

PENGARUH SALINITAS TERHADAP KINERJA BEBERAPA *SACRIFICIAL ANODE* PADA PROTEKSI KATODIK DI LINGKUNGAN LAUT

INFLUENCE OF SALINITY TO THE PERFORMANCE OF SEVERAL *SACRIFICIAL ANODES* ON THE CATHODIC PROTECTION IN MARINE ENVIRONMENT

Herman Pratikno
Jurusan Teknik Kelautan FTK-ITS, Surabaya
email: hermanp@oe.its.ac.id

Abstrak

Proteksi katodik merupakan salah satu cara untuk melindungi baja dari bahaya korosi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kinerja dari beberapa jenis *sacrificial anode* yang digunakan pada proteksi katodik di lingkungan laut. Salinitas yang digunakan yaitu 33‰, 35 ‰, dan 37‰. *Sacrificial anode* yang digunakan yaitu paduan aluminium, seng dan magnesium. Sedangkan katoda atau struktur yang dilindungi adalah baja karbon. Kinerja yang diukur adalah laju korosi yang terjadi dan pola korosi pada masing-masing *sacrificial anode* dan katoda. Lingkungan air laut pada penelitian ini berubah sesuai dengan kelarutan dan komposisi kimiawinya. Hasil dari penelitian ini menunjukkan anoda magnesium menunjukkan laju korosi terbesar. Sedangkan besar laju korosi pada seng lebih besar daripada laju korosi pada aluminium. Dengan foto mikro tampak korosi yang terjadi yaitu korosi lubang/*pitting corrosion* baik pada anoda maupun katoda.

Kata kunci: proteksi katodik, salinitas, *sacrificial anode*

Abstract

Cathodic protection is one of the methods for protecting metal from corrosion attack. This research was aimed to determine the ability of some sacrificial anodes used for cathodic protection in marine environment. The salinity levels used in this experiment were 33‰, 35‰, and 37‰. Sacrificial anodes used were aluminum alloy, zinc alloy, and magnesium alloy, whereas protected cathode or structure was carbon steel. The performance variables measured were corrosion rate and the corrosion model for the sacrificial anode and cathode. Marine environment in this research was changed with chemical solution and the composition in accordance with the experiment standards. Results of the research showed that magnesium anode had the largest corrosion rate, whereas zinc had larger corrosion rate than that of aluminum. Micro picture showed the corrosion type was pitting corrosion, which occurred either in anode or cathode.

Keywords: cathodic protection, salinity, sacrificial anode

1. PENDAHULUAN

Usaha eksploitasi sumber daya alam di Indonesia mengalami perkembangan yang sangat pesat. Dimana banyak investor asing yang menanamkan modalnya di Indonesia terutama untuk eksploitasi minyak di lepas pantai. Struktur utama pada industri ini adalah struktur logam yang biasanya menggunakan baja karbon. Air laut yang sangat korosif memberi konsekuensi terjadinya serangan korosi pada struktur. Serangan korosi ini harus benar-benar dicegah atau ditanggulangi karena akan menimbulkan kerugian besar baik ditinjau dari segi teknis maupun ekonomis.

Langkah-langkah pencegahan serangan korosi berkembang dari waktu ke waktu. Salah satu langkah pencegahan korosi adalah pemakaian *sacrificial anode* yang bekerja dengan menggunakan prinsip proteksi katodik. Anoda yang digunakan yaitu paduan aluminium, seng dan magnesium. Dari beberapa jenis anoda tersebut dipilih anoda dengan kinerja yang paling baik untuk melindungi struktur.

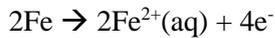
Dalam penelitian ini juga dilakukan pengamatan dan penilaian terhadap pola korosi yang terjadi di permukaan. Faktor-faktor lingkungan seperti kon-

sentrasi garam terlarut dan luas permukaan terkorosi juga di pelajari pengaruhnya terhadap laju korosi yang terjadi pada struktur.

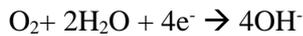
Korosi didefinisikan sebagai suatu proses kerusakan dari material karena reaksi dengan lingkungan sekitar yang korosif.

Reaksi elektrokimia yang terjadi pada proses korosi yaitu reaksi anodik dan katodik.

Reaksi anodik :



Reaksi katodik :

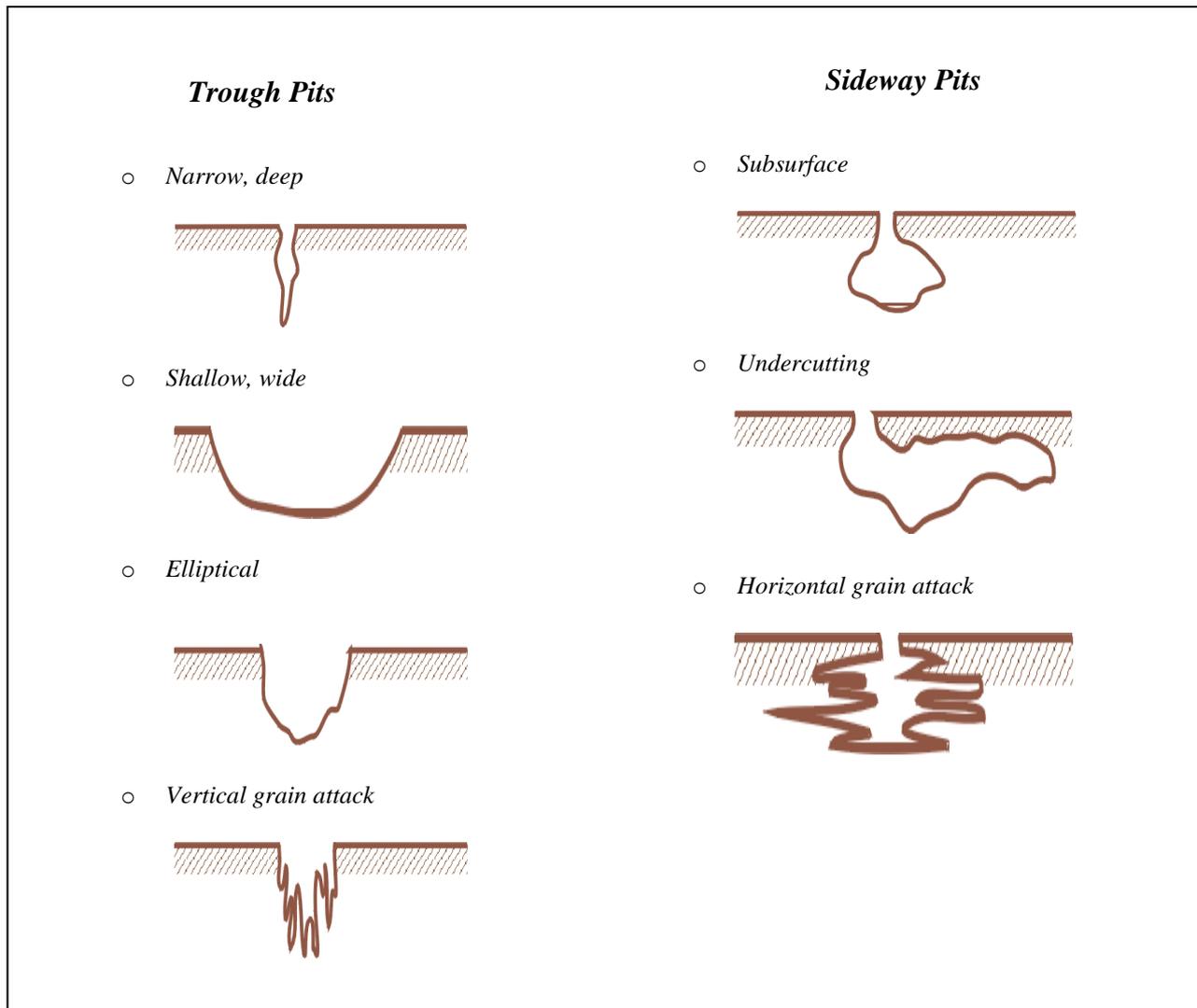


Dua produk Fe^{2+} dan OH^{-} akan bereaksi kembali membentuk *ferrous hydroxide* (karat).



Pitting didefinisikan sebagai lubang dengan diameter sama atau kurang dari kedalaman. *Pitting* adalah serangan ekstrim pada daerah lokal yang menghasilkan lubang pada logam, lubang ini sangat berbahaya karena sulit terdeteksi dan kerusakan yang terjadi secara tiba-tiba. *Pitting* sangat sulit terdeteksi karena tertutup produk korosi. Pada saat ini sulit menghitung secara kuantitas dan membandingkan luasan dari *pitting* karena mempunyai kedalaman yang bervariasi.

Berikut ini adalah macam-macam bentuk dari korosi *pitting*:



Gambar 1. Bentuk-Bentuk Korosi *Pitting* (Chandler, K Alexander, 1985).

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah untuk menentukan kinerja logam-logam *sacrificial anode* dalam menghambat laju korosi yang terjadi pada salinitas yang berbeda. Selain itu juga untuk mengetahui perbandingan kinerja logam-logam *sacrificial anode* pada salinitas yang berbeda.

Adapun batasan dan asumsi untuk penelitian yang dilakukan yaitu:

1. Percobaan ini menggunakan tiga *sacrificial anode* yaitu Al alloys (6061), Mg alloys (AZ63B sheet), dan Zn alloys (SAE 903).
2. Material katoda menggunakan Baja Karbon SS 41.
3. Larutan pengganti air laut menggunakan standar ASTM D1141-90, "Standard Specification for Substitute Ocean Water".
4. Pengujian korosi sesuai dengan standar ASTM G71-81, "Standard Guide for Conducting and Evaluating Galvanic Corrosion Test in Electrolytes".

Proteksi katodik adalah salah satu cara perlindungan korosi secara elektrokimia dimana reaksi oksidasi pada sel galvanik dikonsentrasikan pada anoda dan menghilangkan korosi pada katoda. Sistem ini dapat berjalan jika ada katoda, anoda, arus listrik, dan adanya elektrolit. Struktur yang dilindungi (katoda) dibuat negatif dan elektroda yang lain secara listrik dibuat positif dan bertindak sebagai anoda sehingga terbentuk suatu sirkuit tertutup, sehingga seluruh permukaan logam mempunyai potensial yang sama, jadi tidak terjadi aliran arus lokal; tidak seperti situasi tanpa proteksi katodik dimana arus lokal dapat mengalir dari suatu titik ke titik lainnya pada permukaan logam. Aplikasi dari proteksi katodik dapat menggunakan dua cara :

- Dengan pemberian arus listrik melalui sumber eksternal, yang disebut dengan metode *impressed current*.
- Dengan metode *sacrificial anode*.

Pada penelitian ini, hanya proteksi katodik dengan metode *sacrificial anode* yang dibahas.

Metode ini tidak memerlukan sumber arus eksternal. Anoda harus lebih negatif potensialnya dari baja dan juga mampu meneruskan korosi selama pemakaian dan tidak membentuk lapisan pasif pada permukaan. Anoda dipasang pada struk-

tur untuk menyediakan kontak listrik dalam sebuah sel galvanik, dengan baja sebagai katoda dan material yang terkorosi sebagai anoda.

Kelebihan dari metode *sacrificial anode*

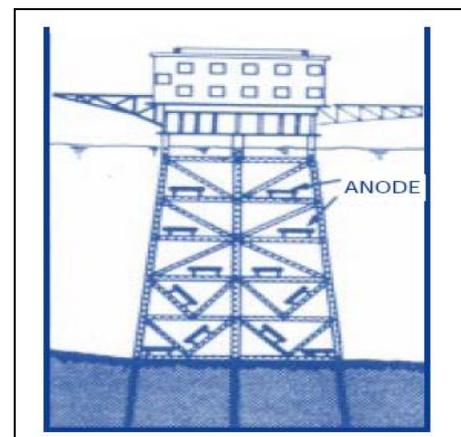
1. Tidak memerlukan sumber arus eksternal
2. Instalasinya mudah dan biaya yang relatif rendah.
3. Katodik tidak mungkin menginterferensi struktur lain
4. Sistem perawatannya mudah
5. Sistem pada dasarnya dapat melakukan penyesuaian sendiri.
6. Resiko *overprotection* relatif rendah.
7. Distribusi potensialnya relatif rata.

Kekurangan dari metode *sacrificial anode* adalah bahwa keluaran arus dan tenaga terbatas dan anoda hanya dapat di tempatkan kembali di bawah arus listrik yang tinggi. Selain itu juga anoda dapat menaikkan berat struktur

Aplikasi *Sacrificial Anode*

• *Offshore Structure*

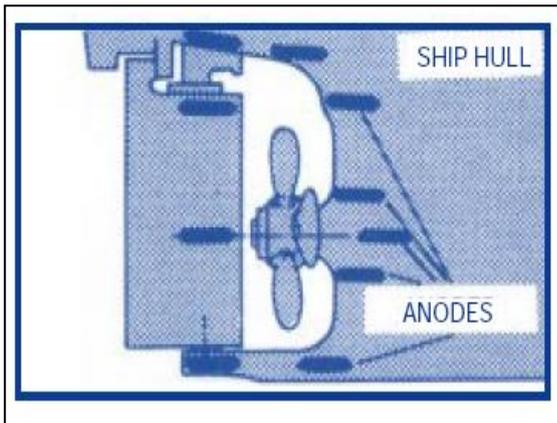
Pada *jacket structure* anoda di las pada *bracing*. Anoda yang digunakan biasanya aluminium karena memiliki laju korosi paling kecil dibanding seng dan magnesium. Pada *oil rig* tidak menggunakan magnesium karena akan menimbulkan percikan dari potensial yang dihasilkan.



Gambar 2. Anode Pada Jacket Platform

• *Ship Hulls*

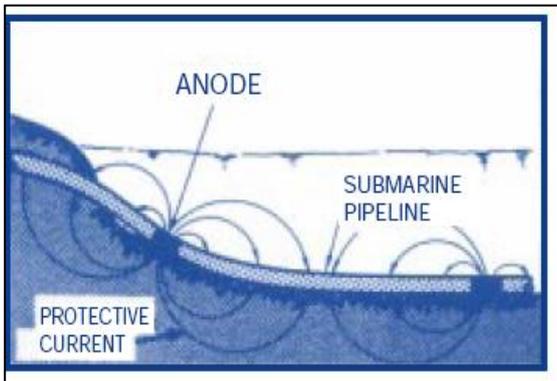
Anoda yang digunakan biasanya seng dengan pertimbangan *ship hull* merupakan *floating structure* sehingga mudah untuk diinspeksi dan diganti karena laju korosi seng lebih besar dibanding aluminium.



Gambar 3. Anode Pada ShipHulls

• *Submarine Pipelines*

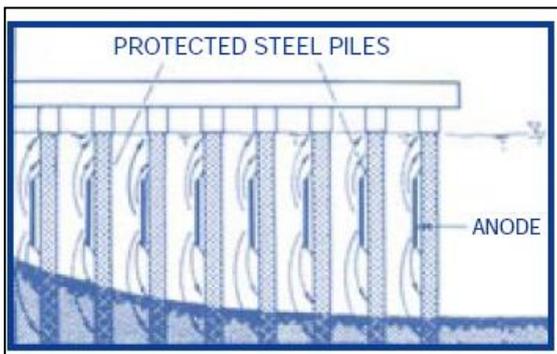
Anoda yang digunakan adalah seng dan aluminium dengan bentuk *bracelet* (gelang). Magnesium bisa juga digunakan tetapi jarang karena harganya yang mahal.



Gambar 4. Anode Pada Submarine Pipeline

• *Jetties*

Pada *jetty steel* anoda dipasang pada *pile*, anoda yang digunakan biasanya seng karena jumlah yang dibutuhkan banyak untuk didistribusikan pada seluruh permukaan *pile*.



Gambar 5. Anode Pada Jetties Steel Pile

Perhitungan Laju Korosi

Perhitungan laju korosi menggunakan persamaan (ASTM G1-90,1994):

$$\text{Laju Korosi} = \frac{K \times W}{A \times T \times D}$$

dimana:

- K = konstanta = 8.76×10^4 untuk satuan laju korosi mm/y
- W= kehilangan berat (gram)
- A = luas spesimen yang tercelup(cm^2)
- T = waktu pencelupan (jam)
- D = densitas (gram/ cm^3), untuk baja karbon D = $7.86 \text{ gr}/\text{cm}^3$;
- paduan Zn, D = $7.13 \text{ gr}/\text{cm}^3$;
- paduan Al, D = $2.7 \text{ gr}/\text{cm}^3$ dan untuk Mg , D = $1.74 \text{ gr}/\text{cm}^3$.

Lingkungan laut

Lingkungan laut memiliki agresifitas lebih tinggi di dibandingkan beberapa lingkungan di darat. Adapun faktor-faktor yang menyebabkan laju korosi sangat tinggi di lingkungan laut antara lain:

- a. Tingginya konsentrasi garam-garam terlarut.
- b. Perubahan temperatur air laut
- c. Gas-gas terlarut (kandungan O_2 terlarut).
- d. pH air laut
- e. *Marine growth*

2. METODOLOGI

Prosedur penelitian terdiri dari beberapa tahapan, yaitu:

1. Persiapan Material , dengan mengacu pada ASTM G1-90," *Standard Practice for Preparing, Cleaning and Evaluating Corrosion*". Kemudian material ditimbang dan difoto mikro.
2. Mempersiapkan Elektrolit pengganti air laut dengan mengacu pada *standard* ASTM D1141-90, "*Standard Spesification and Substitute Ocean Water*".
3. Pengujian Korosi, metode pengujian yang dilakukan adalah metode uji celup pasangan anoda dan katoda yang dihubungkan dengan kabel tembaga. Pengujian ini mengacu pada ASTM G71-81, "*Standard Guide for Conducting and Evaluating Galvanic Corrosion Test in Electrolytes*". Volume elektrolit adalah 40 cm^3 tiap cm^2 luas tercelup.

Tabel 1. Komposisi Kimia Baja Karbon SS 41

	C%	P%	S%	Mn%	Cr%	Ni%	Fe%
SS41	0.22	0.09	0.05	0.6	1.1	0.55	96.14

Tabel 2. Komposisi Kimia Anoda

Paduan Al (6061)		Paduan Zn (SAE 903)		Paduan Mg (AZ63B)	
Unsur	%	Unsur	%	Unsur	%
Mg	1.0	Al	3.5 – 4.3	Al	5.3 – 6.7
Fe	0.7	Ag	0.10	Mn	0.15-0.7
Cu	0.25	Mg	0.03-0.08	Zn	2.5-3.5
Si	0.6	Fe	0.10	Si	0.10
Mn	0.15	Lead	0.007	Cu	0.02
Zn	0.25	Cb	0.005	Ni	0.002
Ti	0.15	Tin	0.005	Fe	0.003
Cr	0.25			Lainnya	0.30

Tabel 3. Komposisi Kimia Pengganti Air Laut (ASTM D1141-90,1994)

Compound	Concentration, g/L
NaCl	24.53
MgCl ₂	5.20
Na ₂ SO ₄	4.09
Ca ₂ Cl ₂	1.16
KCl	0.695
NaHCO ₃	0.201
KBr	0.101
H ₃ BO ₃	0.027
SrCl ₂	0.025
NaF	0.003
Ba(NO ₃) ₂	0.0000994
Mn(NO ₃) ₂	0.0000340
Cu(NO ₃) ₂	0.0000008
Zn(NO ₃) ₂	0.0000096
Pb(NO ₃) ₂	0.0000066
AgNO ₃	0.00000049

4. Pengamatan Struktur Mikro dan Perhitungan Laju Korosi Spesimen setelah percobaan dibersihkan sesuai standar ASTM G1-90, "Standard Practice for Preparing, Cleaning and Evaluating Corrosion".

5. Perolehan data

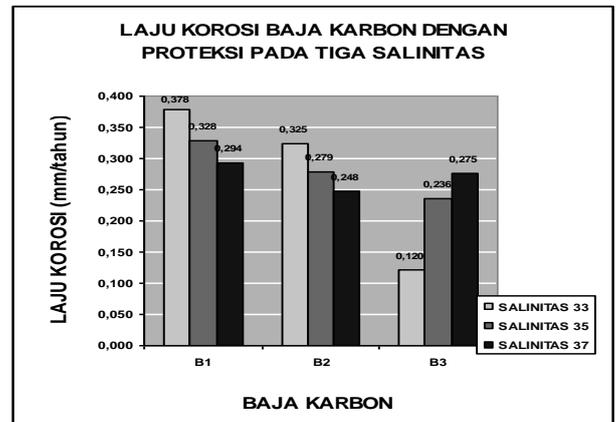
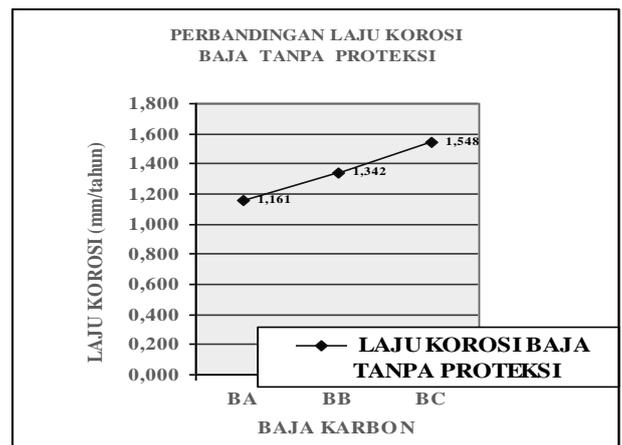
Data yang diperoleh dari percobaan adalah kehilangan berat spesimen yang kemudian dianalisa kinerja *sacrificial anode* karena pengaruh salinitas yang berbeda. Pengamatan pola korosi yang terjadi dapat dilihat dari foto mikro setelah percobaan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Laju Korosi Pada Katoda

1. Laju korosi yang terjadi pada baja tanpa proteksi memiliki nilai yang lebih tinggi dari pada baja dengan proteksi katodik .

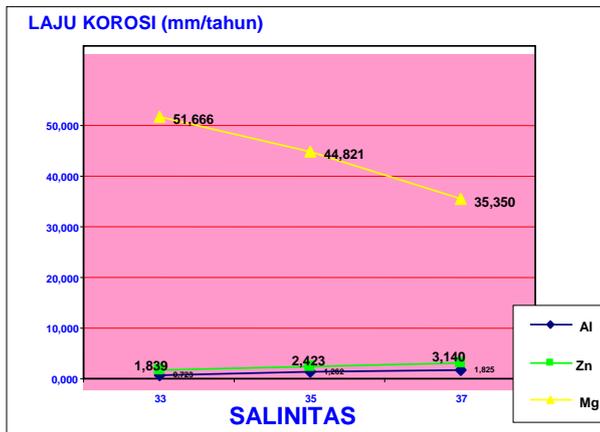
- Laju Korosi pada baja karbon yang dilindungi oleh anoda magnesium memiliki nilai paling kecil dibanding baja karbon dengan proteksi dua logam lainnya .Laju korosi pada baja yang dilindungi anoda Mg naik dengan tingginya salinitas (Gambar 6).
- Nilai Laju Korosi pada baja karbon yang dilindungi anoda Al dan Zn semakin tinggi dengan tingginya salinitas (Gambar 7).

**Gambar 6.** Grafik Perbandingan laju Korosi Baja Karbon Dengan Proteksi pada Tiga Salinitas**Gambar 7.** Grafik Perbandingan Laju Korosi Baja Tanpa Proteksi pada Tiga Salinitas

Laju Korosi Pada Anoda

- Pada salinitas tinggi laju korosi yang terjadi pada anoda Zn dan Al juga meningkat (Gambar 8).
- Pada anoda Mg laju korosi terbesar terjadi pada salinitas 33%, ini terjadi karena Mg merupakan golongan logam alkali tanah dimana

memiliki sifat basa yang kuat jadi jika dicelupkan pada salinitas yang tinggi sifat basanya semakin kuat dan sukar terkorosi (Gambar 8).



Gambar 8. Grafik Perbandingan Laju Korosi Anoda pada Tiga Salinitas

Analisa Kemampuan Anoda Memproteksi

Dari grafik laju korosi Anoda (Gambar 7) diketahui bahwa anoda magnesium memiliki kinerja terbaik dalam memproteksi baja. Dengan laju korosi paling besar daripada ketiga logam lainnya. Baja yang di proteksi dengan anoda magnesium memiliki laju korosi paling kecil yaitu 0,275 mm/tahun pada salinitas 37‰.

Pola Korosi Katoda

Dari hasil foto-foto mikro pola korosi yang terjadi pada baja karbon dapat dikategorikan sebagai bentuk elliptical karena diameternya yang kecil.

Pola Korosi Anoda

Hasil foto-foto mikro menunjukkan korosi yang terjadi yaitu korosi *pitting*. Gejala naiknya laju korosi ini berkaitan dengan ion Cl⁻ yang terdapat dalam air laut yang cenderung membuat terjadinya korosi *pitting*. Pada anoda magnesium korosi yang terjadi yaitu korosi *pitting* tipe *shallow wide*. Pada anoda seng korosi *pitting* yang terjadi dapat dikategorikan bentuk *elliptical* karena diameternya kecil.

4. KESIMPULAN

Kenaikan salinitas dari 33 ‰ menuju 37‰ secara umum menyebabkan peningkatan laju korosi pada

anoda aluminium dan seng. Pada anoda magnesium laju korosi menurun dengan naiknya salinitas. Kinerja paduan magnesium lebih baik dari kedua logam lainnya ditinjau dari kemampuan memproteksi baja. Pada katoda, bentuk *pitting* yang terjadi adalah *elliptical*. Sedangkan pada anoda magnesium, korosi yang terjadi merata (*uniform*) dan *pitting corrosion* tipe *shallow wide*, sedangkan pada anoda seng dan aluminium, tipenya adalah *elliptical*.

DAFTAR PUSTAKA

- ASME Handbook (1954). **Metal Properties**. Editor Samuel. L.H. 1st edition. McGraw-Hill Company. Inc., United States of America.
- ASTM. section 1 (1994). **Iron and steel Product**. ASTM. Standards, Vol. 03. 02. ASTM International, New York.
- ASTM section XI. (1994). **Water and Environmental Technology**. ASTM Standards, vol. 11.02. ASTM International. New York.
- Anggono, dkk. (1999). **Studi Perbandingan Kinerja Anoda Korban Paduan Aluminium dengan Paduan Seng dalam Lingkungan Air Laut**. Jurnal Teknik Mesin, Vol. 1, No. 2. Universitas Kristen Petra. 99: 89-99. <URL: <http://puslit.petra.ac.id/journals/mechanical/>>
- Chandler, K. Alexander (1985). **Marine and Offshore Corrosion**. 3rd Edition. Butterword and Co. Ltd, New York.
- Fontana, Mars. G. (1987). **Corrosion Engineering**. McGraw-Hill Inc., Singapore.
- Heiderbach, Robert. H. (1987). **Cathodic Protection**. Metal Handbook 9th Edition, Vol. 13. Corrosion. ASM International. USA. 467-477.
- Scannell. T. William, dan S. Ali (1993). **Cathodic Protection as a Corrosion Control Alternative**. Concrete Repair Bulletin. CON-CORR, Inc., Ashburn, Virginia. <URL: <http://www.concorr.com>>