

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

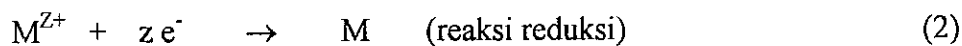
2.1. Pengertian Korosi

Secara umum, korosi lebih dikenal dengan istilah pengkaratan yang merupakan fenomena kimia pada bahan-bahan logam diberbagai macam kondisi lingkungan. Korosi menurut Adriana, (2000) didefinisikan sebagai perusakan material oleh karena pengaruh lingkungan atau reaksi kimia, sedangkan menurut Trethewey, (1991) dapat diartikan sebagai penurunan mutu logam oleh karena reaksi kimia atau elektrokimia dengan lingkungan yang mengakibatkan mengalirnya arus listrik.

Saat logam mengalami reaksi korosi maka logam tersebut berubah menjadi ion melalui suatu reaksi dengan senyawa kimia yang terdapat di lingkungan dengan reaksi korosi tersebut yaitu:



Reaksi korosi dapat diperlambat dengan berbagai cara antara lain memberikan elektron pada sistem, sehingga reaksinya menjadi:



2.1.1. Faktor-faktor yang mempengaruhi korosi

Faktor yang berpengaruh terhadap korosi menurut Akhadi, (2000), dapat dibedakan menjadi dua, yaitu yang berasal dari bahan itu sendiri dan dari lingkungan. Faktor dari bahan meliputi kemurnian bahan, struktur bahan, bentuk

kristal, unsur-unsur yang ada dalam bahan, teknik pencampuran bahan dan sebagainya. Faktor dari lingkungan meliputi tingkat pencemaran udara, suhu, kelembaban, keberadaan zat-zat kimia yang bersifat korosif dan sebagainya. Bahan-bahan korosif terdiri atas asam, basa serta garam, baik dalam bentuk senyawa anorganik maupun organik.

Menurut Amanto, (1999), penyebab korosi ada dua macam, yaitu korosi kimia dan korosi elektrolit.

a. Korosi Kimia

Logam akan berkarat karena suatu proses kimia sederhana. Oksigen yang terdapat pada atmosfer dapat bergabung dengan logam-logam membentuk lapisan oksida pada permukaannya, apabila lapisan tersebut lepas maka proses oksidasi dapat dilanjutkan dan logam secara perlahan-lahan akan berkarat.

b. Korosi Elektrolit

Korosi elektrolit pada dasarnya korosi kimia juga, walaupun sedikit lebih kompleks. Prinsipnya adalah suatu sel listrik yang sederhana, terdiri dari plat tembaga dan plat seng, keduanya tercelup dalam larutan asam sulfat. Bagian yang penting adalah seng sebagai anodik terhadap tembaga, sehingga apabila logam dihubungkan dan dicelupkan kedalam suatu elektrolit, seng akan mengurai atau berkorosi lebih cepat dari pada dicelupkan sendiri dalam elektrolit.

2.1.2. Bentuk-bentuk korosi logam

Menurut Supardi, (1997), ada beberapa bentuk korosi yang dapat dialami oleh logam, diantaranya adalah:

a. Korosi Merata

Contohnya pada plat baja, permukaannya bersih dan logamnya homogen, bila dibiarkan di udara beberapa bulan, maka akan terbentuk korosi merata pada seluruh permukaan.

b. Korosi Galvanik

Korosi ini terjadi akibat dua logam tidak sejenis yang berkontak membentuk sebuah sel korosi. Misalnya besi kontak langsung dengan tembaga dimana tembaga lebih mulia maka besi bersifat anodik dan akan mengorbankan diri sehingga akan terjadi korosi pada besi.

c. Korosi Erosi

Logam yang terkena erosi mengakibatkan keausan dan menimbulkan bagian-bagian yang tajam dan kasar. Bagian-bagian inilah yang mudah terserang korosi dan pada akhirnya akan mengakibatkan kerusakan yang lebih berat.

d. Korosi Sumuran

Korosi sumuran adalah bentuk penyerangan korosi setempat yang menghasilkan sumur pada logam di tempat tertentu. Kadang-kadang sumur terpisah dan tertutup yang kelihatan seperti suatu permukaan berongga. Pada umumnya sumur yang terjadi mempunyai diameter permukaan yang lebih besar dari yang di dalam.

e. Korosi Celah

Korosi celah merupakan korosi setempat yang terjadi di daerah celah. Penyerangan biasanya terjadi akibat larutan yang tergenang di celah antara dua logam. Hasil dari bentuk korosi ini disebut korosi celah.

2.1.3. Mekanisme korosi

Mekanisme korosi besi menurut Adriana, (2000), secara singkat dapat dijelaskan sebagai berikut, bila besi ditempatkan dalam wadah yang berisi larutan maka terjadi kontak langsung antara besi dengan air atau larutan, sehingga besi memiliki kecenderungan untuk larut dalam larutan sebagai bentuk partikel bermuatan listrik yaitu ion Fe^{2+} .

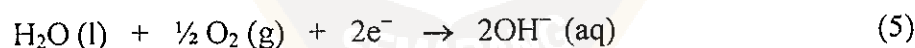
Reaksi yang terjadi pada anoda:



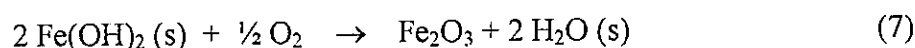
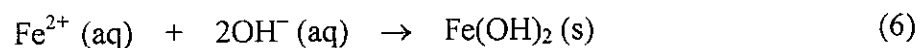
sedangkan pada katoda dalam lingkungan asam, reaksi yang terjadi tanpa adanya oksigen menyebabkan terjadinya reduksi hidrogen, seperti reaksi dibawah:



dan dalam lingkungan basa atau netral, menyebabkan terjadinya reduksi oksigen dengan reaksi:



Ion Fe^{2+} akan berdifusi kebagian katoda dan mengendap sebagai Fe(OH)_2 , selanjutnya besi (II) hidroksida dioksidasi oleh O_2 yang terdapat di air membentuk $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, seperti reaksi dibawah ini:



2.1.4. Pengendalian korosi

Cara-cara pencegahan korosi yang sering digunakan yaitu: proteksi katodik, pelapisan, aliasi logam dan pencegahan korosi dengan inhibitor.

a. Proteksi Katodik

Proteksi katodik dipakai untuk pencegahan korosi pada pipa-pipa baja, rel kereta api. Pipa-pipa baja dihubungkan ke tanah dengan kawat aluminium atau seng, akibatnya pada pipa baja terjadi arus anoda yang menyebabkan pipa baja tidak terkorosi sedang kawat penghubung mengalami korosi.

b. Pelapisan

Pelapisan adalah suatu cara menghindari korosi dengan memberikan suatu lapisan yang dapat mengurangi kontak antara logam dengan lingkungannya. Lapisan pelindung yang sering dipakai antara lain cat, plastik dan lapisan dengan logam lain.

c. Aliasi Logam

Korosi besi dapat dikurangi dengan aliasi logam atau mencampurkan logam besi dengan logam lain seperti nikel dan krom.

d. Pencegahan Korosi dengan Inhibitor

Inhibitor korosi adalah suatu senyawa yang ditambahkan pada lingkungan penyebab korosi, yang menyebabkan berkurangnya laju korosi. Langkah kerja adalah: mula-mula terjadi proses adsorpsi pada permukaan logam, kemudian menutupi permukaan logam yang dapat mencegah proses reaksi elektrokimia. Bertambahnya luas permukaan logam yang tertutupi oleh inhibitor,

menyebabkan efisiensi inhibitor terhadap laju korosi semakin besar (Trethewey, 1991).

2.2. Inhibitor Adsorpsi

Berbagai jenis inhibitor yang dapat dipakai antara lain: natrium nitrit, natrium hidrogen fosfat, natrium silikat dan boraks. Pemakaian inhibitor tersebut disesuaikan dengan lingkungan dan jenis logam yang digunakan. Inhibitor yang sesuai untuk lingkungan air laut, air pendingin dan larutan garam adalah natrium nitrit dan natrium hidrogen fosfat, sebab kedua inhibitor tersebut mampu memberikan perlindungan dalam bentuk lapisan tipis melalui proses adsorpsi (Trethewey, 1991).

Tabel 2.1. Jenis-jenis inhibitor dan penggunaannya

Inhibitor	Penggunaan	Logam yang dilindungi	Konsentrasi (%)
Natrium nitrit	Larutan garam	Baja	Max. 5
	Air laut	Baja	0,500
Natrium hidrogen fosfat	Air pendingin	Baja	1,000
	Air laut	Baja	0,001
	Air garam	Cu, Zn	0,050
Natrium silikat	Air garam	Baja	0,100
	Air Laut	Baja	0,001
Boraks	Air laut	Baja	0,500
	Air Garam	Baja	0,010

Sumber: Trethewey, K. R. 1991

Adsorpsi didefinisikan sebagai proses melekatnya atom atau molekul suatu zat pada permukaan zat lain. Proses inhibisi logam dengan inhibitor menyebabkan terjadinya adsorpsi ion atau molekul pada permukaan logam dan memberikan aksi perlindungan terhadap proses korosi dalam bentuk lapisan tipis yang tidak tampak pada permukaan logam (Sukarjo, 1989).

2.3. Baja

Menurut Amanto, (1999), baja dapat didefinisikan sebagai suatu campuran dari besi dan karbon, dimana unsur karbon (C) menjadi dasar campuran, disamping itu mengandung unsur campuran lainnya seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), dan mangan (Mn) dalam jumlah terbatas.

Kandungan karbon di dalam baja sekitar 0,1 – 1,7 %, sedangkan unsur lainnya dibatasi persentasenya. Unsur paduan yang bercampur di dalam lapisan baja untuk membuat baja bereaksi terhadap pengerjaan panas atau menghasilkan sifat-sifat khusus. Baja terdiri dari berbagai jenis yang meliputi baja karbon dan baja paduan yang berbeda-beda komposisinya.

a. Baja karbon

Karbon merupakan unsur penguat besi yang efektif dan murah oleh karena itu umumnya sebagian besar baja komersial hanya mengandung karbon dengan sedikit unsur paduan lain. Baja karbon dapat dibagi dalam kelompok: (i) karbon rendah ($< 0,3\%$), (ii) karbon sedang ($0,3 - 0,7\%$), dan (iii) karbon tinggi ($0,7 - 1,7\%$). Baja karbon rendah memiliki kekuatan sedang dengan keuletan yang sangat baik dan digunakan dalam kondisi normal untuk keperluan konstruksi jembatan, bangunan, kendaraan dan kapal laut (Amanto, 1999).

b. Baja paduan

Baja paduan dihasilkan dengan biaya yang lebih mahal dari pada baja karbon karena bertambahnya biaya untuk penambahan pengerjaan yang khusus yang dilakukan di dalam industri atau pabrik. Baja paduan dapat didefinisikan sebagai suatu baja yang dicampur dengan satu atau lebih unsur campuran seperti nikel, kromium, molibden, vanadium, mangan dan wolfram yang berguna untuk memperoleh sifat-sifat baja yang dikehendaki (keras, kuat dan liat), tetapi unsur karbon tidak dianggap sebagai salah satu unsur campuran (Smallman, 1991).

2.4. Komposisi Kimia Air Laut

Komposisi kimia air laut dinyatakan dengan salinitas, yaitu banyaknya (gram) zat-zat terlarut dalam 1 kg air laut (Rahbiah, 2003).

Tabel 2.2. Komposisi kimia air laut

Senyawa	Konsentrasi (g/kg) pada salinitas 35 ‰
Klorida (Cl)	19,353
Natrium (Na)	10,730
Magnesium (Mg)	1,294
Sulfat (S)	0,905
Kalsium (Ca)	0,413
Kalium (K)	0,387
Bikarbonat (HCO ₃)	0,142
Bromida (Br)	0,067
Stronsium (Sr)	0,008
Brom (B)	0,004
Flourida (F)	0,001

Sumber: Bearman, G. 1989

Air laut merupakan campuran berbagai macam garam-garam, gas-gas dan senyawa organik yang kadarnya dapat dikatakan tetap untuk variasi kondisi laut yang luas. Garam-garam tersebut berasal dari hasil erosi batu-batuan yang diangkut oleh sungai dan telah berlangsung dalam kurun waktu yang sangat lama. Beberapa senyawa lain terutama yang berupa gas berasal dari makhluk hidup yang ada didalamnya termasuk unsur oksigen dan nitrogen.

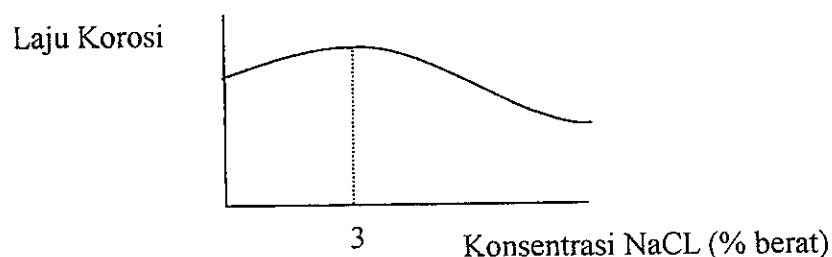
Selain unsur-unsur utama yang disebutkan diatas ada beberapa unsur lain yang besar peranannya dalam menentukan kualitas air tersebut, unsur tersebut adalah fosfor, nitrogen, silikon dan karbondioksida.

Konsentrasi fosfor di suatu perairan dipengaruhi oleh faktor lintang, musim dan aktivitas plankton. Di daerah tropis termasuk Indonesia variasi fosfor sangat kecil. Hal ini disebabkan oleh perbedaan suhu antara musim hujan dan kemarau tidak begitu mencolok, sehingga aktivitas plankton hampir seragam sepanjang tahun. (Rahbiah, 2003).

2.5. Pengaruh Garam-Garam Terlarut

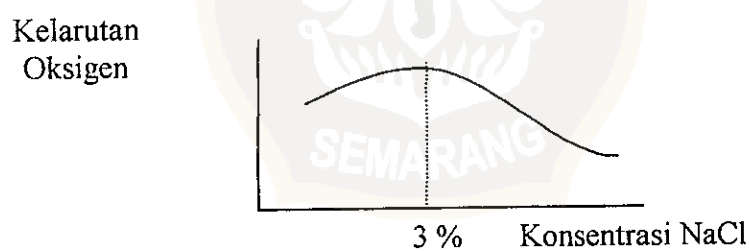
Air laut terdiri dari campuran berbagai macam garam-garam terlarut, diantaranya yaitu NaCl yang mempunyai kadar garam paling tinggi, nampak pada Tabel 2.2. sedangkan garam-garam yang lainnya mempunyai kadar garam yang rendah sehingga kurang berpengaruh pada laju korosi. Pengaruh natrium klorida (NaCl) pada korosi besi dalam air pada temperatur kamar menunjukkan bahwa laju korosi mula-mula naik dengan adanya kenaikan konsentrasi garam, kemudian turun pada konsentrasi yang lebih tinggi (Scully, 1975).

Laju korosi mencapai harga maksimum sekitar NaCl 3 % (konsentrasi air laut) dan kemudian berkurang. Kelarutan oksigen dalam air berkurang dengan terus menerus terhadap kenaikan konsentrasi natrium klorida, menyebabkan penurunan laju korosi besi.



Gambar 2.1. Laju korosi besi dan baja dengan adanya perubahan konsentrasi NaCl

Kelarutan oksigen dalam sebuah elektrolit merupakan faktor yang penting dalam penentuan laju korosi. Kelarutan oksigen dengan adanya perubahan konsentrasi larutan natrium klorida nampak pada Gambar 2.2. Kelarutan oksigen memiliki harga maksimum pada larutan NaCl 3 %.



Gambar 2.2. Kelarutan oksigen dengan adanya perubahan konsentrasi larutan NaCl

2.6. Aspek Termodinamika pada Reaksi Korosi

Ketika korosi berlangsung secara alami proses korosi yang terjadi bersifat spontan yang disertai dengan suatu pelepasan energi bebas.

Dalam bentuk yang paling sederhana, laju reaksi korosi, v dapat dinyatakan sebagai:

$$v = k_{kor} [\text{reaktan}] \quad (8)$$

k_{kor} dinyatakan dalam hubungan dengan ukuran penghalang energi bebas, ΔG^* :

$$k_{kor} = A \exp(-\Delta G^*/RT) \quad (9)$$

k_{kor} adalah tetapan laju korosi, R tetapan gas universal dan T temperatur mutlak.

Persamaan yang dirumuskan oleh Michael Faraday menyatakan kerja yang dilakukan (perubahan energi bebas pada proses korosi) menurut beda potensial dan muatan yang dipindahkan:

$$\Delta G = -z F E \quad (10)$$

$$\Delta G^0 = -z F E^0 \quad (11)$$

Persamaan (10) dikenal dengan Hukum Faraday. Simbol F menyatakan bilangan Faraday yang besarnya 96 494 coulomb per mol, E adalah potensial yang diukur (volt), z adalah banyak elektron yang dipindahkan dalam reaksi korosi dan ΔG adalah perubahan energi bebas.

Potensial teoritis yang diperoleh dari sel dapat dihitung dengan persamaan Nernst:

$$E = E^0 - \frac{(RT)}{zF} \ln \frac{[\text{hasilreaksi}]}{[\text{reaktan}]} \quad (12)$$

sehingga bila dikonversikan pada temperatur baku 298 K dan $R = 8,3143 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

$$E = E^0 - \frac{(0,059)}{z} \log \frac{[\text{hasilreaksi}]}{[\text{reaktan}]} \quad (13)$$