

## BAB II

### TERJADINYA KOROSI PADA BEBERAPA JENIS LOGAM

#### DAN LANGKAH-LANGKAH PENCEGAHANNYA

##### 1. Pengertian/Defenisi Dasar Korosi

Korosi adalah proses kerusakan material logam-logam oleh keganasan lingkungannya baik secara kimia ataupun secara elektrokimia oleh lingkungannya. Defenisi ini tidaklah membatasi serangan korosi terhadap suatu bahan logam tertentu atau terjadi dalam suatu lingkungan tertentu. Walaupun demikian dalam defenisi ini tercakup pengertian timbulnya degradasi dalam sifat-sifat logam bersangkutan akibat reaksi antara bahan logam dengan lingkungannya yang korosif.

Lingkungan itu bisa bersifat :

- Sebuah cairan
- Udara lembab
- Permukaan lembab atau basah akibat terendahnya logam bersangkutan.

Lingkungan yang korosif ini menyerang logam sedemikian sehingga bahan logam itu berubah menjadi : Oksida atau persenyawaan lain. Apabila logam itu telah berubah menjadi suatu persenyawaan, maka logam yang bersangkutan akan kehilangan sifat-sifat mekanisnya yang sangat berharga seperti : kekuatannya ataupun kekenyalannya. roses itu terjadi karena semua jenis logam atau perpaduannya secara thermodynamis tidak stabil serta sifatnya yang selalu cenderung untuk bereaksi dengan lingkungannya.

Reaksi semua jenis logam atau paduannya dengan lingkungan menyebabkan perpindahan elektron-elektron dari logam, disebut reaksi elektrokimia. Daya reaksi elektrokimia untuk berbagai jenis logam dengan lingkungannya berbeda-beda. Logam yang daya reaksi elektrokimianya lebih besar terhadap lingkungannya, misalnya : Sodium, Zincum, kedua logam ini sangat cepat melepaskan elektronnya, sedangkan platinumium, emas, perak, tembaga, memiliki daya reaksi yang sangat kecil terhadap lingkungannya.

Korosi pada *marine structures* yang terbuat dari logam dan terapung dilaut, terjadi pada seluruh bagian konstruksi, baik yang berada dibawah, maupun diatas air seperti : kapal-kapal baja, alat-alat apung, penambangan minyak dan timah lepas pantai (off shore oil minningang tin minning marine structures), dok-dok apung (floating dock) dan shipway, alat-alat apung navigasi alat-alat bantu pengerukan alur-alur pelabuhan, alat-alat penelitian laut dan lain-lain.

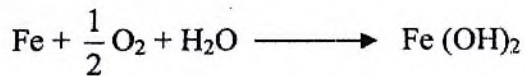
Beraneka ragam kerusakan dan keretakan yang diakibatkan oleh berbagai tipe korosi dan pada umumnya dapat disebabkan oleh faktor bahan (material), kondisi/lingkungan kerja serta design dan pembuatan dari bagian-bagian konstruksi kapal, mesin atau perlengkapan lain.

Mekanisme-mekanisme akibat kejadian korosi pada beberapa paduan logam diatas dapat kita kenal pada beberapa proses yaitu :

- Proses kimia, dengan serangan korosi secara langsung
- Proses elektrokimia



Proses serangan kimia secara langsung meliputi semua jenis serangan korosi tanpa adanya aliran listrik dalam logam yang dapat dinilai besarnya. Contoh terpenting dari proses korosi ini ialah berkaratnya baja pada udara terbuka. Peristiwa tersebut dapat kita lihat pada reaksi yang terjadi dibawah ini :

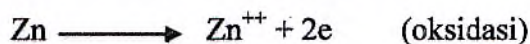


Didalam udara lembab hidroksida besi  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ , dapat juga terjadi  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , bersamaan dengan hilangnya cairan.



Korosi yang disebabkan oleh serangan kimia secara langsung biasanya menyebar secara merata seluruh permukaan logam. Serangan korosi secara elektrokimia merupakan mekanisme korosi utama. Pada proses elektrokimia ini terbentuk daerah-daerah Anoda dan Katoda, dimana yang satu terhadap yang lain dipisahkan oleh jarak-jarak tertentu dalam logam, sedangkan antara kedua elektroda itu mengalir arus listrik. "Anoda atau reaksi anodik dalam setiap reaksi korosi merupakan reaksi oksidasi suatu logam menjadi ionnya yang ditandai dengan kenaikan valensi atau pelepasan elektron".

Reaksi anodik pada proses korosi adalah :

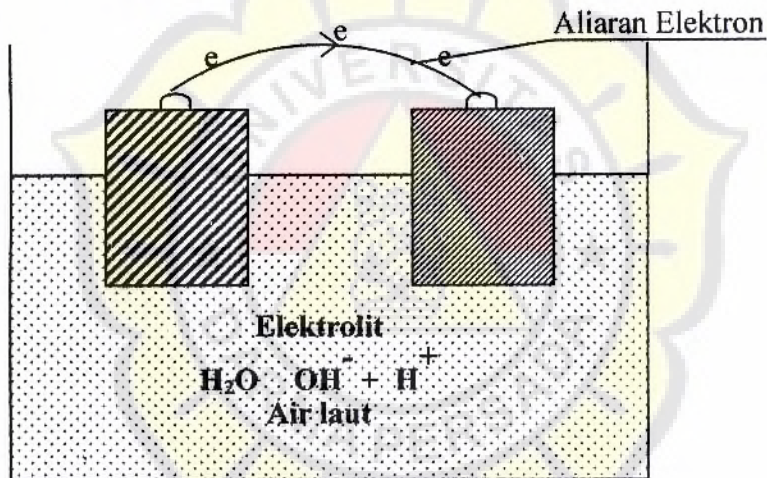


"Katoda atau reaksi katodik dalam setiap reaksi korosi merupakan reaksi reduksi yang ditandai dengan penurunan valensi atau penyerapan elektron".

Reaksi katodik pada proses korosi adalah :

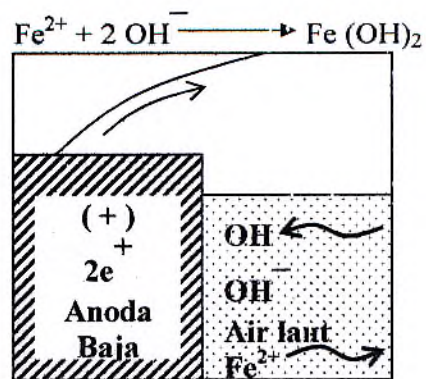
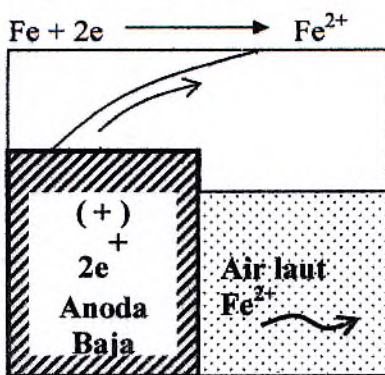


dari reaksi tersebut diatas maka dapat disimpulkan bahwa peranan air dan oksigen sangat dominan dalam proses korosi, dimana air dalam hal ini air laut (elektrolit) yang mengandung rata-rata 3% NaCL. Semakin besar kadar garam (NaCL) dalam air laut semakin besar pula oksigen yang terjadi. Proses korosi elektrokimia dapat digambarkan berupa ilustrasi seperti terlihat pada gambar dibawah :



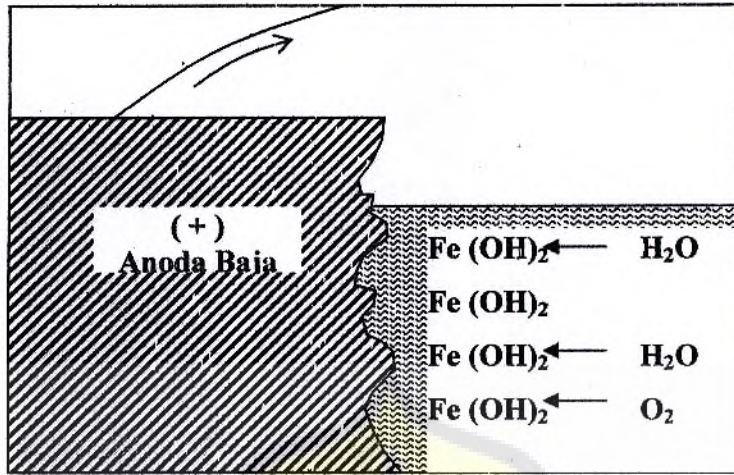
Gambar 1.1

Reaksi-reaksi yang terjadi pada Anoda adalah :

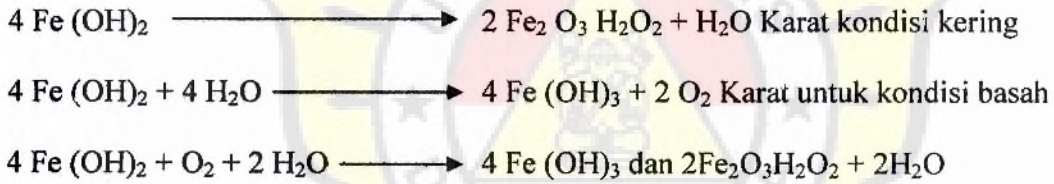


Gambar 1.1a

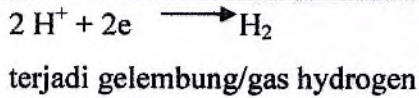
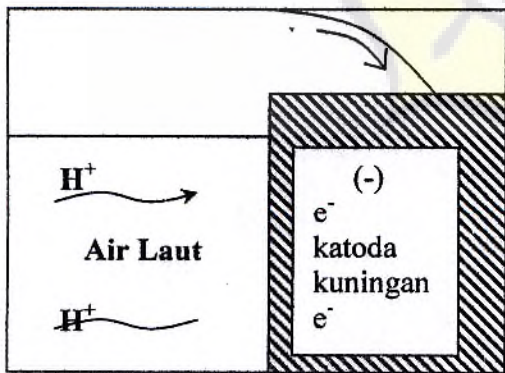




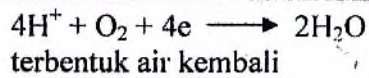
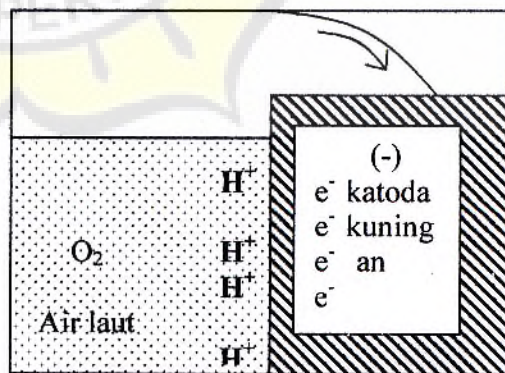
Gambar 1.1b



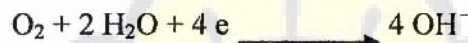
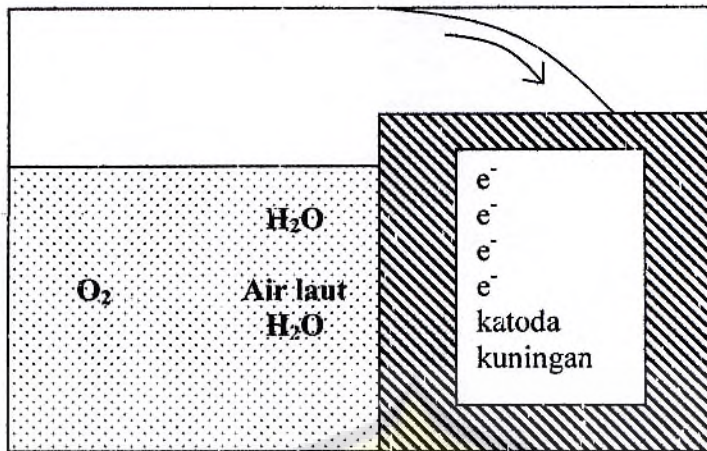
- Reaksi-reaksi yang terjadi pada katoda :



Gambar 1.1c



Gambar 1.1d



Terbentuk kembali ion hidroksil

Gambar 1.1e

Pada gambar diatas, menggambarkan proses terjadinya reaksi elektrokimia pada dua buah logam yang dicelupkan dalam media air laut, dimana kedua logam tersebut berbeda potensialnya. Logam yang memiliki potensial lebih tinggi berlaku sebagai anoda dan larut, sedangkan logam yang berpotensi rendah akan berlaku sebagai katoda. Air laut sebagai larutan elektrolit memiliki daya konduksi arus listrik statis karena mempunyai ion-ion  $\text{H}^+$  dan  $\text{OH}^-$  yang mampu mengalirkan arus listrik.

Pada Anoda, ion-ion hidroksida ( $\text{OH}^-$ ) bereaksi dengan ion-ion Ferro ( $\text{Fe}$ ) yang terbentuk pada anoda dan menghasilkan ion-ion Ferrohidroksida  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ . Selanjutnya ion-ion hidroksida beroksidasi karena adanya oksigen dan menghasilkan Ferrohidroksida pada logam (baja), atau dengan kata lain, kation yang terlepas dari permukaan logam bersenyawa dengan ion-ion yang larut dalam elektrolit membentuk suatu senyawa sebagai hasil korosi, misalnya karat-karat pada logam.



Pada katoda, ion-ion hydrogen ( $H^+$ ) akan berjalan melalui penghantar (elektrolit) ke katoda dan dinetralisir oleh elektron logam yang berlaku sebagai katoda dan kemudian membentuk selaput tipis yang menyelubungi logam tersebut. Ion-ion hydrogen akan bereaksi lagi dengan oksigen membentuk air kembali. Akibat adanya selapit tipis yang terbentuk dari hasil reaksi pada katoda inilah yang menyebabkan logam tersebut menjadi pasif atau terlindungi.

Korosi pada umumnya terjadi pada logam kondisi cuaca normal, bahkan tanpa suatu hubungan listrik dengan logam lainnya, karena komposisi logam pada umumnya tidak homogen sehingga kondisi ini menimbulkan beda potensial listrik statis pada perbatasan-perbatasan kistral-kistral logam pada beberapa tempat dimana tempat/bagian logam yang berpotensi lebih tinggi akan bertindak sebagai anoda sedangkan tempat lainnya yang lebih rendah potensialnya akan berlaku sebagai katoda sehingga menimbulkan proses korosi.

Pada tabel 1, memperlihatkan susunan beda potensial yang stabil dari beberapa jenis logam dan paduannya :

Tabel 1.

No	Jenis logam dan paduannya	Potensial Stabil (Volts)
1	Magnesium murni	1,64
2	Magnesium paduan (6% Al – (3% Zn, 2% Mn)	1,50
3	Zinc (Fe 0,0014%)	1,30
4	Alumunium	0,94
5	Besi Tulang	0,61
6	Baja	0,61
7	Kuningan	0,36
8	Tembaga (Copper)	0,36
9	Monel	0,075

\*sumber B. Tood, M. E, and P. A, Lovett. A. I. M; SELECTING MATERIAL FOR SEA WATER SYSTEM, The Institute of Marine Engineers.

Dari daftar diatas ternyata bahwa anoda yang paling baik digunakan adalah magnesium murni, kemudian magnesium paduan dan zinc. Potensial tersebut diukur berdasarkan turbulen air laut dengan kecepatan 4m/sec, suhu rata-rata air laut 25<sup>0</sup> C.

Dari ketiga logam tersebut diatas yang merupakan anoda yang baik, perlu diperhatikan juga potensinya umur yang diharapkan, berat bahan, mudah atau tidaknya di pasaran, dalam pemilihan logam (Anoda) untuk proteksi katodik (akan dibahas/diuraikan lebih jauh dalam bab berikutnya).



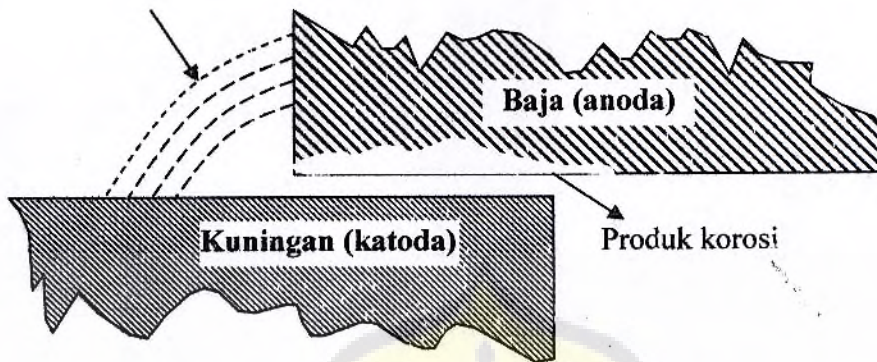
## **2. Jenis-Jenis Korosi dan Proses Terjadinya Serta Beberapa Cara Mengatasinya.**

Seperti telah diuraikan pada bab sebelumnya bahwa korosi timbul secara umum sebagai hasil reaksi dengan lingkungannya. Berbagai tipe korosi dapat terjadi pada permukaan logam tergantung pada jenis logam atau paduannya, keberadaan benda-benda lain disekitarnya, homogenitas struktur bahan logamnya sendiri, natura atau jenis media korosi, zat oksigen disekitarnya serta konsentrasinya, suhu, tegangan-tegangan kerja yang terjadi, adanya kerak-kerak oksida, kehadiran deposit bahan pada permukaan logam yang berpori-pori atau semi porous dan yang utama untuk proses korosi elektrokimia adalah adanya beda potensial dari bahan-bahan logam yang digunakan. Tipe korosi yang diakibatkan oleh sebab-sebab tersebut diatas adalah :

### **2.1. Korosi Galvanik**

Korosi ini timbul bila dua logam yang berbeda bersentuhan satu dengan lainnya atau dihubungkan secara listrik oleh suatu larutan elektrolit sehingga menimbulkan arus listrik diantara kedua logam tersebut.

Logam-logam yang kurang "noble" akan bertindak sebagai anoda dan larut sedangkan logam yang lebih noble akan bertindak sebagai katoda.



Gambar 2.1.(korosi Galvanik)

Logam yang bertindak sebagai anoda akan larut dan membentuk ion-ion, maka sejumlah elektron akan melepaskan diri. Elektron-elektron tersebut akan mengalir melalui penghantar arus listrik kekatoda.

Cara mengatasinya :

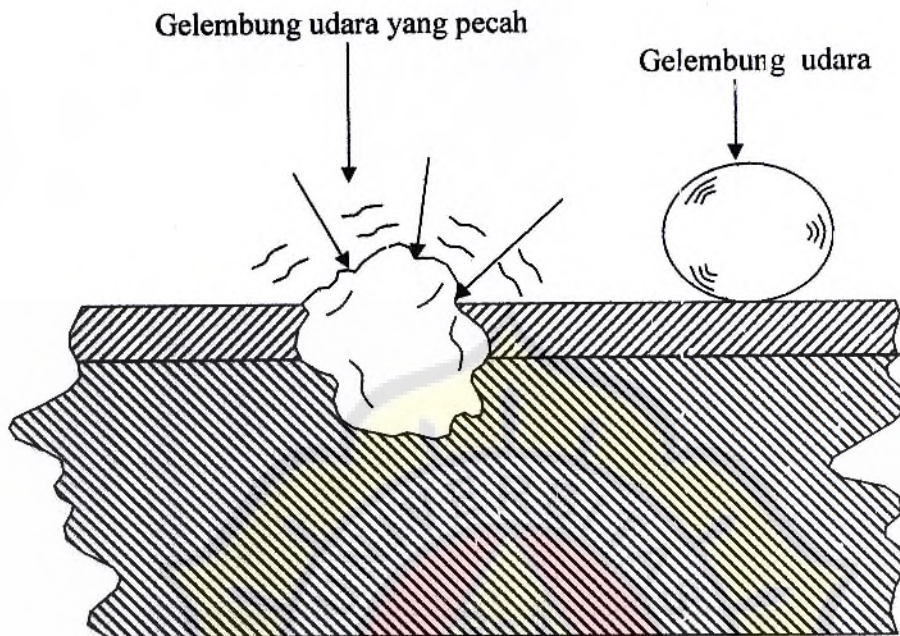
- a. Hindari hubungan antara dua jenis logam yang berbeda potensial listriknya sesuai urutan dalam "serie galvanis".
- b. Hindari hubungan/penggabungan bahan anoda yang kecil dengan bahan katoda yang besar bentuknya.
- c. Perbesar jarak antara logam-logam yang berlainan jenisnya dalam media yang dapat dialiri arus listrik.
- d. Mengatur posisi antara dua logam yang berlainan jenis sedemikian rupa sehingga kombinasi katodik dapat dicegah.



- e. Hindari hubungan berulir antara bahan-bahan logam yang berjarak jauh dalam urutan serie galvanik.
- f. Pilihlah cara pengelasan yang sesuai serta logam-logam penyambung yang sesuai.
- g. Memilih perlindungan/pelapisan dengan cat yang efektif dengan tingkat "porosif" yang rendah.
- h. Bilamana perlu, lengkapi dengan bahan isolasi dielektrik yang dipasang sebagai bahan pemisah antara kedua jenis logam yang berlainan potensial listriknya.

## **2.2. Korosi Kavitasi**

Benturan yang berulang-ulang dari gelembung-gelembung kavitasi pada permukaan logam dapat menyebabkan terjadinya kerusakan fisik pada permukaan logam (korosi kavitasi) ataupun kelelahan material logam (cavitation fatigue). Korosi ini hanya terjadi pada daerah-daerah bertekanan rendah karena divergensi aliran air, pusaran air.



Gambar 2.2.(Korosi karena kavitasi)

Cara mengatasinya :

- a. Hindari kondisi yang dapat memberi peluang terjadinya penurunan tekanan absolut dibawah tekanan gelembung-gelembung udara dalam air.
- b. Memperkecil perbedaan-perbedaan tekanan hidrodinamis.
- c. Memperkecil amplitudo vibrasi.
- d. Memilih ukuran-ukuran yang sesuai atau sudut kontak antara benda padat dan cair yang sesuai untuk mempertahankan terjadinya aliran balik dari gelembung-gelembung udara dalam benda cair.



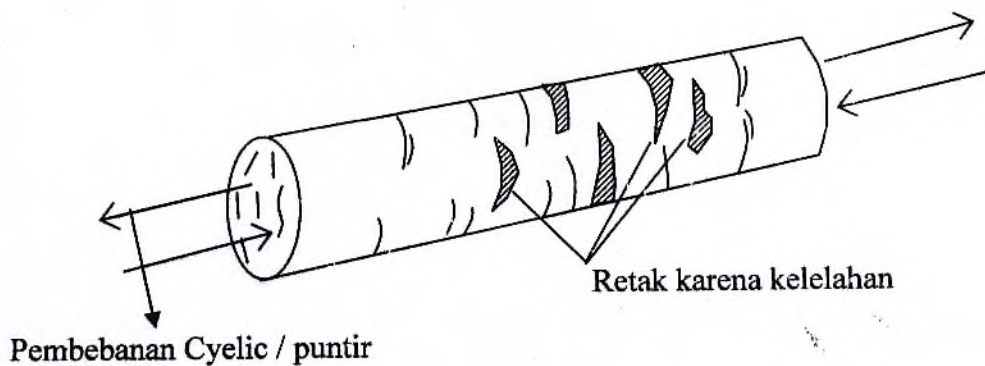
- e. Membuat permukaan dari benda padat (logam) yang baik (smooth finish).
- f. Memberi lapisan pelindung atau pengecatan yang baik.
- g. Memberi perlindungan katodik.

### 2.3. Korosi Karena Kelelahan (Fatigue Corrosion)

Setiap logam akan mengalami lelah normal. Apabila logam tersebut patah dibawah tegangan patah statis setelah mengalami pembebanan dinamis (pembebanan cyclic yang tegangannya berubah-ubah naik turun) maka tegangan patah yang terjadi itu disebut tegangan lelah.

Batas lelah (fatigue limit) adalah tegangan maksimum yang dapat dicapai logam setelah mengalami pembebanan dinamis tak terhingga banyaknya tanpa menyebabkan patahnya logam tersebut.

Korosi karena kelelahan (fatigue corrosion) disebabkan oleh tegangan-tegangan kerja yang berubah-ubah dari bahan logam yang bersangkutan akibat pembebanan yang berulang-ulang sehingga menurunnya ketahanan dari logam tersebut, pada lingkungan yang korosif. Korosi tipe ini mengakibatkan kerugian yang lebih besar dan berbahaya, pada umumnya menimbulkan keretakan-keretakan. Medium korosinya sangat mempengaruhi dinamis.



Gambar 2.3

Korosi karena kelelahan

Cara mengatasinya :

- a. Mengurangi atau menghilangkan tegangan-tegangan puntir.
- b. Memperbesar ukuran dari bagian-bagian yang kritis yang mengalami pembebanan puntir yang besar.
- c. Mengurangi konsentrasi tegangan atau membagi rata tegangan-tegangan puntir.
- d. Melengkapi/mengadakan fleksibilitas yang cukup untuk mengurangi timbulnya tegangan yang berlebihan karena pengaruh pemuaian, vibrasi, kejutan dan kondisi kerja dari bagian-bagian konstruksi atau mesin.
- e. Mengadakan tindakan pengamanan untuk mengatasi perubahan beban atau perubahan suhu dan perubahan tegangan yang tiba-tiba.
- f. Menghindari timbulnya tegangan-tegangan dalam (internal stress).



- g. Menghindari design yang dapat menimbulkan vibrasi, penggeleparan /fluttering.
- h. Memilih material yang sesuai untuk kondisi penggunaannya.
- i. Membuat pengerjaan akhir yang baik dari permukaan konstruksi atau bagian-bagian mesin (suitable face finishing).
- j. Memilih sistem perlindungan permukaan dengan cat yang sesuai.

#### 2.4. Korosi Karena Tegangan (Stress Corrosion)

Korosi ini terjadi karena adanya tegangan (tensile stress) pada logam dalam medium yang korosif.

Stress penyebabnya ada dua macam yaitu :

- Stress dari dalam
- Stress dari luar

Stress dari dalam terjadi sebagai akibat pengerjaan dingin, pengelasan, pemanasan tidak merata pendinginan tiba-tiba dan perubahan struktur logam.

Stress dari luar terjadi akibat beban dari luar, tekanan atau working stress.

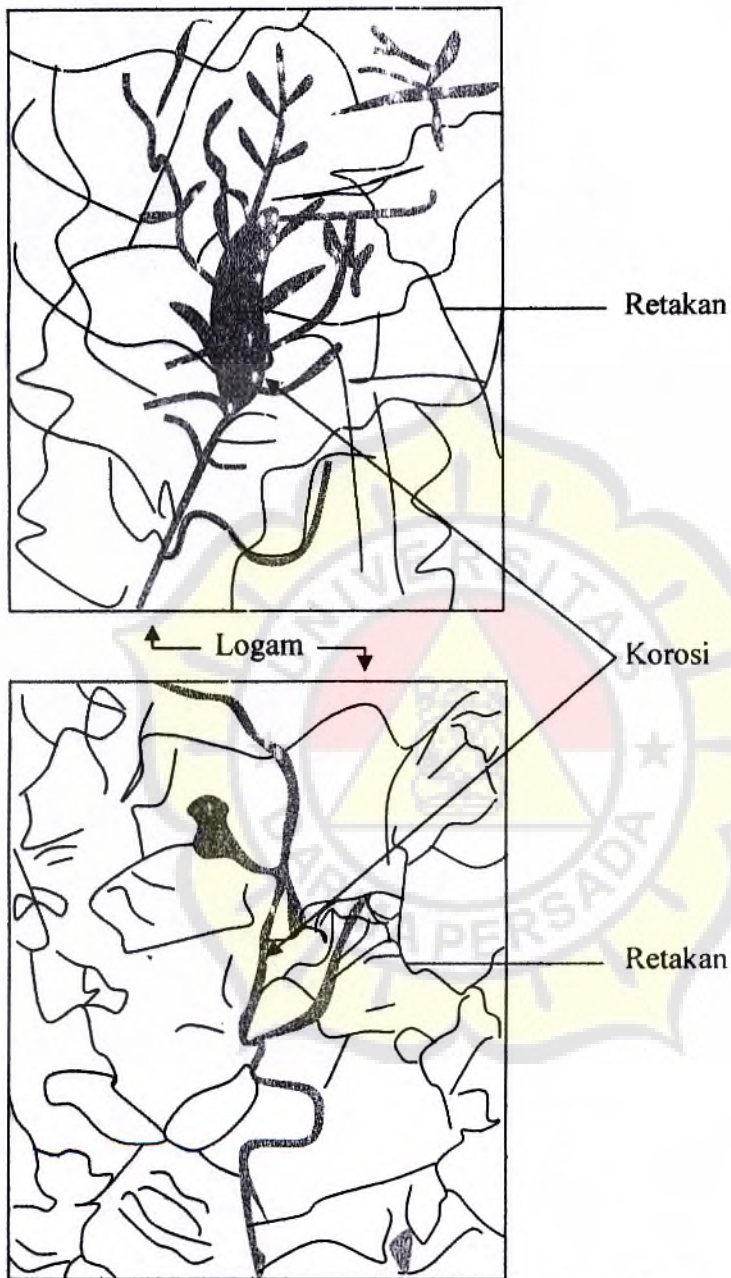
Ciri-ciri dari stress corrosion ialah terjadinya retak-retak apabila logam yang bersangkutan dipakai didalam suatu larutan, dan karenanya sering disebut "Stress Corrosion Cracking". Jadi stress dan korosi yang bekerja bersama-sama dapat menyebabkan kerusakan yang lebih cepat dan hebat bila dibandingkan dengan keadaan dimana keduanya bekerja sendiri-sendiri.

Terjadinya korosi ini belum sepenuhnya diketahui, namun demikian diperkirakan (empiris) bahwa korosilah yang pertama-tama menyebabkan terjadinya retakan halus. Retakan halus ini semakin lebar dan mendalam akibat adanya konsentrasi stress dan semakin terbukalah serangan korosi pada logam tersebut. Faktor-faktor utama yang mempengaruhi stress corrosion antara lain adalah stress, medium korosi, struktur kristal, komposisi logam, suhu. Tidaklah banyak variasi yang dapat dilakukan dalam perencanaan untuk mengatasi korosi karena stress karena sifatnya yang khas.

Cara mengatasinya :

- a. Memilih bahan konstruksi yang cocok untuk kondisi operasi dan proses yang dihadapi.
- b. Menghilangkan stress dalam dengan penyepuhan yang sesuai. Untuk baja biasa dilakukan pada  $\pm 1.100^{\circ}$  s/d  $1.200^{\circ}$  F, sedangkan untuk baja tahan karat austenitik biasanya pada  $\pm 1.500^{\circ}$  s/d  $1.700^{\circ}$  F.
- c. Usahakan agar stress luar sekecil mungkin atau dengan mempertebal alat-alat, distribusi stress yang baik dan hindarkan terjadinya pemusatan stress.
- d. Hindarkan cara-cara fabrikasi yang dapat menimbulkan stress atau kalau dipakai harus diikuti dengan penyepuhan.
- e. Hindari ruang mati yang memungkinkan terjadinya basah dan kering secara bergantian karena dapat menyebabkan terjadinya retakan.
- f. Pencegahan dapat dilakukan dengan pengecatan atau dengan katodik proteksi.





Gambar 2.4. Korosi akibat tegangan (*Stress Corrosion*)

## 2.5. Korosi Sumuran (Pitting Corrosion)

Tipe korosi ini merupakan salah satu bentuk korosi yang sulit diperkirakan. Biasanya hanya sedikit metal yang hilang. Terjadinya sangat cepat dan lokal yaitu dengan terbentuknya lobang-lobang yang umumnya berukuran kecil dan kadang-kadang demikian berdekatannya sehingga tampak permukaan kasar.

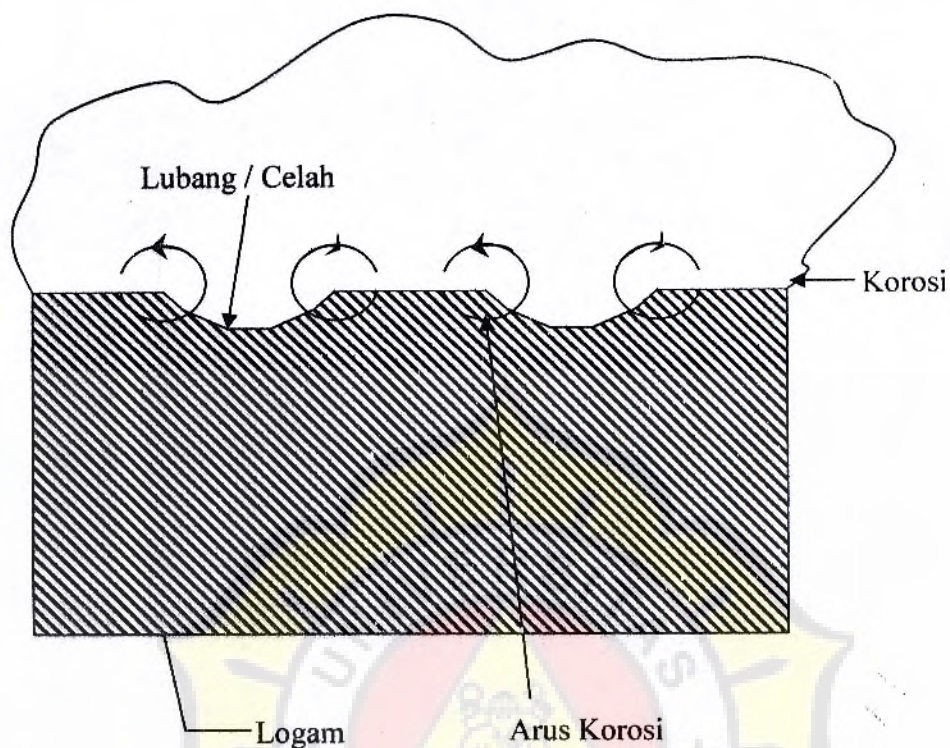
Akibat dari korosi ini dinilai sangat berbahaya, di samping itu pitting corrosion dapat menyebabkan alat tidak dapat dipakai lagi karena lobang-lobang tersebut menembus dinding dan terjadinya sering sangat mendadak.

Pitting corrosion umumnya terjadi pada bagian logam dimana lapisan catnya telah rusak. Bagian logam yang telah rusak lapisan perlindungannya akan bersifat anodik sedang bagian lain yang masih baik akan bersifat katoda.

Perbandingan antara anoda dan katoda yang sangat besar ini menyebabkan proses korosi berjalan sangat cepat.

Sebagai akibat terbentuknya lubang-lubang kecil (pitting) akan menjadi pusat-pusat konsentrasi tegangan yang selanjutnya akan mengakibatkan kelelahan atau mempercepat terjadinya korosi karena kelelahan.





Gambar 2.5. Korosi Sumuran (*Pitting Corrosion*)

Cara mengatasinya :

- Memilih bahan konstruksi(material) yang tahan terhadap pitting corrosion.
- Memilih ukuran-ukuran bahan yang memadai sehingga kondisi-kondisi yang agresif dapat dicegah.
- Memilih ketebalan material sedemikian sehingga pemberian peluang untuk terjadinya korosi ini dapat diperlambat serta dilihat/dikontrol.
- Memilih perlindungan dengan cat yang sesuai.

## 2.6. Korosi Intergranular

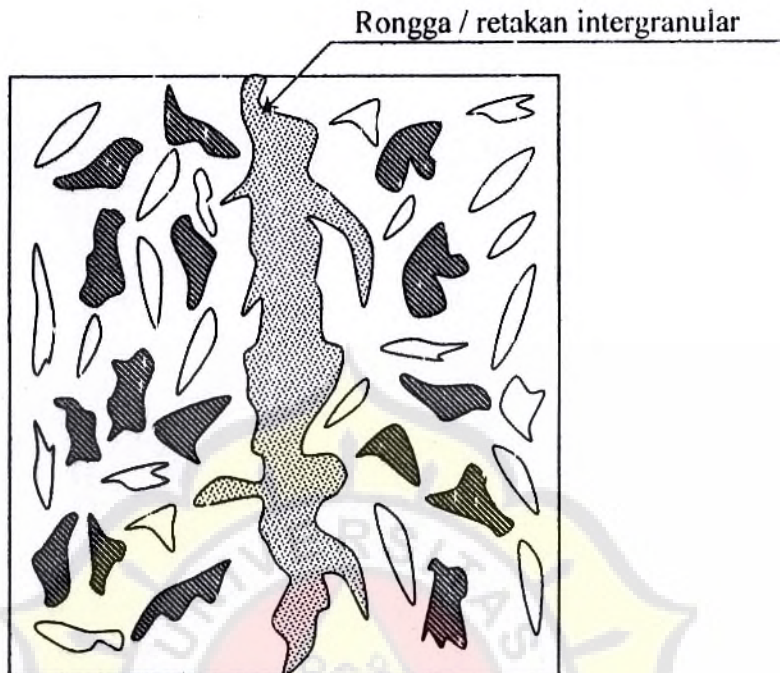
Tipe korosi ini juga menyebabkan kerusakan lokal pada sekeliling batas kristal atau butiran metal atau paduan, sedangkan kristalnya sendiri tidak terserang.

Akibatnya kadang-kadang butiran kristal terlepas dari metal dan dapat menyebabkan kerusakan total, kehilangan kekuatannya. Baja tahan karat tanpa stabilisator adalah yang paling mudah terserang korosi ini karena terjadinya pengendapan carbon carbid pada batas kristal yang terjadipada suhu  $400^{\circ}$  s/d  $900^{\circ}$ C. Karena reaksi tersebut maka kadar khrom didaerah perbatasan menjadi berkurang dan karenanya menjadi tidak tahan terhadap medium korosif. Disamping itu endapan carbid menimbulkan hubungan galvanik dengan daerah yang berkurang kadar khromnya dan mengakibatkan korosi menjadi semakin hebat.

Cara mengatasinya :

- a. Melakukan penyepuhan setelah pengelasan.
- b. Mempergunakan Stainless steel yang distabilkan.
- c. Memilih cara pengerjaan panas (heat treatment) yang tepat, dalam pengelasan tidak terjadi kekosongan yang dapat menimbulkan korosi.





Gambar 2.6. *Intergranular Corrosion*

### 3. Korosi Yang Terjadi Pada Kapal Baja

Pada bagian terdahulu telah diuraikan mengenai korosi secara umum dan bagian ini akan diuraikan lebih lanjut bagaimana korosi yang terjadi pada kapal-kapal baja.

Kita ketahui bersama bahwa umumnya korosi yang terjadi pada kapal-kapal baja adalah proses korosi elektrokimia yaitu korosi yang terjadi akibat adanya beda potensial listrik antara beberapa jenis logam dalam lingkungan yang korosif.

Pada prinsipnya dapat dikatakan bahwa korosi akan terjadi apabila dua permukaan yang berbeda potensial listriknya dihubungkan didalam suatu cairan

elektrolit. Prinsip demikian tak ada bedanya dengan proses korosi yang terjadi pada kapal, khususnya pada badan kapal yang tercelup dalam air laut.

Dengan demikian akan timbul pertanyaan, : “kenapa korosi terjadi pada bagian yang tercelup dalam air”.

Laut bukanlah satu-satunya media/lingkungan dari korosi. Negara kita adalah beriklim tropis dimana penguapan sangat besar. Akibat penguapan ini, maka udarapun banyak mengandung uap-uap air dan akan melekat pada permukaan benda tak terkecuali permukaan logam sendiri. Permukaan yang lembab/basah akibat uap air inipun merupakan media korosi. Uap-uap air pada permukaan logam tersebut adalah larutan elektrolit, media penghantar arus listrik.

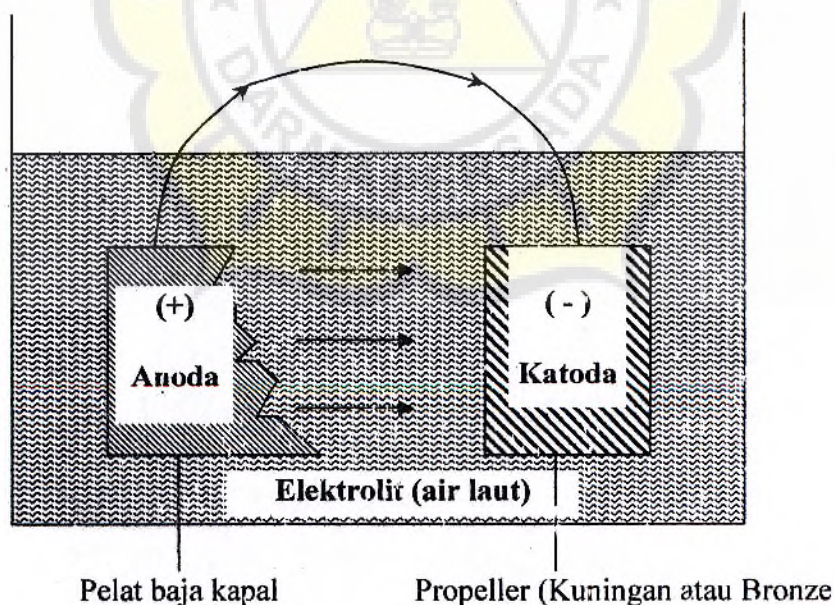
Pada kapal-kapal baja, tidak hanya satu jenis logam yang digunakan, misalnya pada buritan kapal. Badan kapal sendiri terbuat dari baja sedangkan baling-baling dari jenis logam lain seperti Bronze atau kuningan. Kedua jenis logam ini memiliki potensial listrik yang berbeda. Kita dapat melihat pada daftar 2 (seri galvanik) logam-logam dan paduannya. Terlihat bahwa Bronze ataupun kuningan terdapat dibawah logam baja. Logam yang lebih diatas memiliki potensial listrik statis yang lebih besar atau lebih reaktif. Logam-logam tersebut dalam larutan cenderung untuk melepaskan elektronnya. Jadi logam tersebut akan bersifat/bertindak sebagai anoda.

Elektron-elektron ini akan mengalir melalui larutan elektrolit ke katoda dan menetralkan ion-ion positif. Peristiwa ini terjadi pada buritan kapal, dimana



elektron dari baja (anoda) mengalir ke Bronze atau kuningan (katoda) untuk menetralkan ion-ion positif dari Bronze atau kuningan.

Ion-ion yang dinetralkan itu akan membentuk satu lapisan pelindung yang akan mencegah berlangsungnya atau reaksi serangan korosi. Gejala pembentukan lapisan pelindung ini sering disebut "Pasivasi", karena selanjutnya permukaan kuningan ataupun Bronze itu akan menjadi pasif. Kita dapat melihat bagaimana hebatnya korosi yang terjadi pada buritan kapal akibat beda potensial dari dua jenis logam yang berbeda. Prinsip dasar proses korosi seperti tersebut di atas dapat kita simpulkan secara sederhana dalam sebuah bentuk "Sel Korosi" pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. Sel Korosi Yang Sederhana

Tabel. 2

## Seri Galvanik Dari Baja dan Paduannya

Sumber: Ir. M. Kusnadi, Makalah seminar Korosi Lingkungan Laut Bandung, 1978

<p>Aktif. Bagian yang terserang korosi</p>	<p>Magnesium Paduan Magnesium Zinc Baja atau besi tempa yang digalvanisir Alumunium (5052SH, 3004S, 3003S, 1100S, 6053S-T dalam urutan ini) Alclad Cadmium Alumunium (2017S-T, 2024S-T, dalam urutan ini) Baja lunak Besi tempa Besi tuang 13% Chromium Stainless steel type 410 (aktif) 18-8-3 Chromium Nickel stainless steel type 316 (aktif) 18-8 Chromium Nickel stainless steel type 304 (aktif) Timah putih 50-50 Solder Timah Putih Timah Hitam Brons Manganese Baja Muntz Paduan 76 Ni-16 Cr-7 Fe (aktif) Nickel (aktif) Kuningan Alumunium Brons Tembaga Silikon Brons 70-30 Cupro-Nickel Nickel (pasif) Monel (pasif) Titan 13% Chromium stainless steel Type 410 (pasif) Chromium Nickel stainless steel Type 304 (pasif) Perak Grafit Aurum (emas) Platina</p>
<p>Pasif, mulia, bagian yang terlindung</p>	



Kembali kita dihadapkan pada sebuah pernyataan : “Mengapa korosi yang hebat terjadi pula pada bagian lain konstruksi kapal-kapal baja, sedangkan terbuat dari logam yang sejenis (baja)”. Telah diuraikan dalam bab II, bahwa permukaan logam (pelat baja kapal terdapat daerah-daerah atau titik-titik yang berbeda potensial listriknya atau menjadi “Dissimilar” satu sama lainnya, yang antara lain disebabkan oleh perbedaan struktur/koposisi metallurgi sewaktu pembuatan pelat baja tersebut atau pada pembentukan pelat-pelat baja terbuat sesuai dengan model kapal itu sendiri, ataupun perlindungan baja tersebut dengan pengecatan tidak merata, kerusakan lapisan cat pada pelat baja tersebut.

Air laut yang berfungsi sebagai larutan elektrolit memiliki daya konduksi arus listrik statis karena mempunyai ion-ion  $H^+$  dan ion  $H^-$ . Karena adanya daerah-daerah/titik-titik tertentu pada permukaan logam (pelat baja kapal) maka terjadi arus listrik statis karena adanya beda potensial dari titik-titik tersebut. Daerah/titik-titik yang berpotensi lebih tinggi akan bertindak/berlaku sebagai anoda dan akan banyak terserang korosi dan titik-titik/daerah yang berpotensi lebih rendah akan berlaku sebagai katoda yang terlindungi.

Lambat atau cepatnya proses korosi dari bagian-bagian konstruksi kapal dan tingkat kerusakan yang ditimbulkannya, tergantung pada tingkat perlindungan terhadap korosi dari bagian konstruksi tersebut, teknologi perawatannya dengan pengerjaan awal yang baik untuk pengecatan yang sesuai.

Juga tingkat kecepatan proses korosi dari bagian-bagian konstruksi kapal dipengaruhi oleh jenis muatan dari kapal tersebut dan sifat perairan dari suatu daerah pelayaran.

Sesuai penyelidikan NKK (Nippon Kaiji Kyokai) yang dituangkan dalam publikasinya edisi Februari 1981 dengan judul : "*Ship Damages and the Counterplans to Protect Ship*", memberikan gambaran pengurangan ketebalan rata-rata dari bagian konstruksi kapal karena proses korosi yang uniform adalah sebesar 0,1 s/d 0,15 m/thn. Tabel 3 memberikan data yang lebih jelas mengenai pengurangan tebal beberapa bagian konstruksi per tahun akibat serangan korosi. Angka 0,1 mm/tahun adalah tingkat pengurangan rata-rata pelat baja yang terbenam dalam air laut. Untuk itu pelat-pelat dibawah garis air perlu mendapatkan perhatian dan perlindungan yang benar-benar baik dengan pengecatan, zinc anoda atau dengan cara lain.

Nippon kaiji kyokai (NNK) dalam rulesnya juga mencantumkan margin ketebalan sehubungan dengan proses korosi untuk bagian-bagian konstruksi dan pada umumnya antara 2,5 – 3,5 mm.



Tabel.3

Bagian Lambung kapal	Pengurangan tebal Per-tahun			
	0,05mm	0,10mm	0,15mm	0,20mm
Pelat kulit Lunas di Haluan		← ⊙ →		
Pelat kulit sisi lambung di haluan			← ⊙ →	
Pelat kulit Lunas di tengah kapal (Midship)		← ⊙ →		
Pelat kulit sisi di tengah kapal			← ⊙ →	
Pelat kulit Lunas di buritan kapal		← ⊙ →		
Pelat kulit sisi di buritan kapal			← ⊙ →	
Geladak utama (Upper Deeck)			← ⊙ →	

Sumber : Dr. Y.Akita dan M. Abe, *SHIP DAMAGES AND THE COUNTER PLANS TO PROTECT SHIP*, NKK, February 1981, Halaman 13.

Pengurangan ketebalan pertahun akibat pengaruh korosi

(← ⊙ → menunjukkan angka rata-rata )

Juga kekuatan memanjang disyaratkan margin ketebalan sebesar 10% sehubungan dengan proses korosi. Untuk Dry Cargo Ship, pengurangan ketebalan ini mencapai 2 mm, sedangkan untuk kapal tanker-tanker pengurangan ini mencapai 3 mm.

Sesuai hasil penelitian NKK tentang kerusakan-kerusakan bagian konstruksi kapal yang sangat parah akibat serangan korosi untuk berbagai tipe kapal adalah sebagai berikut :

### 3.1. Kapal Tanker

\* Tangki-tangki ballast tetap :

- a. Bagian sebelah atas dari sekat-sekat melintang dan sekat-sekat memanjang. (*Upper part of transverse and longitudinal bulkheads*)
- b. Bagian-bagian sebelah atas dari balok-balok melintang geladak (*upper part of deck transverse*).
- c. Balok-balok membujur geladak (*deck longitudinal*).
- d. Permukaan sebelah atas dari girder horisontal (*upper surface of horizontal girder*).

\* Tangki-tangki muatan :

- e. Bagian-bagian konstruksi yang berada didaerah uap minyak dalam tangki-tangki muatan.
- f. Permukaan sebelah atas dari girder-girder horisontal (*upper surface of horizontal girders*).
- g. Permukaan sebelah atas dari balok-balok membujur dan sekat kedap air.
- h. Permukaan sebelah atas dari pelat hadap pada penumpu alas dalam, girder-girder alas, wrang-wrang melintang (*upper surface of face of bottom longitudinal, bottom girders and transverse*).



### 3.2. Kapal-kapal Barang :

\* Ruang muat :

- a. Ujung-ujung bawah dari gading-gading diruang muat (*lower and hold frames*).
- b. Ujung-ujung bawah dari sekat-sekat kedap air (*lower and of watertight bulkheads*).
- c. Sudut-sudut pada geladak bawah (*corners of lower deck*).
- d. Got-got bilga (*bilge wells*).

\* Tangki-tangki ballast :

- e. Permukaan sebelah atas dari pelat-pelat hadap gading-gading dan balok-balok membujur pada tank top (*upper surface of face plates of bottom and tank top*).
- f. Pelat wrang sekeliling pelat pengisi (*floor plates around filler plates to slots*).
- g. Permukaan sebelah atas dari pelat tank top (*upper surface of tank top plating*).

3.3. Kapal pengangkut biji besi :

\* Tangki-tangki ballast samping :

- a. Bagian sebelah atas dari balok-balok geladak
- b. Bagian sebelah atas dari balok-balok geladak (*upper part of deck transverse*).
- c. Balok-balok membujur pada pelat geladak (*deck longitudinal*).
- d. Bagian yang terpotong untuk slots dan lubang-lubang pengering pada balok-balok geladak (*cut adge of slots and drain in transverse*).
- e. Sambungan-sambungan las pada bagian-bagian konstruksi sebelah dalam pada sekat-sekat (*bloks butts in internals members and in bulkheads*).
- f. Ruangan antara dua silang melintang dan tegak lurus (*junction of cross ties side transverses of vertical webs*).

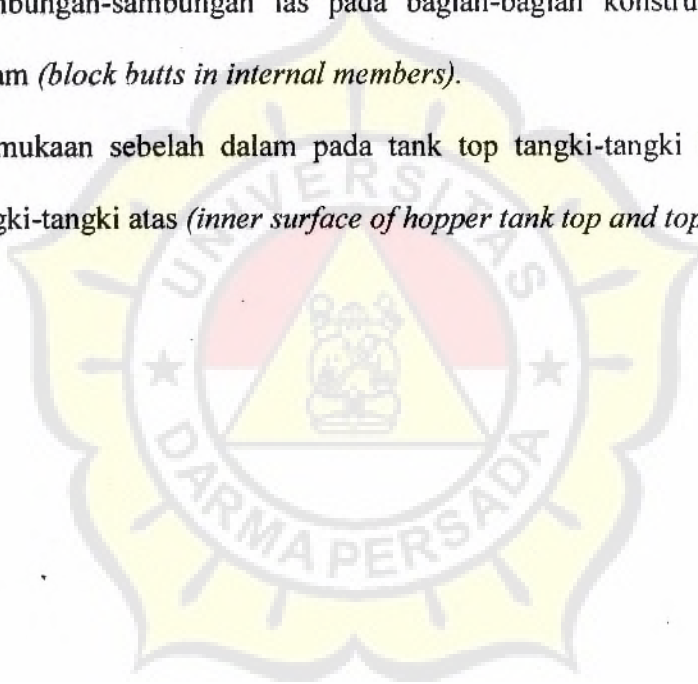
\* Ruang muat dan sekat :

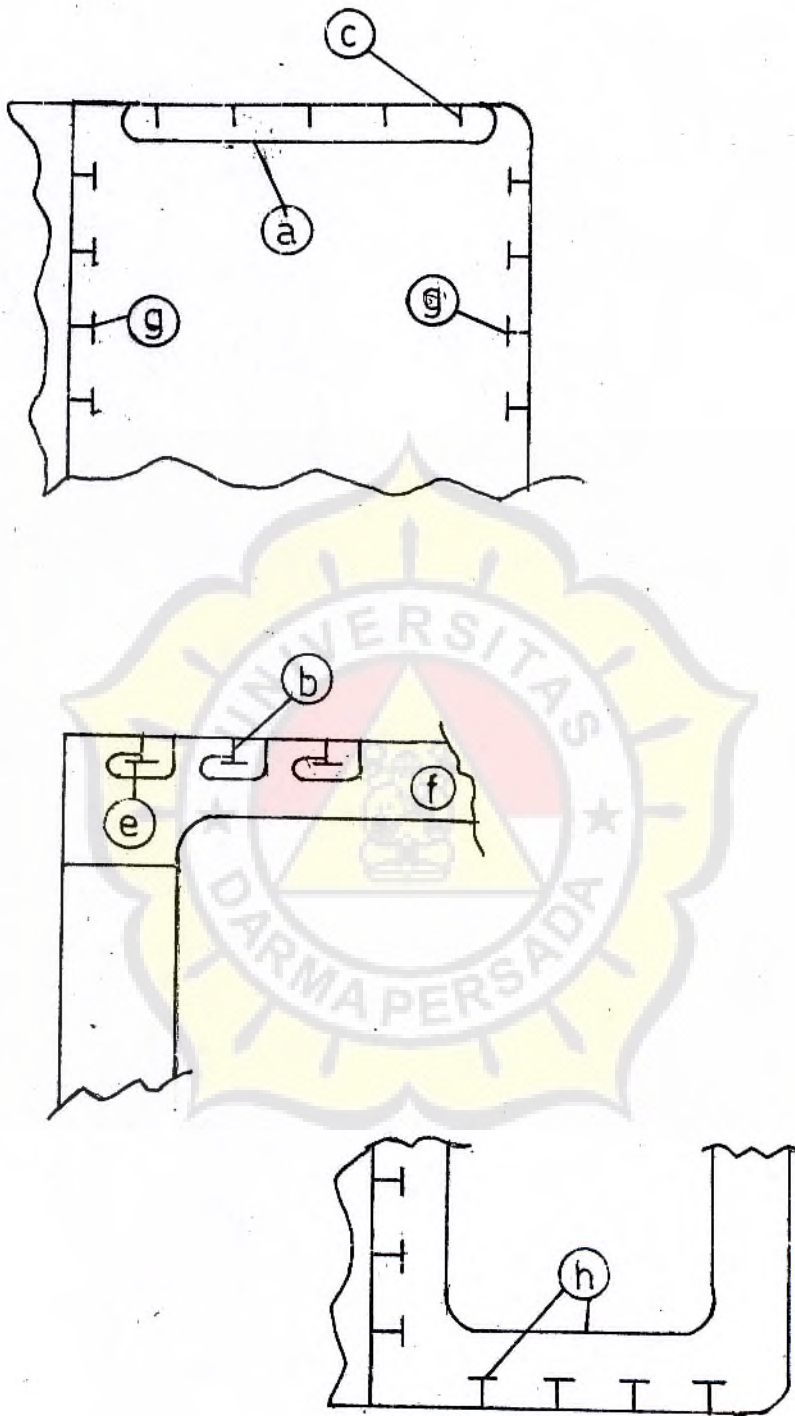
- g. Pelat sekat kedap air pada ketinggian tepat di atas tank top (*bulkheads plate at the level of double bottom of tank top plating*).
- h. Permukaan sebelah atas dari pelat-pelat tank top (*upper surface of tank top plating*).



3.4. Kapal muatan curah :

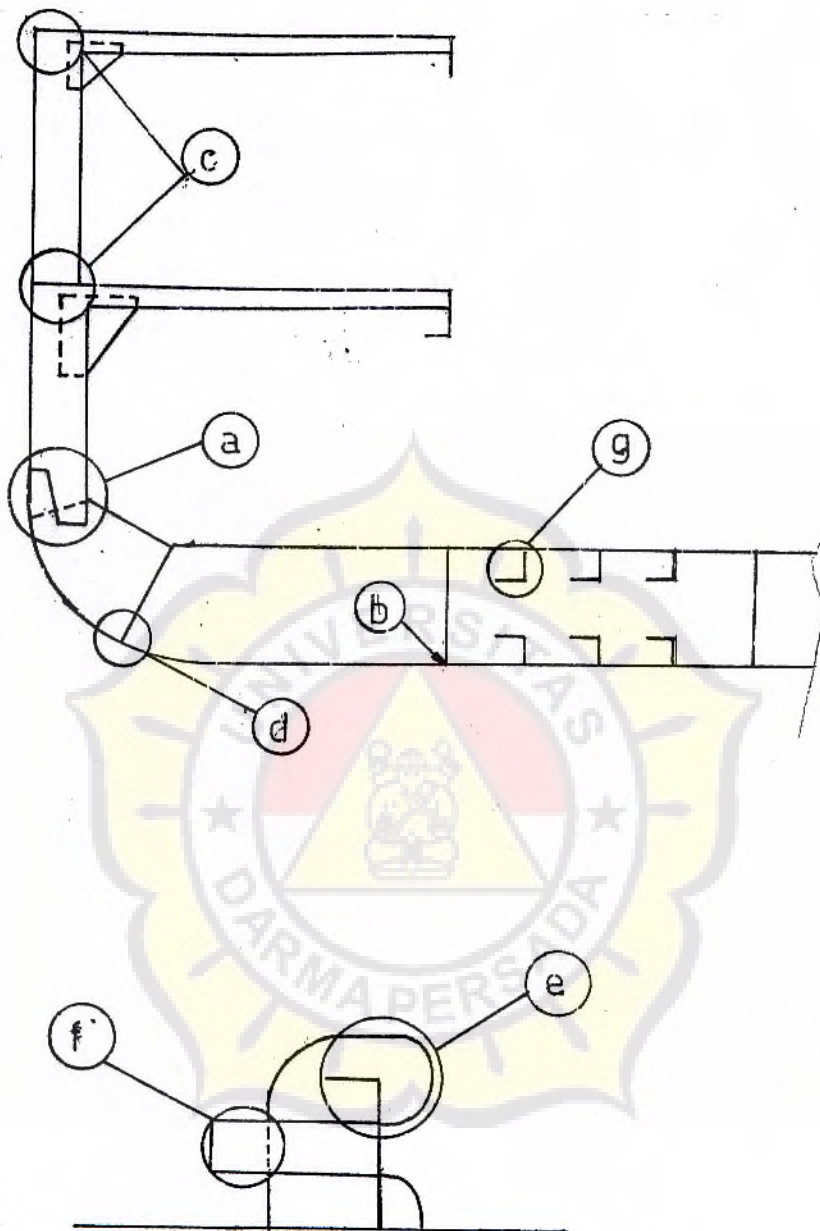
- \* Tangki-tangki atas dan tangki-tangki hopper :
  - a. Bagian yang terpotong untuk slots dan lubang-lubang penguat pada balok-balok melintang geladak (*cut edge of slots and holes in transverses*)
  - b. Sambungan-sambungan las pada bagian-bagian konstruksi sebelah dalam (*block butts in internal members*).
  - c. Permukaan sebelah dalam pada tank top tangki-tangki hopper dan tangki-tangki atas (*inner surface of hopper tank top and top side tank*)



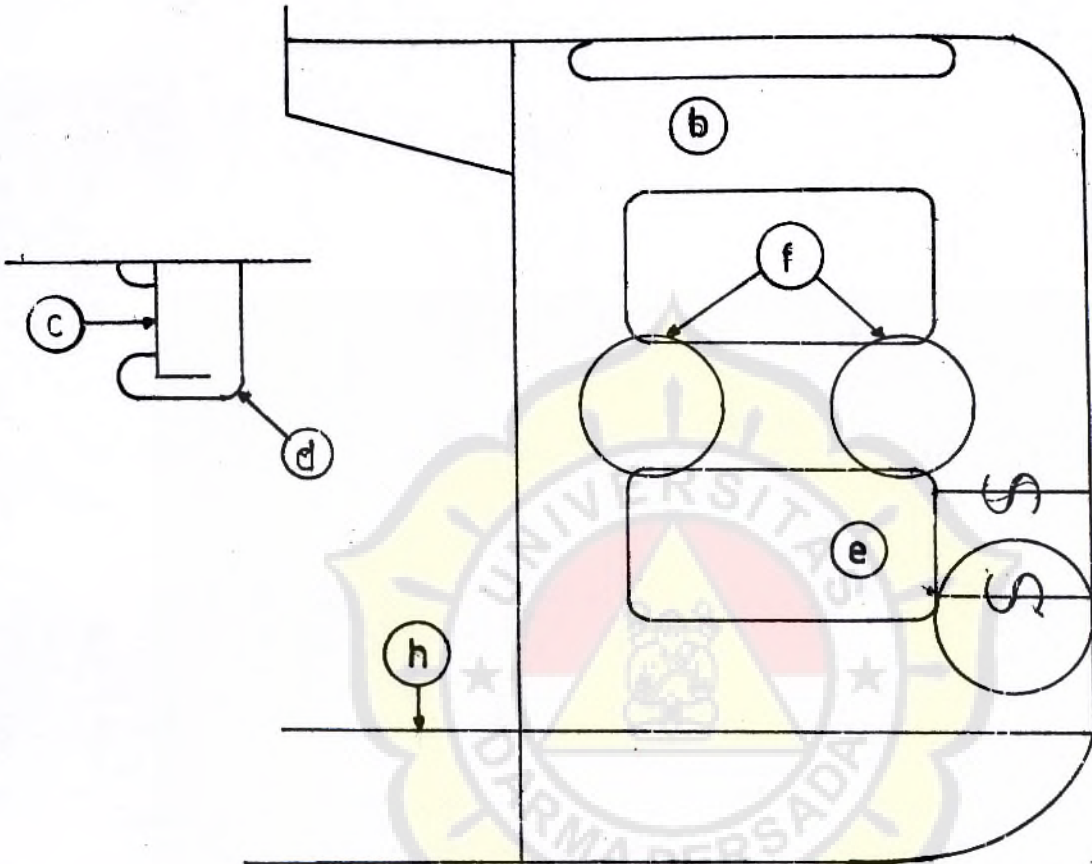


Gambar 3.1



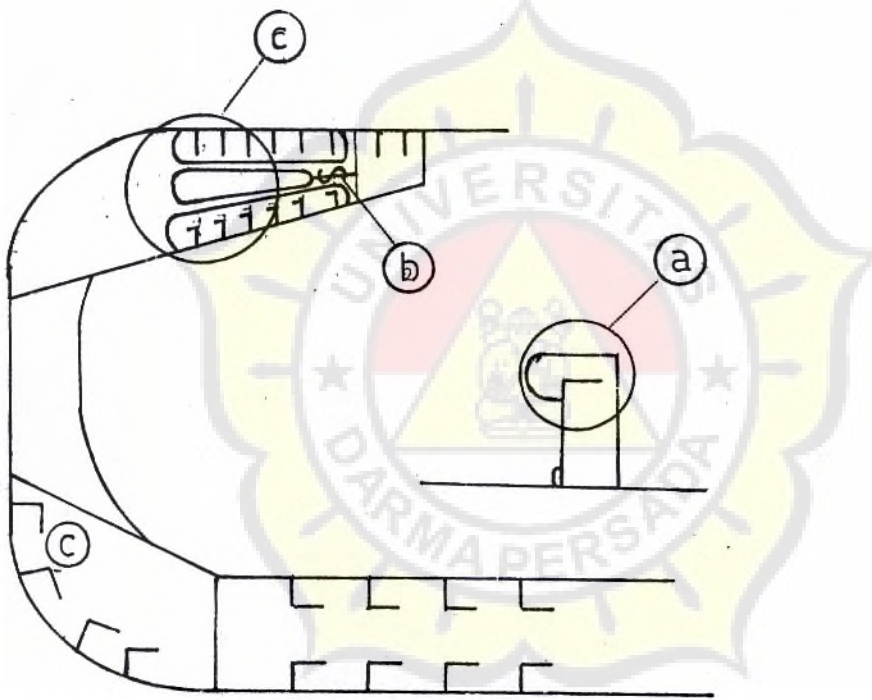


Gambar 3.2



Gambar 3.3





Gambar 3.4

3.5. Geladak-geladak, pelat kulit dan perlengkapan :

\* Geladak-geladak :

- a. Permukaan sebelah atas dari geladak cuaca di antara bukaan-bukaan pada mulut palka (*upper surface of weather deck between hatch opening*).
- b. Pelat-pelat got pada geladak (*cutters*)
- c. Pelat-pelat geladak dibawah mesin-mesin geladak (*deck plates under deck machineries*).

\* Pelat-pelat kulit :

- d. Pada daerah basa dan kering (*bottop*)

\* Perlengkapan :

- e. Penegar-penegar dari tutup palka (*stiffener on hatch covers*).
- f. Alur-alur tempat paking dari tutup palka (*packing groovers of hatch covers*).
- g. Penyangga pipa dan pengikat pipa (*pipe support and band*).
- h. Permukaan sebelah dalam dari ventilator-ventilator alat perlengkapan peredamnya
- i. Bagian-bagian sebelah bawah dari ventilator dan pipa-pipa udara (*lower part of exposed ventilator and air pipes*)



3.6. Bagian haluan dan buritan pada lambung kapal :

- \* Tangki-tangki haluan dan buritan :
  - a. Sekeliling bukaan sekat kedap air dan bukaan-bukaan sebelah dalam (*around opening in bulkheads and internal members*).
  - b. Sambungan-sambungan las (*block butts*)
  - c. Permukaan sebelah atas dari pada bagian konstruksi yang horisontal (*upper surface of horizontal members*).
- \* Pelat kulit :
  - d. Bagian-bagian yang selalu bergesek dengan jangkar dan rantai jangkar (*part scratched by anchors and chain cables*).
  - e. Bagian-bagian dimana keel block ditempatkan sewaktu docking (*part where keel block were placed under*).
  - f. Bagian-bagian dibawah bukaan untuk pipa-pipa pengering (*part below drain pipe opening*)
- \* Geladak :
  - g. Pelat-pelat geladak dibawah mesin-mesin geladak (*plates under deck macheneries*).
  - h. Got-got pada geladak (*gutters*)
  - i. Pelat-pelat geladak didalam gudang-gudang deck. (*plates inside deck stores*).