

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Sebelumnya

Nur Laeli Hajati (2006) dengan judul “Kajian Pengaruh Tebal Lapisan *Coating* pada Laju Korosi Tulangan Beton” menyebutkan bahwa perbandingan laju korosi dengan tebal coating tiap lapisan menghasilkan ketahanan terhadap korosi yang berbeda. Semakin tebal lapisan coating, maka laju korosinya semakin turun.

Viktor Malau dan Nelson Seleman Luppa (2011) dengan judul “Pengaruh Variasi Waktu dan Konsentrasi Larutan NaCl terhadap Kekerasan dan Laju Korosi dari Lapisan Nikel Elektroplating pada Permukaan Baja Karbon Sedang” menyebutkan bahwa Laju korosi meningkat jika konsentrasi larutan NaCl naik, sebaliknya laju korosi turun jika lama elektroplating mengalami kenaikan. Lapisan nikel Ni menurunkan laju korosi secara signifikan.

Fitria Indah Nur Aini (2011) dengan judul “Pengaruh Konsentrasi NaCl terhadap Ketahanan Korosi Lapisan Hasil Hot Dip Galvanizing pada Cold Rolled Steel AISI 1020” menyebutkan bahwa konsentrasi larutan NaCl menyebabkan kenaikan laju korosi AISI 1020 hasil Hot Dip Galvanizing, baik yang mengalami maupun yang tidak mengalami cold roll. Laju korosi terbesar yaitu lapisan Zn pada AISI 1020 dikonsentrasi 0,5M NaCl.

#### 2.2 Korosi

Korosi secara umum dikenal sebagai gejala kerusakan terhadap material khususnya logam dan sifat-sifatnya akibat berinteraksi dengan lingkungan. Korosi tidak dapat dicegah, tetapi dapat dikendalikan untuk mengurangi kecepatannya. Laju korosi bisa terjadi cepat ataupun lambat, hal ini tergantung dari lingkungan yang ada disekelilingnya. Kondisi alam Indonesia yang beriklim tropis, dengan tingkat populasi penduduk yang padat dan dekat dengan laut adalah faktor yang dapat mempercepat proses korosi. Korosi biasanya diartikan dengan istilah karat, kedua istilah ini selalu berhubungan satu sama lain. Korosi adalah kerusakan material khususnya logam secara umum akibat reaksi dengan lingkungan sekitarnya, sedangkan arti karat dikhususkan pada logam besi.

Dalam kehidupan sehari-hari, korosi sering dijumpai pada bangunan atau peralatan yang menggunakan komponen logam seperti seng, tembaga, baja dan sebagainya. Dampak dari peristiwa korosi bersifat sangat merugikan. Contohnya adalah keroposnya jembatan, bodi mobil atau berbagai konstruksi dan peralatan dari besi.

### 2.3 Faktor-faktor Terjadinya Korosi

Korosi pada permukaan suatu logam dapat dipercepat oleh beberapa faktor, antara lain:

#### 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. Hal tersebut 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. Jika jumlah  $O_2$  dan  $H_2O$  yang mengalami kontak dengan permukaan logam semakin banyak, maka semakin cepat berlangsungnya korosi pada permukaan logam tersebut.



Gambar 2.1 Korosi kontak langsung logam dengan  $H_2O$  dan  $O_2$

Sumber : Fathonah, 2012

#### 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 yang mengakibatkan proses korosi semakin cepat pula.



Gambar 2.2 Zat pengotor

Sumber : Fathonah, 2012

### 3. Kontak dengan Elektrolit

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



Gambar 2.3 Kapal tenggelam yang terkorosi kontak dengan elektrolit

Sumber : Fathonah, 2012

### 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 dan 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).

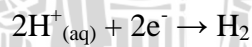


Gambar 2.4 Knalpot Kendaraan Bermotor yang Mudah Terkorosi Akibat Temperatur Tinggi

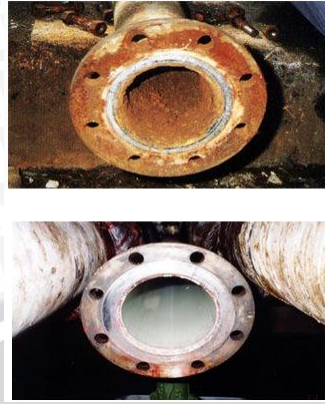
Sumber : Fathonah, 2012

## 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.



Gambar 2.5 Korosi Pada Kondisi Asam Lebih Cepat Terjadi (atas). Logam Besi yang Belum Terkorosi Pada Kondisi Netral (bawah)

Sumber : Fathonah, 2012

## 6. Metalurgi

- Permukaan logam

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



Gambar 2.6 Permukaan Logam yang Kasar Cenderung Mengalami Korosi

Sumber : Fathonah, 2012

- 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.

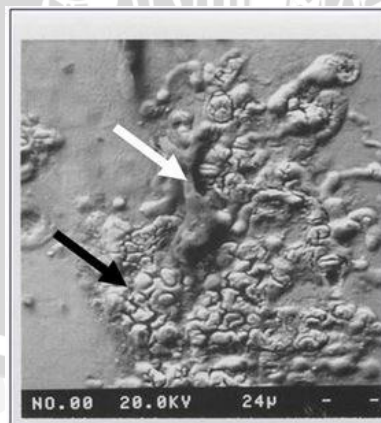


Gambar 2.7 Korosi Galvanic

Sumber : Alpha, 2009

## 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.



Gambar 2.8 Korosi Pada Permukaan Logam yang Disebabkan oleh Mikroba

Sumber : Fathonah, 2012

## 2.4 Kekasaran Permukaan

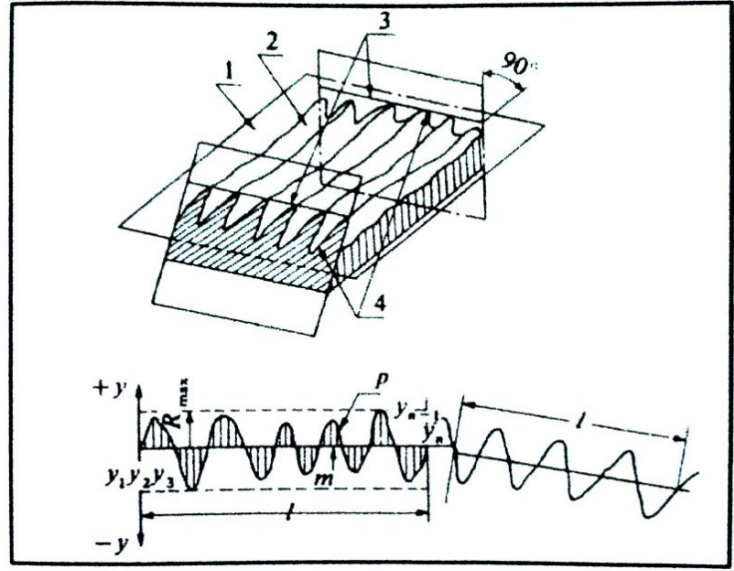
Arus ini bergerak dari potensial tinggi ke potensial rendah, dari kutub positif ke kutub negatif, dari anoda ke katoda. Arah arus listrik ini berlawanan arah dengan arus elektron. Muatan listrik dapat berpindah apabila terjadi beda potensial. Beda potensial dihasilkan oleh sumber listrik, misalnya baterai atau akumulator. Setiap sumber listrik selalu mempunyai dua kutub, yaitu kutub positif (+) dan kutub negatif (-). Terjadinya arus listrik dari kutub positif ke kutub negatif dan aliran elektron dari kutub negatif ke kutub positif, disebabkan oleh adanya beda potensial antara kutub positif dengan kutub negatif, dimana kutub positif mempunyai potensial yang lebih tinggi dibandingkan kutub negatif. (Hikmat, 2012)

Kekasaran permukaan yaitu salah satu penyebab terjadinya korosi. Kekasaran permukaan mempengaruhi laju korosi karena permukaan logam yang tidak rata memudahkan terjadinya kutub-kutub muatan, yang akhirnya akan berperan sebagai anode dan katoda. Permukaan logam yang licin dan bersih akan menyebabkan korosi sukar terjadi, sebab sukar terjadi kutub-kutub yang akan bertindak sebagai anode dan katoda.

Kekasaran permukaan adalah salah satu penyimpangan yang disebabkan oleh kondisi pemotongan dari proses permesinan. Oleh karena itu, untuk memperoleh produk bermutu berupa tingkat kepresisian yang tinggi serta kekasaran permukaan yang baik, perlu didukung oleh proses permesinan yang tepat. Karakteristik kekasaran permukaan dipengaruhi oleh faktor kondisi pemotongan.

Untuk menentukan kekasaran permukaan hasil pemotongan suatu material, ada beberapa cara yang umum digunakan dalam penentuan tingkat kekasaran permukaan antara lain :

1. Penyimpangan rata – rata aritmetik ( $R_a$ ) adalah harga rata – rata dari titik ordinat – ordinat profil efektif garis rata – ratanya. Profil efektif berarti garis yang terbentuk dari potongan permukaan efektif oleh sebuah bidang yang telah ditentukan secara konvensional terhadap permukaan geometris seperti terlihat pada gambar 2.9. Ordinat – ordinat ( $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ ) dijumlahkan tanpa memperhitungkan tandanya.



Gambar 2.9 Penyimpangan rata – rata aritmetik dari garis rata – rata profil  
 Sumber : Sato (1996 : 182)

Keterangan :

- 1 = Permukaan geometris
- 2 = Permukaan efektif
- 3 = Profil geometris
- 4 = Profil efektif
- P = Profil efektif
- l = Panjang contoh
- m = Garis rata - rata

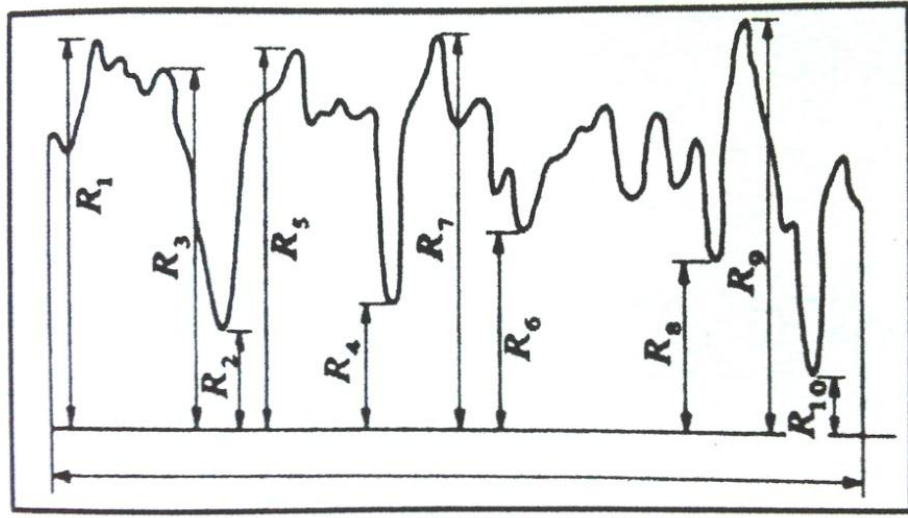
Dimana *l* adalah panjang contoh yang telah ditentukan, yaitu panjang dari profil efektif yang diperlukan untuk menentukan kekasaran permukaan dari permukaan yang diteliti.

2. Ketidakrataan ketinggian sepuluh titik ( $R_z$ )

Ketidakrataan ketinggian sepuluh titik ( $R_z$ ) merupakan jarak rata – rata antara lima puncak tertinggi dan lima lembah terdalam pada jarak tertentu, yang diukur dari garis sejajar dengan garis rata – rata dan tidak memotong profil tersebut. Berikut contoh profil ketidakrataan ketinggian sepuluh titik ( $R_z$ ) dapat dilihat pada gambar 2.10. nilai  $R_z$  dapat dihitung berdasarkan rumus :

$$R_z = \frac{(h_1 + h_3 + h_5 + h_7 + h_9) - (h_2 + h_4 + h_6 + h_8 + h_{10})}{5}$$

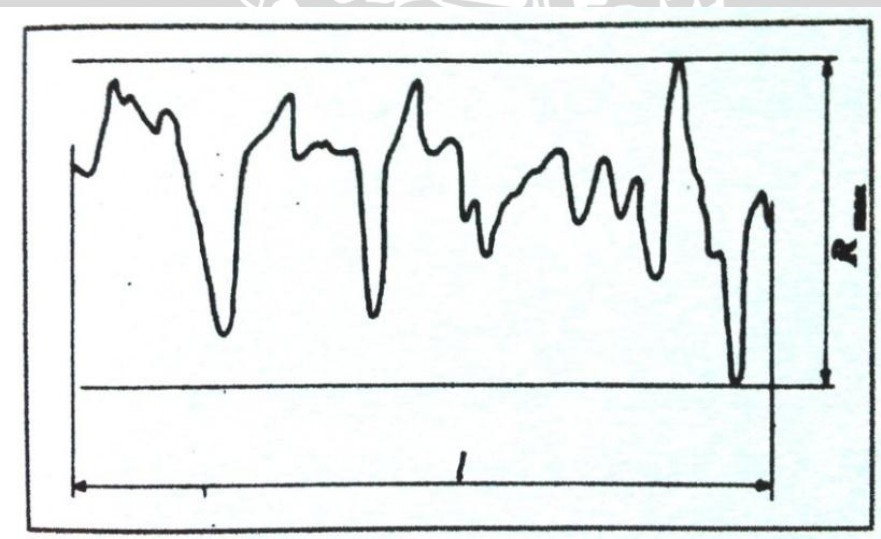




Gambar 2.10 Ketinggian sepuluh titik ( $R_z$ ) dari ketidakrataan  
 Sumber : Sato (1996 : 182)

3. Ketidakrataan ketinggian maksimum ( $R_{maksimum}$ )

Ketidakrataan ketinggian maksimum ( $R_{maksimum}$ ) merupakan jarak antara puncak tertinggi dengan lembah terendah. ( $R_{maksimum}$ ) dapat disebut juga dengan  $R_t$ . Berikut contoh profil ketidakrataan ketinggian maksimum ( $R_{maksimum}$ ) dapat dilihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Ketinggian maksimum ( $R_{maksimum}$ ) dari ketidakrataan  
 Sumber : Sato (1996 : 182)

Untuk memperoleh profil suatu permukaan, digunakan suatu alat ukur yang disebut *surface tester*. Dimana jarum peraba dari alat ukur bergerak mengikuti lintasan yang berupa garis lurus dengan jarak yang ditentukan terlebih dahulu. Panjang lintasan disebut dengan panjang pengukuran sesaat setelah jarum bergerak dan sesaat sebelum jarum berhenti, maka secara elektronis alat ukur melakukan perhitungan berdasarkan data yang diperoleh dari jarum peraba. Bagian dari panjang ukuran yang dianalisa dari profil permukaan disebut sebagai panjang sampel.

Alat ukur yang digunakan dalam percobaan ini adalah alat ukur jenis Mitutoyo Surfptest SJ – 301.



Gambar 2.12 Mitutoyo Surfptest SJ – 301

Sumber : Laboratorium Metrologi Industri Teknik Mesin Universitas Brawijaya, 2014

Prinsip kerja Mitutoyo Surfptest SJ-301 adalah :

1. *Detector Stylus* akan mendeteksi benda kerja yang akan diukur.
2. *Detector Stylus* merubah gerakan mekanik yang terdeteksi menjadi sinyal elektrik.
3. Sinyal elektrik ini akan dimasukkan di dalam proses perhitungan.
4. Hasil perhitungan akan ditampilkan pada layar monitor (display).
5. Data dicetak.

## 2.5 Macam-macam Korosi

Ditinjau dari proses dan bentuknya maka korosi dapat dibedakan menjadi:

1. Korosi merata (*uniform corrosion*)

Korosi merata adalah korosi yang terjadi pada seluruh permukaan logam yang kontak dengan elektrolit dengan intensitas sama.



Gambar 2.13 Korosi merata (*uniform corrosion*)

Sumber : Alpha, 2009

## 2. Korosi galvanik (*galvanic corrosion*)

Korosi galvanik adalah korosi yang terjadi bila dua logam berbeda jenis berada pada lingkungan korosif dan saling kontak, akibatnya terjadi perbedaan beda potensial yang menghasilkan aliran elektron. Logam yang lebih anodik akan terkorosi sementara logam lainnya yang lebih katodik akan terlindungi.



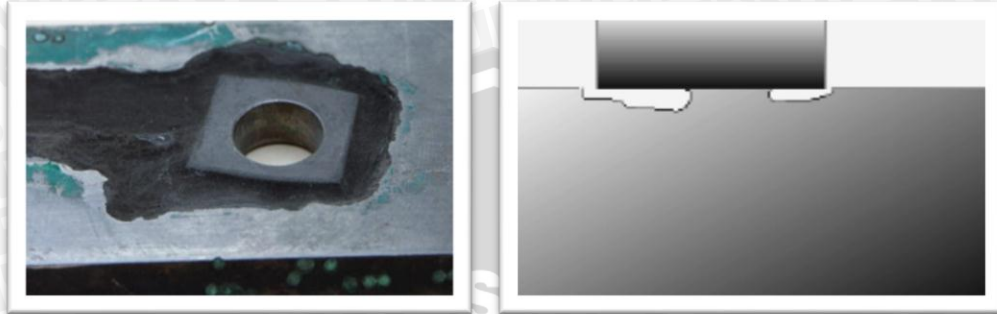
Gambar 2.14 Korosi galvanik (*galvanic corrosion*)

Sumber : Alpha, 2009

## 3. Korosi celah (*crevice corrosion*)

Korosi celah adalah korosi lokal yang terjadi pada celah antara dua komponen baik logam dengan non-logam maupun logam dengan logam akibat perbedaan konsentrasi oksigen. Pada celah, kadar oksigen lebih rendah daripada

lingkungannya sehingga elektron akan berpindah menuju kadar oksigen yang tinggi, akibatnya di dalam celah terjadi korosi.

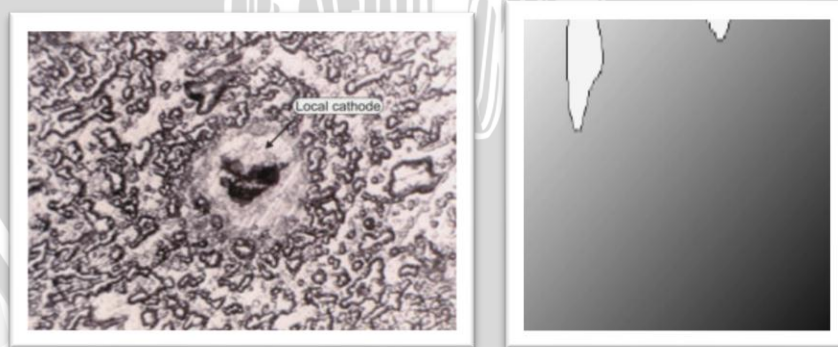


Gambar 2.15 Korosi celah (*crevice corrosion*)

Sumber : Alpha, 2009

#### 4. Korosi sumuran (*pitting corrosion*)

Korosi sumuran adalah korosi yang terjadi karena adanya cacat pada permukaan material, seperti celah atau lubang kecil yang berakibat rusaknya lapisan pasif. Pada daerah cacat ini akan lebih anodik dibandingkan permukaan material lainnya sehingga korosi akan menuju bagian dalam material. Korosi sumuran ini sangat berbahaya karena lokasi terjadinya sangat kecil tetapi dalam, sehingga dapat menyebabkan peralatan (struktur) patah mendadak.

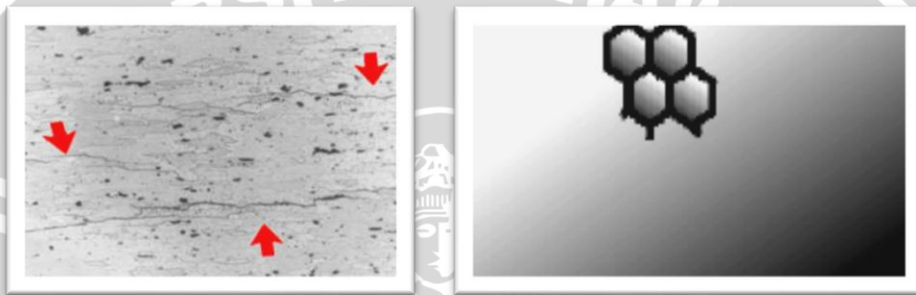


Gambar 2.16 Korosi sumuran (*pitting corrosion*)

Sumber : Alpha, 2009

### 5. Korosi batas butir (*intergranular corrosion*)

Korosi batas butir adalah korosi yang terjadi pada atau di sepanjang batas butir, dimana batas butir bersifat anodik dan bagian tengah butir bersifat katodik. Korosi *intergranular* terjadi pada *austenitic stainless steel* saat *heat treatment* pada temperatur 425 hingga 815°C (800 hingga 1500°F), dimana terjadi pengosongan batas butir dari kromium akibat presipitasi kromium karbida ( $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$ ) sehingga batas butir kehilangan resistensinya dan mengalami korosi. Proses terbentuknya presipitat karbida karbon disebut sensitisasi.



Gambar 2.17 Korosi batas butir (*intergranular corrosion*)

Sumber : Alpha, 2009

### 6. Korosi erosi (*erosion corrosion*)

Korosi erosi adalah korosi yang disebabkan oleh erosi yang mengikis lapisan pelindung material, zat erosi itu dapat berupa fluida yang mengandung material abrasif. Korosi tipe ini sering ditemui pada pipa-pipa minyak.



Gambar 2.18 Korosi erosi (*erosion corrosion*)

Sumber : Alpha, 2009

### 7. Korosi retak tegang (*stress cracking corrosion*)

Korosi retak tegang terjadi karena kombinasi beban regang (*tensile stress*) dan lingkungan yang korosif sehingga dapat menimbulkan kerusakan awal yang kemudian menyebabkan *fracture* dalam logam.



Gambar 2.19 Korosi retak tegang (*stress cracking corrosion*)

Sumber : Alpha, 2009

### 2.6 Air Laut

Air laut adalah air dari laut atau samudera. Air laut memiliki kadar garam rata-rata 3,5%. Artinya dalam 1 liter (1000 mL) air laut terdapat 35 gram garam (terutama, namun tidak seluruhnya, garam dapur/NaCl). Walaupun kebanyakan air laut di dunia memiliki kadar garam sekitar 3,5 %, air laut juga berbeda-beda kandungan garamnya. Kadar garam di beberapa danau dapat lebih tinggi lagi. Air laut memiliki kadar garam karena bumi dipenuhi dengan garam mineral yang terdapat di dalam batu-batuan dan tanah. Contohnya natrium, kalium, dan kalsium. Apabila air sungai mengalir ke lautan, air tersebut membawa garam. Ombak laut yang memukul pantai juga dapat menghasilkan garam yang terdapat pada batu-batuan. Lama-kelamaan air laut menjadi asin karena banyak mengandung garam.

### 2.7 API 5L

Baja API 5L merupakan salah satu baja karbon. API sendiri merupakan singkatan dari (*American Petroleum Institute*), untuk 5L menunjukkan jenis yang khusus digunakan untuk *offshore pipeline* (pipa bawah laut). Baja API 5L adalah satu dari beberapa pipa

standart untuk transportasi minyak, salah satunya juga digunakan di bawah laut. Baja ini memiliki densitas  $7,85 \text{ g/cm}^3$  dengan komposisi kimia :

- Karbon (C) : 0,20 %
- Mangan (Mn) : 0,55 %
- Sulfur (S) : 0,011 %
- Fosfor (P) : 0,007 %
- Kromium (Cr) : 0,03 %
- Nikel (Ni) : 0,05 %
- Silikon (Si) : 0,22 %
- Tembaga (Cu) : 0,10 %
- Besi (Fe) : 98,83 %

## 2.8 Proteksi Logam dari Korosi

Metode pencegahan korosi yang sering digunakan adalah pemilihan material atau paduan yang cocok untuk beberapa jenis korosi . Selain itu ada banyak cara yang digunakan di dunia industri untuk menanggulangi masalah korosi, diantaranya:

### 1. Proteksi Anodik

Proteksi anodik adalah metode pengendalian korosi dengan membuat logam menjadi pasif (terbentuk lapisan oksida protektif). Untuk memproteksi secara anodik pada sebuah struktur, dibutuhkan sebuah alat bernama *potentiostat*. Dengan menggunakan *potentiostat*, potensial antar muka logam yang dilindungi dapat diatur dengan akurasi yang tinggi sehingga logam berada pada daerah pasif.

### 2. Proteksi Katodik

Proteksi katodik merupakan teknik yang digunakan untuk mengendalikan korosi pada permukaan logam dengan menjadikan permukaan logam tersebut sebagai katoda dari sel elektrokimia. Ada dua jenis proteksi katodik yaitu dengan eksternal *power supply* atau dengan *appropriate galvanic coupling*. Sistem proteksi katodik ini biasanya digunakan untuk melindungi baja, jalur pipa, tangki, tiang pancang, kapal, dan lain – lain.

### 3. Inhibitor

Inhibitor adalah sebuah substansi yang ketika ditambahkan dalam konsentrasi dalam jumlah kecil pada suatu lingkungan akan mengurangi laju korosi.

### 4. Pelapisan coating

Pelapisan adalah cara paling umum digunakan untuk pengendalian korosi. Pelapisan terdiri dari 2 jenis, yaitu *liquid coating* dan *concrete coating*. *Liquid coating* bisa berupa *painting* (cat), sedangkan *concrete coating* berupa pelapisan beton, selain untuk mencegah korosi juga dapat menambah kestabilan pipa. Konsep dasar adalah tidak adanya proses elektrokimia dalam alam, pelapisan secara sederhana membatasi paduan logam dari pengaruh lingkungan yang korosif. Dalam praktek, bagaimanapun, beberapa masalah muncul dan sering tidak cukup perhatian untuk pelapisan karena kelihatannya sederhana pada sistem pelapisan.

- Sistem Pelapisan Cat

Bagian yang terpenting pada sistem penanggulangan korosi dengan lapis lindung cat adalah pada proses persiapan permukaan baja yang akan dicat, karena lebih dari 60% tingkat keberhasilan sistem penanggulangan korosi dengan bahan ini adalah terletak pada tingkat keberhasilan dan tingkat kekasaran permukaan baja. Cat paling mahal sekalipun tidak menjamin akan memberikan perlindungan korosi yang baik apabila cara persiapan permukaan tidak dilakukan dengan benar. Selain itu pemilihan jenis cat yang sesuai untuk lingkungannya merupakan faktor yang penting pula ditinjau dari segi sistem proteksi dan pertimbangan ekonomi.

Tahapan coating ada 3, yaitu:

1. *Epoxy*

*Epoxy* berfungsi sebagai perekat cat dengan benda atau material. *Epoxy* banyak digunakan untuk perlindungan korosi pipa baja dan alat kelengkapan yang digunakan dalam industri minyak dan gas, jaringan pipa transmisi air minum, baja, dan lain-lain. Logam kaleng dan wadah sering dilapisi dengan *epoxy* untuk mencegah berkarat dan goresan.

2. *Pigment*

*Pigment* adalah zat pemberi warna dari coating. Selain berfungsi dalam hal keindahan, zat pewarna (*pigment*) juga mempengaruhi ketahanan



korosi. Pada cat dasar (*primer coat*) berfungsi menghambat serangan korosi pada logam yang cara kerjanya bisa bersifat pasif, yaitu pigmen yang tidak bereaksi dengan lingkungan akan membentuk suatu senyawa kompleks dengan oksida logam sehingga terjadi suatu lapisan yang pasif. Pada cat akhir (*top coat*), pigmen pada umumnya berfungsi sebagai bahan perupa (*decorative*). Pigmen berwarna terdiri dari bahan inorganik dan organik. Pigmen inorganik umumnya berasal dari alam atau buatan contohnya pigmen iron oxide. Ada berbagai jenis warna warna untuk pigmen ini, yaitu *iron oxide yellow, iron oxide red, cobalt blue, ultra marine blue, prussian blue* dll. Pigmen organik umumnya mempunyai warna yang cerah, dan mempunyai sifat yang spesifik seperti *non bleeding reds, high light fastness* untuk pemakaian ekterior dekorasi.

### 3. Clear (*finishing*)

*Clear (Polyurethane Paint)* adalah pilihan cat yang biasanya digunakan pada akhir pengecatan (*coat finishing*). Cat ini dapat bertahan sangat lama dan menghasilkan hasil akhir yang *high gloss* (mengkilat), selain itu cat *polyurethane* tahan terhadap bahan kimia dan lebih tahan terhadap goresan (*scratch body*). Cat *Polyurethane* memiliki kandungan bahan berkualitas tinggi dan proses pengeringannya membutuhkan waktu yang lama, sehingga dapat menghasilkan permukaan cat yang rata dan hasil yang *high gloss*. Salah satu bahan yang membuat cat ini tahan terhadap korosi adalah kandungan silikon yang dapat menghambat laju korosi.

## 2.9 Menghitung Laju Korosi

Laju korosi merupakan suatu besaran yang menyatakan cepat atau lambat suatu material bereaksi dengan lingkungannya dan mengalami korosi. Menurut Fontana (1987) dalam bukunya "*Corrosion Engineering*", laju korosi dapat didefinisikan dalam berbagai macam, seperti persentase kehilangan massa, miligram per sentimeter persegi per hari dan gram per inci persegi per jam. Selain itu, juga digunakan *mils per year (mpy)* yang menyatakan laju penetrasi serangan korosi terhadap logam. Untuk mengetahui laju korosi

suatu material umumnya digunakan dua metode, yaitu metode kehilangan massa (*mass loss*).

➤ Metode Kehilangan Massa (*Mass Loss*)

Metode kehilangan massa (*mass loss*) ini didasarkan pada selisih massa awal sebelum pengujian korosi dengan massa akhir setelah pengujian korosi. Laju korosi biasanya dinyatakan dalam *mils per year (mpy)*. Perhitungan laju korosi atas dasar kehilangan massa logam selama pengujian dirumuskan sesuai standar ASTM seperti pada persamaan dibawah ini :

$$CR = \frac{K \times W}{A \times t \times D}$$

Keterangan:

$CR$  = laju korosi [mpy]

$K$  = konstanta laju korosi =  $3,45 \times 10^6$  [mpy/mmpy]

$W$  = massa yang hilang [g]

$A$  = luas permukaan spesimen [ $\text{cm}^2$ ]

$t$  = waktu perendaman [jam]

$D$  = densitas spesimen [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]

➤ 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:

$$CR = K \frac{I_{corr} EW}{\rho}$$

Keterangan:

$CR$  = laju korosi [mmpy] untuk  $I_{corr}$  [ $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ ]

$K$  = konstanta laju korosi =  $3,27 \times 10^{-3}$  [mm g/ $\mu\text{A}$  cm yr]

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

$\rho$  = densitas spesimen [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]

$EW$  = *equivalent weight*

Konversi :

$1 \text{ mpy} = 0.0245 \text{ mm/yr} = 25.4 \text{ }\mu\text{m/yr} = 2.90 \text{ nm/hr} = 0.805 \text{ pm/sec}$

Pengukuran potensial sel dapat digunakan untuk membandingkan kecenderungan logam-logam untuk mengalami oksidasi atau reduksi. Misalnya, jika elektrode  $\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}$  diganti dengan elektrode  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$ , ternyata elektron mengalir dari elektrode Cu ke elektrode Ag menghasilkan potensial standar ( $E^0_{sel}$ ) = 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. 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  $I_{corr}$ . Nilai  $I_{corr}$  merupakan salah satu nilai yang penting untuk menentukan tingkat laju korosi karena nilai  $I_{corr}$  sejajar dengan laju korosi. Laju

korosi diperoleh dengan cara nilai Icorr dikali dengan *equivalent weight* dan dibagi desnsitasnya. Semakin tinggi nilai Icorr, lau korosi juga akan semakin tinggi.

### 2.10 Hipotesa

Hipotesa (dugaan sementara) dalam penelitian ini adalah semakin tinggi kekasaran permukaan akan mempercepat laju korosi dan semakin besar tebal lapisan cat laju korosi menurun.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

