

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Korosi

Korosi di definisikan sebagai penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya (Trethewey, 1991).

Beberapa hal penting menyangkut definisi ini adalah :

1. Korosi berkaitan dengan logam, seperti persamaan berikut :



Dimana:

M = simbol untuk atom logam

n = jumlah ion suatu unsur

2. Melalui penggunaan istilah degradasi atau penurunan mutu, korosi adalah proses yang tidak dikehendaki. Logam yang terkorosi akan mengalami penipisan permukaan, perusakan atau perubahan bentuk.
3. Penurunan mutu logam tidak hanya melibatkan reaksi kimia, namun juga reaksi elektrokimia yakni antara logam yang bersangkutan terjadi perpindahan elektron. Elektron adalah suatu yang bermuatan negatif, maka pengangkutannya menimbulkan arus listrik, karena reaksi tersebut dipengaruhi oleh potensial listrik.
4. Lingkungan adalah semua unsur disekitar logam terkorosi pada saat reaksi berlangsung.

2.2. Syarat - Syarat Terjadinya Korosi

Untuk dapat terjadinya korosi maka harus terpenuhi beberapa unsur yaitu :

1. Anoda

Anoda merupakan bagian dari logam yang terkorosi. Pada waktu logam larut maka atom melepaskan elektronnya sehingga logam menjadi positif. Terjadi reaksi oksidasi, Reaksinya adalah sebagai berikut :



2. Katoda

Katoda merupakan logam yang tidak terlarut tetapi merupakan tempat yang dituju oleh gerakan elektron yang dalam perjalanannya bereaksi dengan ion yang ada dalam air. Proses ini disebut reaksi reduksi, adapun reaksinya sebagai berikut :



3. Elektrolit

Proses korosi akan berjalan secara simultan jika ada penghantar listrik yang disebut elektrolit. Dalam hal ini air merupakan zat elektrolit yang mempunyai sifat hantar listrik, ini akan naik jika kadar garam dalam air itu bertambah.

2.3 Korosi pada Media Air Laut

Korosi yang terjadi dilingkungan air laut di dorong oleh faktor-faktor kadar gas dalam air laut (*aerosols*), hujan (*rain*), embun (*dew*),

kondensasi (*condensation*) dan tingkat kelembaban (*humidity*) serta resistivitas. Secara alami lingkungan air laut mengandung ion klorida (*chloride ions*) dengan kombinasi tingginya penguapan (*moisture*), unsur yang terkandung dalam air laut dapat dilihat dalam Tabel.2.1 dan persentasi oksigen terkandung yang juga turut memperparah korosi karena air laut. Korosi pada air laut sangat tergantung pada :

- Kadar klorida
- pH
- Kadar Oksigen
- Temperatur

Tabel.2.1. Unsur pokok dalam media air laut

Anion	Part/Million	Equevalents Per Million	Part per Million Per unit Chlorinity
Chloride, Cl ⁻	18.980,00	535,30	998,90
Sulfate, SO ₄ ²⁻	2.649,00	55,10	139,40
Bicarbonete, HCO ₃ ⁻	139,70	2,30	7,35
Bromine, Br ⁻	64,60	0,80	0,80
Fluoride, F ⁻	1,30	0,10	0,07
Boric Acid, H ₃ BO ₃	26,00	-	1,37
Total		593,60	
Cation	Part/Million	Equevalents per Million	Part per Million per unit Chlorinity
Sodium, Na ⁺	10.556,10	159,00	555,60
Magnesium, MG ₂ ⁺	1.272,00	104,60	66,95
Calcium, Ca ²⁺	400,10	20,00	21,06
Potassium, K ⁺	380,00	9,70	20,00
Strotium, Sr ²⁺	13,30	0,30	0,70
Total		593,60	

Sumber : Benjamin D, 2006

Air laut merupakan lingkungan yang korosif untuk besi dan baja, terutama karena resistivitas air laut sangat rendah (+ 25 Ohm-cm) dibandingkan resistivitas air tawar (+ 4000 Ohm-cm). Proses korosi air laut merupakan proses elektrokimia. Faktor faktor yang mendorong korosi pelat baja dalam media air laut adalah :

a. Sifat kimia – fisika air laut

Kandungan garam yang terlarut dalam air laut dan temperatur sangat menentukan penghantaran listrik pada air laut, yang merupakan salah satu faktor mempercepat terjadinya proses korosi. Pada kadar garam yang sama, kenaikan temperatur air laut menyebabkan daya hantar listrik air laut meningkat, sedangkan pada temperatur air laut yang sama dengan kadar garam yang meningkat menyebabkan hantaran listrik air laut naik.

b. Sifat biologis air laut

Biofouling atau fouling dapat terjadi pada setiap permukaan yang terendam dalam perairan. Biofouling yang terjadi pada media yang tidak dikehendaki dapat menjadi masalah besar yang harus ditangani. (Marhaeni, 2001)

Lendir adalah lapisan kental bakteriologi terdiri dari miliaran organisme bersel tunggal. Setelah lapisan bakteri ini menempel dan berkembang biak, selanjutnya permukaan bakteri tersebut menjadi lebih

kondusif bagi organisme yang lebih besar lagi untuk tempat bersarang / menempel.

Mikroorganisme yang menempel di lambung kapal menimbulkan pertukaran zat yang menghasilkan zat-zat agresif seperti: NH_4OH , CO_2 , H_2S dan atom-atom yang agresif, selanjutnya akibat reaksi elektrokimia terbentuklah gas oksigen. Gas oksigen dengan proses *chlorophile* akan membentuk sulfat dan sulfat yang menghasilkan zat yang berpengaruh terhadap terjadinya korosi air laut.

c. Susunan kimia logam

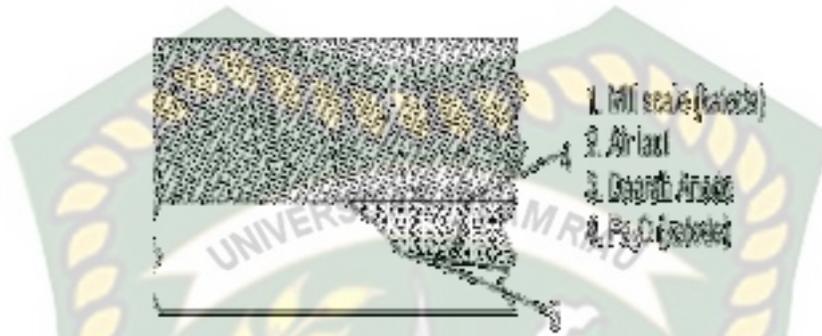
Selain unsur Fe pada pelat baja kapal juga terdapat unsur lainnya seperti C, Si, Mn, Cu, Cr, Ni, S dan P, unsur yang menimbulkan korosi air laut adalah unsur: C, Mn, S dan P.

d. Pembentukan mill scale pada pelat baja

Pembentukan *mill scale* terdiri dari tiga lapisan, lapisan terluar adalah Fe_2O_3 , lapisan tengah Fe_3O_4 dan FeO , sedangkan lapisan yang dekat pelat kapal adalah FeO dan Fe. Perbedaan potensial elektrokimia antara pelat baja kapal + 0,28 volt. Perbedaan potensial elektrokimia tersebut menyebabkan terjadi reaksi yang menimbulkan korosi air laut pada pelat baja kapal.

Lapisan Fe_3O_4 dari hasil korosi air laut pada pelat baja kapal akan menimbulkan daerah anoda seperti Gambar.2.1, yang akan terus meluas sampai dibawah lapisan *mill scale*. Daerah anoda yang kedua ini

menimbulkan korosi air laut yang lebih besar dibandingkan dengan daerah anoda yang pertama karena terdapat oksigen bebas yang dapat dengan bebas bereaksi (Benyamin D, 2006).



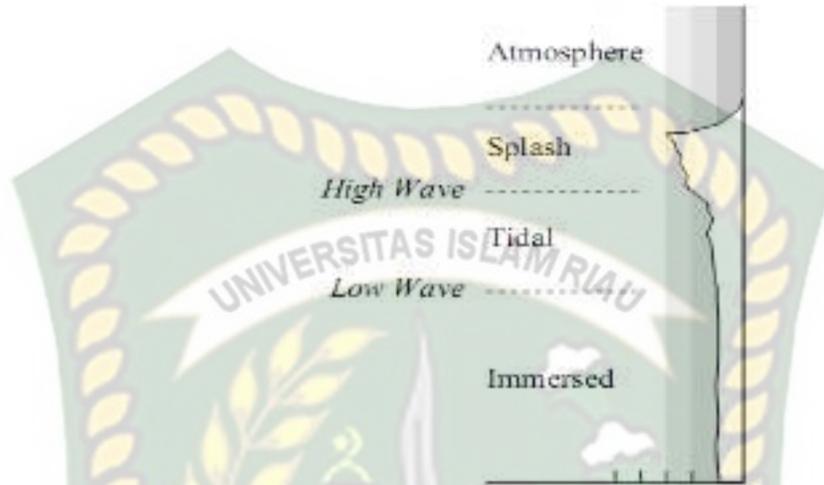
Gambar.2.1. Terjadi korosi dibawah *mill scale* (Benyamin D, 2006)

2.3.1 Zona Korosi Air Laut

Laju korosi dalam lingkungan laut tergantung dari posisi pelat baja kapal yang dipasang, antara lain, zona di atas permukaan air laut, zona di bawah permukaan air laut atau zona antara (tidal zone). Konsentrasi klorida air laut tergantung pada kedekatan dan ketinggian dari permukaan air laut. Korosi berkurang pada daerah yang lebih tinggi dari permukaan air laut karena kurangnya percikan air garam yang bekerja sebagai elektrolit dan juga karena temperatur lebih tinggi dan kelembaban lebih rendah.

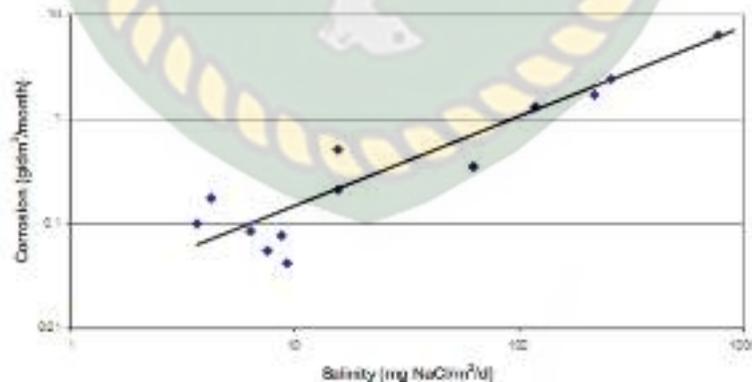
Kemudian gelombang yang pecah pada permukaan pelat baja lambung kapal juga memberi kontribusi terhadap laju korosi pelat tersebut, terutama terjadi pada daerah terdekat dengan permukaan air laut (*splash*

zone) dan pada zona ini juga terjadi erosi seperti Gambar.2.2., sehingga memperparah kerusakan pelat.



Gambar.2.2. Laju korosi berdasarkan zona korosi (Benjamin D , 2006)

Laju korosi juga terpengaruh oleh salinitas atmosfer (kadar garam di udara yang tergantung letak geografis) seperti dijelaskan pada Gambar.2.3. serta pengaruh perubahan lingkungan air laut terhadap korosi baja Tabel.2.2.



Gambar.2.3. Laju korosi pengaruh dari salinitas udara (Benjamin D , 2006).

Tabel.2.2. Pengaruh perubahan lingkungan air laut terhadap korosi baja

Faktor dalam air laut	Pengaruh pada besi dan baja
Ion klorida	Sangat korosif terhadap logam yang mengandung besi. Baja karbon dan logam besi tidak dapat di pasifkan (garam air laut mengandung klorida lebih dari 55%).
Kehantaran listrik	Kehantaran yang tinggi memungkinkan anoda dan listrik katoda tetap bekerja walau jaraknya jauh, jadi peluang terkena korosi meningkat disbanding dalam air tawar.
Oksigen	Korosi pada baja dikendalikan secara katodik, Oksigen akan mendepolarisasi katoda, sehingga mudah terjadi korosi terutama dengan kandungan oksigen yang tinggi.
Kecepatan aliran air laut	Laju korosi meningkat dengan adanya gelombang dan arus laut yang tinggi hal ini menyebabkan : <ol style="list-style-type: none"> 1. menghancurkan lapisan anti karat, 2. menghasilkan banyak oksigen, mempercepat penetrasi, membuka rongga di permukaan baja
Temperatur	Temperatur air laut yang tinggi akan meningkatkan terjadinya korosif
<i>Fouling</i> (biologis)	Pengotoran pelat baja karena binatang laut akan meningkatkan terjadinya korosif.
Tegangan	Tegangan yang berulang akan menyebabkan kelelahan material terutama yang telah terkena korosi, dan akan mempercepat kegagalan struktur
Pencemaran	Sulfida dalam polutan yang mencemari air laut akan meningkatkan korosif walaupun penurunan oksigen dapat mengurangi korosi.
Silt dan sendimen tersuspensi	Erosi pada permukaan baja oleh bahan tersuspensi dalam air laut akan cenderung meningkatkan korosi
Terbentuknya lapisan	Lapisan karat dan kerak mineral (garam-garam kalsium dan magnesium) akan mengganggu difusi oksigen ke permukaan katoda sehingga memperlambat korosi

Sumber :Fontana, 86

2.3.2 Salinitas Air Laut

Korosi akibat media air laut juga dipengaruhi oleh tingkat penggaraman atau salinitas air laut. Salinitas didefinisikan sebagai berat keseluruhan dalam gram kadar garam-garam non organik pada 1 kg air laut (jika unsur-unsur klorida dan semua unsur karbonat digantikan dengan unsur-unsur oksida dalam jumlah sesuai).

Salinitas air laut dinyatakan dengan satuan per seribu (‰), salinitas air laut ini bervariasi antara : 33,00 ‰ sampai dengan 37,00 ‰. Konsentrasi garam terlarut atau ion/molekul dalam air laut dapat dilihat pada Tabel.2.3 berikut .

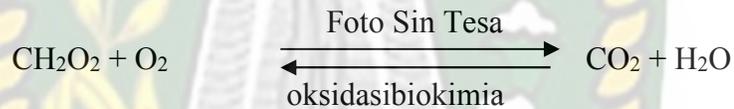
Tabel. 2.3. Konsentrasi Ion/Molekul pada air laut densitas 1,023 g/cm³ pada 25°C

Garam	Salinitas (‰)		
	33	35	37
NaCl	23.13	24.53	25.93
MgCl ₂	4.900	5.200	5.497
Na ₂ SO ₄	4.090	4.090	4.090
CaCl ₂	1.090	1.160	1.230
KCl	0.660	0.695	0.735
NaHCO ₃	0.201	0.201	0.201
KBr	0.101	0.101	0.101
H ₃ BO ₃	0.027	0.027	0.027
SrCl ₂	0.024	0.025	0.026
NaF	0.003	0.003	0.003

Sumber : Anggono, 2000

2.3.3. Keasaman (pH) Air Laut

Air laut memiliki tingkat keasaman lebih tinggi pada permukaan. Tingkat keasaman (pH) terbentuk karena kandungan 93% karbon anorganik berupa HCO_3^- , 6% berupa CO_3^{2-} dan 1% berupa CO_2 . Ion karbonat relatif tinggi pada permukaan dan hampir selalu jenuh dengan kalsium karbonat. Hal ini menyebabkan terjadinya pengendapan jenuh (*calcareous scale*) pada permukaan logam. Konsentrasi CO_2 dan O_2 mempunyai hubungan yang erat dengan pH air laut dalam proses fotosintesa dan oksidasi biokimia dengan reaksi sebagai berikut:



Reaksi dari kiri ke kanan, oksigen terlarut digunakan dan CO_2 dihasilkan. Hasil CO_2 akan membuat air lebih asam, hal ini akan menurunkan pH dan juga menurunkan kejenuhan karbonat. Pengendapan kerak terjadi pada pH yang lebih tinggi dimana ion OH^- dihasilkan selama reduksi oksigen terlarut.

2.4 Kecepatan aliran

Laju korosi meningkat dengan adanya gelombang dan arus laut yang tinggi hal ini menyebabkan :

1. menghancurkan lapisan anti karat,
2. menghasilkan banyak oksigen,

3. mempercepat penetrasi, membuka rongga di permukaan baja

2.4.1 Jenis Aliran

- a. Aliran laminar

Aliran dengan fluida bergerak dalam lapisan – lapisan atau lamina – lamina dengan suatu lapisan meluncur lancar. Dalam aliran laminar ini viskositas berfungsi untuk meredam kecenderungan terjadinya gerakan relative antara lapisan. Sehingga aliran laminar memenuhi hukum viskositas newton.

- b. Aliran transisi

kondisi aliran peralihan dari aliran laminar menjadi aliran turbulen atau sebaliknya.

- c. Aliran turbulen

Aliran dimana pergerakan dari partikel – partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami pencampuran serta putaran partikel antara lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida ke bagian fluida yang lain dalam skala yang besar.

2.5 Korosi Pelat Baja Lambung Kapal

Kapal baja merupakan kapal dengan seluruh bangunan terbuat dari baja paduan dengan komposisi kimia sesuai standar untuk konstruksi kapal yang dikeluarkan oleh biro klasifikasi kapal (Standards: ABS, BKI, DNV, RINA, GL, LR, BV, , NK, KR, CCS and etc) dengan klas baja : A, B, C, D dan E. (

Grade: A, B, D, E, AH32-AH40, DH32-DH40, A32, A36, D32, D36 and etc) dengan tebal: 8 mm s/d 100 mm, lebar : 1500 mm s/d 2700 mm, panjang : 6 m s/d 13 m (PT. BKI,2006).

Baja untuk konstruksi kapal pada umumnya dibagi menjadi tiga bagian, yaitu baja konstruksi kapal biasa, baja konstruksi kapal dengan tegangan tinggi, dan baja tempa. Baja untuk konstruksi kapal mempunyai sifat mekanis yang sudah mendapat persetujuan dari BKI sebagaimana tercantum dalam tabel 2.4 berikut:

Tabel 2.4. Sifat Mekanis Baja

No	Jenis Baja	Kekuatan Tarik (Kg/mm ²)	Tegangan Luluh (Kg/mm ²)	Regangan Patah (%)	Keterangan
1	Baja kapal biasa	41 ~ 50	≥ 24	≥ 22	Bagian kapal yang mendapat tekanan kecil
2	Baja tegangan Tinggi	1. 48 ~ 60 2. 50 ~ 63	≥ 32 Min. ≥ 36	≥ 22	Bagian kapal yang mendapat tekanan tinggi
3	Baja tempa	Min. 41	-	-	Poros, kopleng engkol, linggi

Sumber :BKI. 2006

Pemakaian pelat baja untuk bangunan kapal memiliki resiko kerusakan yang tinggi, terutama terjadinya korosi pada pelat baja yang merupakan proses elektrokimia, akibat lingkungan air laut yang memiliki resistivitas sangat rendah + 25 Ohm-cm, jika dibandingkan dengan air tawar + 4.000 Ohm-cm, (Caridis,

1995) dan sesuai dengan posisi pelat pada lambung kapal. Pelat lambung kapal yang mengalami korosi dapat dilihat pada Gambar.2.4.



Gambar.2.4. Pelat lambung kapal (*LCT Containers Carrier : MV. Sirena*).

Posisi pelat baja lambung kapal terbagi dalam tiga bagian yaitu :

- a. Selalu tercelup air yaitu pelat lajur alas, pelat lajur bilga, dan pelat lajur sisi sampai sarat minimal.
- b. Keluar masuk air yaitu pelat lajur sisi kapal dari sarat air minimal sampai sarat air maksimal.
- c. Tidak tercelup air yaitu pelat lajur sisi mulai dari sarat maksimal sampai dek utama.

2.6 Jenis Korosi Pada Pelat Baja Kapal

Korosi yang dapat terjadi pada pelat baja kapal dapat dibedakan menjadi beberapa jenis (*Caridis, 1995*), yaitu :

1. Korosi Merata (*uniform corrosion*), seluruh permukaan pelat terserang korosi biasanya pada bagian pelat yang berada di atas garis air. Gambar korosi merata (*uniform corrosion*) dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Korosi Merata (*uniform corrosion*)

2. Korosi Pelobangan (*pitting corrosion*), pada permukaan pelat terjadi lobang yang semakin lama akan bertambah dalam dan akhirnya dapat menembus pelat. Gambar korosi pelobangan dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Korosi Pelobangan (*pitting corrosion*),

3. Korosi Tegangan (*stress corrosion*), korosi pada bagian pelat yang memikul beban besar. Gambar korosi tegangan (*stress corrosion*) dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7. Korosi Tegangan (*stress corrosion*)

4. Korosi Erosi (*erosion corrosion*), korosi yang terjadi pada material yang menerima tumbukan partikel cairan yang mengalir dengan kecepatan tinggi. Gambar korosi erosi (*erosion corrosion*), dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. Korosi Erosi (*erosion corrosion*),

5. Korosi Celah (*crevice corrosion*), korosi yang terjadi pada celah, daerah jepitan, sambungan dan daerah yang ditutupi binatang dan tumbuhan kecil. Gambar korosi celah (*crevice corrosion*) dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Korosi Celah (*crevice corrosion*)

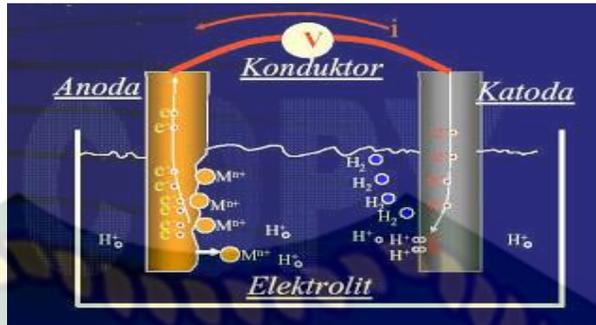
2.7 Pencegahan Terjadinya Korosi Pada Body Kapal

Korosi timbul karena adanya logam dan lingkungan yang korosif, sehingga cara pencegahannya selalu merujuk ke sumber masalah. Cara mencegah dan mengatasi sebelum dan sesudah terbentuknya korosi yaitu:

1. Proteksi Katodik

Proteksi katodik di gunakan untuk melindungi pelat baja kapal dari serangan korosi pada kapal. Ada dua jenis proteksi katodik, yaitu dengan metoda anoda korban (*sacrificial anode*) dan dengan metoda arus tanding (*impressed current*). Anoda korban relatif lebih murah, mudah dipasang bila dibandingkan dengan metoda arus tanding. Keuntungan antara lainnya adalah tidak diperlukannya peralatan listrik yang mahal dan tidak ada kemungkinan salah arah dalam pengaliran arus.

Cara kerja proteksi katodik dengan anoda korban adalah menggunakan konsep tentang sel korosi basah. Sel korosi basah adalah suatu sel dimana anoda adalah yang terkorosi, sedangkan yang tidak terkorosi adalah katoda. Anoda-anoda yang dihubungkan ke struktur dengan tujuan mengefektifkan perlindungan terhadap korosi dengan cara ini disebut anoda korban (*sacrificial anodes*). Anoda korban yang biasa digunakan di lingkungan pantai diantaranya adalah seng dan aluminium. Cara kerja proteksi katodik dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 cara kerja proteksi katodik (Trethewey, 1991)

Perlindungan yang akan diberikan oleh seng akan luar biasa seandainya logam tersebut dapat dilarutkan dengan laju yang kurang-lebih konstan. Seng murni yang tersedia di pasaran, terkorosi di air laut sambil membentuk selapis kulit kepad air yang sangat membatasi keluaran arusnya. Pada Gambar 2.11 Dapat dilihat table sel galvanic atau tingkat potensial reduksi logam.

Tabel 1 Potensial Reduksi Elektroda Beberapa Logam

Serengah Reaksi	E ⁰ (Volt)
$\text{Li}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Li}(\text{s})$	-3,04
$\text{K}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{K}(\text{s})$	-2,92
$\text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ba}(\text{s})$	-2,90
$\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{s})$	-2,87
$\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Na}(\text{s})$	-2,71
$\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mg}(\text{s})$	-2,37
$\text{Be}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Be}(\text{s})$	-1,85
$\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Al}(\text{s})$	-1,68
$\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mn}(\text{s})$	-1,18
$2\text{H}_2\text{O}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$	-0,83
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{s})$	-0,75
$\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cr}(\text{s})$	-0,74
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{s})$	-0,44
$\text{Co}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Co}(\text{s})$	-0,40
$\text{Ce}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ce}(\text{s})$	-0,28
$\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ni}(\text{s})$	0,25
$\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Sn}(\text{s})$	-0,14
$\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb}(\text{s})$	-0,13
$2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g})$	0,00
$\text{Sb}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Sb}(\text{s})$	+0,10
$\text{Sn}^{4+}(\text{aq}) + 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Sn}(\text{s})$	+0,13
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{s})$	+0,34
$\text{Hg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Hg}(\text{s})$	+0,62
$\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{s})$	+0,77
$\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{s})$	+0,80
$\text{Br}_2(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Br}^-$	+1,07
$\text{Pb}^{4+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb}(\text{s})$	+1,50
$\text{Au}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Au}(\text{s})$	+1,52
$\text{Ce}^{4+}(\text{aq}) + 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ce}(\text{s})$	+1,82
$\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{s})$	+2,87

Gambar 2.11 sel galvanic.

Diantara bahan-bahan pengotor : besi, tembaga dan timbal, yang paling menimbulkan efek merusak pada anoda adalah besi. Kelarutannya dalam seng sedemikian rendah (<0.0014%) sehingga apabila berlebih maka kelebihan-kelebihan itu akan berupa partikel-partikel terpisah. Hal ini pada gilirannya akan membentuk sel galvanik lokal yang menghasilkan suatu lapisan seng hidroksida/seng karbonat yang tidak dapat larut dan tidak menghantarkan listrik; yang akhirnya menjadikan anoda tidak efektif

Dalam keadaan normal aluminium mengalami korosi sumuran dalam air laut diakibatkan oleh lapisan oksida yang bersifat katodik yang selalu

membungkus logam itu ketika masih berada di udara bebas. Unsur paduan yang ditambahkan dapat mencegah terbentuknya selaput oksida yang merata, merekat erat dan protektif sehingga kegiatan galvanik terus berlangsung. Dengan tujuan inilah orang mengembangkan paduan aluminium yang menggunakan seng dan air raksa atau seng dan indium. Paduan aluminium mempunyai nisbah daya listrik/berat yang lebih besar dibandingkan dengan paduan seng dan penggunaan paduan aluminium mulai menggantikan penggunaan seng dalam beberapa penerapan khususnya pada industri lepas pantai.

2. Coating

Coating adalah sejenis material berbentuk lapisan tipis yang digunakan untuk melapisi atau menutupi seluruh permukaan struktur guna melindungi atau mencegah pengaruh kondisi lingkungan

. Dalam prakteknya, metode arus paksa biasanya digabung dengan penggunaan lapisan pelindung. Lapisan pelindung ini berfungsi sebagai proteksi primer pada kapal yang bertugas sebagai pemisah lingkungan korosif (air laut) dengan logam. Dalam fungsinya, lapisan pelindung mempunyai tahanan tersendiri yaitu kemampuan untuk menghambat aliran arus listrik sehingga menghambat laju korosi pada lambung kapal dalam air laut maupun atmosfer sebagai pemenuhan syarat kelulusan.

Untuk kondisi lingkungan korosif yang serius, digunakan pendekatan suatu sistem pelapisan (*primer coat, intermediate coat dan top coat*) yang memberikan perlindungan untuk solusi jangka panjang.

Lazimnya sistem *coating* diaplikasikan dengan lebih dari 1 lapis, antara lain:

1. Lapisan primer (*primer coat*)

Fungsi utama lapisan primer adalah

- a. Adhesi atau ikatan yang kuat dengan permukaan.
- b. Kohesi atau kekuatan internal dari lapisan perlindungan.
- c. Sulitnya bereaksi dengan lingkungan.
- d. Pengikat yang kuat pada lapisan menengah.

2. Lapisan menengah (*intermediate coat*)

Fungsi utama lapisan menengah adalah memberikan:

- a. Ketebalan dari lapisan pelindung Ketahanan yang kuat terhadap zat kimia.
- b. Ketahanan terhadap perpindahan uap yang lembab.
- c. Meningkatkan ketahanan terhadap aliran listrik.
- d. Sebagai pengikat yang kuat antara lapisan primer dengan lapisan atas.

3. Lapisan menengah (*intermediate coat*)

Fungsi utama dari *top coat* adalah memberikan:

- a. Segel yang kuat untuk sistem pelapisan.

- b. Penghambat awal pada permukaan logam.
- c. Ketahanan terhadap zat kimia, air dan cuaca.
- d. Ketangguhan dan ketahanan pada permukaan
- e. Penampilan yang indah.



Gambar 2.12 Lapisan *protective coating*(Hendra Apriadi,2014)

3. Cat

Secara umum definisi dari cat adalah cairan yang mampu membentuk lapisan tipis yang kontinu (*continous film*) apabila mengering. Pada dasarnya terdapat 3 (tiga) *type* cat yang tersedia saat ini di lapangan, yaitu :

1. *Solvent* (pengencer) yang mengandung cat cair (tradisional)
2. *Solvent* (pengencer) yang bebas dari cat cair.
3. Cat bubuk (*powder paints*).

Komposisi dari cat:

1. Binder

Pembentuk lapisan film (*film former*), juga disebut medium, *vehicle* atau *binder* (pengikat). Fungsi dari *binder* (pengikat) :

- a. Merubah lapisan cair menjadi lapisan film yang kering dan padat.

- b. Mengikat partikel menjadi satu/bersama-sama.
- c. Memberikan warna pada lapisan akhir (*provide finish to the coating*), seperti *gloss*.
- d. Membuat lapisan *coating* melekat pada permukaan.
- e. Memberikan sifat elastis pada lapisan film.
- f. Memberikan sifat tahan terhadap air, zat kimia dan abrasi (pengikisan).
- g. Memegang zat pemberi warna (*pigment*)

2. *Solvent* (pengencer)

Berfungsi untuk membuat cairan *coating* cukup mudah dan rata apabila diaplikasikan dengan satu atau lebih metode yang sesuai

3. *Pigment*

Pigment (zat pemberi warna pada cat). Fungsi dari pigmet:

- a. Memberikan *Opacity* (Kualitas menjadi buram) atau *Covering power* (kekuatan untuk menyembunyikan/ menutupi).
- b. Memberikan warna.
- c. Membantu pembentuk lapisan film dalam melindungi permukaan

2.8 Uji Immers

Uji *immers* adalah uji simulasi ketahanan korosi terhadap media korosif dengan cara yang sangat sederhana. Material uji dicelupkan ke dalam media korosif untuk suatu waktu tertentu dengan menerapkan atau mensimulasikan semua parameter yang terlibat dalam kondisi aktual (misal : kondisi operasi,

peralatan, kondisi lingkungan) hasil yang diperoleh dengan cara ini adalah kehilangan berat dari material uji yang dapat dikonversikan ke laju korosi dan fenomena kerusakan material uji atau bentuk korosi.

Uji *immers* dalam skala laboratorium dapat dibagi menjadi :

- (1) Imers Total adalah uji celup yang spesimennya tercelup total di dalam media korosif,
- (2) Imers Parsial adalah uji celup yang hanya sebagian permukaan spesimen uji yang tercelup di dalam media uji.
- (3) Uji Basah dan Kering adalah uji yang dapat dilakukan dengan memutar spesimen uji sehingga secara berkala tercelup kedalam media korosif.

2.9 Perhitungan Laju Korosi

Laju korosi merupakan mekanisme dari korosi, adapun mekanisme tersebut adalah oksigen mempercepat korosi pada sel oksida, korosi dipercepat bila oksigen berkurang karena oksigen bergerak kesisi katoda dan electron anoda dimana korosi terjadi. Pada suhu rendah atau konsentrasi larutan yang encer, reaksi tidak selalu ada dan elektron tidak digunakan sehingga rapat arus kurang dari nilai yang diperkirakan sesuai dengan kurva katoda. Gejala ini telah lama dikenal sebagai polarisasi katodik dan dapat digambarkan dengan modifikasi kurva katoda. Pada table 2.2 berikut ini dapat dilihat hubungan laju korosi dengan ketahanan korosinya (*relative*). (baja karbon rendah dalam lingkungan air laut, Mohammad Badaruddin). Data yang diperoleh dari pengukuran ketebalan (*metal loss*) dan

penampakan visual kerusakan pada plat body kapal. Laju korosi dapat ditentukan dengan perubahan *wall loss* sebanding dengan perubahan waktu.

Table 2.5 Perbandingan pada mpy dengan kesamaan metric kecepatan

Ketahanan Korosi Relative	Laju Korosi				
	Mpy	Mm.yr	µm/yr	Nm/hr	Pm/s
Sangat baik	<1	<0.02	<2	<2	<1
Baik	1-5	0.02-0.1	25-100	2-10	1-5
Cukup	5-20	0.1-0.5	100-500	10-50	20-50
Kurang	20-50	0.5-1	500-1000	50-150	20-50
Buruk	50-200	1-5	1000-5000	150-1500	50-200

(Sumber : Mohammad Badaruddin, 2012)

Laju penyerangan atau laju korosi adalah kecepatan penembusan logam atau kehilangan berat persatuan luas tergantung pada teknik pengukuran yang digunakan dan dinyatakan dalam satuan mmpy (*millimeter per year*) dan besarnya laju korosi dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$\text{Corrosion rate (mmpy)} = \frac{k \times w}{D \times A \times T} \quad (2.1)$$

Dimana, $k = \text{konstanta } 8,76 \times 10^4$,

$w = \text{massa yang hilang (g)}$,

$D = \text{massa jenis sampel uji (g/cm}^3\text{)} = 5,937 \text{ g/cm}^3$,

$A = \text{luas penampang (cm}^2\text{)}$,

$T = \text{waktu pengujian (hour)}$

Untuk mencari nilai kehilangan berat (W) dari pipa baja yang telah terkorosi selama 168 jam, dengan cara melakukan penimbangan specimen untuk mengetahui berat awal dan berat akhir atau dinyatakan dengan kehilangan berat. Mencari nilai kehilangan berat dapat menggunakan persamaan berikut.

$$\Delta W = W_1 - W_2 \quad (2.2)$$

Dimana:

ΔW = kehilangan berat, (gram)

W_1 = berat awal, (gram)

W_2 = berat akhir setelah pengujian, (gram)

Table 2.6 nilai ketetapan laju korosi (K) tiap laju korosi yang diinginkan

<i>Corrosion Rate Units Desired</i>	Constanta (K) In Corrosion Rate Equation
<i>Mils per year (mpy)</i>	3.45×10^6
<i>Inches per year (ipy)</i>	3.45×10^3
<i>Inches per month (mm/y)</i>	2.87×10^2
<i>Millimeters per year (mm/y)</i>	8.76×10^4
<i>Micrometers per year ($\mu\text{m}/\text{y}$)</i>	8.76×10^7
<i>Picometers per second (pm)</i>	2.78×10^6

Sumber : (Baboian Robert, *Nace Corrosion Engineer's Reference Book*, 2002 :111)

Maka dengan demikian kita dapat memprediksi laju korosi atau corrosion rate yang terjadi pada suatu plat baja yang digunakan. Apabila terjadi kecepatan korosi yang tinggi maka plat baja tidak akan dapat bertahan dalam jangka waktu yang lama,

maka perlu dilakukan pengendalian kecepatan korosi, dengan memberikan atau menggunakan perlindungan yang sesuai dengan jenis korosi yang terjadi pada plat baja, hal ini dilakukan agar material plat baja yang diinginkan dapat bertahan dalam jangka waktu yang lama dengan menghambat/memperkecil kecepatan korosi yang terjadi.

