

BAB I TINJAUAN PUSTAKA

Sumber-sumber data yang dapat menunjang penelitian ini dapat diperlukan dalam menjawab beberapa permasalahan serta untuk mengidentifikasi teknik dan metode yang relevan dalam penelitian. Pada bagian ini akan dibahas mengenai studi aktivitas ekstrak daun binahong (*Anhedera cordifolia* (Ten.) Steenis) sebagai inhibitor korosi besi dalam larutan NaCl 1%. Penjelasan dalam bab ini meliputi yang berkaitan dengan daun binahong, korosi, serta analisis dan karakterisasi pada aktivitas ekstrak daun binahong sebagai inhibitor korosi.

2.1. Tinjauan Umum Binahong (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis)

Binahong adalah tanaman herbal yang berasal dari cina, tanaman ini diperkirakan dapat dijadikan sebagai inhibitor korosi yang baik karena daun binahong merupakan senyawa fenolik dan mengandung metabolit sekunder yang sudah memenuhi syarat sebagai antioksidasi dalam mengambat akan terjadinya proses korosi [3]. Tanaman ini juga termasuk dalam family *Basellaceae*, genus *Anredera* dan spesies *Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis. Tanaman ini dikenal dengan beberapa nama diantaranya : *Boussingaultia gracilis miers*, *Boussingaultia cordifolia*, *Boussingaultia basselloides*. Seluruh bagian tanaman ini dapat di manfaatkan, mulai dari akar, batang, daun, umbi dan bunganya [1]. Pada Gambar. II.1 daun binahong.



Gambar II. Error! No text of specified style in document.-1 Daun Binahong

Daunnya berbentuk tunggal, bertangkai pendek, berwarna hijau, berbentuk jantung panjangnya 5-10 cm, lebar 3-7 cm helaian daun tipis, permukaan licin.

Batang tanaman bertekstur lunak, berbentuk silindris, saling membelit, permukaan halus dan berwarna merah. Bunganya berbentuk majemuk rimpang, bertangkai panjang, muncul di ketiak daun, mahkota berwarna krem keputih-putihan, sedangkan bentuk dari akarnya rimpang dan berdaging lunak [1].

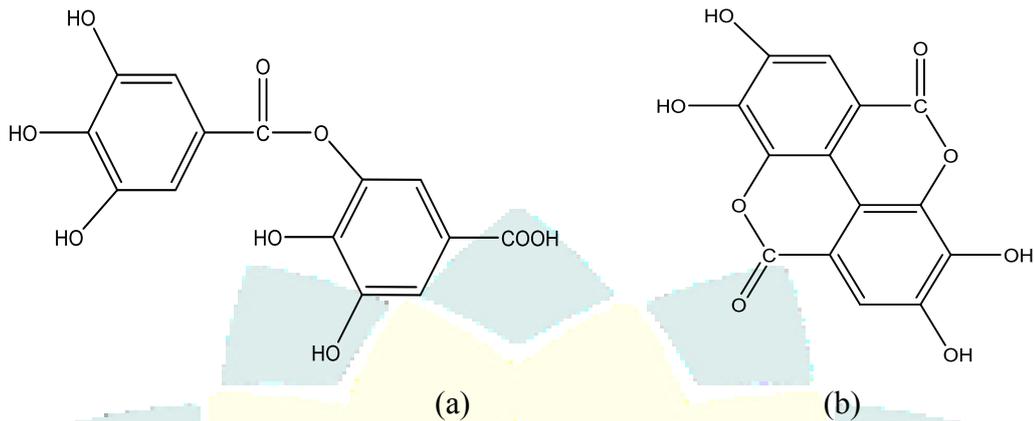
2.1.1 Kandungan Kimia

Kandungan metabolit sekunder dalam bahan alam dikelompokkan berdasarkan sifat dan reaksi khas suatu metabolit sekunder dengan pereaksi tertentu. Kandungan metabolit sekunder tanaman secara umum dapat dikelompokkan berdasarkan golongan diantaranya alkaloida, flavonoid, tanin.

1) Tanin

Tanin adalah senyawa organik yang terdiri dari campuran senyawa polifenol kompleks, dibangun dari elemen C, H, dan O serta membentuk molekul besar. Senyawa ini terdapat luas dalam tumbuhan berpembuluh (*angiospermae*) yang khusus terdapat pada jaringan kayu. Tanin adalah zat pahit polifenol tanaman yang baik dan cepat mengikat atau mengecilkan protein. Zat dari tanin menyebabkan perasaan kering pada mulut dengan konsumsi anggur merah, teh pekat, atau buah yang tidak tumbuh.

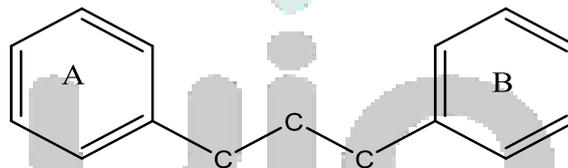
Senyawa ini dapat bereaksi dengan protein membentuk kopolimer yang tidak larut dalam air. Dalam industri, tanin dapat digunakan untuk mengubah kulit mentah menjadi kulit hewan siap pakai karena kemampuannya untuk menyambung silang protein. Salah satu fungsi utama lainnya yaitu sebagai pelindung dari hewan pemakan tumbuhan. Tanin terhidrolisis mengandung ikatan ester yang dapat terhidrolisis jika dididihkan dengan larutan asam klorida encer. Bagian alkohol dari ester ini biasanya gula, dan seringkali glukosa. Asam terhidrolisis biasanya berupa amorf, hidroskopis, berwarna kuning coklat yang larut dalam air membentuk koloid [5]. Beberapa contoh struktur dari senyawa tanin dapat dilihat pada **Gambar II-2**



Gambar II. Error! No text of specified style in document.-2 (a) Asam digalat (b) Asam egalat

2) Flavonoid

Flavonoid adalah kelompok senyawa yang dapat ditemukan secara luas dalam buah-buahan dan sayuran. Flavonoid merupakan senyawa pereduksi yang baik, menghambat banyak reaksi oksidasi, baik secara enzim maupun non enzim. Flavonoid bertindak sebagai penampung yang baik radikal hidroksi dan super oksida dengan demikian melindungi lipid membran terhadap reaksi yang merusak. Aktivitas antioksidannya dapat menjelaskan mengapa flavonoid tertentu merupakan komponen aktif tumbuhan yang digunakan secara tradisional untuk mengobati gangguan fungsi hati. Seperti pada **Gambar II-3**.



Gambar II. Error! No text of specified style in document.-3 Kerangka Dasar Flavonoid

Flavonoid merupakan golongan terbesar senyawa fenol alam dan senyawa polar karena mempunyai sejumlah gugus hidroksil sehingga akan larut dalam pelarut polar seperti etanol, metanol, butanol, aseton, dan air. Adanya gula yang terikat pada flavonoid cenderung menyebabkan flavonoid lebih mudah larut dalam air dan dengan demikian campuran pelarut di atas dengan air merupakan pelarut yang lebih baik untuk glikosida. Sebaliknya, aglikon yang kurang polar seperti isoflavon, flavanon, dan flavon serta flavonol yang termetoksilasi cenderung lebih

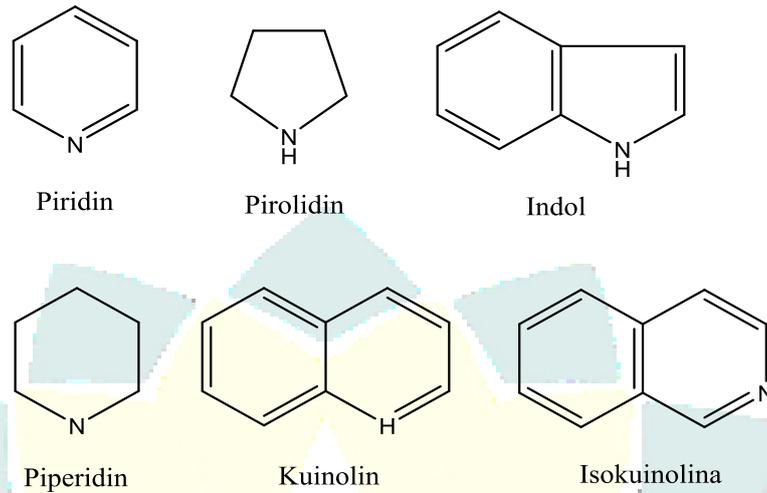
mudah larut dalam pelarut seperti eter dan kloroform. Analisa flavonoid lebih baik dengan memeriksa aglikon yang terdapat dalam ekstrak tumbuhan yang telah dihidrolisis sebelum memperhatikan kerumitan glikosida yang ada dalam ekstrak asal [2].

3) Alkaloid

Alkaloid adalah senyawa basa yang mengandung satu atau lebih atom nitrogen. Senyawa ini tidak berwarna, kebanyakan berbentuk kristal, hanya sedikit yang berupa cairan. Hampir semua alkaloid yang ditemukan di alam mempunyai keaktifan biologis tertentu, ada yang sangat beracun tetapi ada pula yang sangat berguna dalam pengobatan. Misalnya, kuinin, morfin, dan stiknin adalah alkaloid yang terkenal dan mempunyai efek sifilogis dan fisikologis. Alkaloid dapat ditemukan dalam berbagai bagian tumbuhan seperti biji, daun, ranting dan kulit batang [2].

Umumnya alkaloid berupa padatan kristal, tidak berwarna, bersifat basa dan sedikit yang berupa cairan pada suhu kamar, serta lebih mudah larut dalam pelarut nonpolar dalam suasana basa. Fungsi senyawa alkaloid adalah menghambat pertumbuhan bakteri gram positif dan gram negatif. Mekanisme kerjanya adalah mengganggu terbentuknya jembatan sebrang silang komponen penyusun peptidoglikan pada sel bakteri, sehingga lapisan dinding sel tidak terbentuk secara utuh dan menyebabkan kematian sel. Menurut klarifikasi ini, alkaloid dapat dibedakan atas beberapa jenis, seperti alkaloid piridin, indol, piperidin, kuinolin, dan isokuinolin. Struktur dari senyawa-senyawa tersebut dapat dilihat pada **Gambar II.4.**

Alkaloid umumnya ditemukan dalam kadar yang kecil dan harus dipisahkan dari campuran senyawa yang rumit yang berasal dari jaringan tumbuhan. Alkaloid biasanya diklasifikasikan menurut kesamaan sumber asal molekulnya. Didasari dengan metabolisme pathway yang dipakai untuk membentuk molekul itu. Biosintesis dari sebuah alkaloid tidak diketahui, alkaloida digolongkan menurut nama senyawanya, termasuk nama senyawa yang tidak mengandung nitrogen (karena struktur molekulnya terdapat dalam produk akhir.



Gambar II. Error! No text of specified style in document.-4 Struktur beberapa Alkaloid

2.1.2 Ekstraksi

Ekstraksi adalah proses pemisahan senyawa kimia dari suatu bahan alam dengan menggunakan pelarut tertentu. Teknik ini bisa dilakukan dengan berbagai macam metode sesuai dengan sifat dan tujuan. Pada proses ini digunakan sampel yang masih segar atau yang telah dikeringkan. Proses ekstraksi secara kimia dilakukan dengan menggunakan pelarut seperti air, alkohol, eter dan aseton. Proses ekstraksi padatan atau larutan akan kontak dengan cairan pelarut sehingga padatan atau larutan yang lebih mudah berikatan dengan pelarut sehingga dapat dipisahkan dari bahan asalnya [3].

Kelarutan suatu senyawa dalam pelarut tergantung pada gugus-gugus yang terikat pada pelarut tersebut. pelarut yang mempunyai gugus hidroksil (alkohol) dan karbonil (keton) termasuk pelarut polar, sedangkan hidrokarbon termasuk ke dalam pelarut non polar. Senyawa polar akan larut dalam pelarut polar sedangkan senyawa non polar akan larut pada senyawa non polar. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses ekstraksi terdiri dari atas pembekakan partikel atau bahan yang diekstrak, proses difusi, PH, ukuran partikel, suhu, dan jenis pelarut. Rendemen hasil ekstrak juga dipengaruhi oleh jumlah tahapan ekstraksi [3].

Ekstraksi adalah proses pemisahan suatu zat berdasarkan perbedaan kelarutannya terhadap dua cairan tidak saling larut yang berbeda. Prinsip ekstraksi adalah melarutkan senyawa polar dalam pelarut polar dan senyawa non polar dalam senyawa non polar. Secara umum ekstraksi dilakukan secara berturut-turut mulai

dengan pelarut non polar (heksana) lalu pelarut yang kepolarannya menengah (etil asetat), kemudian pelarut yang bersifat polar misalnya metanol atau etanol. Berdasarkan bentuk fase yang diekstraksi, ekstraksi digolongkan dalam dua jenis yaitu ekstraksi cair-cair dan ekstraksi cair-padat. Untuk cair-cair dapat menggunakan corong pisah, sedangkan ekstraksi cair-padat terdiri dari beberapa cara yaitu maserasi, perkolasi, dan sokletasi.

Maserasi berasal dari bahasa latin *macerase* berarti mengairi dan melunakkan. Maserasi merupakan cara ekstraksi yang paling sederhana. Maserasi dilakukan dengan cara merendam serbuk simplisia dalam cairan penyari. Cairan penyari akan menembus dinding sel dan masuk ke dalam rongga sel simplisia yang mengandung zat aktif, kemudian zat aktif akan larut. Simplisia yang akan diekstraksi ditempatkan dalam wadah bersama larutan penyari yang telah ditetapkan, wadah ditutup rapat kemudian dikocok berulang-ulang sehingga memungkinkan pelarut masuk ke seluruh permukaan simplisia.

Sedangkan jika dalam keadaan diam, akan menyebabkan turunnya perpindahan bahan aktif. Secara teoritis, pada suatu maserasi tidak memungkinkan terjadinya ekstraksi absolut. Semakin besar perbandingan simplisia terhadap cairan pengestraksi, akan semakin banyak hasil yang diperoleh. Keuntungan metode ekstraksi ini, adalah metode ini lebih mudah dikerjakan dan biaya yang lebih relatif murah.

2.1.3 Uji Fitokimia

Senyawa fitokimia merupakan zat atau senyawa kimia metabolit sekunder dari tiap tanaman. Uji fitokimia dilakukan untuk mengetahui secara kualitatif adanya golongan senyawa aktif dalam tumbuhan yang diharapkan dapat berperan sebagai senyawa antibakteri. Senyawa metabolit sekunder merupakan senyawa kimia yang umumnya mempunyai kemampuan bioaktifitas dan berfungsi sebagai pelindung tumbuhan tersebut dari gangguan hama penyakit untuk tumbuhan itu sendiri atau lingkungannya. Senyawa-senyawa kimia yang merupakan hasil metabolisme sekunder pada tumbuhan sangat beragam dan dapat diklasifikasikan dalam beberapa golongan senyawa bahan alam yaitu saponin, steroid, triterpenoid, alkaloid, fenolik (tanin dan flavanoid).

Senyawa metabolit sekunder merupakan senyawa yang tidak langsung terlibat dalam proses pertumbuhan, perkembangan, dan reproduksi, namun senyawa ini memiliki fungsi ekologis. Bagian tanaman yang mengandung senyawa metabolit sekunder biasanya berada pada daun, batang, akar, atau kulit bergantung pada jenis metabolit sekunder yang dihasilkan. Senyawa metabolit sekunder yang merupakan bioaktif biasanya berupa golongan alkaloid, tanin, flavonoid, dan senyawa fenolik. Senyawa metabolit sekunder banyak digunakan sebagai bahan pangan, rempah-rempah, dan obat-obatan.

2.1.4 *Fourier Transformed Infrared* (FTIR)

FT-IR merupakan teknik pengukuran dengan mengumpulkan spektrum cahaya koheren yang berasal dari sumber radiasi, menggunakan pengukuran domain waktu dari radiasi elektromagnet atau tipe radiasi yang lain. FT-IR bisa diaplikasikan untuk berbagai tipe spectroscopy termasuk optical spectroscopy, infrared spectroscopy (IR), nuclear magnetic resonance dan electron spin resonance spectroscopy. Ada beberapa metode untuk mengukur sinar koheren yang temporal ini diantaranya *Michelson or Fourier transform* spectrometer dan pulsed Fourier transform spectrograph [5].

Cahaya dari sumber terpecah menjadi dua oleh *half-silvered mirror*, satu cahaya diterima oleh cermin tetap lalu dipantulkan lagi dan satu cahaya lagi diterima oleh cermin yang bisa digerakan dan dipantulkan juga. Kedua cahaya pantulan ini bergabung kembali (koheren) di *half-silvered mirror* lalu diteruskan ke detektor. Dengan memindah-mindahkan posisi cermin kita dapat memperoleh beberapa sinyal cahaya koheren, yang selanjutnya dapat diolah menggunakan transformasi Fourier.

Apabila sinar inframerah berinteraksi dengan molekul, maka hanya sinar inframerah yang tingkat energinya sesuai dengan tingkat energi vibrasi ikatan-ikatan yang terdapat di dalam molekul tersebut saja, yang akan diserap molekul tersebut. Karena tingkat energi setiap ikatan didalam molekul berbeda-beda, maka masing-masing ikatan akan memberikan serapan inframerah pada daerah yang berbeda, sehingga pola spektra senyawa yang satu akan berbeda dengan senyawa lainnya. Frekuensi vibrasi suatu molekul dipengaruhi pula oleh jumlah dan jenis atom, susunan geometri, dan tetapan ikatan antar atom di dalam molekul, perubahan

dalam salah satu faktor diatas akan mempengaruhi pada pola spektra inframerah yang dihasilkan, dan perlu diingat bahwa ikatan-ikatan yang dapat menyerap sinar inframerah adalah ikatan-ikatan yang dapat menyerap sinar inframerah adalah ikatan yang karena perubahan vibrasi atau rotasinya dapat menyebabkan perubahan momen dipol [5].

Pada spektrum inframerah, detektor yang digunakan ialah transduser yang dapat mengubah sinyal yang terdiri dari foton ke dalam sinyal listrik yang dapat diukur dengan mudah. Transduser dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu transduser foton dan transduser termal. Transduser foton merupakan detektor foton yang menggunakan semikonduktor sebagai permukaan yang sensitif terhadap cahaya yaitu ketika semikonduktor menyerap foton, elektron valensi berpindah ke pita konduksi semikonduktor menghasilkan arus yang terukur. Sedangkan pada transduser termal, serapan foton menyebabkan temperatur dan tekanan meningkat sehingga mengakibatkan membran yang fleksibel untuk bergerak ke dalam dan keluar, di mana pergerakan ini diamati untuk kemudian menghasilkan sinyal listrik.

Sinyal listrik yang dihasilkan dari transduser kemudian dikirimkan ke prosesor sinyal, di mana prosesor sinyal ini menampilkan hasil analisis dalam bentuk yang lebih mudah dipahami. Prosesor sinyal juga digunakan untuk mengkalibrasi respon detektor, untuk memperkuat sinyal dari detektor, untuk menghilangkan *noise* dengan cara penyaringan, atau untuk mentransformasikan sinyal secara matematika.

Biasanya, spektra inframerah digambarkan dengan bilangan gelombang yang tinggi di sebelah kiri dan bilangan gelombang yang rendah di sebelah kanan. Artinya, spektrum dibaca dari kiri ke kanan untuk mencari dari energi tinggi ke energi rendah, di mana sumbu Y merupakan absorbansi atau transmitansi dan sumbu X merupakan skala untuk bilangan gelombang. Puncak yang menunjuk ke atas merupakan bilangan gelombang, di mana sampel menyerap radiasi inframerah (bila sumbu Y dalam transmitansi, maka puncak akan menunjuk ke bawah). Tanpa memperhatikan sumbu Y, posisi bilangan gelombang (sumbu X) dari puncak memiliki korelasi dengan struktur molekul.

Interaksi radiasi inframerah terhadap suatu materi menyebabkan materi tersebut menyerap radiasi dan mengakibatkan ikatan kimia pada materi tersebut melakukan vibrasi. Fragmen struktural kimia dalam molekul (gugus fungsi) cenderung menyerap radiasi inframerah pada rentang bilangan gelombang yang sama tanpa menghiraukan struktur lainnya yang terdapat dalam molekul tersebut.

Misalnya, uluran C=O dari gugus karbonil terjadi pada $\sim 1700 \text{ cm}^{-1}$ dalam keton, aldehida, dan asam karboksilat. Itu berarti, dalam hal ini ada korelasi antara bilangan gelombang dengan struktur suatu molekul, di mana molekul menyerap radiasi inframerah. Korelasi ini memungkinkan struktur molekul yang tidak diketahui untuk diidentifikasi dari spektrum inframerah.

2.2 Besi

Besi merupakan logam campuran yang terdiri dari tembaga dan karbon. Besi dapat digunakan dalam bidang teknik seperti industri, konstruksi, kapal laut yang berfungsi sebagai kekuatan, ketahanan korosi, tahanan gas. Permukaan baja terdapat polarisasi ke arah lebih positif disebabkan oleh kedua gugus karboksilat yang bermuatan negatif ($-\text{COO}^-$), dengan gugus $-\text{COO}^-$ rantai samping memegang peran yang lebih besar. Hal ini didukung oleh data hasil uji efisiensi inhibisi pada korosi logam [6].

2.3 Korosi

Korosi dapat didefinisikan sebagai hasil kerusakan dari reaksi kimia antara logam atau logam paduan dengan lingkungan. Reaksi ini menghasilkan oksida logam, sulfida logam atau hasil reaksi lainnya. Dalam bidang metalurgi, peristiwa korosi dapat dipandang sebagai suatu peristiwa atau reaksi senyawa kembali ke bentuk asalnya atau bisa disebut sebagai kebalikan dari proses metalurgi ekstraksi. Peristiwa terjadi korosi akibat adanya reaksi kimia dan elektrokimia. Namun, terjadinya peristiwa korosi terdapat beberapa elemen utama yang harus dipenuhi agar reaksi tersebut dapat berlangsung [7].

Secara fisik, logam terlihat kokoh dan kuat. Namun, seperti yang telah diketahui bahwa semua logam kecuali emas secara kimia tidak stabil di udara dan mudah mengalami korosi. Korosi dapat didefinisikan sebagai reaksi kimia atau elektrokimia antar material (biasanya logam) dan lingkungannya yang

menghasilkan kerusakan materi dan sifat-sifatnya. Korosi biasa terjadi pada udara yang lembap yang diinduksi oleh adanya gas O_2 , CO_2 , atau H_2S dan bisa pula diakibatkan oleh adanya suhu yang tinggi. Selain itu, korosi juga dapat disebabkan karena adanya garam terlarut dalam air, di mana garam ini dapat meningkatkan daya hantar ion-ion oleh larutan yang mengakibatkan kelarutan besi menjadi meningkat yang mengakibatkan semakin cepatnya korosi.

2.2.1 Jenis-jenis korosi

Menurut jenis reaksinya, korosi dapat digolongkan sebagai korosi kimia (*chemical corrosion*) dan korosi elektrokimia (*electrochemical corrosion*). Korosi kimia terjadi secara murni reaksi kimia tanpa adanya cairan elektrolit, biasanya terjadi pada temperatur yang relatif tinggi, atau dalam lingkungan yang kering. Korosi jenis ini, sering disebut dengan proses oksidasi bila logam bereaksi dengan oksigen, sulfidasi bila bereaksi dengan sulfida jika bereaksi dengan gas karbon-di/mono-oksida. Sebaliknya korosi elektrokimia biasanya terjadi di 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) [8].

Proses terbentuknya korosi cepat berlangsung terdapat beberapa elemen pendukung yang harus dipenuhi yaitu sebagai berikut :

a. Material

Material dalam korosi bersifat sebagai anoda. Anoda merupakan suatu bagian reaksi yang mengalami oksidasi. Reaksi oksidasi ini akan mengalami pelepasan elektron. Logam yang terserang korosi senyawanya ion berubah menjadi ion-ion bebas.

b. Lingkungan

Lingkungan dalam korosi bersifat sebagai katoda. Katoda merupakan suatu bagian reaksi yang mengalami reduksi. Reaksi reduksi akan mengalami penerimaan elektron yang akan diambil oleh anoda. Lingkungan yang bersifat sebagai katoda seperti lingkungan air, atmosfer, gas, mineral acid, tanah, minyak.

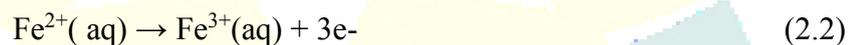
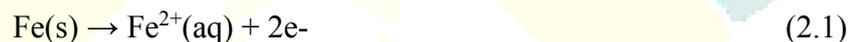
c. Reaksi antara materi dengan lingkungan

Korosi dapat terjadi karena adanya reaksi antara suatu mineral dengan lingkungan. Reaksi yang terjadi harus reaksi langsung/ spontan kontak langsung antara material dengan lingkungan.

d. Elektrolit

Dalam reaksi redoks antara anoda dan katoda harus dilengkapi dengan elektrolit. Elektrolit merupakan larutan yang dapat menghantarkan listrik karena mengandung ion-ion yang mampu menghantarkan (bergerak) elektro ekuivalen force sehingga reaksi dapat berlangsung.

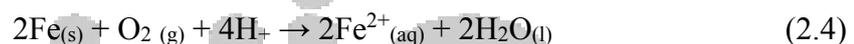
Mekanisme pembentukan korosi pada logam melibatkan dua reaksi setengah sel yaitu reaksi oksidasi pada anoda dan reaksi reduksi pada katoda. Reaksi elektrokimia ini diawali dengan reaksi anodik atau terjadinya oksidasi besi yaitu pembentukan ion Fe^{2+} dalam medium air atau oksigen yang dapat mengalami oksidasi lebih lanjut membentuk ion Fe^{3+} . Seperti persamaan (2.1-2.2)



Elektron yang dilepaskan oleh besi mereduksi oksigen di atmosfer menjadi air pada katoda, yang merupakan wilayah lain dari permukaan logam yang sama sebagaimana reaksi pada Persamaan 2.3



Sehingga reaksi redoks sesungguhnya secara singkat ditunjukkan pada persamaan 2.4



Karena reaksi yang terjadi dalam medium asam, ion H^+ dipasok sebagian oleh reaksi karbon dioksida di atmosfer dengan air membentuk H_2CO_3 . Ion Fe^{2+} yang terbentuk pada anoda dioksidasi oleh oksigen sesuai dengan reaksi pada Persamaan 2.5

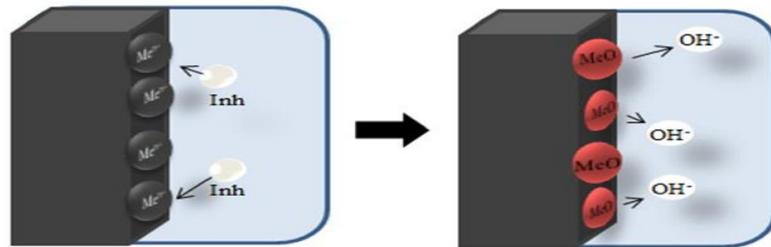


Bentuk terhidrasi dari besi (III) oksida dikenal dengan karat. Banyaknya air yang akan terikat dengan besi, sehingga rumusnya dapat dinyatakan sebagai $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$. Proses yang terjadi dalam pembentukan korosi yaitu sirkuit luar, dimana elektron yang mengalir melalui penghantar logam dan sirkuit dalam ion yang mengangkut muatan listrik melalui elektrolit.

2.2.1 Inhibitor Korosi

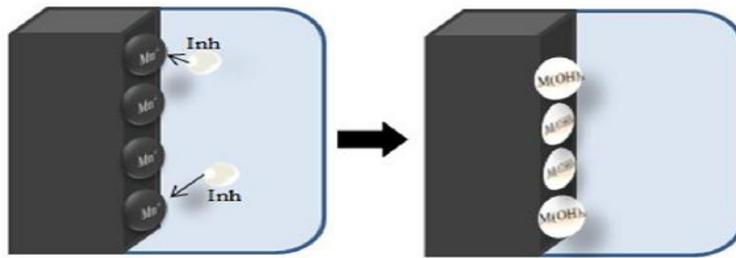
Inhibitor korosi adalah zat kimia yang ditambahkan ke dalam suatu lingkungan korosif dengan kadar yang sangat kecil (ukuran ppm) guna mengendalikan korosi. Inhibitor korosi dapat dikelompokkan berdasarkan jenis senyawa yang terkandung, yaitu inhibitor anorganik dan inhibitor organik [12]. Mekanisme inhibitor terbagi dalam tiga kelompok sebagai berikut :

a. Inhibitor anodik yaitu inhibitor yang dapat meningkatkan polarisasi anoda melalui reaksi dengan ion-ion logam yang terkorosi untuk menghasilkan lapisan garam (pasif) yang menyelimuti anoda. Reaksi ini mengalami reaksi oksidasi setelah reaksi reduksi berakhir. Inhibitor ini membutuhkan oksigen terlarut untuk menjadi efektif, misalnya silikat, fosfat, dan borat. Reaksi ini terjadi ketika diberi potensial dan arus yang semakin besar. Potensial yang biasanya diberikan sampai dengan 2000 Mv. **Gambar II-5** menunjukkan mekanisme efek inhibitor anorganik anodik.



Gambar II. 5 Mekanisme Efek Inhibitor Anorganik Anodik

b. Inhibitor katodik yaitu inhibitor yang bereaksi dengan ion hidroksil untuk mengendapkan senyawa-senyawa tidak dapat larut ke permukaan katoda, sehingga dapat menyelimuti katoda dari elektrolit dan mencegah masuknya oksigen. Reaksi yang terjadi reaksi reduksi yang ditunjukkan dengan gradien negatif pada grafik sebelah kiri. Reaksi ini terjadi saat diberi potensial -2000 mV dan diperbesar sampai dengan arus reduksi mencapai nol pada potensial korosi (E_{cor}) tertentu. Proses reduksi berakhir ketika arus mencapai nilai nol.



Gambar II. 6 Mekanisme Efek Inhibitor Anorganik Katodik

c. Inhibitor adsorpsi merupakan molekul-molekul organik dengan rantai-rantai samping yang teradsorpsi dan terdispersi dari permukaan logam. Molekul-molekul berukuran besar dapat membatasi difusi oksigen ke permukaan atau merangkap ion-ion logam di permukaan, mereduksi laju larutan.

Mekanisme kerja inhibitor korosi sebagai berikut :

- a. Inhibitor teradsorpsi pada permukaan logam dan membentuk suatu lapisan tipis dengan ketebalan beberapa molekul inhibitor. Lapisan ini dapat menghambat lingkungan terhadap logam.
- b. Inhibitor dengan pengaruh lingkungan (pH) menyebabkan inhibitor mengendap dan dapat teradsorpsi pada permukaan logam serta melindungi korosi dari logam. Inhibitor dengan logam terkorosi dahulu akan menghasilkan suatu zat yang melalui peristiwa adsorpsi dari produk korosi tersebut membentuk suatu lapisan pasif pada permukaan logam.
- c. Inhibitor menghilangkan kontinuen yang agresif dari lingkungan yang bersifat korosi secara elektrokimia.

2.4 Metode *Wheel Test*

Metode *wheel test* merupakan metode pengukuran laju korosi yang didasarkan pada metode pengukuran berat hilang (*weight loss measurement*) dari spesimen logam yang diuji selama waktu pemaparan dalam medium korosi. Medium korosi ini biasanya disesuaikan dengan kondisi di mana spesimen logam itu digunakan sehingga uji ini menjadi suatu simulasi yang sesuai dengan kondisi lapangan. Durasi pengukuran laju korosi dengan metode ini berkisar antara 18 – 72 jam [8].

Metode *wheel test* ini dilakukan dengan menyiapkan spesimen uji yang telah dibersihkan dan ditimbang. Kemudian spesimen uji ini di masukkan ke dalam

botol yang berisi larutan uji dan spesimen didiamkan untuk durasi waktu tertentu. Setelah pengukuran laju korosi selesai dilakukan, spesimen uji dipisahkan dari botol uji dan ditimbang.

Karena metode *wheel test* ini didasarkan pada metode berat hilang, maka laju korosi diekspresikan sebagai miligram per sentimeter persegi per hari atau gram per inci persegi per jam. Dengan mengasumsikan bahwa korosi lokal tidak terjadi, laju korosi rata-rata dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$R = \frac{3,65 \times \Delta w}{D \times A \times t} \quad (2.18)$$

dimana K merupakan konstanta, T ialah waktu eksposur dalam jam, A ialah luas permukaan dalam cm², W ialah massa yang hilang dalam g, dan D merupakan kerapatan dalam g/cm³. Kemudian untuk efisiensi inhibisi dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$\%IE = \frac{R - R^*}{R^*} \times 100 \quad (2.19)$$

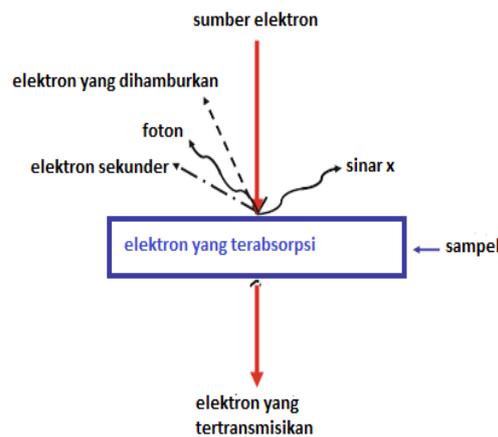
dimana R dan R* ialah laju korosi tanpa dan dengan adanya variasi konsentrasi inhibitor.

2.5 Scanning Electron Microscope (SEM)

SEM merupakan sebuah mikroskop electron yang digunakan dalam analisa untuk mengidentifikasi bentuk morfologi permukaan suatu zat. Prinsip kerja dari alat ini yaitu interaksi antara elektron dengan atom dalam sampel dan dihasilkan sinyal-sinyal elektron yang berisi informasi mengenai permukaan morfologi dan komposisi sampel.

Pada SEM gambar dibuat berdasarkan deteksi elektron baru (elektron sekunder) atau elektron pantul yang muncul dari permukaan sampel ketika permukaan sampel tersebut discan dengan sinar elektron. Elektron sekunder atau elektron pantul yang terdeteksi selanjutnya diperkuat sinyalnya, kemudian besar amplitudonya ditampilkan dalam gradasi gelap-terang pada layar monitor CRT (cathode ray tube). Di layar CRT inilah gambar struktur obyek yang sudah diperbesar bisa dilihat. Pada proses operasinya, SEM tidak memerlukan sampel

yang ditipiskan, sehingga bisa digunakan untuk melihat objek dari sudut pandang 3 dimensi. SEM bekerja berdasarkan prinsip scan sinar elektron pada permukaan sampel, yang selanjutnya informasi yang didapatkan diubah menjadi gambar. Imajinasi mudahnya gambar yang didapat mirip sebagaimana gambar pada televisi. Ilustrasi prinsip dari SEM dapat dilihat pada **Gambar II-8**



Gambar II. 8 Ilustrasi Prinsip Kerja SEM

Teknik SEM pada hakekatnya merupakan pemeriksaan dan analisis permukaan. Data atau tampilan yang diperoleh adalah data dari permukaan atau dari lapisan yang tebalnya sekitar 20 μm dari permukaan. Gambar permukaan yang diperoleh merupakan gambar topografi dengan segala tonjolan dan lekukan permukaan. Gambar topografi diperoleh dari penangkapan pengolahan elektron sekunder yang dipancarkan oleh spesimen. Kata kunci dari prinsip kerja SEM adalah scanning yang berarti bahwa berkas elektron “menyapu” permukaan spesimen, titik demi titik dengan sapuan membentuk garis demi garis, mirip seperti gerakan mata yang membaca. Sinyal elektron sekunder yang dihasilkannya adalah dari titik pada permukaan, yang selanjutnya ditangkap oleh SE *detector* dan kemudian diolah dan ditampilkan pada layar CRT (TV). Scanning coil yang mengarahkan berkas elektron bekerja secara sinkron dengan pengarah berkas elektron pada tabung layar TV, sehingga didapatkan gambar permukaan spesimen pada layar TV.

Sinyal lain yang penting adalah back scattered electron yang intensitasnya tergantung pada nomor atom unsur yang ada pada permukaan spesimen. Dengan cara ini akan diperoleh gambar yang menyatakan perbedaan

unsur kimia : warna terang menunjukkan adanya unsur kimia yang lebih tinggi nomor atomnya.

2.6 Parameter Aktivasi

Parameter aktivasi merupakan suatu proses untuk menghitung korosi pada rentang 25°C sampai 55°C, pada perhitungan ini digunakan Arrhenius (IV.2) dan persamaan transisinya (IV.3)

$$r = k \exp\left(+ \frac{-Ea}{RT}\right) \quad (IV.2)$$

Dimana K adalah faktor pra-eksponensial Arrhenius, T suhu mutlak, Ea energi aktivasi korosi pada proses korosi, Δh entalpi aktivasi, Δs entropi aktivasi, N bilangan Avogadro, h tetapan Planck dan r adalah kecepatan reaksi pelarutan logam yang berbanding lurus dengan kerapatan I_{corr} .

Parameter aktivasi juga merupakan energi minimum yang harus ada pada sistem kimia, energi ini juga dapat disebut sebagai energi minimum yang diperlukan untuk memulai reaksi kimia. Energi suatu reaksi biasanya dilambangkan dengan Ea dalam satuan kilo joule per mol (kJ/mol). Energi ini juga dikatakan sebagai penghalang potensial yang memisahkan energi potensial reaktan dan produk dari reaksi.

2.7 Isoterm Adsorpsi

Adsorpsi inhibitor pada permukaan logam dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya muatan permukaan logam struktur serta gugus fungsi inhibitor, interaksi molekul-molekul air dengan inhibitor, interaksi antar spesi inhibitor yang teradsorpsi, dan reaksi inhibitor teradsorpsi. Efisiensi inhibitor dapat digunakan untuk mengetahui pola adsorpsi isothermal dan energi bebasnya. Disamping itu, mekanisme kerja inhibitor korosi dapat digambarkan dengan mengetahui sifat adsorpsinya yang membentuk dua kemungkinan lapisan pasifasi yang dibentuk berdasarkan ikatan kimia atau lapisan protektif berdasarkan gaya elektrostatis atau gaya *van der Waals* [16].

Isoterm adsorpsi adalah peristiwa tertariknya suatu molekul tertentu dari fluida (cair atau gas) pada permukaan zat padat (adsorben) atau penyerapan suatu

molekul oleh zat padat pada permukaan zat padat oleh suhu tertentu. Ada 2 jenis adsorpsi yaitu adsorpsi fisika dan kimia. Adsorpsi fisika terjadi karena adanya gaya *Van der Waals* antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Adsorpsi fisika ikatannya relatif lemah, bersifat reversibel dan dapat membentuk lapisan *multilayer*. Adsorpsi kimia terjadi karena terbentuk ikatan kovalen atau ion antara adsorbat dengan adsorben. Adsorpsi kimia ikatannya kuat, tidak reversibel dan membentuk lapisan *monolayer*. Sistem adsorpsi adalah salah satu cara atau metoda yang paling efektif untuk memisahkan karbon dioksida dengan zat lainnya yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil [11].

Isoterm adsorpsi yang mudah ditentukan dan biasa digunakan dalam menentukan sifat adsorpsi diantaranya isoterm adsorpsi Langmuir dan isoterm adsorpsi temkin. Isoterm langmuir diasumsikan bahwa seluruh permukaan homogen, setiap tempat adsorpsi adalah ekuivalen, panas adsorpsi tidak bergantung pada penutupan permukaan. Langmuir menggambarkan hubungan antara fraksi permukaan yang tertutupi karena adsorpsi dengan konsentrasi adsorbat dalam larutan [11] Isoterm adsorpsi langmuir merupakan interaksi antara molekul adsorbat, lapisan yang terbentuk berupa monolayer maksimum fraksi penutupan $\theta=1$. Permukaan adsorbat homogen sehingga setiap area permukaan memiliki energi ikatan yang sama, dan molekul yang teradsorpsi terlokalisasi atau tidak bergerak pada permukaan. Nilai penutupan permukaan untuk konsentrasi berbeda pada inhibitor dihitung dengan kurva polarisasi dasar sesuai dengan persamaan 2.10:

$$\theta = \frac{kc}{1+kc} \quad (2.10)$$

Penyusunan kembali persamaan (2.4) memberikan persamaan (2.10):

k adalah konstanta persamaan adsorpsi, C konstanta inhibitor, dan θ adalah permukaan tertutupi.

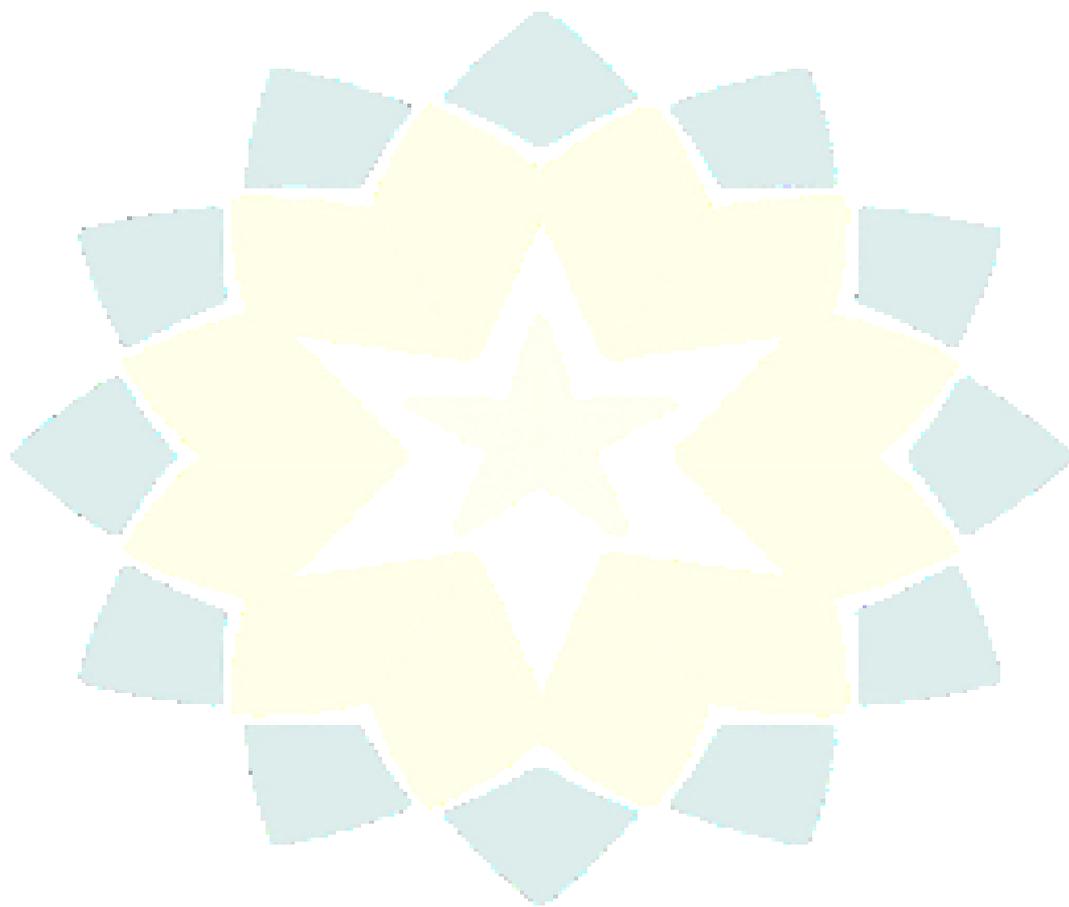
Isoterm temkin menjelaskan tentang interaksi antara adsorben dengan adsorbatnya. Model ini menganggap adsorpsi pada semua molekul pada permukaan akan menurun linear dengan jumlah interaksi antara adsorbat dan adsorben.

Entalpi adsorpsi sering menjadi kurang negatif saat θ bertambah, hal ini menunjukkan bahwa tempat yang paling menguntungkan dari segi energinya, akan ditempati lebih dahulu. Untuk isoterm adsorpsi Temkin ditentukan dengan persamaan 2.11

$$\theta_{\text{sub}} = \frac{1}{f} \ln (K_T^* C_L) \quad (2.11)$$

di mana f adalah parameter interaksi molekul dan K_T^* adalah konstanta kesetimbangan isoterm Temkin.





uin

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG