

Proteksi Katodik Metoda Anoda Tumbal Untuk Mengendalikan Laju Korosi

Fitri Afriani S, Komalasari, Zultiniar

Laboratorium Konversi Elektrokimia

Program Studi Sarjana Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293
E-mail : afriani.andha@yahoo.com

ABSTRACT

Metal structures are more increasingly used in modern industry. The absence of control or poor control of the corrosion control system, metal structures directly related to the water will be susceptible to corrosion, prevention of corrosion in the marine environment based on the principle of cathodic protection is necessary. Principle of cathodic is protection system on metal surface by means of direct current adequate to the metal surface and convert all of the surface area of the anode becomes cathodic area. This research aims to study the effect of cathodic protection corrosion control, determine and choose the type of anode, size of anode, and number of anode the efficient in use to protect the corrosion. The research plan is conducted with take variation about type of anode such as aluminium mixture and zinc mixture, the size variation of anode and number of anode that are anode and two anode to protect one anode in sea water system and gambut water. Data processing is done by using MPY calculation. In this research to decrease the corrosion rate of steel is better using two amounts of anode from aluminium mixture than using zinc mixture in sea water media, similarly the gambut water. The corrosion rate of steel in sea water without cathodic protection is 4,5657 MPY and in gambut water is 3,9445 MPY. Corrosion rate could be decreased to 1,0511 MPY by using two amounts of aluminium mixture with surface area 49,6 cm² and 1,7704 MPY using two amounts of zinc mixture with surface area 49,6 cm² in sea water and 0,6915 MPY using two amounts of aluminium mixture with surface area 49,6 cm², and 1,0511 MPY using zinc mixture with surface area 49,6 cm² in gambut water.

Keywords : aluminium mixture, cathodic protection, sacrificial anode, zinc mixture

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di masa industri modern, struktur yang berbahan logam semakin banyak digunakan, seperti jaringan pipa, vessel, maupun struktur penyangga bangunan. Tanpa adanya ataupun buruknya sistem pengendalian terhadap korosi,

struktur logam yang langsung berhubungan dengan air akan mudah terserang korosi (Soegiono, 2007).

Korosi merupakan salah satu permasalahan penting yang harus dihadapi oleh berbagai macam sektor industri di Indonesia (Trethewey, 1991). Wilayah Indonesia sebagian besar berupa perairan dan memiliki banyak sekali struktur atau

konstruksi dari bahan logam, terutama besi baja. Konstruksi tersebut selalu berhubungan dengan air sehingga terjadi serangan korosi terhadap struktur - struktur tersebut, yang dapat menimbulkan kerugian yang besar baik dari segi teknis maupun ekonomis (Juliana *et al.*, 1999).

Berbagai metode pencegahan korosi di lingkungan perairan terus dikembangkan. Salah satunya adalah pemakaian anoda tumbal yang bekerja berdasarkan prinsip proteksi katodik. Pemakaian anoda tumbal mempunyai kelebihan diantaranya lebih sederhana, stabil dan biaya perawatan yang lebih rendah (Burhanudin, 2000). Jenis anoda tumbal yang sesuai di lingkungan air adalah anoda tumbal seng dan aluminium yang didasarkan atas pertimbangan kinerja kedua jenis anoda tumbal tersebut.

1.2 Perumusan Masalah

Air yang mengandung garam-garam kalsium dan magnesium dapat menyebabkan korosi pada pipa - pipa distribusi, *boiler*, vessel, *cooling tower*, bahkan struktur pada kapal. Untuk mengatasi permasalahan ini digunakan proteksi katodik metoda anoda tumbal yang menghambat laju korosi. Utami (2009) melakukan penelitian dengan metode anoda tumbal dalam lingkungan *aqueous* menggunakan anoda jenis aluminium dan seng. Hasilnya berdasarkan kehilangan berat, anoda tumbal aluminium mampu menurunkan laju korosi baja sampai dengan 82% dan seng 50%. Juliana *et al.* (1999) meneliti anoda tumbal dalam lingkungan air laut dengan menggunakan anoda paduan aluminium dan paduan seng, dimana hasilnya membuktikan bahwa

paduan aluminium menghasilkan arus galvanik dan kapasitas anoda yang lebih besar daripada paduan seng. Demikian pula efisiensi paduan aluminium lebih baik daripada paduan seng. Setyawan *et al.* (2010) menganalisa perlindungan katodik untuk sistem pertanahan pada baja menggunakan anoda magnesium dan seng. Hasilnya, sistem perlindungan katodik yang sesuai pada struktur pertanahan adalah jenis anoda magnesium dengan arus keluaran 0,007243 A, sedangkan seng menghasilkan arus keluaran 0,008134 A.

Dari beberapa literatur mengenai proteksi katodik dengan metode anoda tumbal tersebut, pada penelitian ini akan dilakukan dengan beberapa variasi untuk mengetahui kemampuan anoda tumbal dalam mengendalikan laju korosi.

1.3 Tujuan Penelitian

- Mempelajari pengaruh proteksi katodik dalam mengendalikan korosi.
- Menentukan dan memilih jenis anoda yang lebih efisien dalam penggunaannya untuk mengendalikan korosi.
- Menentukan dan memilih ukuran dan jumlah anoda tumbal yang terbaik.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk menentukan jenis anoda tumbal yang terbaik untuk menghambat laju korosi pada logam besi baja, ukuran dan jumlah anoda yang lebih efisien dalam perlindungan terhadap laju korosi, dan dapat dijadikan sebagai bahan bacaan/ literatur mengenai proteksi katodik metoda anoda tumbal.

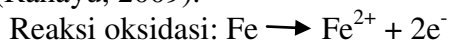
1.5 Batasan Masalah

Pembahasan tentang pengendalian laju korosi pada logam menggunakan anoda tumbal paduan aluminium dan paduan seng dengan media yang digunakan adalah air laut dari Bengkalis dan air gambut dari sungai Siak, dengan katoda berupa besi baja pada perbandingan logam yang telah ditentukan dengan jarak spesimen 3 cm.

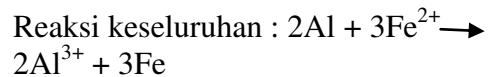
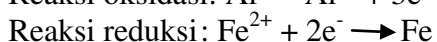
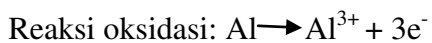
II. LANDASAN TEORI

a. Korosi

Korosi adalah penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya (Trethewey, 1991). Sebuah unsur besi (Fe) yang teroksidasi (melepaskan elektron) lama kelamaan akan rapuh bahkan habis. Reaksi oksidasi Fe sebagai berikut (Rahayu, 2009):



Suatu korosi dapat terjadi apabila memiliki anoda, katoda, media elektrolit, adanya arus listrik akibat pergerakan elektron (Chodijah, 2008). Masalah korosi bukan hanya sebatas larutan yang asam saja, tetapi masalah komponen – komponen dari suatu struktur atau bagian – bagian suatu mesin yang menggunakan lebih dari satu jenis logam ataupun non-logam. Dua logam yang berdekatan atau dalam satu lingkungan basah, dan mempunyai beda potensial yang jauh, maka terciptalah daerah anoda dan katoda di kedua logam tersebut yang biasa disebut reaksi dwi logam (Iswanto, 2011). Reaksi oksidasi dan reduksi berikut (Rahayu, 2009):



Tampak pada reaksi Al mengalami oksidasi (pelepasan elektron) dan Fe mengalami reduksi (penerimaan elektron), kondisi tersebut bisa terjadi karena kedua logam memiliki beda potensial dengan harga potensial Al adalah -1,67 volt, dan harga potensial Fe adalah -0,44 volt (Tabel 2.1). Jadi logam yang memiliki harga potensial yang lebih negatif akan lebih mudah teroksidasi.

2.2 Lingkungan Korosi

Ada beberapa pengaruh lingkungan korosi secara umum, yaitu sebagai berikut (Nova dan Nurul, 2012):

- Lingkungan air. Air atau uap air dalam jumlah sedikit atau banyak akan mempengaruhi tingkat korosi pada logam.
- Lingkungan udara. Temperatur, kelembaban relatif, partikel - partikel abrasif, dan ion - ion agresif yang terkandung dalam udara sekitar sangat mempengaruhi laju korosi.
- Lingkungan asam, basa, dan garam. Pada lingkungan air laut, dengan konsentrasi NaCl atau jenis garam - garam lain seperti KCl bervariasi akan menyebabkan laju korosi logam cepat.

2.3 Faktor yang Mempengaruhi Korosi

Korosi pada permukaan suatu logam dapat dipercepat oleh beberapa faktor, antara lain (Widharto, 2001):

- Kontak langsung antara logam dengan H₂O dan O₂.
- Keberadaan zat pengotor.
- Kontak dengan elektrolit
- Temperatur

5. pH
6. Mikroba

2.4 Prinsip - Prinsip Dasar Pengendalian Korosi

Pengendalian korosi bisa dilakukan dengan berbagai cara, yaitu (Trethewey, 1991): modifikasi rancangan, modifikasi lingkungan, pemberian lapisan pelindung, pemilihan bahan, dan proteksi katodik.

Metode pengendalian selalu harus menjadi bagian dari konsep perancangan secara keseluruhan, jadi sama kedudukannya dengan parameter - parameter perancangan lain seperti perhitungan tegangan, lelah, dan teknik - teknik fabrikasi (Trethewey, 1991).

2.4.1 Proteksi Katodik

Proteksi katodik adalah sistem perlindungan permukaan logam dengan cara melalukan arus searah yang memadai ke permukaan logam dan mengkonversikan semua daerah anoda di permukaan logam menjadi daerah katoda. Sistem ini hanya efektif untuk sistem - sistem yang terbenam dalam air atau di dalam tanah. Sistem perlindungan ini telah berhasil mengendalikan proses korosi untuk kapal - kapal laut, struktur pinggir pantai, instalasi pipa dan tangki bawah tanah atau laut, dan sebagainya. Cara pemberian arus searah dalam sistem proteksi katodik ada dua, yaitu (Chodijah, 2008):

a. Cara arus tanding.

Keuntungan:

- Jika tersedia cukup tegangan listrik maka arus proteksi dapat ditingkatkan sesuai yang diinginkan, selama material anoda tetap berfungsi.
- Tegangan tidak perlu besar walaupun ada kehilangan

karena tahanan, karena hal ini dapat diatur dengan meningkatkan arus.

Kerugian:

- Membutuhkan pembangkit arus DC yang tersedia cukup dan kontinyu, apabila terputus maka laju korosi akan meningkat dari semestinya.
- Harus selalu memperhatikan arah arus yang diberikan agar tidak terbalik.
- Membutuhkan pengawasan tenaga ahli.
- Anodanya harus tersekat dan tahan air jika pencelupannya memungkinkan terjadinya korosi pada bagian sekatnya.
- Sistem arus tanding dengan anoda dari logam - logam inert harus ada pelindung arus.

b. Cara anoda tumbal.

Keuntungan:

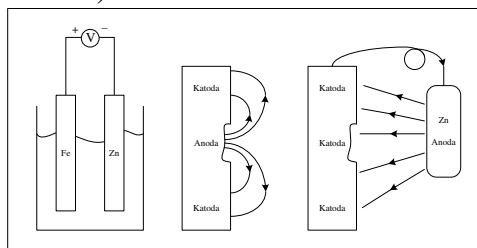
- Dapat digunakan walaupun tidak ada sumber listrik dari luar.
- Tidak mengeluarkan tambahan biaya untuk pemakaian alat - alat listrik.
- Sangat mudah pengawasannya sehingga tidak dibutuhkan orang yang benar - benar ahli.
- Arus tidak mungkin mengalir pada arah yang salah sehingga proteksi benar - benar terjadi.
- Pemasangan anoda korban sederhana.

Kerugian:

- Arus yang tersedia bergantung pada luasan anoda, tentunya bersifat lebih konsumtif bila struktur yang diproteksi sangat besar.

- **Proteksi Katodik Metoda Anoda Tumbal**

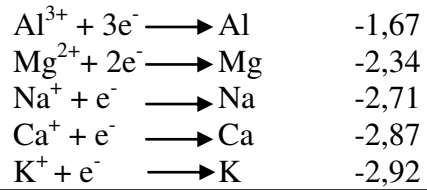
Proteksi katodik metoda anoda tumbal adalah suatu penanggulangan korosi yang memanfaatkan deret galvanik untuk memilih suatu bahan yang bila digandengkan dengan logam yang ingin dilindungi, akan menjadi anoda (Trethewey, 1991). Gambar 2.1 memperlihatkan contoh proteksi katodik metoda anoda tumbal. Karena bahan yang paling sering membutuhkan perlindungan adalah besi baja, maka dapat dilihat dari deret galvanik bahwa semua logam yang potensialnya lebih aktif dibanding besi baja, menurut teori dapat digunakan (Tabel 2.1 menunjukkan deret potensial standar).



Gambar 2.1 Proteksi Katodik Metoda Anoda Tumbal (Trethewey, 1991)

Tabel 2.1 Potensial Elektroda Standar

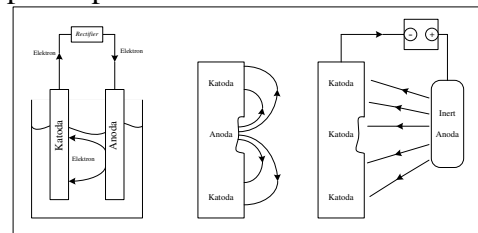
Raksi Elektroda	E^0 (volt)
$\text{Au}^+ + e^- \longrightarrow \text{Au}$	+1,68
$\text{Pt}^{2+} + 2e^- \longrightarrow \text{Pt}$	+1,20
$\text{Hg}^{2+} + 2e^- \longrightarrow \text{Hg}$	+0,85
$\text{Ag}^+ + e^- \longrightarrow \text{Ag}$	+0,80
$\text{Cu}^{2+} + 2e^- \longrightarrow \text{Cu}$	+0,34
$2\text{H}^+ + 2e^- \longrightarrow \text{H}_2$	0,00
$\text{Pb}^{2+} + 2e^- \longrightarrow \text{Pb}$	-0,13
$\text{Sn}^{2+} + 2e^- \longrightarrow \text{Sn}$	-0,14
$\text{Ni}^{2+} + 2e^- \longrightarrow \text{Ni}$	-0,25
$\text{Cd}^{2+} + 2e^- \longrightarrow \text{Cd}$	-0,40
$\text{Fe}^{2+} + 2e^- \longrightarrow \text{Fe}$	-0,44
$\text{Cr}^{3+} + 3e^- \longrightarrow \text{Cr}$	-0,71
$\text{Zn}^{2+} + 2e^- \longrightarrow \text{Zn}$	-0,76



Sumber : Trethewey, 1991

- **Proteksi Katodik Arus Terpasang (ICCP)**

Proteksi katodik menggunakan arus terpasang tidak jauh berbeda dengan metoda anoda tumbal, hanya saja ada beberapa bagian yang tidak dimiliki oleh sistem anoda tumbal seperti *rectifier* dan juga anoda yang tidak akan termakan (Gambar 2.2). *Rectifier* mengubah catu arus searah yang tersedia secara lokal menjadi arus searah dengan tegangan yang dibutuhkan. Catu daya tersebut biasanya dibuat khusus untuk setiap penerapan.



Gambar 2.4 Proteksi Katodik Metoda Arus Terpasang (Trethewey, 1991)

Terkadang anoda terbuat dari sepotong besar besi baja tua yang perlahan-lahan akan termakan akibat proses pelarutan anoda yang normal. Saat ini penggunaan anoda - anoda yang dapat termakan di tempat yang tertimbun lumpur atau pasir di dasar laut, karena pelepasan gas dari reaksi anoda tidak termakan bisa terhambat (Trethewey, 1991). Kebanyakan sistem ICCP (*Impressed Current Cathodic Protection*) modern menggunakan bahan anoda seperti paduan timbal atau perak, titanium, platina, dan niobium platina.

III. Metodologi Penelitian

- 1) Persiapan spesimen anoda tumbal dan katoda besi baja

Spesimen katoda berupa besi baja dalam bentuk plat dengan ukuran 7 x 5 x 0,19 cm, anoda dalam bentuk plat jenis paduan seng dan paduan aluminium dengan ukuran bervariasi yaitu 2 x 3 x 0,08 cm; 3 x 4 x 0,08 cm; dan 4 x 6 x 0,08 cm. Tabel 3.1 menunjukkan komposisi kimia kedua jenis anoda tumbal tersebut.

Tabel 3.1 Komposisi Kimia Anoda Tumbal Paduan Seng dan Paduan Aluminium.

Paduan seng* (C-sentry) ⁺	Paduan Aluminium (Galvalum) ⁺⁺
Al: 0,4 – 0,6	Al: sisa
Cd: 0,075 – 0,125	Cu: < 0,006
Cu: < 0,003	Fe: < 0,1
Fe: < 0,0014	Hg: 0,02 – 0,05
Pb: < 0,15	Si: 0,11 – 0,21
Si: < 0,125	Zn: 0,3 – 0,5
Zn: sisa	lain-lain: < 0,02

Sumber : Trethewey, 1991

Pada setiap spesimen diberi lubang berdiameter 0,25 cm, kemudian dilakukan pembersihan menggunakan etanol 96%. Kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C. Selanjutnya dimasukkan ke dalam desikator untuk mengisolasi spesimen dari pengaruh uap air yang ada di lingkungan, kemudian ditimbang berat awalnya (W_0).

- 2) Melakukan pengujian korosi.

Pengujian korosi dilakukan dengan metode uji celup pasangan anoda dan katoda yang dihubungkan dengan kawat baja 3 cm. Spesimen di rendam selama 15 hari dalam air laut dan air gambut. Setelah

perendaman, spesimen dicuci dengan menggunakan etanol 96% dan dikeringkan dalam oven, selanjutnya didinginkan di dalam desikator sekaligus untuk mengisolasi dari pengaruh uap air di lingkungan sekitar. Kemudian ditimbang berat akhir dengan menggunakan neraca analitik. Kehilangan berat dari spesimen (W_f) dipakai menjadi perhitungan laju korosinya.

- 3) Cara analisa

Rumus untuk menghitung laju korosi (MPY) berdasarkan berat sampel spesimen korosi yang hilang (NACE Standard, 1999) adalah sebagai berikut:

$$MPY = \frac{(\Delta W - 0,0017) \times 365}{A \times \rho \times \text{total hari} \times 0,00254} \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan:

ΔW = selisih berat spesimen yang hilang (gr)

0,0017 = faktor koreksi dari spesimen

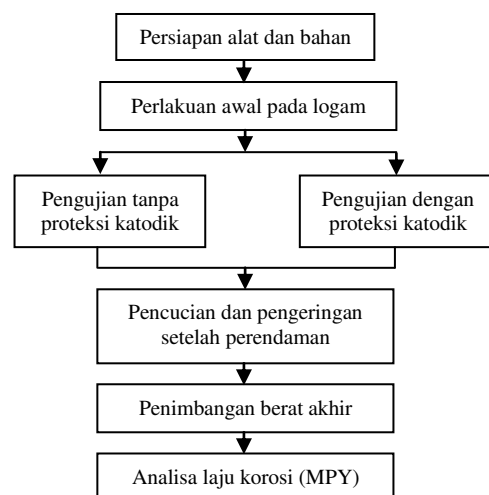
365 = lama hari dalam satu tahun

0,00254 = konversi dari cm ke mills

A = luas permukaan spesimen (cm²)

ρ = berat jenis spesimen (gr/ cm³)

3.1 Diagram Alir Penelitian



IV. Hasil dan Pembahasan

4.1 Laju Korosi Besi Baja Tanpa Proteksi Katodik Anoda Tumbal

Hasil uji celup besi baja pada dua pelarut berbeda, yaitu air laut dan air gambut tanpa proteksi katodik metode anoda tumbal, menunjukkan adanya perbedaan kehilangan berat yang berbeda, seperti terlihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.1 Laju Korosi Besi Baja Tanpa Proteksi Katodik

Jenis pelarut	Laju Korosi (MPY)
Air laut	4,5657
Air Gambut	3,9445

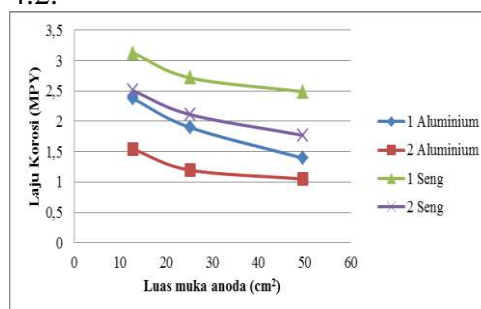
Dari Tabel 4.1 dapat dilihat laju korosi besi baja pada air laut dan air gambut. Laju korosi besi baja pada air laut lebih besar daripada laju korosi besi baja pada air gambut, hal ini disebabkan karena adanya kandungan NaCl pada air laut yang dapat meningkatkan laju korosi pada besi baja. Ion Cl^- yang berperan dalam proses korosi bekerja dengan cara memecahkan lapisan pasif atau mencegah lapisan pasif terbentuk pada permukaan besi baja (Juliana *et al.*, 1999). Sedangkan pada air gambut terdapat unsur organik yang sangat kompleks yang dapat membentuk lapisan pasif sehingga laju korosi sedikit lebih lambat dibandingkan pada air laut (Kusnaedi, 2006).

Menurut teori penyerapan, saat bersentuhan dengan permukaan logam, ion Cl^- cenderung melarutkan ion-ion logam dan memudahkan ion-ion tersebut masuk ke larutan. Dengan kata lain, ion Cl^- yang terserap dapat meningkatkan perpindahan arus untuk pelarutan anodik logam-logam yang menyebabkan besi tidak mudah

terpasivasi secara anodik dalam larutan yang banyak mengandung ion Cl^- (Trethewey, 1991).

4.2 Laju Korosi Besi Baja Menggunakan Proteksi Katodik Anoda Tumbal

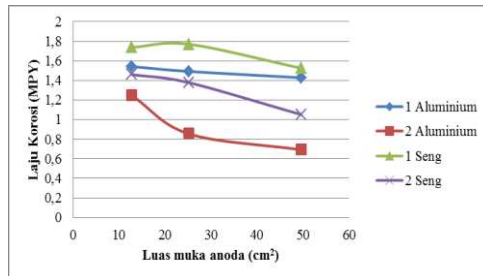
Besi baja yang bertindak sebagai katoda (logam yang dilindungi) mengalami korosi, tetapi laju korosi besi baja yang diberikan perlindungan dengan logam yang berfungsi sebagai anoda yang dikorbankan (anoda tumbal) memiliki laju korosi yang lebih lambat bila dibandingkan dengan laju korosi besi baja yang tidak diberikan perlindungan dengan anoda tumbal (Juliana *et al.*, 1999). Perlambatan laju korosi pada besi baja menggunakan anoda tumbal paduan aluminium dan paduan seng dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.



Gambar 4.1 Laju Korosi Besi Baja Menggunakan Proteksi Katodik dengan Anoda Paduan Aluminium dan Paduan Seng pada Media Air Laut

Dari Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa besi baja yang dilindungi paduan aluminium memiliki ketahanan laju korosi yang lebih baik bila dibandingkan dengan struktur yang dilindungi oleh paduan seng. Dari segi perbandingan luas muka antara anoda dan katoda, dengan bertambahnya arus galvanik dari

anoda berarti bertambah pula perlindungan yang dapat diberikan pada permukaan katoda (Juliana *et al.*, 1999).



Gambar 4.2 Laju Korosi Besi Baja Menggunakan Proteksi Katodik dengan Anoda Paduan Aluminium dan Paduan Seng pada Media Air Gambut

Dengan luas muka 12,8 cm², 1 paduan aluminium pada media air laut dapat menurunkan laju korosi besi baja menjadi 2,3752 MPY; luas muka 25,12 cm² dapat menurunkan laju korosi besi baja menjadi 1,9011 MPY; dan luas muka 49,6 cm² dapat menurunkan laju korosi besi baja menjadi 1,3944 MPY. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan 4.3.

Tabel 4.2. Persentase Laju Korosi Besi Baja dengan Menggunakan Anoda Tumbal pada Air Laut

Luas muka anoda (cm ²)	% Laju Korosi Besi Baja pada Air Laut			
	1 Aluminium	2 Aluminium	1 Seng	2 Seng
12,80	0,52	0,69	0,38	0,48
25,12	0,62	0,77	0,46	0,55
49,60	0,72	0,8	0,5	0,6

Tabel 4.3. Persentase Laju Korosi Besi Baja dengan Menggunakan Anoda Tumbal pada Air Gambut

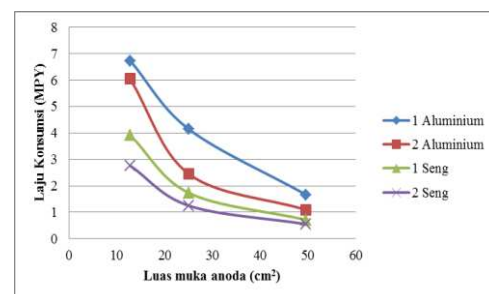
Luas muka anoda (cm ²)	% Laju Korosi Besi Baja pada Air Gambut			
	1 Aluminium	2 Aluminium	1 Seng	2 Seng
12,80	0,64	0,76	0,63	0,7
25,12	0,68	0,8	0,65	0,72
69,60	0,7	0,84	0,66	0,79

Selain luas muka anoda, jenis anoda juga dapat mempengaruhi laju korosi pada besi baja. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2. Anoda berupa paduan aluminium dapat mengurangi laju korosi besi baja pada air laut dan air gambut lebih besar dibandingkan dengan anoda berupa paduan seng. Jumlah anoda juga mempengaruhi laju korosi, dimana paduan aluminium yang berjumlah 2 pada 1 katoda lebih baik perlindungannya terhadap korosi dibandingkan dengan 1 paduan aluminium pada 1 katoda, begitu juga dengan seng.

4.3 Perbandingan Kinerja Anoda Tumbal Paduan Aluminium dan Paduan Seng

4.3.1 Perbandingan Kinerja Anoda Tumbal pada Air Laut

Anoda tumbal pada proteksi katodik digunakan untuk menekan laju korosi pada katoda yang dilindungi. Dalam melindungi katoda, anoda mengalami korosi yang dapat menghilangkan berat dari anoda itu sendiri. Kehilangan berat dari anoda tumbal pada media air laut dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Laju Konsumsi 1 Anoda Tumbal Untuk 1 Katoda pada Media Air Laut

Pada anoda tumbal dan katoda yang dilindungi, terbentuk *mill scale* yang terdiri dari tiga lapisan. Lapisan luar adalah Fe₂O₃, lapisan tengah Fe₃O₄ dan FeO, sedangkan lapisan

yang paling dekat dengan spesimen adalah FeO dan Fe. Lapisan terbentuk karena adanya transfer arus galvanik dari anoda ke katoda, begitu juga sebaliknya (Srijono, 2006).

Anoda tumbal melindungi katoda dengan cara memberikan arusnya ke katoda yang disebut dengan arus galvanik. Anoda yang berpotensi lebih negatif dapat melindungi spesimen yang lebih positif dengan melakukan pertukaran ion. Anoda dan katoda saling melepaskan ionnya. Pertukaran ion yang terjadi pada spesimen dapat membentuk lapisan yang akan mengganggu proses masuknya oksigen ke permukaan katoda sehingga dapat memperlambat proses korosi (Juliana *et al.*, 1999).

Dari Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa laju korosi dari paduan aluminium lebih besar dibandingkan dengan paduan seng pada luas muka yang sama. Hal ini disebabkan karena potensial proteksi besi baja oleh paduan aluminium lebih negatif daripada yang dihasilkan oleh paduan seng. Demikian pula arus galvanik yang dihasilkan paduan aluminium lebih besar daripada paduan seng. Hal ini dapat terjadi karena pada paduan seng terdapat pengotor (*impurities*), seperti besi, tembaga dan timbal. Unsur yang paling berpengaruh adalah besi karena kelarutannya dalam seng sangat rendah yaitu kurang dari 0,0014% (Juliana *et al.*, 1999).

Paduan aluminium dengan penambahan seng akan mencegah terbentuknya lapisan oksida merata pada permukaan aluminium yang dapat membatasi arus galvanik antara anoda dan katoda. Penambahan komposisi seng sampai dengan 5% akan menghasilkan potensial proteksi yang lebih negatif. Dari penjelasan

ini diketahui bahwa laju korosi paduan aluminium lebih besar daripada laju korosi paduan seng (Juliana *et al.*, 1999).

Dari Gambar 4.3 juga dapat dilihat bahwa semakin banyak jumlah anoda yang digunakan dalam melindungi katoda, maka laju korosi anoda akan semakin kecil dan laju korosi katoda yang dilindungi semakin besar. 1 anoda tumbal paduan aluminium dengan luas muka $12,8 \text{ cm}^2$ akan mengalami kehilangan berat sebesar 6,7360 MPY untuk melindungi besi baja sehingga laju korosi besi baja berkurang menjadi 2,3752 MPY. Sedangkan 2 anoda tumbal paduan aluminium dengan luas yang sama ($12,8 \text{ cm}^2$) mengalami kehilangan berat sebesar 6,0430 MPY untuk mengurangi laju korosi besi baja menjadi 1,5415 MPY.

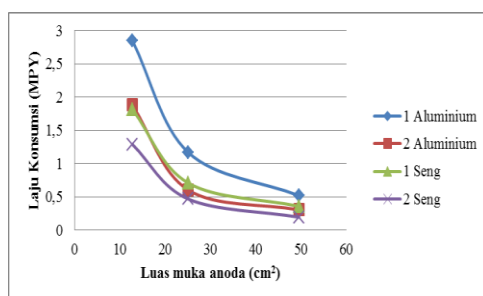
Pada Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa perlindungan 2 anoda tumbal pada 1 plat katoda dengan luas $12,8 \text{ cm}^2$ memberikan perlindungan yang lebih baik dibandingkan 1 anoda dengan luas $25,12 \text{ cm}^2$ pada masing – masing anoda tumbal yang digunakan. Hal ini disebabkan karena semakin banyaknya sisi-sisi dari anoda yang dapat melindungi katodanya. Semakin banyak sisi-sisi dari anoda yang melindungi katoda, maka akan semakin baik perlindungan yang diberikan anoda ke katoda. Dalam transver arus galvanik, anoda yang memiliki potensial lebih negatif memiliki kinerja yang lebih baik dalam melindungi katoda (Sulistioso, 2004).

4.3.2 Perbandingan Kinerja Anoda Tumbal pada Air Gambut

Perlindungan katoda menggunakan proteksi katodik metode anoda tumbal pada air gambut hampir sama dengan air laut, hanya saja laju korosi pada air gambut lebih lambat dibandingkan laju korosi pada air laut. Hal ini disebabkan karena pada air gambut terdapat unsur organik yang kompleks sehingga terbentuk lapisan pasif yang dapat menyebabkan laju korosi lebih lambat dibandingkan pada air laut (Kusnaedi, 2006).

Warna coklat kemerahan pada air gambut merupakan akibat dari tingginya kandungan zat organik (bahan humus) terlarut terutama dalam bentuk asam humus dan turunannya (Kusnaedi, 2006). Adanya kandungan zat organik ini menyebabkan tidak adanya unsur elektrolit pada pelarut, sehingga tidak terbentuk gelembung udara yang dihasilkan dari aliran listrik katoda dan anoda tumbal.

Kehilangan berat dari katoda dan anoda dapat dihitung dengan persamaan 3.1. kehilangan berat dari anoda (laju konsumsi anoda) untuk melindungi katoda dari korosi dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Laju Konsumsi 1 Anoda Tumbal Untuk 1 Katoda pada Media Air Gambut

Dari Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa laju konsumsi paduan

aluminium lebih besar dibandingkan dengan paduan seng. Hal ini disebabkan karena potensial proteksi besi baja oleh paduan aluminium lebih negatif daripada yang dihasilkan oleh paduan seng. Demikian pula arus galvanik yang dihasilkan paduan aluminium lebih besar daripada paduan seng (Juliana *et al.*, 1999).

Kandungan organik yang terdapat pada air gambut dapat membentuk bekas - bekas korosi pada anoda yang melindungi katoda. Korosi pada anoda tidak bereaksi dengan zat yang terdapat di air gambut, sehingga selain kehilangan berat pada anoda juga terbentuk goresan-goresan korosi. Hal ini berbeda dengan korosi yang terjadi di air laut. Pada air laut, spesimen anoda tidak mengalami bentuk korosi, tetapi hanya mengalami kehilangan berat. Korosi pada anoda akan bereaksi dengan kandungan Cl^- yang terdapat pada air laut, sehingga anoda hanya mengalami kehilangan berat saja (Juliana *et al.*, 1999).

Semakin banyak jumlah anoda yang digunakan dalam melindungi katoda, maka laju korosi anoda akan semakin kecil dan laju korosi pada katoda semakin berkurang. Laju korosi 1 paduan aluminium lebih besar dibandingkan laju korosi menggunakan 2 paduan aluminium. Pada Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa 1 paduan aluminium dapat mengurangi laju korosi besi baja menjadi 1,5415 MPY dengan luas muka 12,8 cm² dan 1,2473 MPY jika menggunakan 2 paduan aluminium pada luas muka yang sama. Berdasarkan kemampuan kinerja dari anoda, 2 paduan anoda lebih baik dibandingkan 1 paduan anoda dengan luas muka setara dengan 2 anoda. Pada luas muka 12,8

cm² dengan 2 paduan aluminium, laju korosi dapat diturunkan menjadi 1,2473 MPY, sedangkan pada 1 paduan aluminium dengan luas muka lebih besar (25,12 cm²) laju korosi besi baja dapat diturunkan menjadi 1,4925 MPY. Hal ini disebabkan karena semakin banyaknya sisi-sisi dari anoda yang dapat melindungi katodanya sehingga semakin baik perlindungan yang diberikan anoda ke katoda. Dalam transver arus galvanik, anoda yang memiliki potensial lebih negatif memiliki kinerja yang lebih baik dalam melindungi katoda (Sulistioso, 2004).

V. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Laju korosi besi baja tanpa bantuan proteksi katodik pada media air laut adalah 4,5657 MPY, sedangkan pada air gambut adalah 3,9445 MPY. Laju korosi dapat diturunkan menjadi 1,0551 MPY menggunakan dua buah paduan aluminium dengan luas muka 49,6 cm², dan 1,7704 MPY menggunakan dua buah paduan seng dengan luas muka 49,6 cm² pada air laut dan 0,6915 MPY menggunakan dua buah paduan aluminium dengan luas muka 49,6 cm², dan 1,0511 MPY menggunakan dua buah paduan seng dengan luas muka 49,6 cm² pada air gambut.
2. Anoda tumbal berupa paduan aluminium lebih baik dalam melindungi katoda dibandingkan dengan paduan seng karena potensial proteksi besi baja oleh

paduan aluminium lebih negatif daripada yang dihasilkan oleh paduan seng.

3. Semakin besar luas muka dari anoda dan semakin banyak jumlah anoda yang digunakan dalam melindungi katoda, maka laju korosi pada katoda yang dilindungi semakin berkurang.

5.2 Saran

Untuk penelitian lebih lanjut sebaiknya:

1. Perlu dilakukan proteksi katodik dengan memvariasikan jarak antara anoda dengan katoda untuk mendapatkan jarak optimal dalam melindungi besi baja dari korosi.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan jumlah anoda yang optimum dalam mengendalikan korosi pada katoda.

DAFTAR PUSTAKA

- Burhanudin, M. 2000. Analisa Teknis dan Ekonomis Perlindungan Korosi Menggunakan Sistem *Sacrificial Anode* dan *Impressed Current Cathodic Protection* pada Kapal. *Skripsi*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Chodijah, S. 2008. Efektivitas Penggunaan Pelapis. *Skripsi*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Iswanto, T. 2011. Efektivitas Penggunaan Proteksi Katodik Arus Tanding. *Skripsi*. Universitas Riau. Pekanbaru

- Juliana, A., S. Tjitro, dan V. Rizal. 1999. Studi Perbandingan Kinerja Anoda Korban Paduan Aluminium dengan Paduan Seng dalam Lingkungan Air Laut. *Jurnal Universitas Kristen Petra* 2(1): 89-99
- Kusnaedi. 2006. *Mengolah Air Gambut dan Air Kotor Untuk Air Minum*. 2nd ed. PT. Penebar Swadaya. Jakarta.
- NACE Standard. 1999. *Preparation, Installation, Analysis, and Interpretation of Corrosion Coupons in Oilfield Operations*. NACE International. Houston.
- Nova, S.M.K dan N. Misbah. 2012. Analisis Pengaruh Salinitas dan Suhu Air Laut terhadap Laju Korosi Baja pada Pengelasan SMAW. *Jurnal Institut Teknologi Sepuluh Nopember* 1(ISSN): 2301-9271
- Rahayu, S.S. 2009. Materi Kimia Industri. http://www.chemistry.org/materi_kimia/kimia-industri/utilitas-pabrik/. 22 Maret 2014 (09.00)
- Setyawan, B.Y., A. Warsinto dan Karnoto. 2010. Analisa Kebutuhan Perlindungan Katodik untuk Sistem Pertanahan Peralatan Tipe Grid-Rod Berbahan Baja pada Gardu Induk. *Skripsi*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Soegiono. 2007. *Teknologi Perancangan dan Perawatan Bangunan Laut*. Airlangga University Press. Surabaya.
- Srijono, B. 2006. *Penelitian Pembuatan Anoda Aluminium untuk Kapal Laut*. Lembaga Metalurgi Nasional – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta.
- Sulistioso, G. S. 2004. Analisis Korosi dari SS 440C pada Media Air Tawar dan Laut. *Jurnal Puslitbang Iptek Bahan (P3IB)* Batan: 7-11.
- Trethewey, K.R dan Chamberlain. 1991. *Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasa*. PT. Gramedia Pustaka. Jakarta.
- Utami, I. 2009. Proteksi Katodik dengan Anoda Tumbal sebagai Pengendali Laju Korosi Baja dalam Lingkungan *Aqueous*. *Skripsi*. UPN Veteran. Jawa Timur.
- Widharto, S. 2001. *Karat dan Pencegahan*. Pradnya Paramita. Jakarta.