

STUDI KOMPARASI PROTEKSI KATHODIK ANTARA ANODA ZINK DENGAN ANODA ALUMINIUM SETELAH DIAPLIKASIKAN PADA TUG BOAT UNIVERSAL DAN TUG BOAT MARINER

Sukanto Jatmiko *

* Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

ABSTRAK

At steel ship's, hull plate material of under water or topside wick is easiest to be hit by corrosion. The mentioned can result, happened thick reduction of plate, easy of leakage effect unable to arrest; detain pressure from uotsid.

Losses by corrosion at ship are very big, also require the big expense for the replacement of materials bounce up ship during wick relative shorten. See that way the level of loss generated by corrosion, hence needed some protection from corrosion to pursue or slow down of corrosion rate at hull of ship by addition sacrificial anodes and painting.

At corrosion protection wick application at hull ship, one of them is addition sacrificial anodes. The sacrificial anodewith application at hull ship are Aluminium anode (Al) And Zink anode (Zn). The both have the nature of and different characteristic one another (reffed as potensial differential) after application at hull ship.

Keyword : corrosion, sacrificial anodes, potensial differential.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pada daerah lambung ini bagian bawah air ataupun daerah atas air rentan terkena korosi, dimana terjadi pengurangan ketebalan pelat pada lambung kapal yang mengakibatkan semakin mudah terjadinya kebocoran akibat tidak mampu mendapat tekanan luar dari air laut, dimana kebocoran ini harus dihindari.

Kerugian yang ditimbulkan

- Besarnya biaya untuk mengganti material – material logam atau alat – alat yang rusak akibat korosi
- Biaya pengerjaan untuk penggantian material – material tersebut
- Biaya tambahan untuk membuat konstruksi dengan logam yang lebih tebal (*over design*)

PERUMUSAN MASALAH

Dilihat dari cukup besarnya kerugian - kerugian yang diakibatkan oleh korosi, maka diperlukan proteksi korosi, yaitu dengan cara penambahan sistem katodik proteksi yang dipasang pada lambung kapal.

BATASAN MASALAH :

Batasan masalah yang akan dibahas dalam penambahan katodik proteksi ini adalah :

KAPAL

1. Sistem proteksi katodik yang akan diaplikasikan pada lambung kapal *Tug Boat UNIVERSAL* dan *Tug Boat MARINER*.
2. Katodik proteksi yang akan dipasang adalah anoda zink (Zn) dan anoda aluminium (Al).

TUJUAN PENELITIAN

- Membandingkan antara anoda zink dengan anoda aluminium yang terpasang pada *Tug Boat UNIVERSAL* dan *Tug Boat MARINER* dari segi teknis.

TINJAUAN PUSTAKA

Dasar Teori Sistem Katodik Proteksi

Yang dimaksud dengan katoda adalah logam yang relatif lebih mulia, yang permukaannya menjadi tempat berlangsungnya reaksi reduksi, sedangkan yang dinamakan anoda adalah logam yang relative lebih aktif, yang menjadi pemasok elektron bagi reaksi reduksi, sehingga terkorosi.

Jadi prinsip kerja katodik proteksi adalah dengan cara memasang logam yang kurang mulia (anoda) dibanding dengan logam yang akan di proteksi sehingga logam yang diproteksi menjadi katode, dan korosi akan menyerang anoda yang diumpankan .

Potensial Proteksi

Suatu logam yang terkorosi dalam lingkungan basah, mempunyai suatu nilai potensial tertentu, yang merupakan potensial campuran (*mixed potential*) antara potensial anodik dan katodiknya pada rangkaian terbuka (*open circuit potentials*).

Contoh :

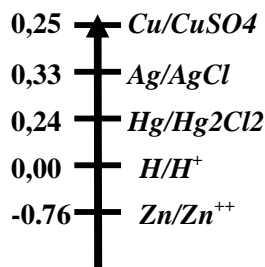
Baja / Fe (Nilai Potensial) = $-0,44\text{ V}$ (Katoda)

Zn (Nilai Potensial) = $-0,76\text{ V}$ (Anoda)

Jadi Jumlah Potensial = $-0,60\text{ V}$

Tabel Elektroda Perbandingan

Jenis elektroda Standar	Potensial terhadap potensial standar hidrogen, V
<i>Cu/CuSO4</i> (CSE, Copper/Copper sulfate Elect).(jenuh)	0,33 (untuk lingkungan tanah)
<i>Ag/AgCl</i> (Silver/Silver Chloride)	0,25 (untuk lingkungan laut)
<i>Hg/Hg₂Cl₂</i> (Calomel, SCE), jenuh	0,24 (untuk lingkungan klorida. lab)
Hidrogen (SHE)	0,00 (hanya untuk arbitrase)
Zn	- 0,76 (untuk lingkungan laut, bila untuk tanah dengan <i>backfill</i>).



Gb. 2.3. Sketsa urutan elektroda perbandingan

Berdasarkan standar NACE, RP 0169-92 dan standar-standar lain potensial proteksi untuk beberapa logam adalah sebagai berikut dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Potensial Proteksi

Logam	Potensial Proteksi, - V (CSE)
Baja : kondisi aerobik	0,85
Kondisi anaerobik	0,95
Timbal	0,6
Tembaga	0,5 - 0,65
Aluminium	0,95 - 1,20
Lebih dari satu logam/paduan dalam satu kesatuan	Potensial diturunkan sampai yang diperlukan untuk proteksi katodik yang paling negatif

Khusus untuk besi / baja ada beberapa kriteria yang dapat diterapkan :

Dalam tanah :

- nilai potensial $\leq -0,85\text{ V(CSE)}$, diukur dengan mengkontakan elektroda pada elektrolit yang berhubungan
- nilai potensial $\geq 100\text{ mV}$, sisa polarisasi katodik (*absolut*)

Dalam air laut :

- nilai potensial $\leq -800\text{ mV (Ag/AgCl)}$
- nilai potensial digeser 300 mV atau lebih besar ke arah negatif (*absolut*) dari potensial korosi.

Deret EMF dan Deret Galvanik

Deret *emf* adalah deret urutan potensial standar dari logam-logam murni pada kondisi standar, yaitu pada suhu 25°C dan pada aktivitas ionnya sama dengan satu. (tabel 2.3)

Tabel 2.3. Deret EMF

Jenis logam	Potensial, V(SHE)
<i>Au/Au³⁺</i>	1,50 Mulia Aktif
<i>Pt/Pt⁺⁺</i>	1,20
<i>Hg/Hg⁺⁺</i>	0,85
<i>Cu/Cu⁺⁺</i>	0,337
<i>H/H⁺</i>	0,00
<i>Pb/Pb⁺⁺</i>	-0,126
<i>Ni/Ni⁺⁺</i>	-0,25
<i>Fe/Fe⁺⁺</i>	-0,44
<i>Zn/Zn⁺⁺</i>	-0,76
<i>Al/Al³⁺</i>	-1,66
<i>Mg/Mg⁺⁺</i>	-2,37 Aktif Mulia

Deret galvanik adalah urutan potensial dari logam atau paduan dalam lingkungan tertentu, misalnya air laut. Proteksi katodik dengan reaksi galvanik ini disebut metoda galvanik atau metoda anoda terumpan (*sacrificial anode methode*). Tabel 2.4

Tabel 2.4. Deret Galvanik dalam Air Laut

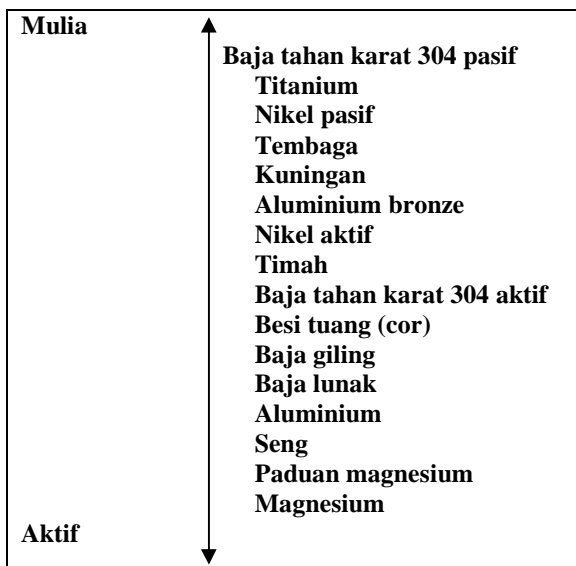
Jenis Anoda Terumpan

1. Anoda Zink (Zn)

Adalah yang paling dapat diandalkan dan sangat luas penggunaannya, baik untuk lingkungan tanah dengan resistivitas rendah maupun lingkungan laut

2. Anoda Aluminium (Al)

Kinerja anoda aluminium sangat dipengaruhi oleh komposisi kimianya.



Anoda aluminium tidak digunakan dalam keadaan murni, karena mudah membentuk lapisan pasif. Untuk memperbaiki kinerjanya ditambahkan logam paduan *indium*.

Tabel 2.5 Sifat-sifat anoda terumpan

Sifat	Anoda Zn	Anoda Al
Masa jenis, Kg/dm ³	7,5	2,7
Potensial, (-V), CSE	1,05	1,10
Tegangan dorong, V	0,25	0,25
Kapasitas, AH/Kg	780	2700
Efisiensi, %	95	50-95

Tabel 2.6 Aplikasi anoda Zn dan Al

Sifat	Anoda Zn	Anoda Al
Air laut sampai 500	Zn	Al
500 - 1500	Zn dengan <i>backfill</i>	-----
1500 - 4000	-----	-----
4000 - 6000	-----	-----

Karakteristik komposisi kimia dari ketiga anoda tersebut adalah sbb. :

(1).Anoda Zn :

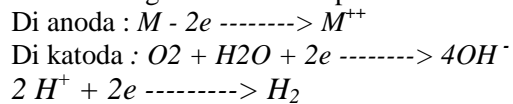
- Zn murni jarang digunakan
- Unsur pemadu tipikal : 0,5%Al; 0,1%Si (Cd).
- Tidak digunakan pada suhu di atas 400C

(2).Anoda Al :

- Al murni tidak digunakan, karena membentuk lapisan pasif.
- Tipikal : 3-5%Zn; 0,01-0,03%In
- Unsur pemadu merkuri tidak boleh lagi digunakan

Reaksi –Reaksi Yang Terjadi

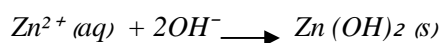
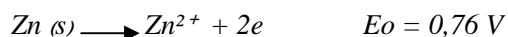
Reaksi yang umum terjadi pada proteksi katodik dengan anoda terumpan adalah



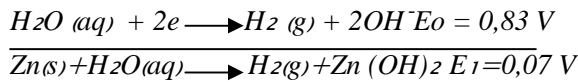
1. Untuk Zink :

Reaksi – reaksi yang terjadi :

Di Anoda :



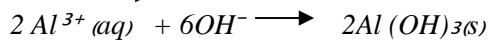
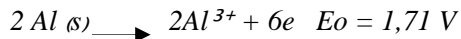
Di Kathoda :



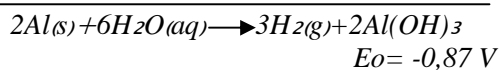
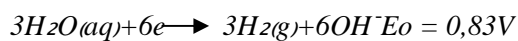
2. Untuk Aluminium:

Reaksi – reaksi yang terjadi :

Di Anoda :



Di Kathoda :



Backfill

Backfill adalah suatu bahan yang diselimutkan pada anoda untuk tujuan supaya kinerja anoda menjadi lebih baik.

Fungsi *backfill* untuk menurunkan resistivitas lingkungan anoda dan untuk menjaga supaya anoda selalu aktif, dan terkorosi secara merata.

Backfill untuk anoda terumpan terdiri dari campuran gipsum, bentonit dan natrium sulfat dengan komposisi sebagai berikut :

- 75% gipsum
- 20% bentonit (lempung)
- 5% natrium sulfat

Aplikasi Proteksi Katodik

Struktur – struktur logam yang dapat diproteksi dengan menggunakan sistem katodik proteksi menurut lingkungannya antara lain adalah:

1. Struktur dalam tanah dan dalam air:

Jaringan pipa dan tangki bahan bakar, struktur bangunan logam, tulangan beton, kabel komunikasi, dasar tangki yang berkontak tanah, kaki – kaki menara, casing pipa sumur bor, tiang pancang jembatan dermaga, *sheet pile*, pipa dalam laut dan dasar laut, *intake screen*, pompa – pompa intake, pintu – pintu air kanal, dan lain sebagainya.

2. Struktur di atas tanah:

Bagian dalam tangki air, kondensor dan *heat exchanger*, tangki – tangki air panas, tangki – tangki *reservoir* air di apartemen, tangki – tangki atau bejana dalam proses, bagian dalam tangki bahan bakar, dan lain sebagainya.

3. Struktur terendam:

Kapal *tanker*, kapal *cargo*, kapal ikan, kapal curah, *pontoon*, kapal tongkang, anjungan lepas pantai, dok apung, peralatan Bantu navigasi, dan lain sebagainya

Rancang Bangun Anoda Terumpan Pada Pelat Lambung Kapal

Rumus – rumus dan tabel yang diperlukan dalam perhitungan, dengan mengacu pada *Standart Det Norske Veritas Industri Norge AS, RP B401*

Det Norske Veritas Industri Norge AS, RP B401, Tabel 4.1

Tabel 4.1 Desain rata – rata densiti berdasarkan kedalaman dan iklim

Kedalaman (m)	Desain arus densiti (rata – rata) dalam A/m ²			
	Tropica <i>l</i> (>20°C)	Sub-Tropical (12-20°C)	Beriklim sedang (7-12°C)	Sangat dingin (<7°C)
0 > 30	0.070	0.080	0.100	0.120 ⁽¹⁾
> 30	0.060	0.070	0.080	0.100

1) *Effects* berbagai penggesekan es belum tercakup

Untuk menghitung arus yang keluar dari anoda terumpan maka diperlukan rumus dari hukum *ohm*:

$$I_s = \frac{E^o c - E^o a}{R_a}$$

(*Det Norske Veritas Industri Norge AS, RP B401, 7.8.2*)

Dimana :

- I_s = Arus yang keluar dari anoda terumpan
- $E^o c$ = Desain proteksi potensial, dimana untuk air laut *Ag/AgCl*
= -0,80 V
- $E^o a$ = Desain sirkuit tertutup potensial anoda (V)

Sirkuit tertutup potensial anoda untuk *Al* dan *Zn* berdasarkan anoda terumpan (*Det Norske Veritas Industri Norge AS, RP B401, tabel 4.2*)

Tabel 4.2 Sirkuit Tertutup Anoda Potensial

Macam material anoda	Lingkungan	Sirkuit tertutup anoda Potensial
Al	Air laut	- 1,05
	Endapan	- 0,95
Zn	Air laut	- 1,00
	Endapan	- 0,95

Ra = Hambatan anoda, dimana di asumsikan sama dengan total hambatan sirkuit.

(Det Norske Veritas Industri Norge AS, RP B401, 6.7) Formula hambatan

Det Norske Veritas Industri Norge AS, RP B401, 6.7.1 Tabel 4.3 memberikan rekomendasi formula hambatan anoda untuk berbagai macam bentuk anoda terumpan. Dengan memperhatikan operator, formula dalam tabel 4.3 digunakan dalam perhitungan desain anoda pada Det Norske Veritas Industri Norge AS, RP B401, 7.8

Table 4.3 (Det Norske Veritas Industri Norge AS, RP B401) Formula hambatan anoda (Ra)

Macam Anoda	Rumus Hambatan
Long Slender stand-off ¹⁾	$Ra = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{r} - 1 \right)$
Short Slender stand-off ¹⁾ $L < 4r$	$Ra = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \left\{ \frac{2\rho}{r} \left(1 + \sqrt{1 + \left(\frac{r}{2L} \right)^2} \right) \right\} + \frac{r}{2L} - \sqrt{1 + \left(\frac{r}{2L} \right)^2} \right]$
Long flush-mounted $L \geq 4 \times$ lebar dan tebal	$Ra = \frac{\rho}{2 \cdot S}$
Short flush-mounted, bracelet and other	$Ra = \frac{0.315 \cdot \rho}{\sqrt{A}}$

Dimana :

ρ = Resistivitas lingkungan (ohm.m)

L = Panjang Anoda (m)

r = radius²⁾ anoda (m)

S = Perhitungan rata - rata dari panjang dan lebar anoda (m)

A = Luas permukaan area

¹⁾ Digunakan untuk anoda dengan jarak minimum 0,30 m dari objek atau benda yang akan diproteksi, Untuk jarak anoda ke objek kurang dari 0,30 m tetapi minimum 0,15 m mungkin di perbolehkan jika factor korosi 1,3 di gunakan.

²⁾ Untuk Non-Cylindrical anode $r = C/2\pi$, dimana C = Persilangan batas luar (m)

Perhitungan massa anoda

Det Norske Veritas Industri Norge AS, RP B401, 7.7

Total masa anoda M (kg), desain umur dari katodik proteksi t_f (tahun), Desain arus density I_c (rata - rata)

$$M = \frac{I_c (\text{rata - rata}) \cdot t \cdot 8760}{u \cdot \epsilon}$$

Dimana (A.h/kg) adalah *electrochemical efficiency* material anoda (6.6), u adalah factor penggunaan (6.9) dan 8760 dari pertahun dijadikan perjam.

Kemampuan material anoda terumpan

Det Norske Veritas Industri Norge AS, RP B401, 6.6.2

Tabel 4.4 memberikan nilai *electrochemical efficiency* (ϵ) anoda material yang digunakan dalam perhitungan desain untuk berat anoda terumpan yang disyaratkan..

Table 4.4 Desain nilai Electrochemical efficiency untuk Al da Zn pada anoda terumpan

Macam material anoda	Electrochemical efficiency (Ah/kg)
Al	2000 ¹⁾
Zn	700 ²⁾

¹⁾Temperatur anoda : maksimal 25° C

²⁾Temperatur anoda : maksimal 50° C

Faktor guna anoda terumpan (u)

Det Norske Veritas Industri Norge AS, RP B401, 6.9 6.9.2 Faktor guna anoda tergantung pada desain anoda, mengenai dimensi dan lokasi inti anoda. (tabel 4.5)

Tabel 4.5 Desain faktor guna anoda

Type Anoda	Faktor guna anoda
Long ¹⁾ slender Stand off	0.9
Long ¹⁾ flush-mounted	0.85
Short ²⁾ flush-mounted	0.80
Bracelet, Half shell type	0.80
Bracelet, Segmented type	0.75

Perhitungan permintaan arus (I_c)

Det Norske Veritas Industri Norge AS, RP B401, 7.4.2

Area individu (A_c) tiap unit yang diproteksi (7.2) adalah di kalikan dengan desain arus density (ic), dan factor kerusakan lapisan (fc), jika dipakai:

$$I_c = A_c \cdot f_c \cdot ic$$

Dimana ic adalah permintaan arus untuk pokok permukaan area. ic dipilih dari **section 6.3**, fc mengacu pada tabel 4.6 dan **paragraph 6.5.3/6.5.4** untuk pelapis cat dan pelapisan pipa yang berturut-turut.

Det Norske Veritas Industri Norge AS, RP B401, 6.4.8

Untuk desain katodik rata – rata dan terakhir faktor kerusakan pelapis di hitung dengan memperhatikan desain umur

$$fc \text{ (rata-rata)} = k_1 + k_2 \cdot \frac{t_f}{2}$$

$$fc \text{ (terakhir)} = k_1 + k_2 \cdot t_f$$

Jika dihitung nilainya lebih dari 1, $fc = 1$ harus digunakan di dalam desain

Dimana desain umur sistem katodik proteksi melebihi dari sistem pelapis, fc (rata – rata) mungkin dihitung menggunakan :

$$F_c \text{ (rata – rata)} = 1 - \frac{(1 - k_1)^2}{2k_2 t_f}$$

Konstan (k_1 dan k_2) untuk perhitungan faktor kerusakan pelapis.

Kategori pelapis di definisikan dalam **paragraph 6.4.4**

Tabel 4.6 Kategori pelapis

Kedalaman (m)	Kategori Pelapis			
	I ($k_1 = 0.1$) k_2	II ($k_1 = 0.05$) k_2	III ($k_1 = 0.02$) k_2	IV ($k_1 = 0.02$) k_2
0 – 30 ¹	0.10	0.03	0.015	0.012
> 30 ²	0.05	0.02	0.012	0.012

¹⁾ Data untuk kedalaman > 30 m mungkin digunakan pada kompartemen yang tenggelam dan kompartemen yang ditutup dengan bebas dari udara.

²⁾ Data untuk pelapis kategori III, kedalaman > 30 , digunakan pada perhitungan permintaan arus katodik *densiti* untuk beton pelapis penguat baja dengan penggabungan *epoxy* atau persamaannya. (minimal 200 $\mu mDFT$) .

Perhitungan Kathodik Proteksi :

Data yang diperlukan dalam perhitungan proteksi lambung kapal dengan menggunakan anoda terumpan :

- 1) Ukuran luas pelat lambung kapal yang akan di proteksi
- 2) Pengecatan (*Coating*) kapal
- 3) Jenis anoda
- 4) *Resistivitas* air laut
- 5) Umur proteksi
- 6) Keperluan arus proteksi

Urutan perhitungan :

- 1) Menghitung keperluan arus proteksi total / keperluan arus total
- 2) Menentukan berat anoda total
- 3) Menentukan ukuran anoda
- 4) Menentukan jumlah anoda
- 5) Penambahan anoda terumpan 20 % untuk tempat – tempat kritis dan sebagai faktor keamanan
- 6) Menentukan jarak antar anoda
- 7) Menghitung keluaran arus anoda

ANALISA PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Anoda Terumpan Jenis Zink Anode yang Diaplikasikan Pada Tug Boat UNIVERSAL

Perhitungan luas lambung kapal dibawah garis air yang akan diproteksi adalah sebagai berikut

$$S = (1,7 T + 0,7 B) \times Lpp$$

(*Reff* : *Diktat Reparasi Kapal BKI Surabaya 2002 : hal 31*)

Dimana :

$$\begin{aligned} Lpp &: 25,00 \text{ m} \\ Lwl &: 22,51 \text{ m} \\ B &: 8,45 \text{ m} \\ T &: 3,00 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} S &= \{ (1,7 \times 3,00) + (0,7 \times 8,45) \} \times 25,00 \\ &= (5,1 + 5,915) \times 25,00 \\ &= 275.375 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Pengecatan (Coating) Kapal :

Pengecatan (*Coating*) pada biasanya memakai satu lapis / *layer* dengan ditambah 2 lapis *intermediate / top coats*, *minimum 300 μm nominal DFT (Dry Film Thickness) Category III* dengan umur pelapisan adalah selama 3 tahun.

Jenis anoda yang digunakan untuk Tug Boat UNIVERSAL adalah Anoda Zink (Zn) :

Tipe *elongated flush mounted* tanpa *backfill* dengan $L > 4$ kali lebar dan tebal.

Resistivitas air laut :

Pada *DNV RPB 401 6.8* tentang *resistivitas* dimana temperatur air antara 7°C samapai dengan 12°C , maka nilai *resistivitas* anantara 0,3 dan 1,5 (*ohm.m*). Dalam hal ini diambil **1,5 ohm.m**.

Umur proteksi :

Umur proteksi yang diperlukan adalah 3 tahun karena sesuai peraturan BKI selama **3 tahun** minimal kapal harus docking atau naik dock satu kali.

Keperluan arus proteksi :

Dari tabel *DNV RPB 401* tabel 4.1, dimana desain arus menurut iklim sedang dan kedalaman 0 meter – 30 meter dengan temeperatur 7°C – 12°C , maka nilai keperluan arus proteksinya adalah $0,100 \text{ A/m}^2$.

Permintaan Arus / Keperluan Arus Total (Ic)

$$Ic \text{ (rata-rata)} = Ac \cdot fc \text{ (rata-rata)} \cdot ic$$

Dimana :

$$Ac = 275,375 \text{ m}^2$$

$$ic = 0,100 \text{ A/m}^2$$

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

dimana :

$$t_f = 3 \text{ tahun}$$

$$k_1 = 0,02 \text{ (DNV RPB 401 tabel 4.6)}$$

$$k_2 = 0,015 \text{ (DNV RPB 401 tabel 4.6)}$$

$$fc \text{ rata-rata} = 0,02 + 0,01 \cdot \frac{3}{2}$$

$$fc = 0,0575$$

Dimana apabila nilai *fc* lebih dari 1, maka diambil nilai *fc* adalah 1 (maksimal harga *fc* rata-rata = 1)

$$Ic \text{ (rata-rata)} = 275.375 \text{ m}^2 \cdot 0,0575 \cdot 0,100 \text{ A/m}^2$$

$$Ic \text{ (rata-rata)} = \mathbf{1,5834 \text{ A}}$$

Berat Anoda Total (Anode Mass Calculation)

$$M = \frac{I_c \text{ (rata-rata)} \cdot t \cdot 8760}{u \cdot \mathcal{E}}$$

Dimana :

$$\mathcal{E} = 700 \text{ Ah/kg}$$

$$Ic \text{ (rata-rata)} = 1,5834 \text{ A}$$

$$t_f = 3 \text{ tahun}$$

$$u = 0,85$$

$$M = \frac{1,5834 \times 3 \times 8760}{0,85 \times 700} \text{ kg}$$

$$M = \frac{41611,752}{595} \text{ kg}$$

$$M = \mathbf{69,94 \text{ kg}}$$

Jumlah Anoda Terumpan Zn yang diperlukan

Dimana ukuran anoda ZN adalah

$$\text{Panjang} = 29 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar} = 14 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal} = 4,0 \text{ cm}$$

Berat = 2,5 kg
 Dari data yang ada maka dapat diketahui banyaknya anoda Zn yang dibutuhkan adalah :

$$\frac{69,94}{2,5} = 27,97 \text{ buah}$$

Jadi jumlah anoda terumpan yang diperlukan adalah 28 buah

Penambahan anoda untuk tempat – tempat kritis dan untuk factor keamanan sebesar 10 %

Maka jumlah seluruh anoda terumpan yang diperlukan berjumlah 30 buah

Jarak Anoda Terumpan

Jadi 30 buah anoda terumpan dibagi menjadi 2, masing masing untuk bagian lambung kanan dan bagian lambung kiri.

Panjang kapal yang tercelup air (*Lwl*) : jumlah anoda terumpan, maka

$$\frac{22,51}{15} = 1,50 \text{ m}$$

Menghitung Keluaran Arus Anoda

$$I_s = \frac{E^{\circ}c - E^{\circ}a}{Ra}$$

$$E^{\circ}a = -1,00 \text{ V}$$

$$Ra = \frac{\rho}{2..S}$$

Dimana :

$$\rho = 1,5 \text{ (ohm.m)}$$

$$S = 32,2 \text{ cm}$$

$$= 0,322 \text{ m}$$

Maka :

$$Ra = \frac{1,5}{2.0,322}$$

$$Ra = 2,33$$

$$E^{\circ}c = -0.80 \text{ V}$$

$$I_s = \frac{-0,80 - (-0,1,0)}{2,33}$$

$$I_s = -0,3$$

Perhitungan Anoda Terumpan Jenis Aluminium Anode yang Diaplikasikan Pada Tug Boat MARINER

Perhitungan luas lambung kapal dibawah garis air yang akan diproteksi adalah sebagai berikut

$$S = (1,7 T + 0.7 B) \times Lpp$$

(*Reff* : *Diktat Reparasi Kapal BKI Surabaya 2002 : hal 31*)

Dimana :

$$Lpp : 30,30 \text{ m}$$

$$Lwl : 24,25 \text{ m}$$

$$B : 9,50 \text{ m}$$

$$T : 3,00 \text{ m}$$

Sehingga :

$$S = \{ (1,7 \times 3,00) + (0,7 \times 9,50) \} \times 30,30$$

$$= (5,1 + 6,65) \times 30,30$$

$$= 356,025 \text{ m}^2$$

Pengecatan (Coating) Kapal :

Pengecatan (*Coating*) pada biasanya memakai satu lapis / layer dengan ditambah 2 lapis *intermediate / top coats*, minimum 300 μm nominal DFT (*Dry Film Thickness*) *Category III* dengan umur pelapisan adalah selama 3 tahun.

Jenis anoda yang digunakan untuk Tug Boat MARINER adalah Anoda Aluminium (Al) :

Tipe elongated flush mounted tanpa backfill dengan $L > 4$ kali lebar dan tebal.

Resistivitas air laut :

Pada *DNV RPB 401 6.8* tentang *resistivitas* dimana temperatur air antara 7°C sampai dengan 12°C, maka nilai *resistivitas* anantara 0,3 dan 1,5 (*ohm.m*). Dalam hal ini diambil **1,5 ohm.m**.

Umur proteksi :

Umur proteksi yang diperlukan adalah 3 tahun karena sesuai peraturan BKI selama **3 tahun** minimal kapal harus docking atau naik dock satu kali.

Keperluan arus proteksi :

Dari tabel *DNV RPB 401* tabel 4.1, dimana desain arus menurut iklim sedang dan kedalaman 0 meter – 30 meter dengan temperatur 7°C – 12° C, maka nilai keperluan arus proteksinya adalah 0,100 A/m^2 .

Permintaan Arus / Keperluan Arus Total (Ic)

$$Ic \text{ (rata-rata)} = Ac \cdot fc \text{ (rata-rata)} \cdot ic$$

Dimana :

$$Ac = 356,025 \text{ m}^2$$

$$ic = 0,100 \text{ A/m}^2$$

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

dimana :

$$t_f = 3 \text{ tahun}$$

$$k_1 = 0,02 \quad (\text{DNV RPB 401 tabel 4.6})$$

$$k_2 = 0,015 \quad (\text{DNV RPB 401 tabel 4.6})$$

$$fc \text{ rata - rata} = 0,02 + 0,015 \cdot \frac{3}{2}$$

$$fc = 0,0575$$

Dimana apabila nilai fc lebih dari 1, maka diambil nilai fc adalah 1 (maksimal harga fc rata - rata = 1)

$$I_c \text{ (rata - rata)} = 356,025 \text{ m}^2 \cdot 0,0575 \cdot 0,100 \text{ A/m}^2$$

$$I_c \text{ (rata - rata)} = \mathbf{2,0471 \text{ A}}$$

Berat Anoda Total (Anode Mass Calculation)

$$M = \frac{I_c \text{ (rata - rata)} \cdot t \cdot 8760}{u \cdot \mathcal{E}}$$

Dimana:

$$\mathcal{E} = 2000 \text{ Ah/kg}$$

$$I_c \text{ (rata-rata)} = 2,0471 \text{ A}$$

$$t_f = 3 \text{ tahun}$$

$$u = 0,85$$

$$M = \frac{2,0471 \times 3 \times 8760}{0,85 \times 2000} \text{ kg}$$

$$M = \frac{53797,79}{1700} \text{ kg}$$

$$M = \mathbf{31,65 \text{ kg}}$$

Jumlah Anoda Terumpan Al yang diperlukan

Dimana ukuran anoda Al adalah

$$\text{Panjang} = 29 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar} = 14 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal} = 4,0 \text{ cm}$$

$$\text{Berat} = 2,0 \text{ kg}$$

Dari data yang ada maka dapat diketahui banyaknya anoda Al yang dibutuhkan adalah :

$$\frac{31,65}{2,0} = 15,82 \text{ buah}$$

Jadi jumlah anoda terumpan yang diperlukan adalah 16 buah

Penambahan anoda untuk tempat - tempat kritis dan untuk factor keamanan sebesar 10 %

Maka jumlah seluruh anoda terumpan yang diperlukan berjumlah 18 buah

Jarak Anoda Terumpan

Jadi 18 buah anoda terumpan dibagi menjadi 2, masing masing untuk bagian lambung kanan dan bagian lambung kiri.

Panjang kapal yang tercelup air (L_{wl}): jumlah anoda terumpan, maka :

$$\frac{24,25}{9} = 2,69 \text{ m}$$

Menghitung Keluaran Arus Anoda

$$I_s = \frac{E^{\circ}c - E^{\circ}a}{Ra}$$

$$E^{\circ}a = -1,05 \text{ V}$$

$$Ra = \frac{\rho}{2 \cdot S}$$

Dimana :

$$\rho = 1,5 \text{ (ohm.m)}$$

$$S = 32,2 \text{ cm}$$

$$= 0,322 \text{ m}$$

Maka :

$$Ra = \frac{1,5}{2 \cdot 0,322}$$

$$Ra = 2,33$$

$$E^{\circ}c = -0,80 \text{ V}$$

$$I_s = \frac{-0,80 - (-0,10)}{2,33}$$

$$I_s = \mathbf{-0,29}$$

PENUTUP

Kesimpulan

Dengan diuraikannya penggunaan proteksi katodik dengan anoda terumpan (*sacrificial anode*) pada bab sebelumnya, maka penulis dapat menarik kesimpulan sebagai berikut

1. Dalam menghambat tingkat laju korosi dengan penggunaan katodik proteksi dengan jenis:

Anoda	Masa jenis, Kg/d m ³	Potensial(-V), CSE	Tegangan dorong, V	Kapasitas AH/Kg
Zn	7,5	1,05	0,25	780
Al	2,7	1,10	0,25	2700

- 2.a. Pada penggunaan Anoda *Zink* untuk *Tug Boat UNIVERSAL (STARBOARD)*
Interval pengukuran 5 detik s/d 440 detik.
Beda potensial : -1.005 volt s/d -1.025 volt.
- b. Pada penggunaan Anoda *Zink* untuk *Tug Boat UNIVERSAL (PORTSIDE)*
Interval pengukuran 5 detik s/d 440 detik.
Beda potensial : -1.001 volt s/d -1.022 volt.
- c. Pada penggunaan Anoda *Zink* untuk *Tug Boat UNIVERSAL (STERN)*
Interval pengukuran 5 detik s/d 80 detik.
Beda potensial : -1.041 volt s/d -1.055 volt.
- 3.a. Pada penggunaan Anoda *Aluminium* untuk *Tug Boat MARINER (STARBOARD)*
Interval pengukuran 5 detik s/d 440 detik.
Beda potensial : -1.044 volt s/d -1.052 volt.
- b. Pada penggunaan Anoda *Aluminium* untuk *Tug Boat MARINER (PORTSIDE)*
Interval pengukuran 5 detik s/d 440 detik.
Beda potensial : -1.031 volt s/d -1.052 volt.
- c. Pada penggunaan Anoda *Aluminium* untuk *Tug Boat. MARINER (STERN)*
Interval pengukuran 5 detik s/d 80 detik.
Beda potensial : -1.038 volt s/d -1.042 volt.
4. Dengan melihat hasil dari massa jenis, potensialnya, tegangan dorong dan kapasitas dari kedua anoda tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa anoda *Aluminium* lebih efektif dalam memproteksi lambung kapal.

Saran

Karena kegagalan suatu proteksi belum tentu kesalahan pada desain, maka penulis memberikan saran sebagai berikut :

Apabila membeli anoda terumpan, agar diminta mail sertifikat dari pabrik pembuatnya, karena tidak menutup kemungkinan anoda yang digunakan tidak sesuai dengan standard.

Periksalah pemasangan anoda terumpan apakah sudah sesuai dengan desain.

Apabila dirasakan belum yakin bahwa ada keraguan kualitas pada anoda terumpan, agar dimintakan pengujian potensial pada perusahaan atau lembaga yang berkompeten.

DAFTAR PUSTAKA

1. *Bki Rules 1989 Volume Ii Section 38.*
2. *Bs 7361 (1991) "Cathodic Protection Part I, Code Of Practice For Land Marine Application."*
3. *Det Norske Veritas (Dnv) Rp-B401,1993, "Cathodic Protection Design."*
4. *Marshall E Parker And Edward G Peattie "Pipe Line Corroton And Cathodic Protection."*
5. *Nace Rp0169 "Control External Corroton On Under Ground Or Submerged Metallic Piping System."*
6. *Sri Widharto, "Karat Dan Pencegahannya."*
7. *The Marine Technology Directorate Ltd 1990. "Design Andoperational Guidance On Cathodic Protection Of Offshore Structure, Shipping, Subsea Installation Ang Pipe Line.' London.*