

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

## M3-017 Perhitungan Laju Korosi Pelat Lambung Kapal KM ADRI XLIV dengan Perlindungan Anoda Korban Paduan Aluminium

Eko Julianto Sasono<sup>(1)</sup>, Rusnaldy<sup>(2)</sup>, A.P. Bayuseno<sup>(2)</sup>,

<sup>(1)</sup> Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Mesin  
Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro  
Email : ekojulianto@yahoo.com

<sup>(2)</sup> Dosen Program Studi Magister Teknik Mesin  
Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro

### ABSTRAK

*Berdasarkan data lapangan dari perusahaan Dok dan Galangan Kapal PT. Jasa Marina Indah Semarang, anoda korban paduan aluminium lebih banyak digunakan, baik untuk pembangunan kapal baru maupun untuk reparasi kapal. Anoda korban paduan aluminium mempunyai kelebihan, reliability yang lebih lama, mempunyai karakteristik arus yang lebih baik dan material yang lebih ringan bila dibandingkan dengan anoda korban paduan seng. Adakalanya di lapangan ditemui pelat lambung kapal yang terserang korosi berat karena kurangnya jumlah anoda korban yang dipasang.*

*Penelitian bertujuan untuk mengetahui efektifitas penggunaan anoda korban paduan aluminium sebagai Cathodic Protection pelat lambung kapal dan mengetahui kebutuhan anoda korban yang dipakai untuk memperlambat laju korosi pelat lambung kapal di dalam media air laut. Kapal yang digunakan sebagai benda uji adalah kapal General Cargo KM ADRI XLIV, yang menjalani reparasi penggantian anoda korban paduan aluminium, dimana anoda yang terpasang sudah habis terkorosi.*

*Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebutuhan pemasangan anoda korban paduan aluminium pada pelat lambung kapal yang berada di dalam media air laut dapat bekerja dengan optimal dan telah memenuhi syarat aman. Hal ini dibuktikan dari hasil perhitungan pengurangan ketebalan pelat, ternyata pemasangan anoda korban paduan aluminium dapat memperlambat laju korosi rata-rata sebesar 0,94 mm setelah kapal berlayar selama 3 tahun.*

*Kata kunci : laju korosi, pelat lambung kapal, paduan aluminium.*

## 1. Pendahuluan

### a. Latar belakang

Korosi merupakan reaksi elektrokimia yang bersifat alamiah sehingga tidak dapat dihentikan. Korosi hanya dapat diperlambat lajunya, supaya menghambat proses perusakan material.

Korosi pelat lambung kapal dalam media air laut mengakibatkan pengurangan ketebalan pelat sehingga dapat menurunkan kekuatan konstruksi dan umur pakai kapal.

Sampai saat ini, salah satu cara melindungi pelat lambung kapal dari serangan korosi air laut adalah dengan metode *Chatodic Protection*. Metode *Chatodic Protection* yang digunakan adalah sistim Anoda Korban dengan paduan Aluminium.

Dalam penerapan di lapangan, banyak di jumpai pelat lambung kapal yang terserang korosi berat. Hal ini terjadi karena kualitas dan kuantitas produk anoda korban yang dipasang kurang baik dan kurang sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 1. Pelat dan anoda korban yang terserang korosi berat

Karena itu, perlu dilakukan penelitian tentang kinerja anoda korban dan kebutuhan anoda korban yang sudah dipasang untuk memperlambat laju korosi pelat lambung kapal dalam media air laut.

### b. Permasalahan

1. Apakah dalam penerapan di lapangan, anoda korban yang dipasang untuk memperlambat laju korosi telah memenuhi standar kelayakan yang berlaku?
2. Seberapa banyakkah anoda korban yang dibutuhkan supaya dapat memperlambat laju korosi pelat baja kapal?

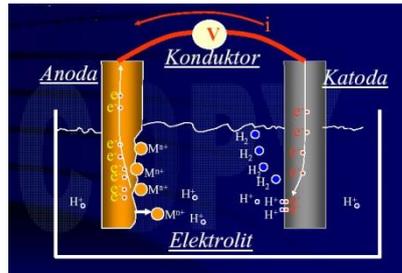
### c. Tujuan Penelitian

1. Menghitung laju korosi pelat lambung kapal yang sedang menjalani reparasi di dok & galangan kapal untuk menentukan kinerja anoda korban yang terpasang.
2. Menghitung kebutuhan anoda korban paduan aluminium sebagai proteksi katodik pelat baja kapal, dalam penerapan di lapangan untuk memenuhi standar kelayakan yang berlaku.

## 2. Dasar Teori

### a. Proteksi dengan Anoda Korban

Prinsip kerja proteksi katodik menggunakan konsep sel korosi basah, dengan cara memasang logam yang kurang mulia (anoda) dibanding dengan logam yang akan diproteksi, sehingga logam yang diproteksi menjadi katoda, dan korosi akan menyerang anoda yang dikorbankan (Trethewey, 1991)



Gambar 2. Sel korosi basah sederhana

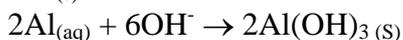
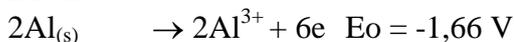
Contoh :

- Baja (Fe) dengan nilai potensial = -0,44 V (katoda)
- Aluminium (Al) dengan nilai potensial = -1,66 V (anoda)
- Jadi jumlah potensial campuran = -1,05 V

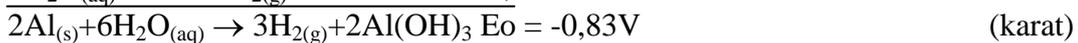
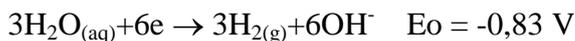
Dalam hal ini material baja sebagai katoda yang terproteksi, karena nilai potensial baja menjadi turun dari -0,44 V menjadi -1,05 V, sedangkan material aluminium sebagai anoda, yang terkorosi (yang dikorbankan), karena nilai potensialnya naik dari -1,66 V menjadi -1,05 V.

Reaksi yang terjadi pada proteksi katodik dengan anoda korban paduan aluminium adalah :

Di anoda



Di katoda



### b. Perhitungan Laju Korosi

Laju korosi merupakan kecepatan perubahan ketebalan atau berat dari logam yang mengalami korosi terhadap waktu melalui proses elektrokimia. Dalam proteksi katodik dengan anoda korban paduan aluminium laju korosi dapat dinyatakan dalam rumus sebagai berikut (Trethewey, 1991)

$$CR = \frac{K \times W}{A \times D \times T} \quad (1)$$

dimana :

CR = Laju korosi (mm/th)

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

- W = Massa yang terkorosi (gram)  
A = Luas tercelup (cm<sup>2</sup>)  
K = 8.76 x 10<sup>4</sup>  
T = Waktu (jam)  
D = Densitas (gr/cm<sup>3</sup>)

## c. Perhitungan Kebutuhan Anoda Korban

Perhitungan mengacu pada standar *Det Norske Veritas Industry Norway AS, RP B401*. Dengan urutan pengerjaan :

- Menghitung luas pelat lambung kapal yang akan diproteksi

$$A_c = (T + B) \times L_{pp} \times p \quad (2)$$

dimana:

- $A_c$  = luas yang akan diproteksi (m<sup>2</sup>)  
 $L_{pp}$  = Panjang antara garis tegak kapal (m)  
 $T$  = Sarat air kapal (m)  
 $B$  = Lebar Kapal (m)  
 $p$  = faktor jenis kapal, untuk kapal *general cargo* nilainya 0,85
- Menghitung keperluan arus proteksi total

$$I_c = A_c \times f_c \times i_c \quad (3)$$

- dimana:
- $I_c$  = keperluan arus proteksi total (Ampere)  
 $A_c$  = luas yang akan diproteksi (m<sup>2</sup>)  
 $f_c$  = faktor kerusakan lapisan (tabel)  
 $i_c$  = arus density rata-rata (tabel)

- Menghitung berat anoda korban total

$$M = \frac{I_c \times T \times 8760}{u \cdot \mathcal{E}} \quad (4)$$

- dimana:
- $M$  = berat total anoda korban (kg)  
 $I_c$  = keperluan arus proteksi (Ampere)  
 $T$  = umur proteksi (tahun)  
 $U$  = faktor guna anoda korban (tabel)  
 $\mathcal{E}$  = *electrochemical efficiency*(Ah/kg)

- Menentukan ukuran anoda korban dan jumlah anoda korban yang diperlukan serta jarak pemasangan anoda korban.
- Menghitung keluaran arus anoda korban (Rumus Hukum Ohm).

$$I_s = \frac{E^{\circ} c - E^{\circ} a}{R_a} \quad (5)$$

dimana :

- $I_s$  = Arus yang keluar dari anoda korban (Ampere)  
 $E^{\circ} c$

- = Desain proteksi potensial, dimana untuk air laut  $\text{Ag/AgCl} = -0,80 \text{ V}$  (tabel)
- $E^{\circ a}$  = Desain sirkuit tertutup potensial anoda (V) (tabel)
- $R_a$  = formula hambatan anoda korban (tabel)

$$R_a = \frac{\rho}{2.S} \quad (6)$$

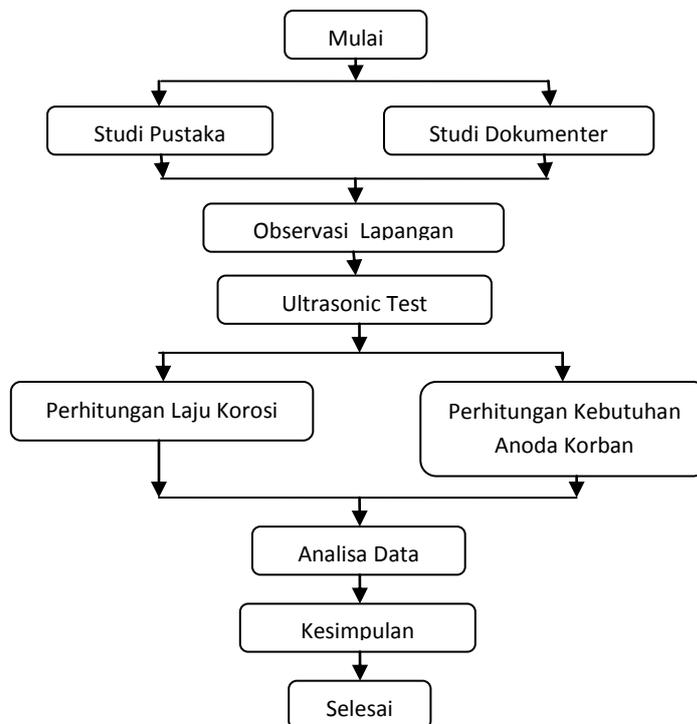
dimana :

- $\rho$  = Resistivitas lingkungan (ohm.m)
- $S$  = Perhitungan rata - rata dari panjang dan lebar anoda (m)

### 3. Metode Penelitian

- o Diagram Alir Penelitian

Secara garis besar, metodologi penelitian yang dilakukan adalah sesuai diagram alir, sebagai berikut :



Keterangan :

- a. Observasi lapangan dilakukan di perusahaan dok & galangan kapal PT. Jasa Marina Indah Semarang untuk mendapatkan bahan dan data awal untuk dianalisa. Benda uji yang digunakan berupa sebuah kapal *general cargo* KM. ADRI XLIV yang masuk dok untuk reparasi pada bulan Oktober 2008. Kapal KM. ADRI XLIV, ini setelah berlayar

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

selama 3 (tiga) tahun, akan melakukan penggantian anoda korban paduan aluminium, karena sudah habis terkorosi di lingkungan air laut.

- b. *Ultrasonic test* dilakukan pada pelat lambung kapal KM. ADRI XLIV, untuk mengetahui adanya pengurangan tebal pelat setelah kapal berlayar selama 3 (tiga) tahun di perairan laut wilayah Indonesia.
- c. Perhitungan laju korosi dan kebutuhan anoda korban dilakukan berdasarkan data yang diperoleh dari observasi lapangan yang terpasang pada pelat lambung kapal.
- d. Analisa Data

Data mengenai spesifikasi pelat lambung kapal anoda korban paduan aluminium dan salinitas air laut wilayah Indonesia yang digunakan sebagai media untuk berlayar, dianalisa secara kuantitatif dan kualitatif berdasarkan hasil perhitungan laju korosi di lapangan dan hasil perhitungan kebutuhan anoda korban sesuai rumus perhitungan yang berlaku, sehingga dapat diketahui pengurangan tebal pelat yang telah digunakan untuk berlayar selama (tiga) tahun serta berat dan jumlah anoda korban yang terpasang pada pelat lambung kapal.

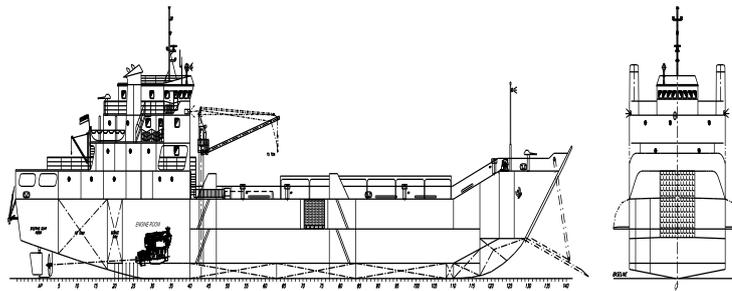
- e. Kesimpulan

Menyimpulkan hasil analisa tentang laju korosi yang dapat dicapai oleh pelat lambung kapal dengan perlindungan anoda korban paduan aluminium dan kesesuaian berat dan jumlah anoda korban yang dipasang pada pelat lambung kapal dengan berat dan jumlah anoda korban dari hasil rumus perhitungan yang berlaku.

## 4. Hasil Dan Pembahasan

### 1. Hasil Penelitian

Data-data yang diperoleh dan yang diperlukan dalam perhitungan laju korosi ini, antara lain :



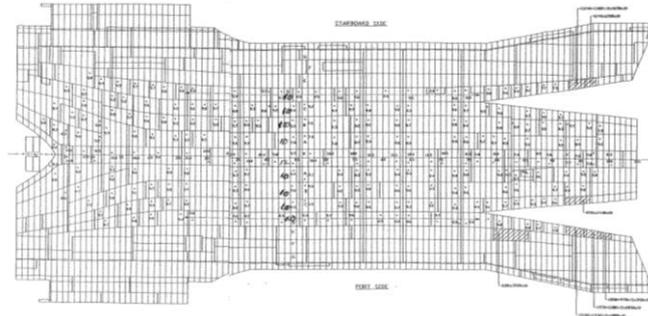
Gambar 3. Kapal *general cargo* KM ADRI XLIV

- a. Sampel : Kapal *general cargo* KM. ADRI XLIV dengan Ukuran Utama :  
Length Over All (Loa) : 57,5 m  
Length Between Perpendicular (Lpp) : 51,6 m  
Breadth (B) : 13,5 m  
Depth (H) : 5 m  
Draught (T) : 2,20 m
- b. Pelat baja kapal, kelas BKI grade A yang setara dengan baja karbon AISI E2512 dengan komposisi kimia :  
C = 0,14%, Mn = 0,66%, P = 0,026%, S = 0,017%, Si = 0,27 % serta Fe = 98,89%,

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Dalam pelaksanaan *ultrasonic test*, ada 9 lajur pelat lambung kapal dan 232 titik yang diukur ketebalannya.

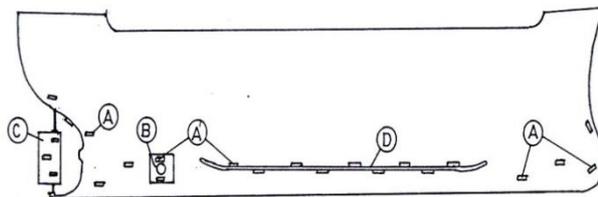


Gambar 4. Lajur dan titik-titik pengukuran pelat dengan *ultrasonic test*

- c. Anoda korban paduan aluminium yang digunakan dalam bentuk *elongated flush mounted* tipe AV – 320 dengan dimensi anode 270 mm x 150 mm x 30 mm dan berat netto 2,6 Kg sebanyak 40 buah, produksi PT. VESCARINDO UTAMA.



Gambar 5. Anoda Korban Paduan Aluminium



Gambar 6. Lokasi Pemasangan Anoda Korban

Keterangan :

- A. Aluminium Anoda
- B. Sea Crest
- C. Kemudi
- D. Bilge Keel

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

## d. Salinitas Air laut

Air laut disesuaikan dengan kondisi sebenarnya pada saat kapal berlayar, karena kapal berlayar di wilayah perairan laut Indonesia, maka salinitas air laut rata-rata wilayah Indonesia adalah 34,76 ‰.

Tabel 1. Salinitas Air Laut

Garam	Salinitas (‰)
	34,76
NaCl	24.53
MgCl <sub>2</sub>	5.200
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4.090
CaCl <sub>2</sub>	1.160
KCl	0.695
NaHCO <sub>3</sub>	0.201
KBr	0.101
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	0.027
SrCl <sub>2</sub>	0.025
NaF	0.003

## 2. Pembahasan

### a. Perhitungan Laju Korosi

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka hasilnya dapat ditabelkan seperti dibawah ini :

Tabel 2. Pengurangan Tebal Pelat

No	Lajur Pelat	b	A	t <sub>0</sub>	t <sub>1</sub>	Δt
		1	2	3	4	5
1	K tengah	183	944280	1.20	1.005	0.195
2	A kanan	183	944280	1.00	0.898	0.102
3	B kanan	183	944280	1.00	0.907	0.093
4	C kanan	140	722400	1.00	0.933	0.067
5	D kanan	136	701760	1.00	0.920	0.080
6	A kiri	183	944280	1.00	0.942	0.058
7	B kiri	183	944280	1.00	0.936	0.064
8	C kiri	140	722400	1.00	0.906	0.094
9	D kiri	136	701760	1.00	0.906	0.094
	Jumlah	1467	7569720	9.20	8.353	0.847
	Rata-rata			1.02	0.928	0.094

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Keterangan :

$A = L_{pp} \times b =$  Luas lajur pelat K,A,B,C,D ( $\text{cm}^2$ )

$b =$  Lebar lajur pelat K,A,B,C,D (cm)

$t_0 =$  Tebal pelat awal dari ukuran utama kapal (cm)

$t_1 =$  Tebal pelat akhir dari hasil *ultrasonic test* (cm)

$\Delta t = t_0 - t_1 =$  selisih tebal pelat (cm)

Berdasarkan Tabel 1, dapat diketahui bahwa, setelah kapal berlayar 3 tahun, terjadi pengurangan tebal pelat lambung kapal rata-rata sebesar 0,94 mm. Pengurangan tebal pelat terbesar terjadi pada pelat lajur K tengah sebesar 1,95 mm, sedangkan pengurangan tebal pelat terkecil terjadi pada pelat lajur A kiri sebesar 0,58 mm.

Tabel 3. Pengurangan berat & Laju Korosi Pelat

No	Lajur Pelat	$W_0$	$W_1$	$\Delta W$	CR
		1	2	3	4
1	K tng	8872455	7430681	1441774	0.65
2	A kn	7393712	6639554	754159	0.34
3	B kn	7393712	6706097	687615	0.31
4	C kn	5656392	5277414	378978	0.22
5	D kn	5494781	5055198	439582	0.27
6	A kr	7393712	6964877	428835	0.19
7	B kr	7393712	6920515	473198	0.21
8	C kr	5656392	5124691	531701	0.31
9	D kr	5494781	4978271	516509	0.31
	Jumlah	60749650	55097298	5652352	2.81
	Rata2				0.312

Keterangan :

$W_0 = A \times t_0 \times \rho =$  berat pelat awal (gram)

$W_1 = A \times t_1 \times \rho =$  berat pelat akhir (gram)

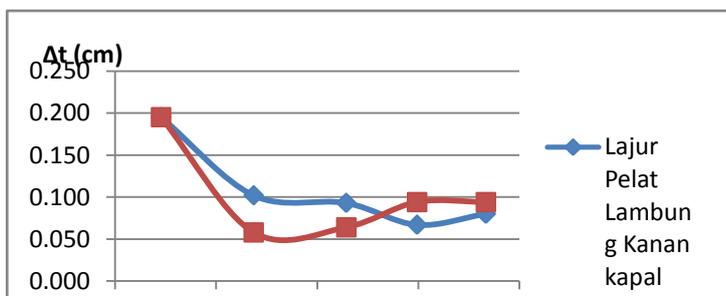
$\Delta W = W_0 - W_1 =$  selisih berat pelat (gram)

$\rho =$  massa jenis pelat baja = 7,83  $\text{gr}/\text{cm}^3$

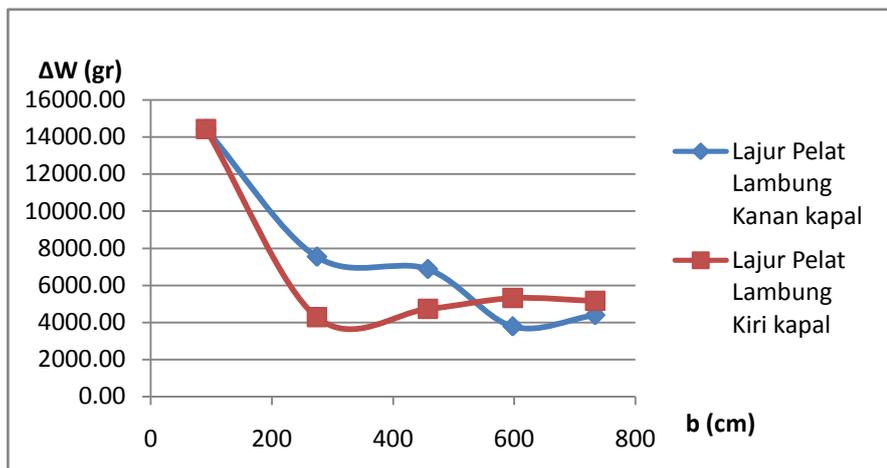
CR = laju korosi pelat (mm/th)

Berdasarkan Tabel 3, dapat diketahui bahwa, setelah kapal berlayar 3 tahun, terjadi pengurangan berat pelat lambung kapal rata-rata sebesar 5,652 ton. Pengurangan berat pelat terbesar terjadi pada pelat lajur K tengah sebesar 14,418 ton, sedangkan pengurangan tebal pelat terkecil terjadi pada pelat lajur C kanan sebesar 3,790 ton. Selain itu juga dapat diketahui bahwa laju korosi pelat rata-rata 0,312 mm/tahun. Untuk laju korosi terbesar terjadi pada lajur pelat K tengah sebesar 0,65 mm/tahun dan laju korosi terkecil terjadi pada lajur pelat A kiri sebesar 0,19 mm/tahun.

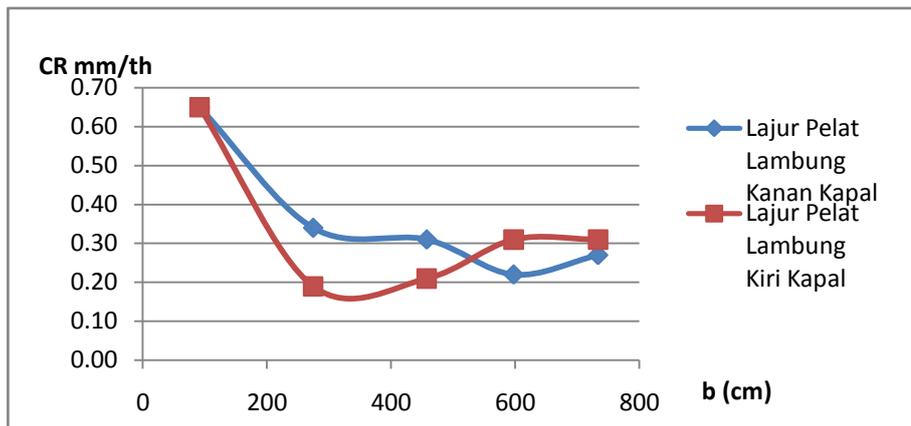
Sebagai gambaran adanya perbedaan pengurangan tebal pelat dan berat pelat serta laju korosi pada setiap lajur pelat yang berada dalam media air laut, dapat diketahui dari gambar berikut



Gambar 7. Pengurangan Tebal pada Lajur Pelat Lambung Kanan dan Kiri Kapal



Gambar 8. Pengurangan Berat pada Lajur Pelat Lambung Kanan dan Kiri Kapal



Gambar 9. Laju Korosi Lajur Pelat pada Lambung Kanan dan Kiri Kapal

### b. Perhitungan Kebutuhan Anoda Korban

- Menghitung luas pelat lambung kapal yang diproteksi.

$$A_c = \pi \times T + B \times L_{pp} \times p \quad (2)$$

$$A_c = \pi \times 2.2 + 13.5 \times 51.6 \times 0.85$$

$$A_c = 785,094 \text{ m}^2$$

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

- Menghitung keperluan arus proteksi

$$I_c = A_c \times f_c \times i_c \quad (3)$$

Dimana :

$$A_c = 785,094 \text{ m}^2$$

$$f_c = k_1 + k_2 \cdot \frac{t_f}{2} \quad (7)$$

dengan

$$k_1 = 0,02 \text{ (Mengacu DNV RPB 401)}$$

$$k_2 = 0,015 \text{ (Mengacu DNV RPB 401)}$$

$$f_c = k_1 + k_2 \cdot \frac{t_f}{2}$$

$t_f = 3$  tahun , Maka

$$f_c = 0,02 + 0,015 \cdot \frac{5}{2}$$

$$f_c = 0,0575$$

$$i_c = 0,100 \text{ A/m}^2 \text{ (Diperoleh dengan mengacu pada DNV RPB 401)}$$

$$I_c = A_c \times f_c \times i_c$$

Sehingga diperoleh :

$$I_c = 785,694 \times 0,0575 \times 0,100$$

$$I_c = 4,514 \text{ A}$$

- Menentukan berat anoda korban total

$$M = \frac{I_c \cdot t_f \cdot 8760}{u \cdot \varepsilon} \quad (4)$$

Dimana

$$I_c = 4,541 \text{ A}$$

$$t_f = 3 \text{ tahun (Standar BKI)}$$

$$u = 0,85$$

$$\varepsilon = 2000 \text{ Ah/kg}$$

Sehingga diperoleh :

$$M = \frac{4,541 \times 3 \times 8760}{0,85 \times 2000}$$

$$M = 69,781 \text{ Kg}$$

- Menentukan ukuran anoda korban

Anode korban yang dipasang pada KM. ADRI XLIV adalah paduan aluminium dengan bentuk *elongated flush mounted* tipe AV – 320 dengan dimensi anode 270 mm x 150 mm x 30 mm (P x L x T) dengan berat netto 2,6 Kg. Jadi jumlah anoda korban yang dibutuhkan adalah  $= \frac{69,781}{2,6} = 25,86 \approx 26$  buah Penambahan anoda

korban 20 % untuk tempat – tempat kritis dan sebagai faktor keamanan, maka jumlah seluruh anoda korban yang di butuhkan adalah  $26 \times 1,2 = 32,4 = 34$  buah

- Menentukan jarak antar anoda korban

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*

Dari 34 buah anoda korban, masing-masing dipasang 17 buah untuk bagian lambung kanan dan 17 buah lambung kiri. Sehingga jarak antar anoda korban adalah

$$\frac{Lpp \text{ Kapal}}{\sum \text{ Anode Korban}} = \frac{51,60}{17} = 3,035 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan kebutuhan anoda korban

di atas diperoleh gambaran bahwa jumlah anoda korban yang dipasang di lambung kapal lebih banyak (40 buah) daripada jumlah yang diperoleh dari hasil rumus perhitungan (34 buah). Sehingga dapat dikatakan bahwa pemasangan anoda korban paduan aluminium pada pelat lambung kapal KM. ADRI XLIV telah melebihi kebutuhan dan telah sesuai dengan standar kelayakan yang berlaku.

## 5. Kesimpulan

Dalam penerapan di lapangan, ternyata pemasangan anoda korban paduan aluminium pada pelat lambung kapal dapat memperlambat laju korosi sebesar 0,312 mm/tahun.

Sesuai dengan rumus perhitungan, maka untuk memperlambat laju korosi pelat lambung kapal selama 3 tahun berlayar, dibutuhkan anoda korban paduan aluminium sebanyak 2,6 kg x 34 buah. Sedang penerapan di lapangan, anoda korban paduan aluminium yang telah di pasang pada pelat lambung kapal sebanyak 2,6 kg x 40 buah, sehingga pemasangan anoda korban paduan aluminium tersebut telah melebihi kebutuhan dan telah sesuai standar kelayakan yang berlaku

## 6. Daftar Pustaka

- [1] Anggono, Juliana. Citro, Soejono. dan Palapessy, Victor Rizal, *Studi Perbandingan Kinerja Anoda Korban Paduan Aluminium dengan Paduan Seng dalam Lingkungan Air Laut*, Jurnal Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra, Surabaya, Volume 2 Nomor 1, halaman 89 – 99, 2000
- [2] Anonim, *Annual Book of ASTM Standards, Metal Corrosion, Erosion and Wear, Vol 03.02*, ASTM International, New York, 2003
- [3] Anonim, *Annual Book of ASTM Standards, Standards Practice for the Preparation of Substitute Ocean Water, Vol 11.02*, ASTM International, New York, 2003
- [4] DNV *Recommended Practice RP.B401, Cathodic Protection Design*, Det Norske Veritas Industry Norway AS, Hovik, 1993
- [5] PT. Biro Klasifikasi Indonesia, *Regulator for the Corrosion and Coating System, Edition 2004*, BKI, Jakarta, 2004
- [6] PT. Vescarindo Utama, *Corrosion Control by Cathodic Protection*, PT. Veocarindo Utama, Jakarta, 2006
- [7] Sri Widartho, *Karat dan Pencegahannya*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 2001
- [8] Tsai, Tai Ming, *Protection of Steel Using Aluminum Sacrificial Anodes in Artificial Seawater*, *Journal of Marine Science and Technology*, Volume 4, No.1, Tahun 1995, halaman 17 – 21, 1995
- [9] Trethewey, Kenneth, R, B.Sc, Ph.D, C.Chem, MRSC, MCCR.ST, John Chamberlain, *Korosi Untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1991

## Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

---

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*

- [10] Wiryosumarto, Harsono, Ir, Dr, Prof, Okumora Toshie, Dr, Prof, *Teknologi Pengelasan Logam*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1991
- [11] Yaumena, SH, *Cathodic Protection*, Revisi I, Modul Pelatihan, Jakarta, 1985