.235 \text{ mpy}$$

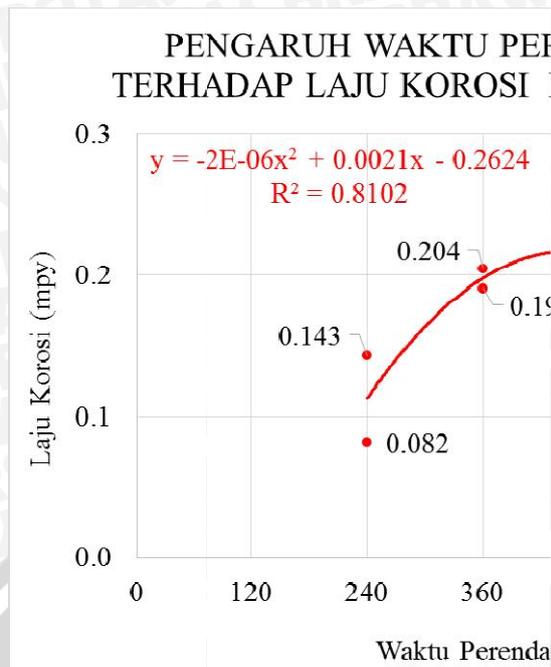
$$1 \text{ tahun} = 365 \text{ hari} = (365 \times 24) \text{ jam} = 8760 \text{ jam}$$

$$1 \text{ mils} = 0.001 \text{ inch} = 0.0254 \text{ mm}$$

Jika nilai laju korosi ini dikonversi ke mmpy, maka :

$$0.235 \text{ mpy} = 0.006 \text{ mmpy}$$





Gambar 4.4 Grafik Hubungan Waktu Terhadap Laju Korosi Baja AISI 316L

Berdasarkan data pada gambar 4.4 diperoleh laju korosi Baja AISI 316L pada waktu perendaman selama 240 jam sebesar 0.082 mpy dan 0.143 mpy. Pada waktu 240 jam mengalami kenaikan menjadi 0.191 mpy dan 0.204 mpy. Sedangkan pada waktu 480 jam menjadi 0.235 mpy dan 0.194 mpy. Garis trendline pada grafik 4.4 naik kemudian menurun. Kenaikan laju korosi ini disebabkan pada waktu 240 jam sampai 480 jam baja AISI 316L belum terbentuk lapisan pasif. Bila dibandingkan dengan baja 304, baja 304 sudah terbentuk lapisan pasif pada waktu 360 jam. Hal ini dikarenakan kandungan Cr dalam baja 304 lebih banyak dibandingkan pada baja 316L, yakni 18% Cr 304 dan 17% Cr 316L. Namun baja 316L memiliki keunggulan karena mempunyai komposisi yang tidak terdapat pada baja 304, yaitu kandungan *molybdenum* (Mo) sampai 2% yang mampu memberikan ketahanan pada baja 316L terhadap terjadinya sulfidasi. Oleh karena itu, meskipun pada waktu 480 jam baja 316L belum menunjukkan penurunan laju korosi yang signifikan, akan tetapi perbedaan laju korosi baja 316L dengan baja 304 sangat besar, yaitu 0.235 mpy (316L) dibanding 1.160 mpy (304). Sehingga dapat disimpulkan, dalam rentang waktu perendaman 480 jam Baja AISI 316L dalam larutan  $H_2SO_4$  pada suhu kamar laju korosi semakin naik karena masih belum terbentuk lapisan pasif dan laju korosi yang terjadi masih jauh dibawah laju korosi pada baja 304. Namun pada waktu perendaman 480 jam sudah mengalami

penurunan. Sehingga dapat disimpulkan pada waktu 480 jam, baja 316 L sudah mulai terbentuk lapisan pasif.

#### 4.1.4 Pengaruh Waktu Perendaman dalam Larutan Asam Sulfat terhadap Laju Korosi Saramet Metode *Weight loss*

Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Saramet

Tipe Material	D (g/cm3)	A (cm2)	T (jam)	W1 (gram)	W2 (gram)	ΔW (gram)	R (mpy)
Saramet	7.8	8.8	240	7.2810	7.2805	0.0005	0.105
	7.8	8.8	240	7.1937	7.1933	0.0004	0.084
	7.8	8.8	360	7.4940	7.4939	0.0001	0.014
	7.8	8.8	360	7.2773	7.2770	0.0003	0.042
	7.8	8.8	480	7.1780	7.1780	0.0000	0.000
	7.8	8.8	480	7.3428	7.3428	0.0000	0.000

Berikut ini perhitungan laju korosi secara matematis pada waktu perendaman 360 jam:

$$CR = \frac{3.45 \times 10^6 \times W}{D \times A \times t}$$

$$CR = \frac{3.45 \times 10^6 \times 0.0001}{7.8 \times 8.8 \times 360}$$

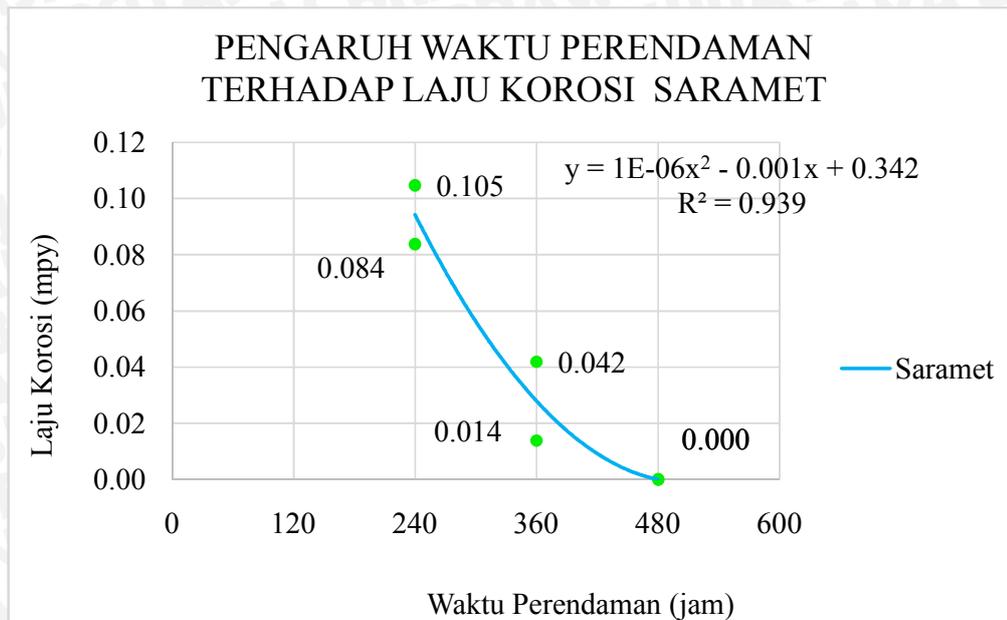
$$CR = 0.014 \text{ mpy}$$

$$1 \text{ tahun} = 365 \text{ hari} = (365 \times 24) \text{ jam} = 8760 \text{ jam}$$

$$1 \text{ mils} = 0.001 \text{ inch} = 0.0245 \text{ mm}$$

Jika nilai laju korosi ini dikonversi ke mmpy, maka :

$$0.014 \text{ mpy} = 0.0003 \text{ mmpy}$$



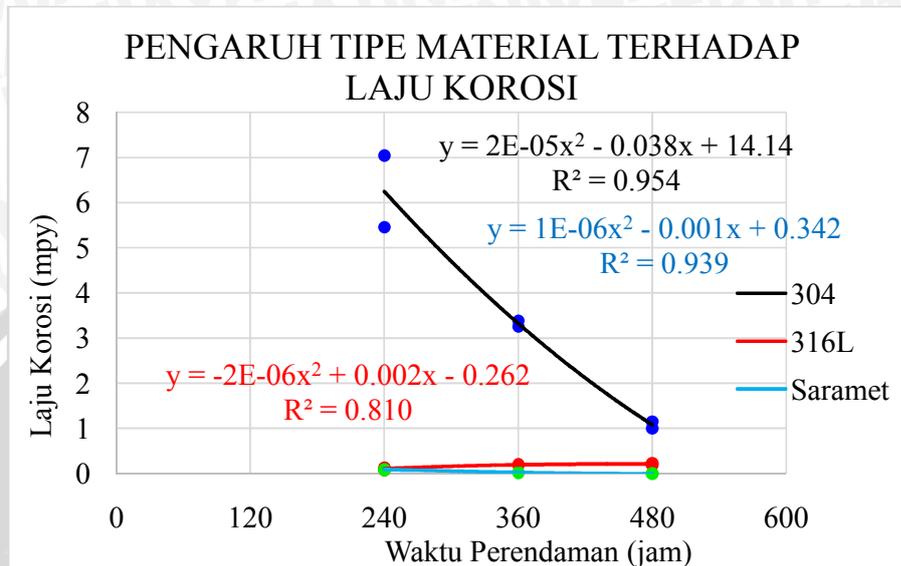
Gambar 4.5 Grafik hubungan waktu terhadap laju korosi Saramet

Gambar 4.5 menyajikan data laju korosi dan grafik laju korosi Saramet. Pada gambar 4.5 terlihat bahwa grafik pada waktu 240 – 480 jam laju korosi Saramet semakin menurun, berturut-turut pada data pertama 0.105, 0.084; 0.014, 0.042; 0.000 mpy. Penurunan ini terjadi secara signifikan. Hal ini disebabkan oleh kandungan molybdenum (Mo) dan silicon (Si) yang dimiliki oleh Saramet. Pada Saramet terdapat dua lapisan film yang melindunginya dari reaksi dengan oksigen, yaitu lapisan  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  dan  $\text{SiO}_2$ . Sehingga dapat disimpulkan, semakin lama waktu perendaman Saramet dalam larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pada suhu kamar, laju korosi semakin turun. Pernyataan ini sesuai dengan teori bahwa waktu berbanding terbalik dengan laju korosi.

#### 4.1.5 Pengaruh Jenis Material Terhadap Laju Korosi Metode *Weight loss*

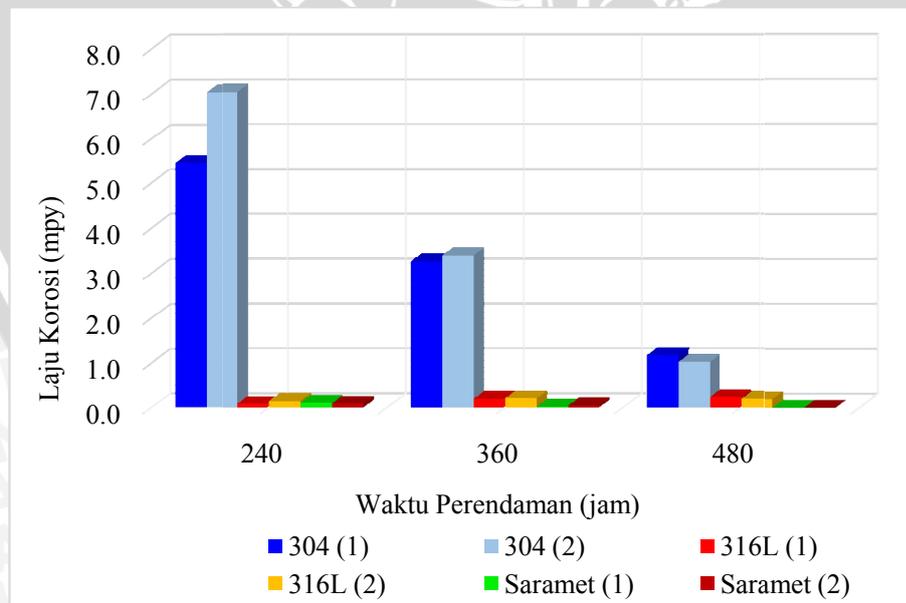
Setiap material memiliki komposisi yang berbeda-beda. Dengan komposisi yang berbeda tersebut akan mempengaruhi tingkat korosi yang terjadi. Masing-masing material memiliki densitas (D) yang berbeda. Namun pengaruhnya terhadap laju korosi relatif kecil karena nilai densitas material baja AISI 304, AISI 316L dan Saramet relatif hampir sama. Faktor yang paling berpengaruh dari material adalah jumlah berat yang hilang (W). Semakin banyak berat yang hilang maka laju korosi akan semakin besar, sebaliknya semakin sedikit berat yang hilang maka laju korosi akan semakin kecil. Kehilangan berat yang terjadi, tergantung kandungan atau komposisi yang dimiliki oleh setiap material. Kelebihan 316L dibanding 304 adalah 316L memiliki *molybdenum*

(Mo), sedangkan kelebihan Saramet dibanding 316L adalah selain Saramet memiliki *molybdenum* (Mo). Saramet juga mempunyai kandungan *silicon* (Si) sampai 5%. Hal tersebut sesuai rumus laju korosi di atas bahwa berat yang hilang (W) berbanding lurus dengan laju korosi (CR). Pada gambar 4.6 ditampilkan grafik pengaruh tipe material terhadap laju korosi.



Gambar 4.6 Grafik Pengaruh tipe material terhadap laju korosi

Berikut ini disajikan gambar 4.7 grafik batang perbandingan spesimen Baja AISI 304, 316L dan Saramet selama waktu perendaman terhadap laju korosi.



Gambar 4.7 Grafik batang perbandingan tipe material selama waktu perendaman terhadap laju korosi

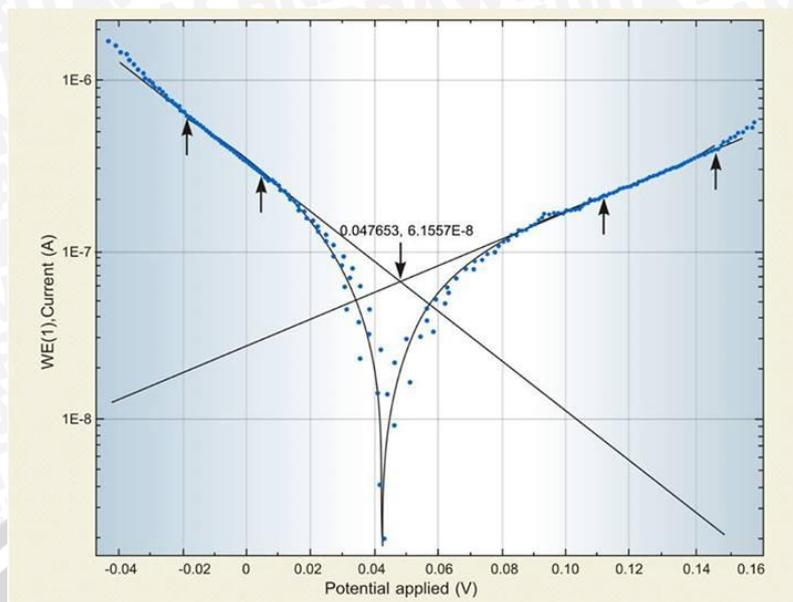
Grafik pada gambar 4.7 di atas menunjukkan perbandingan laju korosi pada 3 jenis material, yaitu baja AISI 304, 316L dan Saramet. Perbandingan ini didapat dari rata-rata laju korosi dari masing masing spesimen. Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa, urutan tingkat laju korosi dari yang paling besar adalah material baja AISI 304, baja AISI 316L dan yang terakhir Saramet. Baja AISI 304 lebih bersifat korosif atau banyak berat yang hilang dari pada 316L dan Saramet dikarenakan baja AISI 304 hanya memiliki kandungan Ni dan Cr. Baja 316L lebih tahan korosi dari pada baja AISI 304 karena baja jenis ini memiliki kandungan *molybdenum* yang tidak terdapat pada baja AISI 304. Sehingga baja AISI 316L dapat membentuk lapisan oksida  $Cr_2O_3$  pada permukaan logam serta konsentrasi Mo yang cukup tinggi memberikan ketahanan sulfidasi yang cukup baik. Baja AISI jenis Saramet memiliki ketahanan korosi yang paling tinggi dibandingkan Baja AISI 304 dan 316L. Hal ini dikarenakan Saramet memiliki kandungan Mo (*molybdenum*) dan Si (Silikon).

#### 4.2 Hasil Uji Potensiostat

Pengujian spesimen menggunakan alat uji potensiostat dengan metode analisa polarisasi linier menggunakan software NOVA. Pada gambar 4.8, 4.9, dan 4.10 disajikan gambar hasil uji potensiostat. Dengan uji potensiostat ini, nilai laju korosi pada setiap spesimen langsung bisa diketahui.

##### Hasil tabel AISI 304 tanpa perlakuan

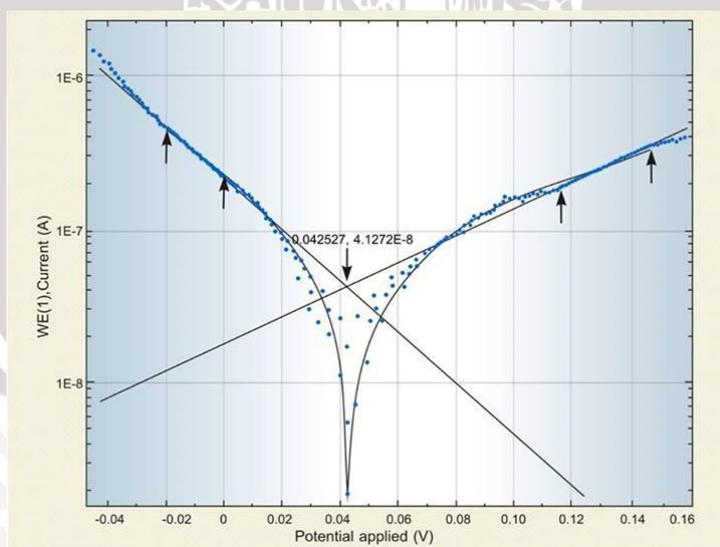
Beta A	= 147.3 mV/dec
Beta C	= 814.6 mV/dec
E <sub>corr</sub> , Calc (V)	= 47.6530 mV
E <sub>corr</sub> , Obs (V)	= 42.2343 mV
I <sub>corr</sub> (A/cm <sup>2</sup> )	= 348.580 nA/cm <sup>2</sup>
I <sub>corr</sub> (A)	= 348.580 nA
Corrosion rate	= 0.003964 (mm/year)
E Begin (V)	= -21.3720 mV
E End (V)	= 142.970 mV



Gambar 4.8 Kurva potensiostat baja AISI 304

**Hasil tafel AISI 316L tanpa perlakuan**

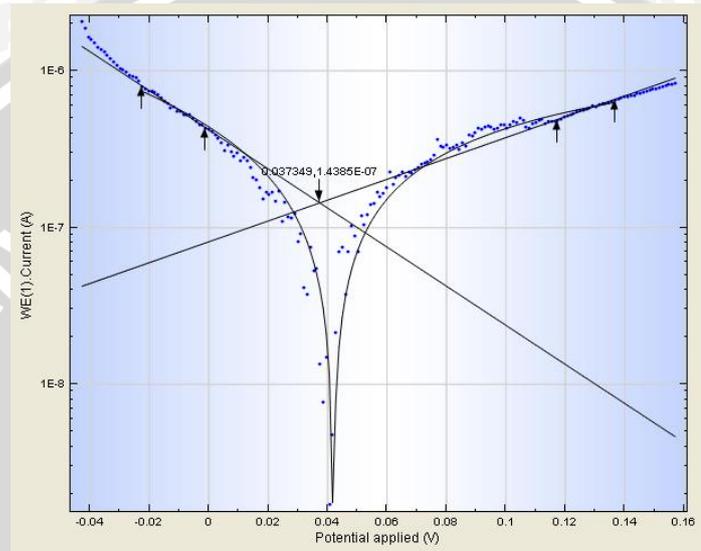
Beta A	= 551.0 mV/dec
Beta C	= 958.3 mV/dec
E <sub>corr, Calc (V)</sub>	= 42.5270 mV
E <sub>corr, Obs (V)</sub>	= 43.2710 mV
I <sub>corr (A/cm<sup>2</sup>)</sub>	= 233.710 nA/cm <sup>2</sup>
I <sub>corr (A)</sub>	= 233.710 nA
Corrosion rate	= 0.002671 (mm/year)
E Begin (V)	= -20.5430 mV
E End (V)	= 143.050 mV



Gambar 4.9 Kurva potensiostat baja AISI 316L

### Hasil tabel Saramet tanpa perlakuan

Beta A	= 252.7 mV/dec
Beta C	= 1232.5 mV/dec
E <sub>corr</sub> , Calc (V)	= 37.3490 mV
E <sub>corr</sub> , Obs (V)	= 41.8530 mV
I <sub>corr</sub> (A/cm <sup>2</sup> )	= 814.580 nA/cm <sup>2</sup>
I <sub>corr</sub> (A)	= 814.580 nA
Corrosion rate	= 0.0094654 (mm/year)
E Begin (V)	= -22.4300 mV
E End (V)	= 136.720 mV



Gambar 4.10 Kurva potensiostat Saramet

Pada kurva potensiostat, terdapat titik perpotongan antara dua garis linier hasil ekstrapolasi pada kurva polarisasi. Jika titik ini ditarik ke sumbu Y, maka didapatkan nilai I<sub>corr</sub>. Nilai I<sub>corr</sub> merupakan salah satu nilai yang penting untuk menentukan tingkat laju korosi karena nilai I<sub>corr</sub> sejajar dengan laju korosi. Laju korosi diperoleh dengan cara nilai I<sub>corr</sub> dikali dengan *equivalent weight* dan dibagi desnsitasnya. Semakin tinggi nilai I<sub>corr</sub>, lau korosi juga akan semakin tinggi.

Pada gambar 4.8 – 4.10 terlihat bahwa nilai I<sub>corr</sub> terbesar adalah pada spesimen Saramet sebesar 814.580 nA dan nilai I<sub>corr</sub> terkecil terletak pada spesimen baja AISI 316L sebesar 233.710 nA. Sedangkan I<sub>corr</sub> baja AISI 304 adalah 348.580 nA. Sehingga tingkat laju korosi Saramet lebih besar dibanding laju korosi pada baja AISI 304 dan AISI 316L. Hal ini dikarenakan Material jenis Saramet khusus didesain untuk penggunaan dalam konsentrasi asam sulfat yang tinggi dan suhu kerja yang tinggi pula, namun Saramet bersifat lebih korosif pada suhu rendah dan konsentrasi asam sulfat

yang rendah dibanding jenis 304 dan 316L. Sedangkan Icorr 316L lebih rendah dibanding 304 karena kedua jenis baja ini yang paling umum digunakan dalam dunia industri pada temperatur rendah. Dan keunggulan 316L adalah kandungan Molybdenum sebesar 2%.

Pada hasil kurva potensiostat juga ditampilkan harga Beta C dan Beta A. Beta A dan Beta C menyatakan kemiringan dari garis linier hasil ekstrapolasi pada kurva polarisasi. Beta A menunjukkan kinetika reaksi anodik dan Beta C menunjukkan kinetika reaksi katodik. Hal ini mempunyai arti bahwa jika harga Beta C lebih rendah daripada Beta A maka reaksi anodik lebih besar daripada reaksi katodik sehingga logam lebih akan mudah terkorosi (karena rapat arusnya kecil). Dari hasil tafel pada gambar 4.8, 4.9 dan 4.10 didapatkan harga semua Beta A jauh lebih kecil daripada harga Beta C-nya, hal ini mempunyai arti bahwa baja AISI 304, 316L dan Saramet mudah terkorosi namun produk korosi yang ada merupakan lapisan pasif  $Cr_2O_3$  yang justru melindungi logam *stainless steel* terhadap *ekspose* dari lingkungan.

#### 4.3 Pengolahan Data Statistik

Pada tabel 4.4 disajikan data hasil pengujian dengan menggunakan software minitab 16:

Tabel 4.4 Data uji statistik

	C1	C2	C3
	TIPE MATERIAL	WAKTU PERENDAMAN (Jam)	LAJU KOROSI (mpy)
1	1	240	5.452
2	1	240	7.039
3	1	360	3.255
4	1	360	3.390
5	1	480	1.160
6	1	480	1.007
7	2	240	0.082
8	2	240	0.143
9	2	360	0.191
10	2	360	0.204
11	2	480	0.235
12	2	480	0.194
13	3	240	0.105
14	3	240	0.084
15	3	360	0.014
16	3	360	0.042
17	3	480	0.000
18	3	480	0.000

Interpretasi uji ANOVA dengan software minitab 16 :

Two-way ANOVA: LAJU KOROSI (mpy) versus TIPE MATERIAL, WAKTU PERENDAMAN (Jam)

Source	Derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Jumlah Kuadrat rata2	F-hitung
TIPE MATERIAL	2	47.4588	23.7294	166.44
WAKTU PERENDAMAN	2	8.9020	4.4510	31.22
Interaksi	4	17.9209	4.4802	31.43
Kesalahan	9	1.2831	0.1426	
Total	17	75.5648		

S = 0.3776    R-Sq = 98.30%    R-Sq(adj) = 96.79%

#### 4.3.1 Memeriksa Pengaruh Tipe Material terhadap laju korosi

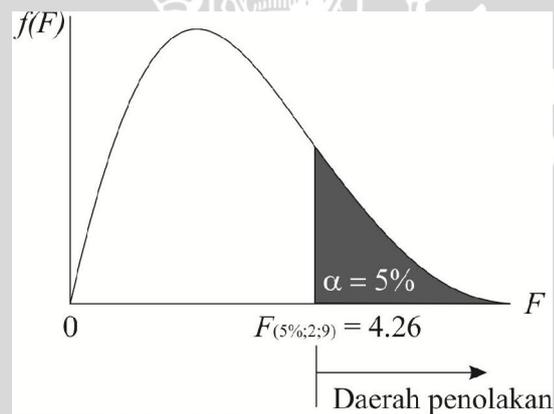
##### a. Hipotesis

$$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 0$$

(Tipe material tidak berpengaruh terhadap laju korosi)

$$H_1 : \alpha_i \neq 0 ; i = 1, 2, 3.$$

(Tipe material berpengaruh terhadap laju korosi)



Gambar 4.11 Daerah penolakan untuk  $F_{0.05;2;9}$  (pengaruh tipe material)

##### b. Daerah Penolakan

Pada gambar terlihat bahwa nilai statistik F (166.44) melebihi  $F_{0.05;2;9} = 4.26$ , maka tolak  $H_0$ . Daerah penolakan ditunjukkan pada gambar 4.10.

##### c. Interpretasi hasil

Dari output, diketahui nilai statistik F sebesar 4.26. Oleh karena itu, keputusan yang diambil adalah tolak  $H_0$  yang menyatakan bahwa tidak ada pengaruh antara tipe material terhadap laju korosi. Dengan kata lain hipotesis alternatif atau  $H_1$  diterima, yang artinya ada pengaruh yang signifikan antara tipe material terhadap laju korosi.

### 4.3.2 Memeriksa Pengaruh Waktu Perendaman terhadap laju korosi

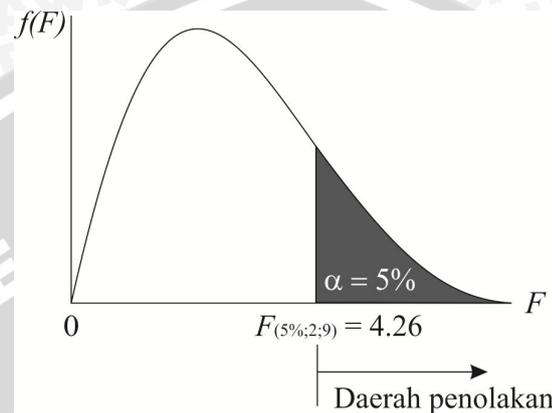
#### a. Hipotesis

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$$

(waktu perendaman tidak berpengaruh terhadap laju korosi)

$$H_1 : \beta_j \neq 0 ; j = 1, 2, 3.$$

(waktu perendaman berpengaruh terhadap laju korosi)



Gambar 4.12 Daerah penolakan untuk  $F_{0.05;2;9}$  (pengaruh waktu perendaman)

#### b. Daerah Penolakan

Pada gambar terlihat bahwa nilai statistik F (31.22) melebihi  $F_{0.05;2;9} = 4.26$ , maka tolak  $H_0$ . Lokasi daerah penolakan ditunjukkan pada gambar 4.11.

#### c. Interpretasi hasil

Dari output, diketahui nilai statistik F sebesar 4.26. Oleh karena itu, keputusan yang diambil adalah tolak  $H_0$  yang menyatakan bahwa tidak ada pengaruh antara waktu perendaman terhadap laju korosi. Dengan kata lain hipotesis alternatif atau  $H_1$  diterima, yang artinya ada pengaruh yang signifikan antara waktu perendaman terhadap laju korosi.

### 4.3.3 Memeriksa Pengaruh antarfaktor terhadap laju korosi

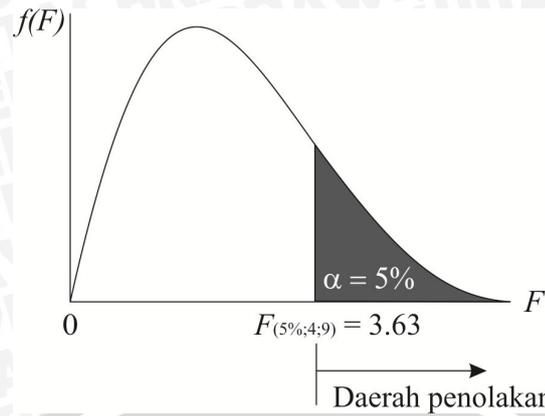
#### a. Hipotesis

$$H_0 : (\alpha\beta)_{ij} = 0 \text{ (untuk semua } i, j)$$

(interaksi antar faktor tidak berpengaruh terhadap laju korosi)

$$H_1 : (\alpha\beta)_{ij} \neq 0$$

(interaksi antar faktor berpengaruh terhadap laju korosi)



Gambar 4.13 Daerah penolakan untuk  $F_{0.05;4;9}$  (pengaruh antarfaktor)

**b. Daerah Penolakan**

Pada gambar terlihat bahwa nilai statistik F (31.43) melebihi  $F_{0.05;4;9} = 3.63$ , maka tolak  $H_0$ . Lokasi daerah penolakan ditunjukkan pada gambar 4.12.

**c. Interpretasi hasil**

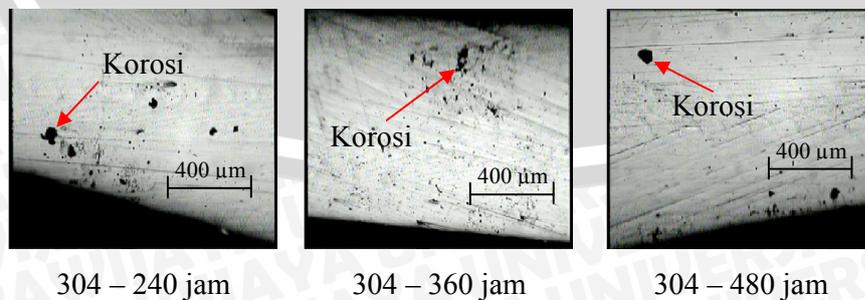
Dari output, diketahui nilai statistik F sebesar 3.63. Oleh karena itu, keputusan yang diambil adalah tolak  $H_0$  yang menyatakan bahwa tidak ada pengaruh antara interaksi antar faktor terhadap laju korosi. Dengan kata lain hipotesis alternatif atau  $H_1$  diterima, yang artinya ada pengaruh yang signifikan antara interaksi antar faktor terhadap laju korosi.

**4.4 Hasil Fotomikro Spesimen**

**4.4.1 Hasil Fotomikro spesimen uji *weight loss***

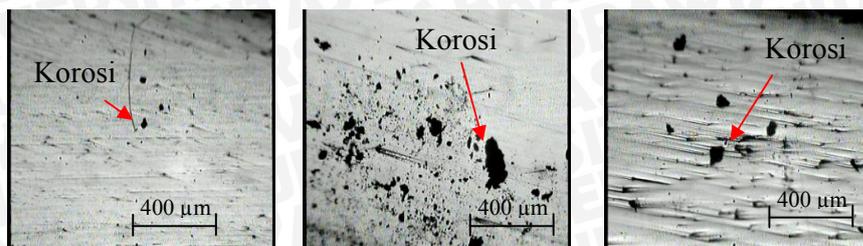
Di bawah ini ditampilkan hasil Fotomikro spesimen uji *weight loss* yang ditunjukkan oleh gambar 4.14, 4.15 dan 4.16. dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa jenis korosi baja AISI 304, 316L dan Saramet dalam media larutan asam sulfat dan pada suhu kamar adalah korosi sumuran (*pitting corrosion*) yang ditunjukkan oleh gambar bintik-bintik atau lubang warna hitam.

1. Fotomikro baja AISI 304



Gambar 4.14 Fotomikro baja AISI 304

2. Fotomikro baja AISI 316L



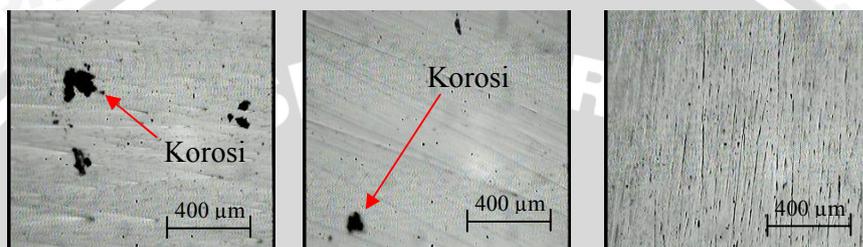
316L – 240 jam

316L – 360 jam

316L – 480 jam

Gambar 4.15 Fotomikro baja AISI 316L

3. Fotomikro Saramet



Saramet – 240 jam

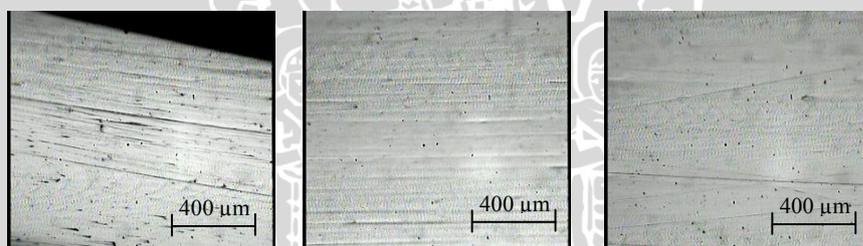
Saramet – 360 jam

Saramet – 480 jam

Gambar 4.16 Fotomikro Saramet

4.4.2 Hasil Fotomikro spesimen tanpa perlakuan(perbesaran 400 kali)

Berikut ini disajikan gambar 4.17 fotomikro spesimen tanpa perlakuan baja AISI 304, 316L dan Saramet yang masih belum terjadi korosi dengan skala 1 : 4 µm.



AISI 304

AISI 316L

Saramet

Gambar 4.17 Fotomikro spesimen tanpa perlakuan

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- ❖ Laju korosi baja AISI 304 pada waktu perendaman dalam asam sulfat selama 240 jam, 360 jam, 480 jam semakin menurun
- ❖ Laju korosi baja AISI 316L pada waktu perendaman dalam asam sulfat selama 240 jam, 360 jam, 480 jam membentuk kurva yang naik kemudian menurun. Apabila dibandingkan dengan baja 304, laju korosi 316L jauh lebih rendah karena baja 316L memiliki *molybdenum* (Mo) yang cukup besar yang dapat menghambat terjadinya sulfidasi.
- ❖ Semakin lama waktu perendaman dalam asam sulfat, laju korosi pada Saramet semakin menurun. Dan laju korosi yang terjadi lebih rendah dibanding laju korosi yang terjadi pada baja 304 dan 316L. Hal ini dikarenakan pada Saramet terdapat kandungan Mo dan Si. Sehingga Saramet memiliki keunggulan yaitu, memiliki lapisan film  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , ketahanan terhadap sulfidasi dan lapisan  $\text{SiO}_2$  yang mampu menghambat terjadinya reaksi dengan oksigen lebih lanjut.
- ❖ Ada pengaruh yang signifikan antara waktu perendaman dengan asam sulfat terhadap laju korosi pada masing-masing spesimen, yakni semakin lama waktu perendaman, laju korosi semakin menurun.
- ❖ Ada pengaruh yang signifikan antara material yang berbeda terhadap laju korosi. Material yang berkualitas, memiliki kandungan Mo dan Si, akan memiliki tingkat laju korosi yang rendah.

#### 5.2 Saran

1. Variabel bebas (waktu perendaman pada asam sulfat) sebaiknya lebih dari 480 jam untuk mengetahui penurunan laju korosi pada baja AISI 316L.
2. Segera lakukan penimbangan setelah spesimen diangkat dari rendaman asam sulfat.
3. Gunakan variasi konsentrasi asam sulfat, temperatur perendaman dan variasi medium perendam lainnya sebagai penelitian selanjutnya.