

BAB II

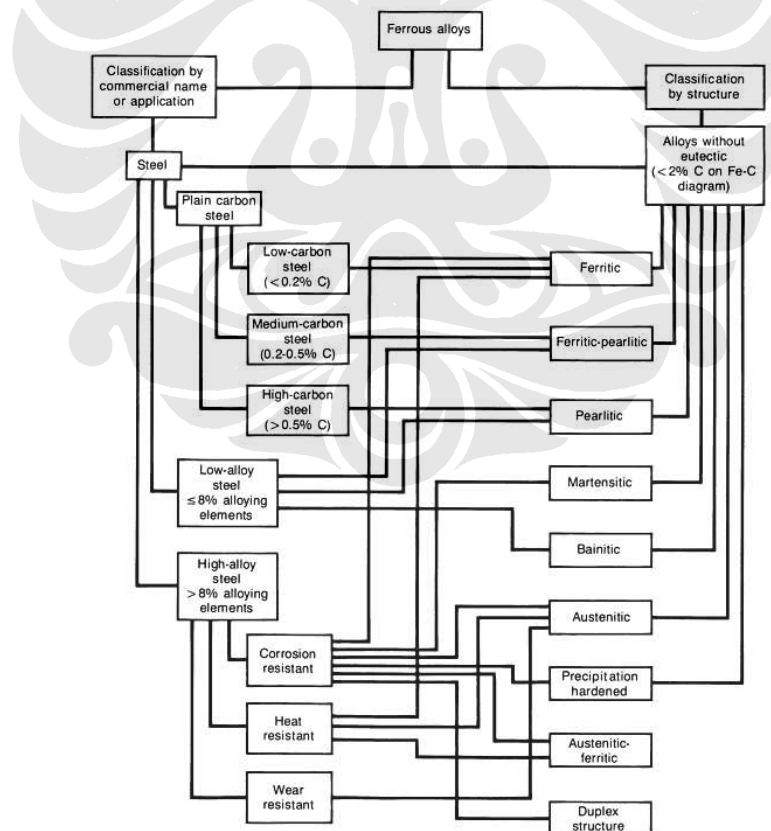
DASAR TEORI

2.1 BAJA

Baja merupakan material yang paling banyak digunakan karena relatif murah dan mudah dibentuk. Pada penelitian ini material yang digunakan adalah baja dengan jenis baja karbon dan baja laterit.

2.1.1 Baja Karbon

Baja merupakan material berbahan dasar Fe dengan kandungan karbon maksimal 2% dengan sedikit penambahan mangan dan silikon untuk meningkatkan sifat mekanisnya[6]. Berikut ini klasifikasi baja [7]



Gambar 2.1 Klasifikasi Baja [7]

Dari klasifikasi baja tersebut maka baja karbon yang digunakan pada penelitian ini merupakan baja karbon rendah karena mempunyai kandungan karbon 0,07%.

2.1.2 Baja Laterit

Baja laterit merupakan baja yang didapat dari bijih besi laterit. Selama ini baja biasanya didapat dari bijih hematit (Fe_2O_3) atau magnetit (Fe_3O_4). Baja yang digunakan pada penelitian ini merupakan baja laterit yang didapat dari bijih laterit di Indonesia, yang mengandung besi 50,88% Fe, sedikit kandungan nikel, kromium [2]. Perbedaan baja laterit dan baja karbon adalah adanya kandungan nikel dan kromium pada baja Laterit. Dengan adanya paduan ini, maka baja laterit dapat dimasukkan kedalam baja paduan rendah atau *low alloy steel*.

2.2 KOROSI

2.2.1 Definisi Korosi

Korosi merupakan penurunan kualitas atau kerusakan permukaan dari material akibat adanya interaksi antara material dengan lingkungan yang korosif [8].

Karena itu korosi dipengaruhi oleh sifat logam atau paduannya dan lingkungan.

Faktor yang mempengaruhi korosi antara lain [6] :

1. **Logam** – struktur atom logam atau paduannya, komposisi, ketidakseragaman mikroskopik dan makroskopik, tegangan, dll.
2. **Lingkungan** – kondisi lingkungan seperti sifat kimia, konsentrasi, pengotor, tekanan, temperatur, kecepatan, serta kondisi spesifik lainnya yang dapat mempengaruhi kecepatan, tingkat (dalam periode waktu) dan bentuk korosi.
3. **Interface logam/lingkungan** – Adanya lapisan oksida dapat mempengaruhi proses korosi.

2.2.2 Korosi Aqueous

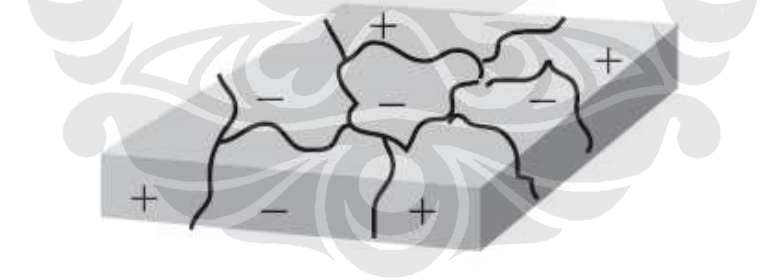
Korosi pada logam melibatkan reaksi elektrokimia yaitu reaksi pelepasan *elektron* (reaksi oksidasi) dan penerimaan elektron (reaksi reduksi) [9], dimana korosi dapat terjadi jika berada dalam suatu sel elektrolitik. Sel elektrolitik terdiri dari 4 komponen yaitu anoda (logam yang mengalami reaksi oksidasi), katoda

(logam yang mengalami reaksi reduksi), konduktor logam yang menghubungkan kedua elektroda (untuk menghantarkan elektron) serta elektrolit (larutan yang dapat menghantarkan arus atau ion-ion)[10].

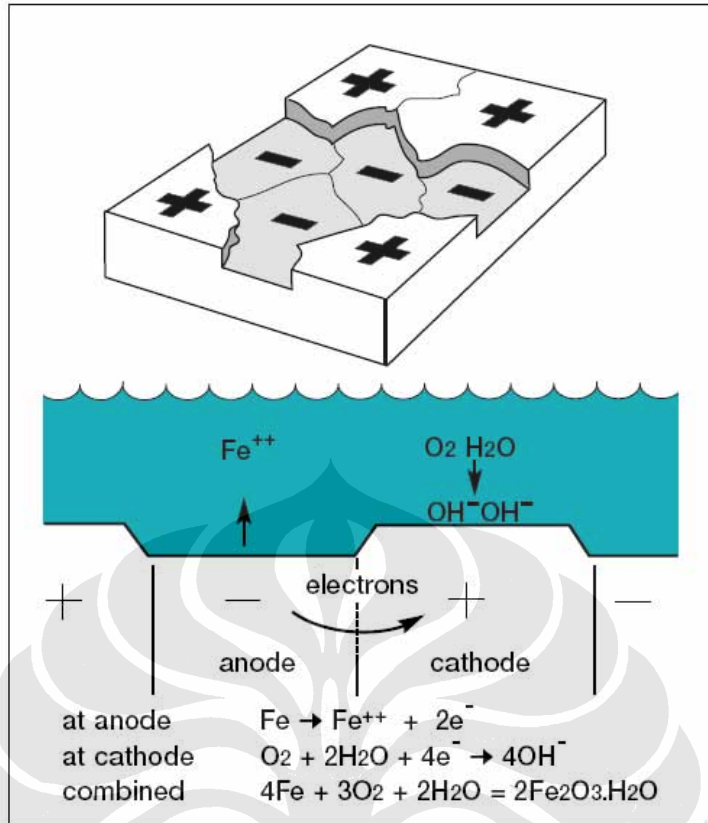
Dalam suatu struktur logam, ada yang bertindak sebagai anoda dan sebagai katoda [11]. Ini dikarenakan struktur logam bersifat heterogen. Ketidakteraturan struktur logam antara lain [6] :

1. Skala Atomik, seperti : adanya *point defect* seperti *vacancy*, pengotor, adanya molekul yang tidak tersusun rapih karena dislokasi.
2. Skala Mikroskopik, seperti : batas butir yang biasanya lebih terkorosi dari matriksnya, perbedaan fasa, dll.
3. Skala Makroskopik, seperti : adanya cacat pada permukaan logam (contoh : goresan).

Ketidakteraturan struktur logam ini (Gambar 2.2), dapat menimbulkan perbedaan potensial. Jika ada elektrolit seperti oksigen, embun, hujan atau air, maka akan terbentuk sel elektrolitik pada permukaan baja dimana akan terjadi reaksi oksidasi dan reduksi [11] (Gambar 2.3).



Gambar 2.2 Gambaran permukaan logam, yang menunjukkan anoda dan katoda [11]



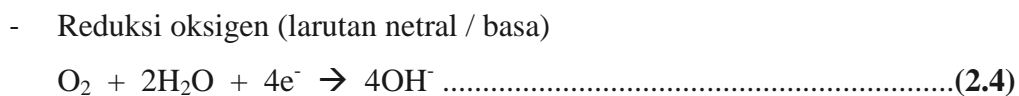
Gambar 2.3 Sel elektrolitik pada permukaan baja [12].

Oksidasi merupakan pelepasan elektron dan berubahnya logam menjadi ionnya. Reaksi oksidasi pada anoda :



Sedangkan reduksi merupakan penerimaan elektron. Terdapat berbagai macam reaksi katodik (reduksi) pada sel korosi tergantung dari lingkungannya dan jenis korosinya.

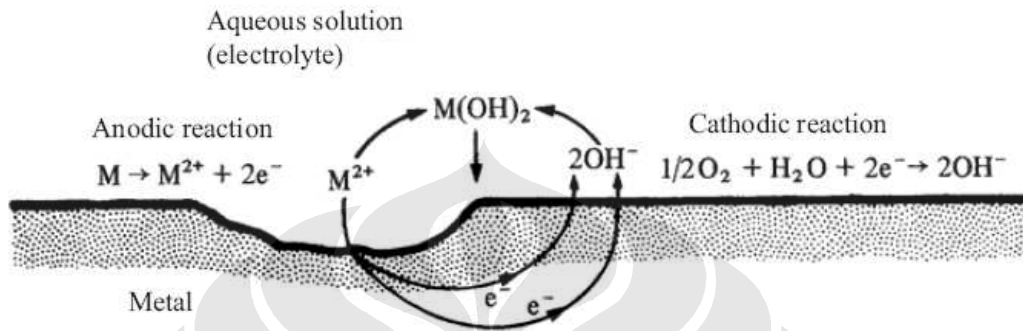
Reaksi yang umum terjadi adalah [6] :



- Deposisi logam



Selama proses korosi berlangsung laju oksidasi besarnya sama dengan laju reduksi. Skema korosi logam pada lingkungan *aqueous* ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Model sederhana yang menunjukkan reaksi elektrokimia dari proses korosi.[13]

2.2.3 Laju Korosi

Laju korosi merupakan ukuran untuk menentukan besarnya degradasi material akibat korosi dengan lingkungannya. Semakin besar nilainya maka material tersebut mengalami degradasi akibat korosi yang semakin besar.

Ada 3 metode yang digunakan untuk menyatakan laju korosi [13] :

- Reduksi ketebalan material per unit waktu
- Kehilangan berat per unit area dan unit waktu (*weight loss*)
- Polarisasi

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan untuk menghitung laju korosi adalah *weight loss*.

2.2.3.1 Metode *weight loss*.

Weight loss merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menentukan laju korosi. Prinsip dasar pengujian ini yaitu dengan menghitung kehilangan berat yang terjadi pada suatu sampel yang telah ditimbang, kemudian direndam pada larutan selama beberapa waktu dan kemudian dilakukan pembersihan untuk membersihkan produk korosinya lalu ditimbang kembali. Sehingga didapatkan data berat sebelum dan sesudah perendaman. Kehilangan

berat yang terjadi kemudian dikonversikan menjadi suatu laju korosi dengan memperhitungkan kehilangan berat, luas permukaan yang terendam, waktu perendaman dan massa jenis. Persamaan laju korosi ditunjukkan oleh Persamaan 2.7 [15]

$$\text{Laju Korosi (Corrosion Rate)} = \frac{K \cdot W}{D \cdot A \cdot T} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

K = konstanta

W = kehilangan berat (gram)

D = massa jenis (g/cm³)

A = luas permukaan yang direndam (cm²)

T = waktu (jam)

Dimana konstanta yang digunakan tergantung dari unit satuan yang akan digunakan, ditunjukkan pada tabel 2.1

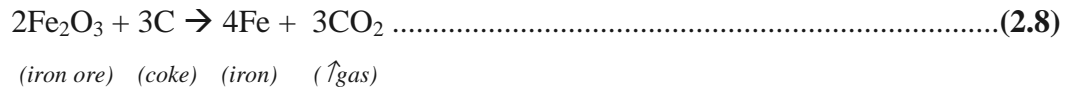
Tabel 2.1 Konstanta laju korosi

Satuan Laju Korosi	Konstanta (K)
mils per year (mpy)	3.45 x 10 ⁶
inches per year (ipy)	3.45 x 10 ³
inches per month (ipm)	2.87 x 10 ²
millimetres per year (mm/y)	8.76 x 10 ⁷
micrometres per year (µm/y)	8.76 x 10 ⁴
picometres per second (pm/s)	2.78 x 10 ⁶
grams per square metre per hour (g/m ² ·h)	1.00 x 10 ⁴ x D ^A
milligrams per square decimetre per day (mdd)	2.40 x 10 ⁶ x D ^A
micrograms per square metre per second (µg/m ² ·s)	2.78 x 10 ⁶ x D ^A

Standard pengujian metode weight loss menggunakan standard ASTM G1-03 dan G 31-72.

2.3 KOROSI PADA BAJA

Korosi pada baja timbul dari adanya ketidakstabilan termodinamika. Baja ketika di proses dari besi, yang dibuat didalam *blast furnace* dengan mereduksi bijih besi seperti hematite (Fe_2O_3) dengan karbon dalam bentuk kokas. Ini dapat diilustrasikan dengan persamaan sederhana, yaitu [11] :



Reaksi ini terjadi pada temperatur yang sangat tinggi tapi produk akhir, besi atau baja tidaklah stabil, energi yang sangat besar diberikan pada proses ini. Akibatnya ketika baja terpapar ke uap air, oksigen atau air, maka baja ini cenderung untuk kembali pada bentuk awalnya. Persamaan kimia sederhananya [11]:



Karat adalah oksida hidrat, yang serupa dengan komposisi hematit. Ini menjelaskan mengapa baja cenderung untuk berkarat pada kebanyakan situasi dan proses kembalinya baja ke bijih awalnya merupakan bentuk alami.

2.3.1 Korosi Baja Pada Lingkungan Air

Pada kehidupan kita, air digunakan untuk berbagai macam tujuan sebagai pendukung kehidupan mulai dari kehidupan sehari-hari sampai dalam industrial. Pengaruh air terhadap material merupakan aspek penting. Baja dan paduannya merupakan material yang paling banyak diaplikasikan untuk lingkungan air.

Reaksi korosi yang terjadi pada baja dilingkungan air adalah [10] :

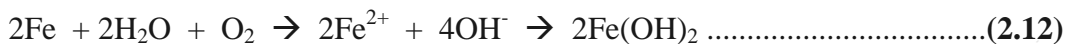
Reaksi anodik pada material besi



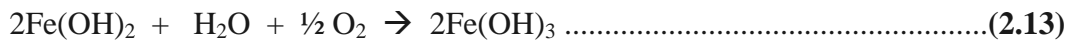
Karena air mengalami kontak dengan atmosfer sehingga mengandung oksigen yang terlarut. Air biasanya bersifat netral sehingga reaksi katodik yang terjadi adalah reduksi oksigen.



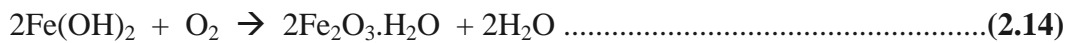
Sehingga secara keseluruhan :



$2\text{Fe}(\text{OH})_2$ atau *iron (II) hydroxide* mengendap dan tidak stabil, dengan adanya oksigen di air $\text{Fe}(\text{OH})_2$ teroksidasi kembali membentuk $\text{Fe}(\text{OH})_3$ atau *hydrated iron (III) oxide*. Reaksi yang terjadi sebagai berikut :

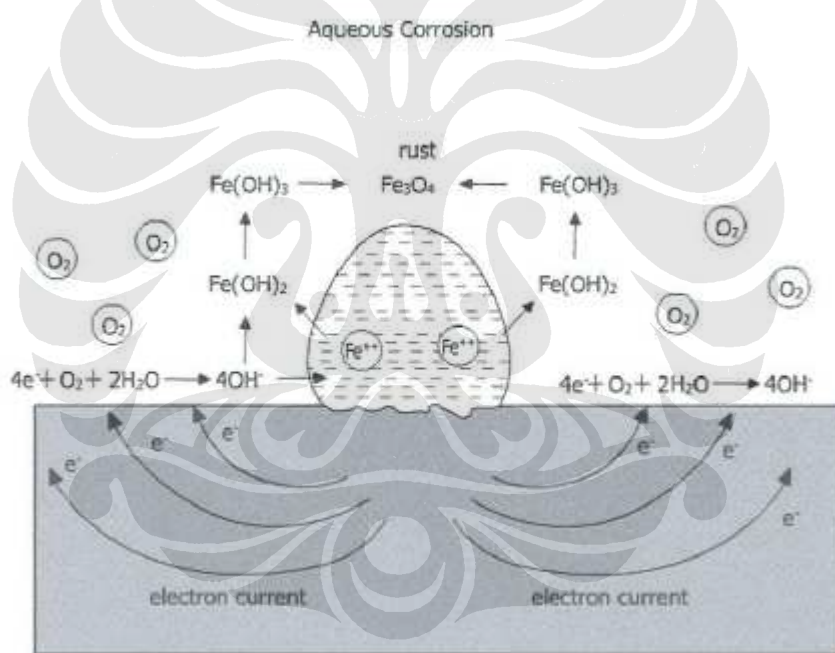


Ferrous hidroksida ($\text{Fe}(\text{OH})_2$) diubah menjadi *hydrat ferric oxide* atau biasa disebut karat, dengan oksigen :



$\text{Fe}(\text{OH})_2$ merupakan endapan berwarna hijau atau hijau kehitaman sedangkan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dan $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ merupakan endapan berwarna coklat kemerahan [10].

Gambaran mekanisme terjadinya korosi pada larutan *aqueous* yang mengandung oksigen ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Korosi baja pada lingkungan *aqueous* [9]

Faktor yang dapat mempengaruhi korosi baja pada air, antara lain [6] :

- Komposisi air
- Kondisi operasi
- Komposisi baja

2.3.1.1 Komposisi air

Air mempunyai beberapa sifat unik, salah satunya adalah kemampuan untuk melarutkan beberapa derajat setiap zat yang ada pada kulit bumi dan di atmosfer [8]. Karena sifat ini, air mengandung berbagai macam padatan terlarut, gas terlarut dan pengotor lainnya, yang semuanya dapat mempengaruhi sifat korosif dari air yang kontak dengan logam [6]. Air yang mengandung garam dan asam lebih agresif terhadap baja karbon, jadi komposisi air sangat penting dalam menentukan laju korosi pada baja. Beberapa komposisi air yang dapat mempengaruhi korosi pada baja adalah gas terlarut, *hardness* dan ion klorida.

2.3.1.1.1 *Dissolve gas (gas yang terlarut)*

Oksigen dan karbon dioksida merupakan gas terlarut yang paling penting di air. Oksigen merupakan penerima elektron yang dihasilkan oleh logam untuk terjadinya reaksi korosi logam pada air, sehingga jika jumlah oksigen yang terlarut terbatas maka laju korosi terbatas [14]. Laju oksigen mencapai permukaan logam mengontrol laju korosi [5]. Untuk korosi logam pada air biasanya oksigen terlarut sekitar 25 – 45ppm, tetapi konsentrasi oksigen yang lebih tinggi dapat melambatkan laju korosi karena terjadi pasifasi pada logam oleh oksigen [5]. Kelarutan oksigen menurun dengan temperatur dan meningkat dengan peningkatan tekanan.[5]

Karbon dioksida mempengaruhi tingkat keasaman air dan mempengaruhi pembentukan endapan karbonat yang bersifat protektif [6]

2.3.1.1.2 *Hardness*

Hardness merupakan sifat dari air yang menunjukkan kemampuan air untuk membentuk endapan atau *scale* yang protektif pada permukaan baja.

Hardness dipengaruhi oleh jumlah karbon dioksida dan adanya garam seperti kalsium karbonat dan bikarbonat [11].

Air dengan tingkat *hardness* yang tinggi atau disebut *hard water* mengandung kation kalsium dan kation magnesium yang yang dapat membentuk lapisan karbonat yang protektif pada permukaan logam. Adanya karbon dioksida yang terlarut di air membentuk asam karbonat H_2CO_3 , dan menurunkan pH

dengan menguraikan asam karbonat menjadi ion H^+ dan ion bikarbonat, HCO_3^- :
[15]



Ion bikarbonat membentuk lapisan kalsium karbonat $CaCO_3$ yang tidak larut pada permukaan logam dalam larutan basa[12] :



Klasifikasi nilai hardness pada air, berbeda di beberapa tempat. Contoh berdasarkan The U.S. Geological Survey [16]:

<i>Soft water</i>	Kandungan $CaCO_3$ Lebih rendah dari 60 ppm
<i>Moderately hard water</i>	Kandungan $CaCO_3$ 60 hingga 120 ppm
<i>Hard water</i>	Kandungan $CaCO_3$ 120 hingga 180 ppm
<i>Very hard water</i>	Kandungan $CaCO_3$ diatas 180 ppm

Soft water bersifat agresif untuk kebanyakan logam, karena tidak jenuh akan $CaCO_3$, sehingga tidak membentuk lapisan karbonat yang bersifat protektif. Sifatnya korosifitasnya berdasarkan tingkat nilai pH [6]. *Very hard water* biasanya sangat tidak agresif karena sangat jenuh akan kalsium karbonat. Contoh *very hard water* adalah Air bawah tanah dengan pH rendah dan kandungan karbon dioksida tinggi [5]. Air dengan *hardness* tingkat menengah biasanya mengandung jumlah unsur yang cukup banyak dan cenderung untuk membentuk endapan yang melekat longgar atau tidak kuat pada permukaan logam, sehingga memungkinkan korosi untuk terjadi dibawah endapan yang terbentuk, atau mudah rontok sehingga tidak dapat melindungi logam dasar pada korosi selanjutnya. [6]

Pada dasarnya ada 2 tipe hardness [16]:

1. *Temporary hardness* disebabkan oleh Ca dan Mg bikarbonat (mengendap pada material jika dipanaskan)
2. *Permanent hardness* akibat Ca dan Mg sulfat atau klorida (larut dengan natrium)

2.3.1.1.3 Efek ion klorida [17]

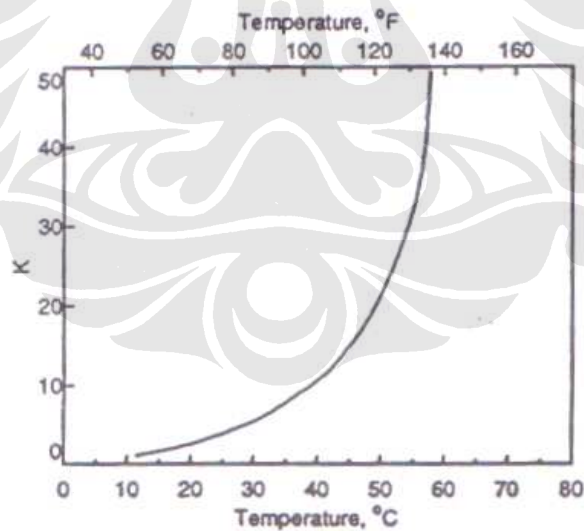
Ion klorida merupakan faktor penting yang mempengaruhi korosi pada lingkungan air. Ion klorida ini mencegah pembentukan lapisan oksida yang dapat menghalangi proses korosi, sehingga dapat menyebabkan terjadinya reduksi oksigen pada baja tanpa proteksi. Ketika lapisan oksida diserang kemungkinan menghasilkan korosi pitting. Untuk konsentrasi klorida tinggi (diatas 3%), kelarutan oksigen menurun dan mengakibatkan laju korosi menurun.

2.3.1.2 Kondisi operasi

Salah satu faktor dari kondisi operasi yang dapat mempengaruhi bentuk dan laju korosi, adalah temperatur.

2.3.1.2.1 Efek temperatur

Dilihat dari pertimbangan kinetika, peningkatan kecepatan dari laju korosi terjadi dengan meningkatnya temperatur, biasanya ditunjukkan dengan kurva eksponensial dalam pemenuhan persamaan Arrhenius, sebagaimana ditunjukkan untuk besi pada Gambar 2.6 [10] dan Persamaan 2.17 [13]



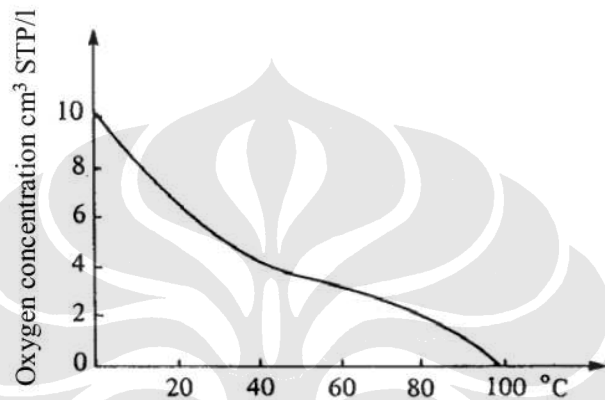
Gambar 2.6 Pengaruh laju korosi Baja terhadap temperatur pada 8% HCl. [19]

$$D_{O_2} = A e^{-Q/RT}, \dots\dots\dots(2.17)$$

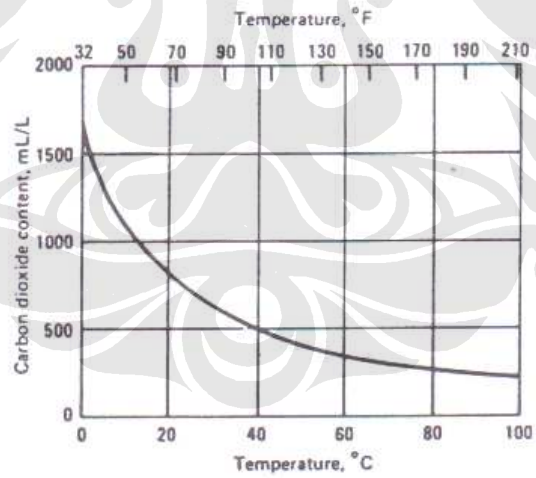
D_{O_2} merupakan koefisien difusi, A dan Q merupakan konstanta di air, R merupakan ketetapan gas dan T adalah temperatur dalam K. Dari persamaan ini didapatkan hubungan temperatur dan koefisien difusi, dimana meningkatnya

temperatur dapat meningkatkan koefisien difusi dari ion-ion, yang berarti meningkatkan laju korosi. [13].

Selain mempengaruhi difusi, temperatur juga dapat mempengaruhi konsentrasi oksigen dan karbon dioksida dalam air [5]. Untuk sistem terbuka (*open system*) dimana air setimbang dengan atmosfer, peningkatan temperatur menurunkan konsentrasi oksigen dan juga konsentrasi karbon dioksida [5] (Gambar 2.7 dan 2.8).



Gambar 2.7. Konsentrasi oksigen dalam air sebagai fungsi temperatur. [13]



Gambar 2.8 Konsentrasi karbon dioksida dalam air sebagai fungsi temperatur.[5]

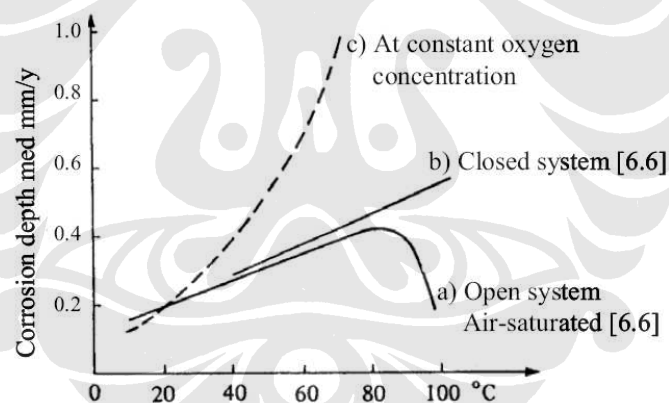
Oksigen merupakan penerima elektron dari logam pada reaksi reduksi dalam korosi baja di lingkungan air. Menurunnya oksigen dapat membatasi laju korosi.

Dari sini dapat disimpulkan peningkatan temperatur berperan dalam 2 cara yang berbeda. Cara pertama, peningkatan temperatur mempercepat laju reaksi

dengan cara meningkatkan kecepatan difusi. Cara lainnya, temperatur menurunkan kelarutan oksigen dari udara dan oleh karena itu menurunkan konsentrasi oksigen dilarutan, sehingga dapat menurunkan laju korosi.

Efek koefisien difusi dan konsentrasi oksigen bersama mempengaruhi laju korosi sebagai fungsi temperatur, ditunjukkan pada Gambar 2.9, kurva a) untuk tangki baja terbuka dengan maksimum laju korosi pada temperatur 80°C. Jika sistem tertutup, meningkatnya temperatur dapat meningkatkan laju korosi, seperti ditunjukkan pada kurva b). Jika konsentrasi oksigen konstan, laju korosi meningkat dengan temperatur sebagaimana ditunjukkan pada kurva c). [13]

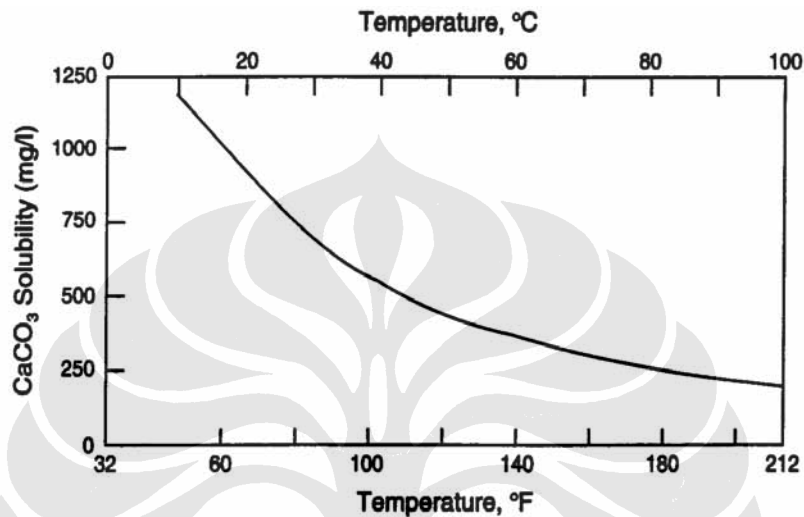
Pada sistem terbuka, adanya peningkatan temperatur, awalnya akan mempercepat laju korosi, tetapi kemudian laju korosi menurun dengan kenaikan temperatur selanjutnya, karena konsentrasi oksigen yang sangat rendah di larutan. Pada sistem tertutup, oksigen tidak dapat keluar, dan laju korosi meningkat dengan peningkatan temperatur sampai oksigen terkonsumsi. [19]



Gambar 2.9. Laju korosi baja di air sebagai fungsi temperatur untuk sistem terbuka (a), sistem tertutup (b), dan sistem dimana konsentrasi oksigen dijaga konstan (c).[13]

Faktor lain yang dapat mempengaruhi laju korosi dalam air adalah adanya pembentukan lapisan endapan (*scale*) karbonat yang protektif pada permukaan baja. Pembentukan lapisan endapan karbonat dipengaruhi oleh temperatur operasi. Kebalikan dari sifat kebanyakan material, kalsium karbonat menjadi semakin tidak terlarut seiring dengan meningkatnya temperatur, jadi semakin panas air maka endapan CaCO_3 akan terbentuk. Karena itu, air yang sebelumnya tidak

membentuk endapan pada permukaan logam, pada temperatur tinggi endapan dapat terbentuk dan pada air yang sebelumnya membentuk endapan kalsium karbonat, semakin tinggi temperatur endapan kalsium karbonatnya semakin banyak [20]. Kelarutan CaCO_3 di air murni pada tekanan parsial 1 atmosfer sebagai fungsi temperatur ditunjukkan pada Gambar 2.10



Gambar 2.10 Pengaruh kelarutan kalsium karbonat terhadap temperatur [20]

Kelarutan kalsium karbonat ini dipengaruhi oleh kelarutan karbon dioksida. Peningkatan temperatur menurunkan konsentrasi karbon dioksida (Gambar 2.8), sehingga juga menurunkan kelarutan kalsium karbonat.

2.3.1.3 Komposisi Baja

Baja karbon hanya mengandung besi dan karbon dengan sedikit penambahan elemen seperti mangan dan silikon. Sifat mekanis baja karbon dapat ditingkatkan dengan penambahan sedikit paduan. Sebagai contoh 1% kromium dapat meningkatkan *yield point* dari 0,2% baja karbon dari sekitar 280 MN/m^2 hingga 390 MN/m^2 [6]. Ini menunjukkan baja dengan sedikit paduan atau disebut *low alloy steel* dapat meningkatkan nilai kekuatan tarik.

Walaupun, tujuan utama adalah penambahan paduan pada baja untuk meningkatkan sifat mekanis dari baja karbon, pada beberapa kasus penambahan sedikit paduan dapat juga meningkatkan ketahanan terhadap korosi. Dimana pada

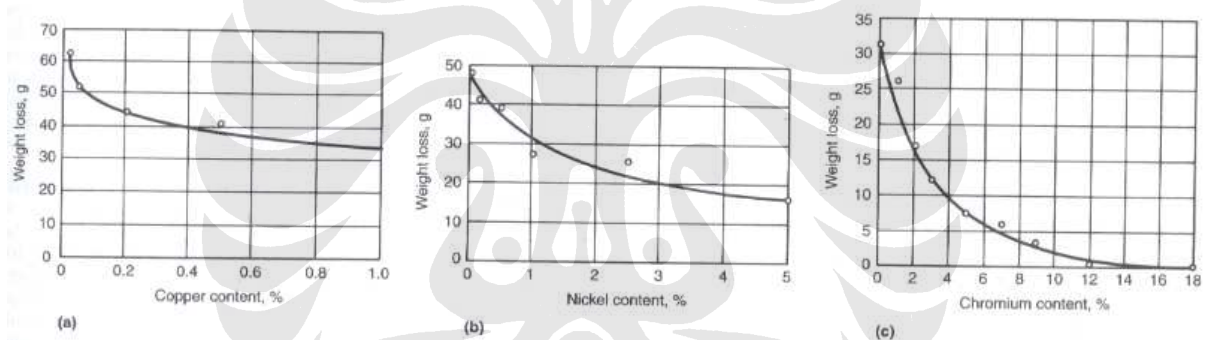
kondisi tertentu seperti ketika terpapar diluar ruangan, *low alloy steel* terkorosi lebih lambat dari pada baja karbon.

Low alloy steel yang khusus didesain untuk terkorosi lebih lambat disebut *weathering steel* dan untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi elemen paduan yang paling banyak digunakan adalah kromium, nikel dan tembaga.

2.3.1.3.1 Sifat Korosi Dalam Lingkungan Aqueous

Peningkatan ketahanan korosi dicapai melalui penambahan sedikit paduan yang bergantung pada sifat atau jenis dan jumlah dari elemen paduan dan juga karakteristik dari lingkungan korosifnya.

Pada lingkungan atmosferik, *low alloy steel* terkorosi lebih lambat dari pada baja karbon [6]. Pengaruh unsur paduan Ni, Cr dan Cu terhadap laju korosi baja di lingkungan atmosfer ditunjukkan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Efek penambahan paduan pada korosi baja di lingkungan atmosferik. (a) Efek tembaga. (b) Efek Nikel. (c). Efek Kromium. [21]

Penambahan paduan (seperti tembaga dan kromium) pada *low alloy steel* mempengaruhi laju korosi dengan meningkatkan potensial permukaan menjadi nilai yang lebih positif sehingga mendorong/meningkatkan pasifasi [21].

Tetapi jika sedikit paduan yang ditambahkan ke Baja Karbon mampu meningkatkan ketahanan korosi baja pada lingkungan atmosfer dengan cukup signifikan, maka laju korosi baja karbon dengan *low alloy steel* jika terendam didalam air tidak berbeda signifikan dengan baja yang mengandung tembaga.[6] Jadi penambahan paduan tidak mempunyai efek signifikan pada ketahanan korosi *low alloy steel* di lingkungan terendam air.

2.3.1.4 Saturation Indeks

Air dikatakan jenuh dengan kalsium karbonat ketika tak ada pelarutan maupun pengendapan kalsium karbonat. Kondisi kesetimbangan ini berdasarkan tidak terganggunya air pada temperatur konstan. Air disebut tidak jenuh, jika masih dapat melarutkan kalsium karbonat dan air disebut sangat jenuh jika dapat mengendapkan kalsium karbonat.

2.3.1.4.1 Langelier saturation indeks (LSI)

Langelier Saturation Indeks merupakan derajat kejenuhan air dengan mengacu ke kalsium karbonat. Langelier Saturation Indeks ini merupakan indeks yang paling banyak digunakan untuk memprediksi sifat korosifitas air. Langelier Saturation Indeks menunjukkan stabilitas endapan kalsium karbonat dan digunakan untuk mengetahui kecenderungan air untuk melarutkan kalsium karbonat atau mengendapkan karbonat.

Untuk menghitung indeks ini diperlukan data

- pH aktual
- Temperatur
- Konsentrasi kation dan anion
- Alkalinitas

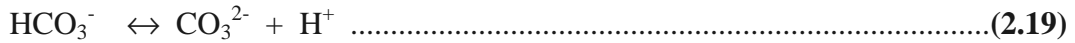
Alkalinitas didefinisikan sebagai kapasitas air untuk bereaksi dengan ion hidrogen. Alkalinitas dalam air biasanya ditandai dengan kehadiran ion bikarbonat, karbonat dan hidroksida.

- TDS (*total dissolve solids*)

TDS adalah jumlah total zat yang larut dalam air.

Langelier Saturation Indeks menggunakan pH sebagai variabel utama, sehingga LSI dapat diinterpretasikan sebagai perubahan pH yang dibutuhkan untuk membawa air ke kesetimbangan. Air dengan LSI = 1 merupakan satu unit pH diatas kejenuhan. Menurunkan pH 1 unit akan membawa air ke kesetimbangan. Ini terjadi karena total *alkalinity* yang ditunjukkan sebagai CO_3^{2-} menurun dengan menurunnya pH, berdasarkan kesetimbangan yang digambarkan dengan penguraian asam karbonat [persamaan 2.17 dan 2.18]





LSI tidak memberikan indikasi seberapa banyak endapan CaCO_3 yang terbentuk untuk membawa air ke kesetimbangan, tetapi LSI menunjukkan *driving force* untuk pembentukan dan pertumbuhan endapan CaCO_3 dengan pH sebagai variabel utama [16]. LSI didefinisikan sebagai[16] :

$$\text{LSI} = \text{pH} - \text{pH}_s \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana pH = pH air aktual

 pH_s = pH saat *calcite* (CaCO_3) jenuh

dengan pH_s adalah [15]:

$$\text{pH}_s = (9.3 + \text{A} + \text{B}) - (\text{C} + \text{D})\dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana

$$\text{A} = (\text{Log}_{10} [\text{TDS}] - 1) / 10$$

$$\text{B} = -13.12 \times \text{Log}_{10} (^\circ\text{C} + 273) + 34.55$$

$$\text{C} = \text{Log} [\text{Ca}^{2+} \text{ sebagai } \text{CaCO}_3] - 0.4$$

$$\text{D} = \text{Log} [\text{alkalinity sebagai } \text{CaCO}_3]$$

Jika LSI negatif menandakan air tidak jenuh terhadap kalsium karbonat, sehingga endapan tidak terbentuk dan air akan melarutkan CaCO_3 . Jika LSI positif endapan CaCO_3 akan terbentuk dan jika LSI nol menunjukkan air bersifat netral.