

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Korosi**

Korosi merupakan penurunan kualitas suatu logam yang disebabkan oleh terjadinya reaksi elektrokimia antara logam dengan lingkungannya yang mengakibatkan terjadinya penurunan mutu logam menjadi rapuh, kasar, dan mudah hancur. Proses terjadinya korosi pada logam tidak dapat dihentikan, namun hanya bisa dikendalikan atau diperlambat lajunya sehingga memperlambat proses perusakannya, salah satu diantaranya adalah dengan pelapisan pada permukaan logam, perlindungan katodik, penambahan inhibitor korosi dan lain-lain. Sejauh ini penggunaan inhibitor merupakan salah satu cara yang paling efektif untuk mencegah korosi, karena biayanya yang relatif murah dan prosesnya yang sederhana (Hermawan; 2010 dalam Yonna ludiana; 2012).

Secara umum korosi dapat digolongkan berdasarkan rupanya, keseragamannya, baik secara mikroskopis maupun makroskopis. Dua jenis mekanisme utama dari korosi adalah berdasarkan reaksi kimia secara langsung, dan reaksi elektrokimia. Korosi dapat terjadi didalam medium kering dan juga medium basah. Sebagai contoh korosi yang berlangsung didalam medium kering adalah penyerangan logam besi oleh gas oksigen ( $O_2$ ) atau oleh gas belerang dioksida ( $SO_2$ ). Didalam medium basah, korosi dapat terjadi secara seragam maupun secara terlokalisasi. Contoh korosi seragam didalam medium basah adalah apabila besi terendam didalam larutan asam klorida (HCl). Korosi didalam medium basah yang terjadi secara terlokalisasi ada yang memberikan rupa makroskopis, misalnya peristiwa korosi galvanik sistem besi-seng, korosi erosi, korosi retakan, korosi lubang, korosi pengelupasan, serta korosi pelumeran, sedangkan rupa yang mikroskopis dihasilkan misalnya oleh korosi tegangan, korosi patahan, dan korosi antar butir. Dengan demikian, apabila didalam usaha pencegahan korosi dilakukan melalui penggunaan inhibitor korosi, maka mekanisme dari jenis-jenis korosi diatas sangatlah penting artinya. Walaupun demikian sebagian korosi logam khususnya besi, terkorosi didalam melalui cara

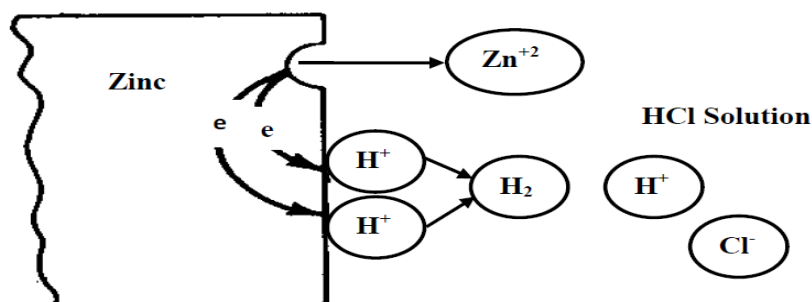
elektrokimia yang banyak menyangkut fenomena antar muka. Hal inilah yang banyak dijadikan dasar terutama pembahasan mengenai peran inhibitor korosi (Dalimunthe, EIS; 2014).

## 2.2 Mekanisme Terbentuknya Korosi

Secara umum mekanisme korosi yang terjadi di dalam suatu larutan berawal dari logam yang teroksidasi di dalam larutan dan melepaskan elektron untuk membentuk ion logam yang bermuatan positif. Larutan akan bertindak sebagai katoda dengan reaksi yang umum terjadi adalah pelepasan  $H_2$  dan reduksi  $O_2$ , akibat  $H^+$  dan  $H_2O$  yang tereduksi. Reaksi ini terjadi dipermukaan logam yang akan menyebabkan pengelupasan akibat pelarutan logam kedalam larutan secara berulang-ulang (Alfin; 2011).

Secara termodinamis, proses korosi merupakan kecenderungan normal suatu logam untuk kembali ke kondisi alaminya atau natural state, atau ke bentuk yang lebih stabil. Pada temperature rendah dan basah, korosi terjadi dengan mekanisme reaksi elektrokimia yang membentuk reaksi oksidasi dan reaksi reduksi. Reaksi elektrokimia didefinisikan sebagai reaksi kimia yang melibatkan perpindahan electron dari anoda (-) ke katoda (+) dalam larutan elektrolit.

Contoh reaksi antara seng dengan asam klorida :



Gambar 1. Pembentukan karat pada seng

(Fig. 17.1 is from M.G. Fontana, Corrosion Engineering, 3rd ed., McGraw-Hill Book Company, 1986)

### 2.3 Jenis-Jenis Korosi

Berdasarkan bentuk kerusakan yang dihasilkan, penyebab korosi, lingkungan tempat terjadinya korosi, maupun jenis material yang diserang, korosi terbagi menjadi, diantaranya adalah:

#### 1. Korosi Merata

Korosi merata adalah bentuk korosi yang pada umumnya sering terjadi. Hal ini biasanya ditandai dengan adanya reaksi kimia atau elektrokimia yang terjadi pada permukaan yang bereaksi. Logam menjadi tipis dan akhirnya terjadi kegagalan pada logam tersebut. Sebagai contoh, potongan baja atau seng dicelupkan pada asam sulfat encer, biasanya akan terlarut secara seragam pada seluruh permukaannya. Korosi merata dapat dilakukan pencegahan dengan cara pelapisan, inhibitor dan proteksi katodik.

#### 2. Korosi Atmosfer

Korosi ini terjadi akibat proses elektrokimia antara dua bagian benda padat khususnya metal besi yang berbeda potensial dan langsung berhubungan dengan udara terbuka.

#### 3. Korosi Galvanis

Korosi galvanis adalah jenis korosi yang terjadi ketika dua macam logam yang berbeda berkontak secara langsung dalam media korosif. Logam yang memiliki potensial korosi lebih tinggi akan terkorosi lebih hebat dari pada kalau ia sendirian dan tidak dihubungkan langsung dengan logam yang memiliki potensial korosi yang lebih rendah. Logam yang memiliki potensial korosi yang lebih rendah akan kurang terkorosi dari pada kalau ia sendirian dan tidak dihubungkan langsung dengan logam yang memiliki potensial korosi yang lebih tinggi.

#### 4. Korosi Regangan

Korosi ini terjadi karena pemberian tarikan atau kompresi yang melebihi batas ketentuannya. Kegagalan ini sering disebut retak karat regangan (RKR). Sifat retak jenis ini sangat spontan (tiba-tiba terjadinya), regangan biasanya

bersifat internal atau merupakan sisa hasil pengerjaan (*residual*) seperti pengeringan, pengepresan dan lain-lain.

#### 5. Korosi Celah

Korosi celah ialah sel korosi yang diakibatkan oleh perbedaan konsentrasi zat asam. Karat ini terjadi, karena celah sempit terisi dengan elektrolit (air yang pHnya rendah) maka terjadilah suatu sel korosi dengan katodanya permukaan sebelah luar celah yang basa dengan air yang lebih banyak mengandung zat asam dari pada bagian sebelah dalam celah yang sedikit mengandung zat asam sehingga bersifat *anodic*. Korosi celah termasuk jenis korosi lokal. Jenis korosi ini terjadi pada celah-celah konstruksi, seperti kaki-kaki konstruksi, drum maupun tabung gas. Korosi jenis ini juga dapat dilihat pada celah antara *tube* dari *Heat Exchanger* dengan *tubesheet*-nya.

#### 6. Korosi Sumuran

Korosi sumuran juga termasuk korosi lokal. Jenis korosi ini mempunyai bentuk khas yaitu seperti sumur, sehingga disebut korosi sumuran. Arah perkembangan korosi tidak menyebar ke seluruh permukaan logam melainkan menusuk ke arah ketebalan logam dan mengakibatkan konstruksi mengalami kebocoran.

#### 7. Korosi Erosi

Korosi erosi adalah proses korosi yang bersamaan dengan erosi/abrasi. Korosi jenis ini biasanya menyerang peralatan yang lingkungannya adalah fluida yang bergerak, seperti aliran dalam pipa ataupun hantaman dan gerusan ombak ke kaki-kaki *jetty*. Keganasan fluida korosif yang bergerak diperhebat oleh adanya dua fase atau lebih dalam fluida tersebut, misalnya adanya fase liquid dan gas secara bersamaan, adanya fase liquid dan solid secara bersamaan ataupun adanya fase liquid, gas dan solid secara bersamaan. Kavitasi adalah contoh *erosion corrosion* pada peralatan yang berputar di lingkungan fluida yang bergerak, seperti impeller pompa dan sudu-sudu turbin. *Erosion / abrasion corrosion* juga terjadi di saluran gas-gas hasil pembakaran.

#### 8. Korosi Arus Liar

Prinsip serangan karat arus liar ini adalah merasuknya arus searah secara

liar tidak sengaja pada suatu konstruksi baja, kemudian meninggalkannya kembali menuju sumber arus.

#### 9. Korosi Pelarutan Selektif

Korosi pelarutan selektif ini meyangkut larutnya suatu komponen dari zat paduan yang biasa disebut pelarutan selektif. Zat komponen yang larut selalu bersifat *anodic* terhadap komponen yang lain. Walaupun secara visual tampak perubahan warna pada permukaan paduan namun tidak tampak adanya kehilangan materi berupa takik, Perubahan dimensi, retak atau alur

#### 10. Hydrogen Attack

*Hydrogen attack* mengakibatkan logam menjadi rapuh akibat penetrasi hidrogen ke kedalaman logam. Peristiwa perapuhan ini biasa disebut dengan “*Hydrogen Embrittlement*”. Logam juga bisa retak oleh invasi hidrogen. Belum diketahui bagaimana hidrogen bisa merusak logam secara kimiawi ataupun secara elektrokimia, tetapi efek pengrusaknya terhadap logam sebagai bahan konstruksi sudah jelas.

#### 11. Korosi Mikrobiologis

Korosi ini disebabkan oleh mikroorganisme yang melakukan metabolisme secara langsung dengan logam sehingga hasil akhir akan menimbulkan korosi, atau dapat pula hasil reaksinya membuat lingkungan yang korosif. Contohnya mikroba sulfat anaerobic atau *Desulfofibrion desulfuricans*.

#### 12. Korosi Titik Embun

Karat titik embun ini disebabkan oleh faktor kelembaban yang menyebabkan titik embun atau kondensasi, tanpa adanya unsur kelembaban relatif, segala macam kontaminan (zat pencemar) tidak akan atau sedikit sekali menyebabkan karat. Titik embun ini sangat korosif sekali terutama di daerah dekat pantai dimana banyak partikel air asin yang berhembus dan mengenai permukaan metal atau di daerah kawasan industri yang kaya akan pencemaran udara.

#### 13. Korosi Antar Batas Butir

Di daerah batas butir memiliki sifat yang lebih reaktif. Banyak-sedikitnya batas butir akan sangat mempengaruhi kegunaan logam tersebut. Jika semakin

sedikit batas butir pada suatu material maka akan menurunkan kekuatan material tersebut. Jika logam terkena karat, maka di daerah batas butir akan terkena serangan terlebih dahulu dibandingkan daerah yang jauh dari batas butir. Serangan yang terjadi pada daerah batas butir dan daerah yang berdekatan dengan batas butir hal ini biasa disebut *intergranular corrosion*. *Intergranular corrosion* dapat terjadi karena adanya kotoran pada batas butir, penambahan pada salah satu unsur paduan, atau penurunan salah satu unsur di daerah batas butir.

Berdasarkan lingkungannya, korosi dapat dibedakan ke dalam dua kategori yaitu sebagai berikut :

1. Korosi Lingkungan Gas (*Dry Corrosion*)
2. Korosi Lingkungan Cairan (*Wet Corrosion*)

Korosi lingkungan gas dapat terjadi pada lingkungan atmosfer maupun lingkungan gas yang lain. Korosi lingkungan cairan dapat terjadi pada lingkungan air maupun cairan yang lain.

Korosi dapat dibedakan berdasarkan suhu korosif yang melingkungi konstruksi logam. Berdasarkan suhu korosif ini, korosi dibedakan menjadi dua kategori, yaitu :

1. Korosi Suhu Tinggi (*High Temperature Corrosion*)
2. Korosi Biasa/ Suhu Kamar (*Normal Temperature Corrosion*)

*High Temperature Corrosion* terjadi pada *burner, boiler, reformer, reaktor*, dsb. Korosi jenis ini banyak terjadi dalam suasana lingkungan gas.

## **2.4 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Proses Korosi**

Beberapa faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi proses korosi antara lain, yaitu :

1. Suhu

Suhu merupakan faktor penting dalam proses terjadinya korosi, di mana Kenaikan suhu akan menyebabkan bertambahnya kecepatan reaksi korosi. Hal ini terjadi karena makin tinggi suhu maka energi kinetik dari partikel-partikel yang bereaksi akan meningkat sehingga melampaui besarnya harga energi aktivasi dan akibatnya laju kecepatan reaksi (korosi) juga akan makin cepat, begitu juga

sebaliknya. (Fogler; 1992).

## 2. Kecepatan Alir Fluida atau Kecepatan Pengadukan

Laju korosi cenderung bertambah jika laju atau kecepatan aliran fluida bertambah besar. Hal ini karena kontak antara zat pereaksi dan logam akan semakin besar sehingga ion-ion logam akan makin banyak yang lepas sehingga logam akan mengalami kerapuhan (korosi). (Kirk Othmer; 1965).

## 3. Konsentrasi Bahan Korosif

Hal ini berhubungan dengan pH atau keasaman dan kebasaan suatu larutan. Larutan yang bersifat asam sangat korosif terhadap logam dimana logam yang berada didalam media larutan asam akan lebih cepat terkorosi karena merupakan reaksi anoda. Sedangkan larutan yang bersifat basa dapat menyebabkan korosi pada reaksi katodanya karena reaksi katoda selalu serentak dengan reaksi anoda (Djaprie; 1995).

## 4. Oksigen

Adanya oksigen yang terdapat di dalam udara dapat bersentuhan dengan permukaan logam yang lembab. Sehingga kemungkinan menjadi korosi lebih besar. Di dalam air (lingkungan terbuka), adanya oksigen menyebabkan korosi (Djaprie; 1995).

## 5. Waktu Kontak

Dalam proses terjadinya korosi, laju reaksi sangat berkaitan erat dengan waktu. Pada dasarnya semakin lama waktu logam berinteraksi dengan lingkungan korosif maka semakin tinggi tingkat korosifitasnya.

Aksi inhibitor diharapkan dapat membuat ketahanan logam terhadap korosi lebih besar. Dengan adanya penambahan inhibitor kedalam larutan, maka akan menyebabkan laju reaksi menjadi lebih rendah, sehingga waktu kerja inhibitor untuk melindungi logam menjadi lebih lama. Kemampuan inhibitor untuk melindungi logam dari korosi akan hilang atau habis pada waktu tertentu, hal itu dikarenakan semakin lama waktunya maka inhibitor akan semakin habis terserang oleh larutan. (Uhlig; 1958).

## 2.5 Dampak Korosi

Korosi merupakan proses atau reaksi elektrokimia yang bersifat alamiah dan berlangsung spontan, oleh karena itu korosi tidak dapat dicegah atau dihentikan sama sekali. Korosi hanya bisa dikendalikan atau diperlambat lajunya sehingga memperlambat proses kerusakannya. Banyak sekali dampak yang diakibatkan oleh korosi ini, berikut beberapa dampak negatif yang bisa ditimbulkan oleh proses korosi diantaranya adalah :

- a. Patahnya peralatan yang berputar karena korosi, yang merugikan dari segi materil dan mengancam keselamatan jiwa.
- b. Pecahnya peralatan bertekanan dan/atau bersuhu tinggi karena korosi, yang selain merusak alat juga membahayakan keselamatan
- c. Hancurnya peralatan karena lapuk oleh korosi sehingga tidak bisa dipakai lagi sebagai bahan konstruksi, dan harus diganti dengan yang baru.
- d. Hilangnya keindahan konstruksi karena produk korosi yang menempel padanya.
- e. Bocornya peralatan, seperti : tangki, pipa dan sebagainya, sehingga tidak bisa berfungsi optimal. Peralatan yang bocor/rusak juga mengakibatkan produk ataupun fluida kerja terkontaminasi oleh fluida atau bahan-bahan lain, maupun oleh senyawa-senyawa hasil korosi. Bocor/rusaknya peralatan juga merugikan dari segi produksi, akibat hilangnya produk berharga. Kebocoran/kerusakan bisa mengakibatkan terhentinya operasi pabrik, bahkan membahayakan lingkungan akibat terlepasnya bahan berbahaya ke lingkungan.

## 2.6 Pengendalian Korosi

Korosi pada logam secara elektrokimia disebabkan karena komposisi kimia logam tidak homogen sehingga terjadilah penurunan mutu logam. reaksi semacam ini adalah reaksi yang berlangsung secara spontan. Oleh sebab itu, proses terkorosinya logam oleh lingkungannya adalah proses yang spontan dan tidak dapat dicegah terjadinya. Di situasi praktis tersebut, serangan korosi hanya dapat dikendalikan sehingga struktur dan komponen logam mempunyai masa pakai yang lebih panjang. Walaupun demikian pengendalian korosi harus



dilakukan semaksimal, karena dari segi ekonomi dan keamanan merupakan hal yang tidak mungkin ditinggalkan atau diabaikan (Widharto; 2004).

Teknologi perlindungan logam yang telah dikenal saat ini menawarkan solusi yang lebih baik dalam usaha melawan korosi. Karena biaya yang harus dikeluarkan dan penggunaan metode yang tersedia bisa disesuaikan dengan kondisi dan kebutuhan. Dalam metode pengendalian korosi dibedakan ke dalam 5 (lima) kategori, yaitu sebagai berikut :

#### a. Desain

Usaha penanggulangan korosi sebaiknya sudah dilakukan sejak tahapan desain proses. Ahli-ahli korosi sebaiknya ikut dilibatkan dalam desain proses dari sejak pemilihan proses, penentuan kondisi-kondisi prosesnya, penentuan bahan-bahan konstruksi, pemilihan *lay-out*, saat konstruksi sampai tahap *start-up*nya. Di antara cara-cara penanggulangan korosi dari segi desain yang sering digunakan adalah:

1. Isolasi alat dari lingkungan korosif
2. Mencegah hadir/terbentuknya elektrolit
3. Jaminan lancarnya aliran fluida
4. Mencegah korosi erosi/abrasi akibat kecepatan aliran
5. Mencegah terbentuknya sel galvanik

#### b. Pemilihan Material

Bahan konstruksi harus dipilih yang tahan korosi. Apalagi jika lingkungannya korosif. Ketahanan korosi masing-masing bahan tidak sama pada berbagai macam lingkungan. Mungkin sesuatu bahan sangat tahan korosi dibanding bahan-bahan lain pada lingkungan tertentu. Tetapi bahan yang sama mungkin adalah yang paling rawan korosi pada lingkungan yang berbeda dibanding dengan bahan-bahan yang lain. Di antara bahan-bahan konstruksi yang paling sering digunakan adalah besi, aluminium, timah hitam, tembaga, nikel, timah putih, dan titanium.

#### c. Perlakuan Lingkungan

Upaya perlakuan lingkungan ini sangat penting dalam penanggulangan

korosi di industri. Lingkungan yang korosif diupayakan menjadi tidak atau kurang korosif.

Ada dua macam cara perlakuan lingkungan yaitu:

1. Pengubahan media/elektrolit.

Misalnya penurunan suhu, penurunan kecepatan alir, penghilangan oksigen atau oksidator, pengubahan konsentrasi.

2. Penggunaan inhibitor.

Inhibitor adalah suatu bahan kimia yang jika ditambahkan dalam jumlah yang kecil saja kepada lingkungan media yang korosif, akan menurunkan kecepatan korosi. Inhibitor bekerja menghambat laju korosi. Belum banyak diketahui bagaimana cara kerja inhibitor dalam menghambat korosi.

#### d. Pelapisan

Metode pelapisan atau *coating* adalah suatu upaya mengendalikan korosi dengan menerapkan suatu lapisan pada permukaan logam besi. Misalnya, dengan pengecatan atau penyepuhan logam. Penyepuhan besi biasanya menggunakan logam krom atau timah. Kedua logam ini dapat membentuk lapisan oksida yang tahan terhadap lapisan film permukaan dari oksida logam hasil oksidasi yang tahan terhadap korosi lebih lanjut. Logam seng juga digunakan untuk melapisi besi (galvanisir), tetapi seng tidak membentuk lapisan oksida seperti pada krom dan timah, melainkan berkarbon demi besi. Ada dua macam cara pelapisan, yaitu :

1. Pelapisan dengan bahan logam. Pada pelapisan dengan bahan logam, dapat digunakan bahan-bahan logam yang lebih inert maupun yang kurang inert sebagai bahan pelapis. Pemakaian kedua macam bahan tersebut mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing.
2. pelapisan dengan bahan non logam yaitu dengan pelapis berbahan dasar organik seperti cat polimer dan pelapis berbahan dasar anorganik.

#### e. Proteksi Katodik dan Anodik

Proteksi katodik merupakan metode pencegahan korosi pada logam dengan cara logam yang ingin dilindungi dijadikan lebih bersifat katodik. Apabila

dilakukan dengan arus listrik dari power suplai maka disebut arus tanding, dan jika dihubungkan dengan logam lain disebut anoda korban.

Proteksi katodik sangat efektif untuk melindungi korosi eksternal pada pipa saluran yang berada di bawah tanah atau dibawah air laut. Namun penggunaan metoda ini dapat menimbulkan masalah baru yang harus dipertimbangkan, seperti arus sesat (*stray-current*) yang justru dapat meningkatkan laju korosi pada logam lain di sekitar logam yang dilindungi, melepuhnya permukaan logam (*blistering*), retak pada struktur, rusaknya lapisan cat, dan apabila dilakukan pada alumunium maka dapat merusak lapisan pasif.

Proteksi anodik adalah metoda perlindungan logam terhadap korosi dengan cara merubah potensial logam menjadi lebih positif. Metoda ini juga digunakan untuk melindungi korosi internal pada tangki atau vessel, namun hanya efektif jika logam dan lingkungan dapat membentuk lapisan pasif. Biaya instalasi, maintenance, dan power yang cukup besar merupakan parameter yang harus dipertimbangkan ketika memilih metoda ini.

## 2.7 Pengendalian Korosi dengan Inhibitor

Inhibitor adalah senyawa kimia yang apabila ditambahkan kedalam lingkungan dalam jumlah sedikit dapat menghambat laju korosi. Penggunaan inhibitor hingga saat ini masih menjadi solusi terbaik untuk melindungi korosi internal pada logam, dan dijadikan sebagai pertahanan utama industri proses dan ekstraksi minyak. Inhibitor merupakan metoda perlindungan yang fleksibel, yaitu mampu memberikan perlindungan dari lingkungan yang kurang agresif sampai pada lingkungan yang tingkat korosifitasnya sangat tinggi, mudah diaplikasikan (tinggal tetes), dan tingkat keefektifan biayanya paling tinggi karena lapisan yang terbentuk sangat tipis sehingga dalam jumlah kecil mampu memberikan perlindungan yang luas.

Adapun mekanisme kerjanya dapat dibedakan sebagai berikut :

1. Inhibitor teradsorpsi pada permukaan logam, dan membentuk suatu lapisan tipis dengan ketebalan beberapa molekul inhibitor. Lapisan ini tidak dapat

dilihat oleh mata biasa, namun dapat menghambat penyerangan lingkungan terhadap logamnya.

2. Melalui pengaruh lingkungan (misal pH) menyebabkan inhibitor dapat mengendap selanjutnya teradsorpsi pada permukaan logam serta melindunginya terhadap korosi dan endapan yang terjadi cukup banyak.
3. Inhibitor lebih dulu mengkorosi logamnya, dan menghasilkan suatu zat kimia yang kemudian melalui peristiwa adsorpsi dari produk korosi tersebut membentuk suatu lapisan pasif pada permukaan logam.
4. Inhibitor menghilangkan kontituen yang agresif dari lingkungannya

Berdasarkan bahan dasarnya, inhibitor korosi terbagi menjadi dua, yaitu inhibitor dari senyawa organik dan dari senyawa anorganik. Inhibitor anorganik yang saat ini biasa digunakan adalah sodium nitrit, kromat, fosfat, dan garam seng. Penggunaan sodium nitrit yang harus dengan konsentrasi besar (300-500 mg/l) menjadikannya inhibitor yang tidak ekonomis, berdasarkan hasil penelitian kromat dan seng ditemukan bersifat toksik, dan fosfat merupakan senyawa yang dianggap sebagai polusi lingkungan, karena menyebabkan peningkatan kadar fosforous dalam air. Sehingga inhibitor tersebut perlu digantikan dengan senyawa lain yang bersifat non toksik dan mampu terdegradasi secara biologis, namun tetap bernilai ekonomis dan mampu mengurangi laju korosi secara signifikan.

Secara umum inhibitor korosi dibagi atas beberapa kategori, yakni :

#### 1. Inhibitor Anodik

Inhibitor anodik menurunkan laju korosi dengan cara memperlambat reaksi anodik. Inhibitor anodik membentuk lapisan pasif melalui reaksi ion-ion logam yang terkorosi untuk menghasilkan selaput pasif tipis yang akan menutupi anoda (permukaan logam) dan lapisan ini akan menghalangi pelarutan anoda selanjutnya. Lapisan pasif yang terbentuk mempunyai potensial korosi yang tinggi atau inhibitor anodik menaikkan polarisasi anodik. Senyawa yang biasa digunakan sebagai inhibitor anodik adalah kromat, nitrit, nitrat, molibdat, silikat, fosfat, borat.

## 2. Inhibitor Katodik

Inhibitor katodik menurunkan laju korosi dengan cara memperlambat reaksi katodik. Inhibitor katodik bereaksi dengan  $\text{OH}^-$  untuk mengendapkan senyawa-senyawa tidak larut pada permukaan logam sehingga dapat menghalangi masuknya oksigen. Contohnya antara lain Zn,  $\text{CaCO}_3$ , polifosfat.

## 3. Inhibitor Campuran

Inhibitor campuran mengendalikan korosi dengan cara menghambat proses di katodik dan anodik secara bersamaan. Pada umumnya inhibitor komersial berfungsi ganda, yaitu sebagai inhibitor katodik dan anodik. Contoh inhibitor jenis ini adalah senyawa silikat, molibdat, dan fosfat.

## 4. Inhibitor Teradsorpsi

Inhibitor teradsorpsi umumnya senyawa organik yang dapat mengisolasi permukaan logam dari lingkungan korosif dengan cara membentuk film tipis yang teradsorpsi pada permukaan logam. Contoh jenis inhibitor ini adalah merkaptobenzotiazol dan 1,3,5,7-tetraaza-adamantane.

## 2.8 Tanaman Gambir (*Uncaria gambir* Roxb)

Tanaman gambir termasuk dalam suku kopi-kopian. Bentuk keseluruhan dari tanaman ini seperti pohon bougenvil, yaitu merambat dan berkayu.



Gambar 2. Daun gambir

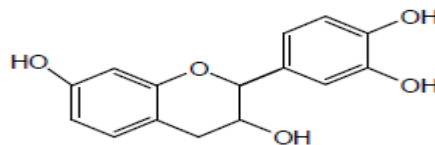
Komponen kimia gambir sebagai berikut :

1. Catechin biasanya disebut juga dengan asam catechoat dengan rumus kimia  $C_{15}H_{14}O_6$ , tidak berwarna, dan dalam keadaan murni sedikit tidak larut dalam air dingin tetapi sangat larut dalam air panas, larut dalam alkohol dan etil asetat, hampir tidak larut dalam kloroform, benzen dan eter.
2. Asam Catechu Tannat merupakan anhidrat dari catechin, dengan rumus kimia  $C_{15}H_{12}O_5$ . Apabila catechin dipanaskan pada temperatur  $110^{\circ}C$  atau dengan cara memanaskan pada larutan alkali karbonat, ia akan kehilangan satu molekul air dan berubah menjadi Asam Catechu Tannat yang berupa serbuk berwarna coklat kemerahmerahan, cepat larut dalam air dingin, alkohol, tidak berwarna dalam larutan timah hitam asetat.
3. Pyrocatechol merupakan hasil penguraian dari zat lain seperti catechin dengan rumus molekul  $C_6H_6O_2$ , bisa larut dalam air, alkohol, eter, benzen, dan kloroform. Jika dipanaskan akan membentuk catechol; membentuk warna hijau dengan  $FeCl_3$ ; membentuk endapan dengan Brom; larutannya dalam air cepat berwarna coklat; dapat mereduksi perak amoniakal dan Fehling.
4. Gambir Flouresensi merupakan bagian kecil dari gambir dan memberikan flouresensi yang berwarna hijau, dapat dilihat apabila larutan gambir dalam alkohol dikocok dengan petroleum eter dalam suasana sedikit basa.
5. Catechu Merah yaitu gambir yang memberikan warna merah.
6. Quersetin adalah suatu zat yang berwarna kuning yang terdapat dalam tumbuh-tumbuhan dan berupa turunan flavonol dengan rumus molekul  $C_{15}H_{10}O_7$ , disebut juga dengan melatin atau supheretin dan larut dalam asam asetat glasial yang memberikan warna kuning, serta larut dalam air dan alkohol, memberikan warna hijau dengan  $Fe^{3+}$  dan akan berubah menjadi warna gelap dengan pemanasan.
7. Fixed Oil merupakan minyak yang sukar menguap.

8. Lilin (malam) terletak pada lapisan permukaan daun gambir. Merupakan monoester dari suatu asam lemak dan alkohol. Universitas Sumatera Utara
9. Alkaloid pada gambir terdapat 7 macam, yaitu dihidro gambirtaninna, gambirdina, gambirtanina, gambirina, isogambirina, auroparina, okso gambir tanin (Hiller K dan Melzig, 2007 dalam dhalimi)

## 2.9 Tanin

Tanin merupakan salah satu jenis senyawa yang termasuk ke dalam golongan polifenol [Rosyda dan Ersam, 2010]. Tanin merupakan senyawa makromolekul golongan polifenol yang bersifat polar sehingga ekstraksi tanin dilakukan menggunakan pelarut polar. Struktur molekul tanin dapat dilihat pada Gambar 2.



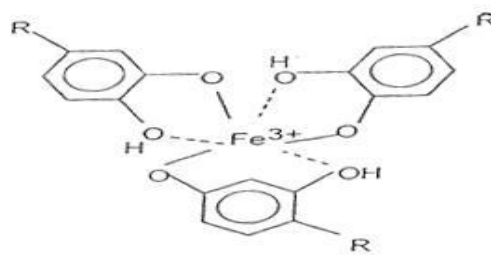
Gambar 3. Struktur molekul tannin [Mukhlisoh, 2010]

Sebelumnya telah dilakukan penelitian menggunakan ekstrak bahan alam oleh Haryono [2010] yang mengekstrak bahan alam sebagai inhibitor korosi dari beberapa tanaman dan diperoleh kesimpulan bahwa penambahan inhibitor alam dari getah pinus, gambir, tembakau, dan kopi dapat mengurangi laju korosi dalam air laut. Inhibitor alam yang paling baik dalam mengurangi laju korosi adalah getah pinus dengan penurunan laju korosi terbesar yaitu sebesar 87,22% pada rentang suhu 29-37°C.

Napitupulu [2012] melakukan penelitian sejenis dengan mengekstrak bahan alam dari daun gambir dengan variasi komposisi pelarut metanol-air dan diperoleh kesimpulan bahwa pada perbandingan metanol-air 1:4 dengan berat sampel sebesar 10 gr menghasilkan kadar tanin terbesar yaitu 86,95 ppm.

tanin dapat menghambat korosi karena tannin dapat membentuk senyawa kompleks besi+tanin. Senyawa kompleks yang dibentuk oleh tanin nantinya akan

melapisi logam dan berguna untuk menghambat korosi. Besi merupakan logam transisi, salah satu sifat unsur transisi adalah mempunyai kecenderungan untuk membentuk ion kompleks atau senyawa kompleks. Ion-ion dari besi memiliki orbital-orbital kosong yang dapat menerima pasangan elektron dari tanin menjadi  $d_{2sp^3}$ . Berikut merupakan gambaran orbital besi (III) dan tanin.



Gambar 4. Struktur besi (III) dengan Tanin

## 2.10 Laju Korosi

Korosi merupakan mekanisme dimana logam dan oksigen mencapai kesetimbangan. Beberapa logam teroksidasi pada laju yang rendah sehingga tidak dapat dideteksi, tetapi ada juga logam yang terkorosi pada laju yang tinggi dan kecepatan korosi akan berubah sesuai dengan kondisi lingkungan, tetapi yang paling penting adalah pemasokan oksigen, pH dan hadirnya ion-ion agresif terutama oksida-oksida belerang dan klorida. Komposisi logam, kondisi permukaan dan keadaan lingkungan sekitar dapat berpengaruh terhadap laju korosi. Ketika logam berada dalam medium air, laju korosi memang tinggi tetapi kemudian turun secara konstan setelah terbentuknya lapisan oksida pada permukaan yang akan melindungi logam dari serangan korosi lebih lanjut.

## 2.11 Perhitungan Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor

### 2.11.1 Perhitungan Laju Korosi

Salah satu tujuan dari *corrosion monitoring* adalah dengan mengetahui laju korosi pada logam dari suatu struktur sehingga dari dengan mengetahui laju korosi kita dapat memprediksi kapan dan berapa lama struktur itu dapat bertahan terhadap serangan korosi. Teknik monitoring korosi dapat dibagi menjadi



beberapa metode yaitu kinetika (*weight loss*) dan elektrokimia (diagram polarisasi, *linear polarization resistance*, *electrochemical impedance spectroscopy*, potensial korosi, dan *electrochemical noise*).

Metode *weight loss* atau kehilangan berat merupakan metode yang dapat digunakan untuk mendapatkan laju korosi. Prinsip dari metode ini adalah dengan menghitung banyaknya material yang hilang atau kehilangan berat setelah dilakukan pengujian rendaman sesuai dengan standar ASTM G 31-72. Dengan menghitung massa logam yang telah dibersihkan dari oksida dan massa tersebut dinyatakan sebagai massa awal lalu dilakukan pada suatu lingkungan yang korosif seperti pada air laut selama waktu tertentu. Setelah itu dilakukan penghitungan massa kembali dari suatu logam setelah dibersihkan logam tersebut dari hasil korosi yang terbentuk dan massa tersebut dinyatakan sebagai massa akhir. Dengan mengambil beberapa data seperti luas permukaan yang terendam, waktu perendaman dan massa jenis logam yang di uji maka dihasilkan suatu laju korosi. Persamaan laju korosi dapat ditunjukkan pada persamaan berikut :

$$\text{Corrosion Rate} = \frac{K \times W}{A \times T \times D}$$

Keterangan :

K : Konstanta, lihat pada Tabel 1.

T : *Time of exposure*

A : Luas permukaan yang direndam (Cm<sup>2</sup>)

W : Kehilangan berat (gram)

D : Density (  $\rho$  ) =  $\frac{m}{P \times L \times T}$  , gr/cm<sup>3</sup> (Bunga, 2008)

Tabel 1. Konstanta Perhitungan Laju Korosi Berdasarkan Satuannya

| Satuan Laju Korosi / <i>Corrosion Rate</i> | Konstanta              |
|--------------------------------------------|------------------------|
| Mils per year (mpy)                        | 3,45 x 10 <sup>6</sup> |
| Inches per year (ipy)                      | 3,45 x 10 <sup>3</sup> |
| Milimeters per year (mm/y)                 | 8,76 x 10 <sup>4</sup> |
| Micrometers per year (µm/y)                | 8,76 x 10 <sup>7</sup> |

(Dalam Bunga, 2008)

Tabel 2. Konversi Perhitungan Laju Korosi

|                                  | $\text{mA cm}^{-2}$ | $\text{mm year}^{-1}$ | $\text{mpy}$ | $\text{g m}^{-2}\text{day}^{-1}$ |
|----------------------------------|---------------------|-----------------------|--------------|----------------------------------|
| $\text{mA cm}^{-2}$              | 1                   | 11,6                  | 456          | 249                              |
| $\text{mm year}^{-1}$            | 0,0863              | 1                     | 39,4         | 21,6                             |
| $\text{Mpy}$                     | 0,00219             | 0,0254                | 1            | 0,547                            |
| $\text{g m}^{-2}\text{day}^{-1}$ | 0,00401             | 0,0463                | 1,83         | 1                                |

(Dalam Bunga, 2008)

Semakin besar laju korosi suatu logam maka semakin cepat material tersebut untuk terkorosi. Kualitas ketahanan korosi suatu material dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 3. Distribusi kualitas ketahanan korosi suatu material

| <i>Relative corrosion resistance</i> | $\text{mpy}$ | $\text{Mm/yr}$ | $\mu\text{m/yr}$ | $\text{nm/yr}$ | $\text{pm/s}$ |
|--------------------------------------|--------------|----------------|------------------|----------------|---------------|
| <i>Outstanding</i>                   | < 1          | < 0,02         | < 25             | < 2            | < 1           |
| <i>Excellent</i>                     | 1–5          | 0,02–0,1       | 25–100           | 2–10           | 1–5           |
| <i>Good</i>                          | 5–20         | 0,1–0,5        | 100–500          | 10–50          | 20–50         |
| <i>Fair</i>                          | 20–50        | 0,5–1          | 500–1000         | 20–150         | 20–50         |
| <i>Poor</i>                          | 50–200       | 1–5            | 1000–5000        | 150–500        | 50–200        |
| <i>Unacceptable</i>                  | 200+         | 5+             | 5000+            | 500+           | 200+          |

(Dalam Roni, 2011)

Metode *weight loss* sering digunakan pada skala industri dan laboratorium karena peralatan sederhana dan hasil cukup akurat, namun dari pengujian dengan metode *weight loss* dalam mendapatkan suatu laju korosi memiliki kelemahan. Kelemahan tersebut adalah tidak dapat mendeteksi secara cepat perubahan yang terjadi saat proses korosi, perhitungan kupon yang tidak dapat diterjemahkan secara langsung dari peralatan, korosi lokalisasi tidak dapat dilihat langsung tanpa pemindahan kupon dari tempat pengujian, dan bentuk korosi yang tidak dapat dideteksi.

### 2.11.2

#### Efisiensi Inhibitor

Dalam penggunaan inhibitor dapat ditentukan efisiensi dari penggunaan inhibitor tersebut. Semakin besar efisiensi inhibitor tersebut maka semakin baik inhibitor

tersebut untuk diaplikasikan di lapangan. Penghitungan efisiensi didapatkan melalui presentase penurunan laju korosi dengan adanya penambahan dibandingkan dengan laju korosi yang tanpa ditambahkan inhibitor. Penghitungan ini dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$\text{Efisiensi Inhibitor} = \frac{CR_o - CR_i}{CR_o} \times 100\% \text{ (Abdurahman, Fahmi. 2010)}$$

Dimana : CR<sub>o</sub> : Laju korosi tanpa inhibitor

CR<sub>i</sub> : Laju korosi dengan inhibitor