PENGARUH UKURAN BESAR BUTIR MENGGUNAKAN CETAKAN TEMBAGA DAN CETAKAN BAJA KARBON RENDAH TERHADAP LAJU KOROSI DALAM USAHA MENINGKATKAN KWALITAS PRODUK CORAN ANODA SENG

Anang Ansyori
Program studi Teknik Mesin, Universitas Malahayati
Email : aananganansyori@yahoo.co.id

ABSTRAK

Perlindungan struktur baja terhadap laju kerusakan akibat korosi bisa diatasi oleh beberapa metoda misalnya sebagai contoh yaitu menghubungkan atau menempelkan anoda seng pada struktur baja tersebut. Cara ini digunakan untuk melindungi atau memperlambat terjadinya korosi pada struktur baja tersebut, sehingga lebih tahan lama apabila berada dalam tanah atau air laut.

Anoda seng sebagai anoda korban dibuat dengan cara pengecoran secara gravitasi. Untuk mendapatkan ukuran butir seperti yang diharapkan dilakukan dengan mengatur kecepatan pendinginan logam hasil coran tersebut. Pengunaan cetakan tembaga dan cetakan baja karbon untuk mengecor pembuatan anoda seng ini dimaksudkan untuk memperoleh laju proses pembekuan coran yang berbeda berdasarkan bahan cetakan tersebut, sehingga diharapkan didapat butiran partikel yang berariasi pula. Setelah didapat anoda seng hasil pengecaran selanjutnya dilakukan pengukuran butir kristal anoda seng tersebut yang diambil beberapa sampel dan dilakuan pengujian tegangan potensial, sehingga didapatkan dari setiap sampel tersebut diperoeh ukuran butir kristal yang berbeda.

Material cetakan tembaga mempunyai laju pendingan lebih cepat dan laju aliran panas lebih tinggi dbandingkan dengan material cetakan baja karbon. Sehingga menghasilkan hasil coran anoda seng yang memilki butiran kristal lebih halus dibandingkan dengan menggunakan cetakan baja karbon. Jadi dapat dikatakan bahwa kinerja anoda seng yang dicor dengan menggunakan cetakan tembaga lebih baik dibandingkan dengan menggunakan cetakan baja karbon karena memiliki kehalusan butir lebih halus. Nilai kehalusan butir Kristal anoda seng yang menggunakan cetakan tembaga adalah 68,82 μm sedangkan kehalusan butir menggunakan cetakan baja karbon adalah sebesar 109,52 μm.

Kata kunci : Anoda seng, cetakan, butir halus

LATAR BELAKANG

Struktur baja yang tersimpan dalam tanah atau air terutama air laut akan mengalami kerusakan atau terserang korosi seiring dengan barjalannya waktu, walaupun baja tersebut sudah dilakukan pengecatan atau *coating*. Oleh karena itu perlu dilakukan usaha atau metoda guna untuk melindungi struktur baja tersebut. Dalam hal ini struktur baja tersebut disebut sebagai logam yang harus dilindungi dari kerusakan akibat korosi tersebut atau minimal mengurangi serangan korosi tersebut. Adapun logam yang akan dilindungi tersebut perlu didampingi dengan logam yang akan melindungi. Proses perlindungan tersebut disebut proteksi katodik. Logam yang akan melindungi struktur baja tersebut disebut sebagai Anoda Korban. Jadi dapat

dikatakan bahwa zinc anode tersebut sebagai material pendamping dipasang atau ditempelkan ada baja guna sebagai proteksi struktur baja terhadap kerusakan karat.

Anoda Seng (Zinc Anode) sebagai anoda korban yang saaat ini banyak digunakan sebagai priteksi struktur baja. Apabila anoda seng sebagai anodic ditempelkan pada struktur baja sebagai katodik. Jadi dapat dikatakan bahwa zinc anode tersebut sebagai material pendamping disiapkan terserang korosi terlebih dahulu guna sebagai proteksi struktur baja akan kerusakan berkarat.

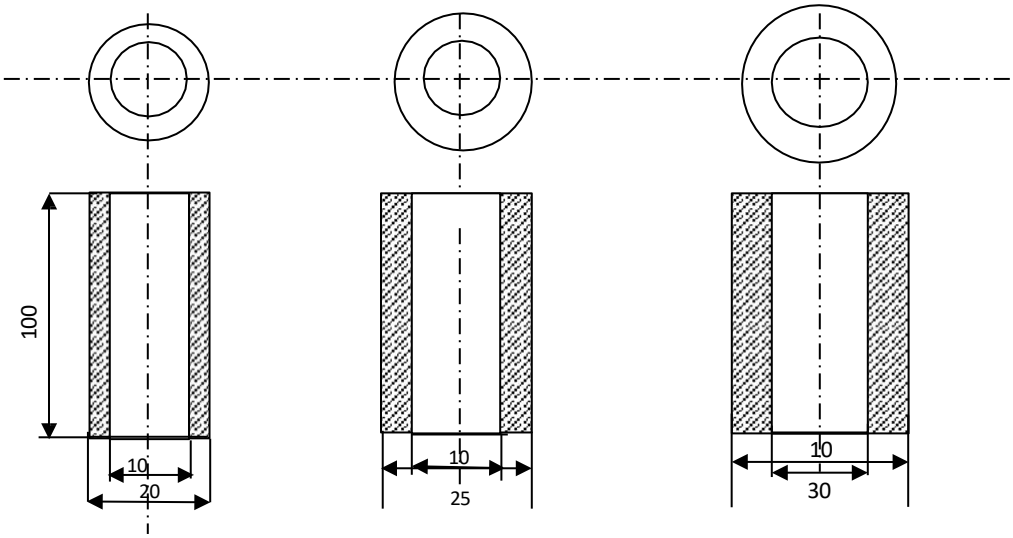
Anoda Seng (Zinc Anode) sebagai anoda korban yang saaat ini banyak digunakan sebagai priteksi struktur baja. Apabila anoda seng sebagai anodic ditempelkan pada struktur baja sebagai katodik, maka anoda seng tersebut harus bersifat lebih anodic dibandingkan dengan struktur baja yang artinya anoda korban tersebut lebih dahulu teroksidasi sehingga lebih dahulu terserang korosi.

METODA PENELITIAN

Tahapan Pembuatan Anoda Seng .

Persiapan

Bahan baku anoda seng dan unsure paduannya yaitu Cadmium (Cd) dan Aluminium (Al) yang sudah dipersiapkan dilebur di dalam tungku peleburan. Tungku peleburan dan peralatan lainnya secara lengkap sudah tersedia di lokasi penelitian. Cetakan tembaga dan cetakan baja karbon sudah dipersiapkan yang sebelumya dibuat dan dibentuk dengan proses pembubutan sesuai dengan ukuran seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. Setelah lagam anoda seng dan paduannya cair selanjutnya dilakukan penuangan ke dalam cetakan tembag dan cetakan baja karbon. Paduan zinc anode yang sudah membeku dan sudah siap dikeluarkan dari cetakan tembaga dan cetaka baja karbon yang selanjutnya dipotong dan dibentuk dibagi menjadi beberapa sampel. Sampel A1, A2 dan A3 dari cetakan tembaga dan sampel C1, C2 dan C3 dari cetakan baja karbon dibentuk guna untuk dilakukan pengujian selanjutnya.



Cetakan 1. Cetakan 2. Cetakan 3.

Gambar 1. Bentuk dan ukuran cetakan tembaga dan baja karbon

Cetakan tembaga dan cetakan baja karbon di buat dan di bentuk dengan ukuran yang di variasikan maksudnya untuk memeperoleh laju kecepatan pendinginan ataupun untuk memperoleh laju perpindahan panas yang bervariasi pula.
Setiap cetakan tersebut di Analisa dan di hitung guna untuk mendapatkan nilai laju perpindahan saja yang di cantumkan.
Produk anoda seng selanjutnya di lakukan pemeriksaan, pengukuran dan perhitungan.

a. Pemeriksaan komposisi kimia

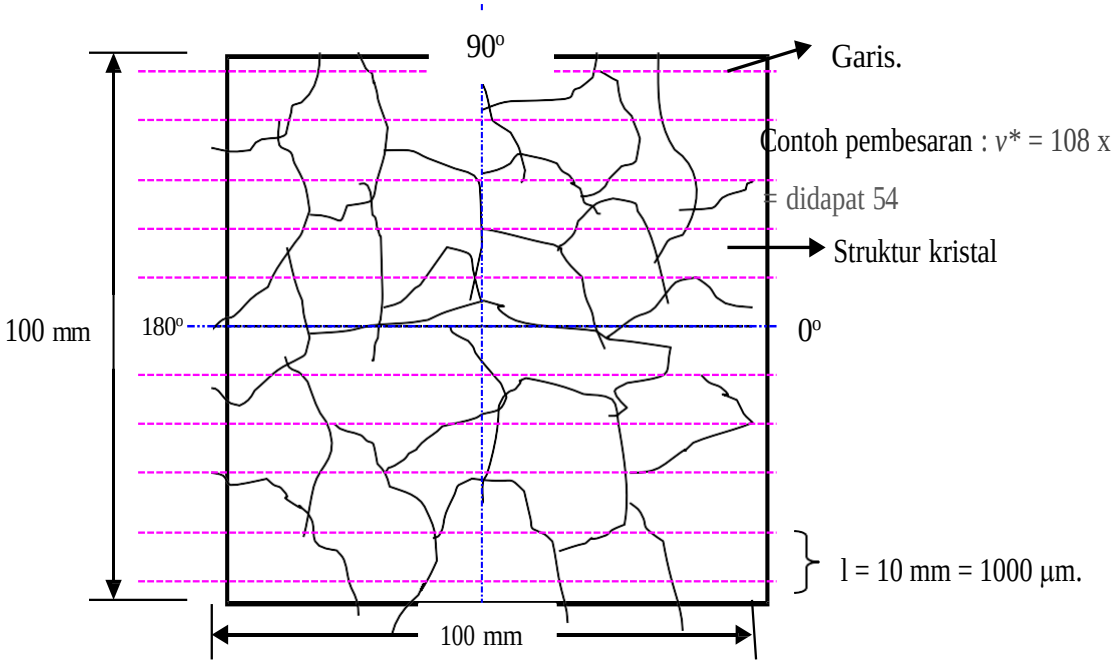
Alat yang di gunakan untuk memeriksa komposisi kimia anoda adalah foto spektrum. Sebagai logam paduan anoda seng tersebut memiliki unsure terbesar adalah seng (Zn). Sednagkan unsure paduan lainnya adalah Al.Cd,Fe dan Cu.

b. Pengkuran besar butir

Setiap sampel hasil coran anoda seng baik menggunakan cetakan tembaga maupun cetakan baja karbon dilakukan perhitungan dan pengukuran dengan metoda Heyn, yaitu dengan melakukan pengukuran besar butir pada foto hasil makro struktur yang memiliki skala pembesaran linier 108 x (v*), foto makro struktur ditempelkan pada gambar garis skala pengukuran seperti ditunjukkan gambar 2. Contoh perhitungan dan pengukuran besar butir Kristal anoda seng adalah sebagai berikut :

$$L_k = \frac{n.l}{v * \sum P_k}$$

Garis skala yang melewati batas butir Kristal kemudian diukur setelah didapatkan hasil pengukuran kemudian hasil ukuran tersebut dihitung ke daalam persamaan tersebut di atas. Jika hasil pengukuran dan perhitungan satu pengujian sampel hamper sama dengan pengujian lainnya maka butir Kristal tersebut diberi nama *equiaxial*.



Gambar 2. Garis skala pengukuran besar butir Kristal anoda seng

c. Pengujian Tegangan Potensial Anoda

Alat yang digunakan untuk melakukan pemeriksaan terhadap tegangan potensial anoda seng dan kuat arus anoda seng adalah alat multitester tegangan potensial. Sebelum melakukan pengujian maka perlu diperiksa tentang kecukupan larutan elektrolit NaCl dalam tabung alat uji. Pemeriksaan tentang kecukupan larutan elektrolit NaCl dimaksudkan agar benda uji anoda seng benar-benar akan terendam penuh di dalam larutan tersebut sehingga alat ukur multitester dapat membaca lebih akurat. Kemudian selanjutnya setiap benda uji anoda seng baik dari cetakan tembaga maupun dari cetakan baja carbon bergantian dilakukan pencelupan ke dalam lautan elektrolit guna untuk mendapatkan nilai hasil pengukuran tegangan potensial dan kuat arus oleh Digital Multitester.

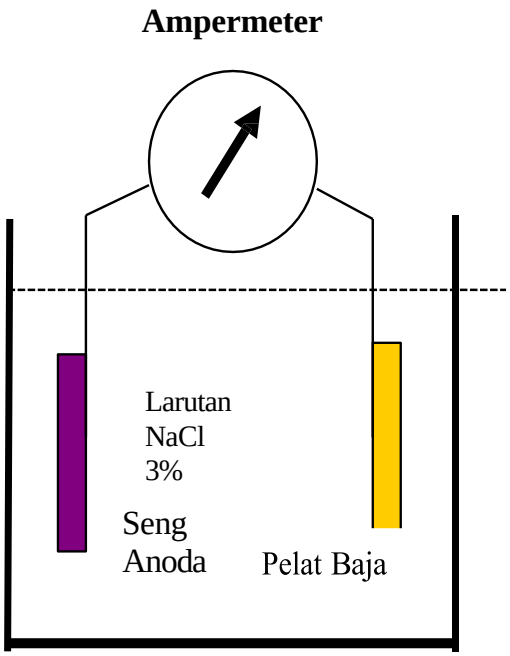
Pengujian Tegangan Potensial.

Anoda seng yang akan diukur tegangan potensialnya bersama dengan elektroda Ag/AgCl dimasukkan ke dalam larutan elektrolit NaCl guna untuk dilakukan pengukuran. Benda uji anoda seng dan elektroda Ag/AgCl keduanya dilakukan proses pengukuran tegangan potensial dengan cara menghubungkan kea lat ukur Digital Multitester. Kemudian alat tersebut diatur ke bagian setelan pengukuran yang diinginkan dan terlihat pembacaan hasil nilanya. Hal ini dilanjutkan melakukan pengukuran untuk beberapa sampel yang lain yang sudah dipersiapkan secara bergantian.

Pemeriksaan Kuat Arus. .

Sampel Anoda seng yang akan diperiksa dan diukur kuat arusnya berbarengan dengan sampel pelat baja dimasukkan ke dalam larutan elektrolit NaCl guna untuk dilakukan pengukuran kuat arus anoda seng. Benda uji anoda seng dan pelat baja yang dimasukkan bersama ke dalam larutan elektrolit jaraknya diatur lebih kurang 35 cm. Setelah jaraknya sudah sesuai selanjutnya kedua material tersebut dihubungkan kea lat ukur Digital multitester sebelum dilakuan pengukuran kuat arusnya. Kemudian alat tersebut diatur ke bagian pengukuran kuat arus dan selanjutnya alat tersebut langsung dapat membaca nilai hasil kuat arusnya dalam satuan Amper. Pengukuran kuat arus sampel anoda seng tersebut langsung dapat terbaca. Selanjutnya beberapa sampel yang lainnya yang sudah dipersiapkan dilakukan pengukuran yang sama secara bergantian.

Selanjutnya secara skematis seperti yang diperlihatkan pada gambar 2 di bawah ini menunjukkan posisi sampel anoda seng dan pelat baja yang berada dalam larutan NaCl yang sudah terhubung dengan ampermeter Digital Multitester. Posisi jarak antara sampel anoda seng dengan sampel pelat baja seperti diperlihat pada gambar 2 tersebut diatur lebihkurang 35 cm.



Gambar 3. Skematis pemeriksaan *kuat arus sampel seng anoda*

d. **Pemeriksaan Metalografi**

Pemeriksan metalografi ini dimaksudkan untuk melihat Struktur Makro pada permukan sampel benda uji anoda seng dengan pembesaran 108 x. Hasil foto Struktur Makro selanjutnya dapat diketahui dan dapat dilihat gambaran bentuk struktur butir Kristal sampel uji zinc anode secara keseluruhan Sebelum dilakukan pemeriksaan metalografi, sampel benda uji anoda seng yang telah dipotong dilakukan penggerindaan, pengamplasan baik kasar maupun halus an selanjutnya dilakukan pemolesan kasar dan pemolesan halus. Hal ini dilakukan bertujuan untuk mendapatkan permukaan sampel benda uji zinc anode yanghalus. Setelah diyakini bahwa permukaan benda uji sudah benar-benar halus, maka selanjutnya dilakukan proses pembingkaian. Proses pembingkaian ini dilakukan dengan maksud agar dapat mempermudah proses pengujian metalografi atau pengujian Struktur Makro. Hal ini dilakukan agar benda uji sampel anoda seng sudah benar-benar memenuhi syarat dan sudah benar-benar siap untuk dilakukan pengujian Struktur Makro. Setelah siap selanjutnya sampel anoda seng A1, A2, A3 dari hasil cetakan tembaga dan sampel anoda seng C1, C2, C3 dari cetakan baja karbon dilakukan pemeriksaan Struktur Makro. Apabila ada beberapa sampel benda uji ada yang belum bisa dilakukan pengujian Struktur Makro, maka perlu dilakukan proses pemolesan lagi, selanjutnya dilakukan pengujian Makro Struktur kembali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan Hasil Percobaan

1. Pemeriksaan Komposisi Kimia

Data hasil pemeriksaan komposisi kimia pada sampel uji *coran anoda seng dapat dilihat bahwa nilai persentase Al sebesar 0,31 %*, nilai Cd 0,05 %, nilai Fe 0,0013 %, nilai Pb 0,0037 %, nilai Cu 0,0005 %, sedangkan sisanya adalah logam seng (Zn).

2. Pemeriksaan Butiran Krystal

Dari pemeriksaan butiran Krystal coran anoda dengan menggunakan gambar 2 di atas dan dihitung dengan persamaan di atas kemudian hasilnya ditabelkan seperti yang diperlihatkan pada tablel 2 di bawah ini. Setiap sampel benda uji anoda seng baik dari cetakan tembaga A1,A2, A3 maupun dari dari cetakan baja karbon C1, C2, C3 dilakukan pengujian dan pengamatan masing-masing sebanyak 11 kali.

Tabel 2. Nilai besar butir Kristal hasil coran anoda seng.

No.	KODE SAMPEL UJI					
Lokasi	Sampel A			Sampel C		
P_k	A-1	A-2	A-3	C-1	C-2	C-3
1	11	9	9	10	7	9
2	13	12	10	8	6	9
3	12	11	11	8	3	7
4	11	12	10	10	6	9
5	12	11	9	11	8	8
6	14	13	10	8	7	4
7	19	17	9	8	7	4
8	13	13	9	9	9	3
9	13	13	10	7	8	4
10	13	13	10	7	9	7
11	17	15	11	7	6	4
∑	**148**	**139**	**108**	**93**	**76**	**68**
$L_k(\mu m)$	*68,82*	*73,3*	*94,3*	*109,52*	*134,02*	*149,78*

Penjelsan : pembesarn v = 108 x; jumlah n = 11;*
l = 100 mm (= 100.000 □m)

3. Pengujian Tegangan Potensial

Pengujian sampel anoda seng A1, A2 dan A3 serta sampel C1, C2 dan C3 dilakukan sebangya 7 kali. Lama waktu setiap kali pengujian yaitu 8 jam dan 11 jam. Jadi jumlah total pengujian yang dilakukan sebanyak 14 kali. Setiap hasil pengujian sampel pengujian anoda seng A1, A2, A3, C1, C2 dan C3 dijumlahkan dan dibagi diambil harga rata-ratanya. Hasil pengujian setiap sampel uji anoda seng dapat dilihat seperti ditunjukkan pada table 3 berikut ini.

Tabel 3. Nilai hasil pengujian tegangan potensial anoda Seng

		Tegangan Potensial anoda seng (-mV)						
	Wkt (jam)	**A-1**	**A-2**	**A-3**	**C-1**	**C-2**	**C-3**	**Arus (mA)**
1	**7**	1024	1039	1023	1020	1009	1025	8,48
	10	1052	1057	1041	1040	1038	1046	8,77
2	**7**	1054	1048	1053	1036	1048	1049	10,13
	10	1045	1051	1044	1027	1042	1041	10,13
3	**7**	1055	1046	1048	1026	1044	1041	10,56
	10	1042	1032	1043	1014	1034	1033	10,79
4	**7**	1046	1045	1045	1025	1037	1035	10,14
	10	1041	1042	1041	1022	1032	1031	8,85
5	**7**	1035	1038	1041	1024	1032	1032	10,22
	10	1024	1025	1034	1015	1022	1023	10,64
6	**7**	1040	1041	1042	1032	1032	1031	9,64
	10	1042	1035	1049	1032	1032	1035	10,12
7	**7**	1037	1035	1044	1028	1032	1034	9,55
	10	1035	1038	1038	1022	1023	1032	9,97
Rata - Rata		**1040,8**	**1040,8**	**1041,8**	**1025,9**	**1032,6**	**1034,9**	**9,86**

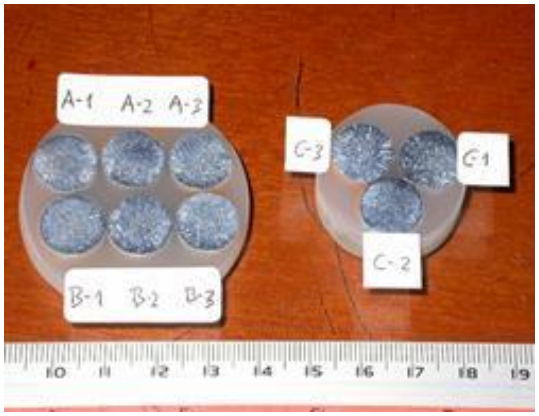
Tabel 4. Hasil perhitungan efisiensi dan kapasitas arus anoda seng

Kode Sampel	*Tahanan air*	*Radius efektif rata-rata*	*Tahanan anoda dlm air*	*Pot.output anoda (teori)*	*Pot.output anoda (nyata)*	*Berat anoda yang hilang (teori)*	*Berat anoda yang hilang (nyata)*	*Efisiensi anoda*	*Arus yang dibutuhkan*	*Kapasitas arus anoda Zn*
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*
A-1	*23,845*	*2,109*	*0,41*	*0,913*	*0,8908*	*1,12*	*1,0869*	*98*	*819,745*	*801,07*
A-2	*23,845*	*2,109*	*0,41*	*0,913*	*0,8884*	*1,12*	*1,0837*	*97*	*819,745*	*798,71*
A-3	*23,845*	*2,109*	*0,41*	*0,913*	*0,8885*	*1,12*	*1,0835*	*97*	*819,745*	*798,73*
C-1	*23,845*	*2,109*	*0,41*	*0,913*	*0,8725*	*1,12*	*1,0643*	*96*	*819,745*	*784,48*
C-2	*23,845*	*2,109*	*0,41*	*0,913*	*0,8665*	*1,12*	*1,0570*	*96,*	*819,745*	*779,20*
C-3	*23,845*	*2,109*	*0,41*	*0,913*	*0,8491*	*1,12*	*1,0358*	*95*	*819,745*	*763,46*

Pemeriksaan Metalografi

Pengamatan secara langsung untuk mengetahui bentuk butiran hasil coran anoda seng yang telah dibingkai A1, A2, A3, C1, C2 dan C3 dapat dilihat seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4 di bawah ini.

Sedangkan Gambar 5 sampai dengan Gambar 10 adalah hasil pengamatan metalografi dengan pembesaran 108x , memperlihatkan bentuk butiran kristal logam**.** Data ini diperlukan untuk menghitung besar butir pada masing – masing sampel**.** Gambar 5, 6 dan gambar 7 adalah foto struktur Makro sampel uji anoda seng yang dicor dalam cetakan tembaga, sedangkan gambar 8, 9 dan gambar 10 adalah foto struktur Makro sampel uji anoda seng yang dicor dalam cetakan baja karbon.

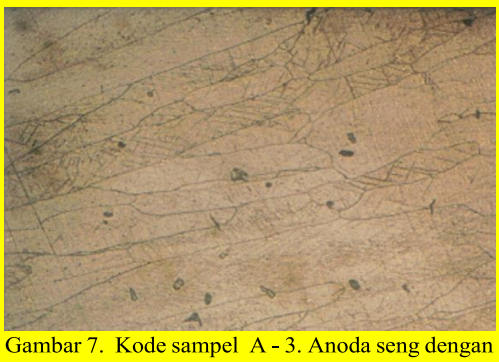




Gambar 5. Kode sampel A - 1. Anoda seng dengan Cetakan tembaga 5 mm. Pembesasan 108x



Gambar 6. Kode sampel A - 2. Anoda seng dengan Cetakan tembaga 7,5 mm. Pembesaran 108x



Gambar 7. Kode sampel A - 3. Anoda seng dengan Cetakan tembaga 10mm. Pembesaran 108x

Gambar 7. Kode sampel A - 3. Anoda seng dengan Cetakan tembaga 10mm. Pembesaran 108x



Gambar 8. Kode sampel C - 1. Anoda seng dengan Cetakan Baja karbon 5mm. Pembesaran 108x



Gambar 9. Kode sampel C - 2. Anoda seng dengan Cetakan Baja karbon7,5mm. Pembesaran 108x



Gambar 10. Kode sampel C - 3. Anoda seng dengan Cetakan Baja karbon 10mm. Pembesaran 108x

Tabel 5. Data hasil perhitungan heat flow pada variasi cetakan dan ketebalan cetkan

Kode Sampl	Cetakan logam	Ketebalan dinding mm	Konduktivitas panas, $Btu.ft/^0F.hr.ft^2$	Heat flow (J), $Btu/hr.ft^2$
A-1	Tembaga	5	0,945	12748,76
A-2	Tembaga	7,5	0,945	8291,86
A-3	Tembaga	10	0,945	6181,215
C-1	Carbon Steel	5	0,076	1030,75
C-2	Carbon Steel	7,5	0,076	670,41
C-3	Carbon Steel	10	0,076	499,76

Laju Terjadinya Butir Dipengaruhi Laju Pendinginan

Pendinginan cepat pertumbuhan butir Kristal menjadi kecil atau halus, atau mempunyai size kehalusan butiran yang lebih, sedangkan pada proses pendingina lambat pertumbuhan butir. Pembuatan coran zinc anode perlakuan proses pembekuan sangat mempengaruhi pertumbuhan besar kecilnya butiran Kristal.

Kristal menjadi kasar atau besar. Pertumbuhan butir halus tersebut disebut memiliki bentuk butir hampir bulat, sedang pertumbuhan butir besar tersebut disebut memiliki bentuk butir yang memanjang. Berdasarkan hal tersebut di atas bahwa anoda seng yang dicor dengan cetakan tembaga memiliki butir halus dibandingkan dengan anoda seng yang dicor dengan cetakan baja karbon memliki butir kasar.

Size Butiran Kristal Dipengaruhi Oleh Bahan Cetakan

Seperti diperlihatkan pada Tabel 2. Menunjukkan bahwa zinc anode hasil coran sampel A1, A2 dan sampel A3 mempunyai size butiran kristal paling halus dari pada size butiran zinc anode hasil coran sampel C1, C2 dan sampel C3. Size butiran kristal zinc anode ini sangat dipengaruhi oleh kecepatan pendinginan yang berbeda akibat material cetak coran yang berbeda pula. Pada ketebalan cetakan yang sama, laju alir panas (heat flow) pada cetakan tembaga jauh lebih tinggi dibanding dengan cetakan baja karbon. Seperti yang ditunjukkan panas Tabel 5 bahwa laju perpindahan bahan cetak A sebesar 12748,75 Btu/hr.ft2 sedangkan perpindahan panas bahan cetak baja C sebesar 1030,75 *Btu/hr.ft*^{2}. Sehingga dapat dikatakan bahwa laju aliran panas bahan cetakan tembaga 12 kali lebih besar dari bahan cetakan baja kabon.

Size Butiran Kristal Mempengaruhi Efisiensi Zinc Anode

Kinerja anoda korban adalah daya unjuk kerja yang dimiliki anoda, sehingga mampu untuk memproteksi katoda dengan baik. Kinerja anoda tersebut merupakan keluaran arus, kapasitas anoda, efisiensi anoda dan potensial proteksi. Anoda dikatakan baik apabila memiliki kapasitas arus yang besar, efisiensi yang tinggi dan potensial yang cukup.

Hasil Pengukuran besar butir anoda seng seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2dan hasil pengujian efisiensi anoda seng seperti yang diperlihatkan pada Tabel 4, menunjukkan bahwa hubungan besar butir tehadap nilai efisiensi anoda adalah signifikan. Ukuran butir halus (68,82□m) mempunyai nilai efisiensi anoda yang paling tinggi (98 %), sebaliknya ukuran butir kasar (149,78□□m) mempunyai nilai efisiensi anoda yang relatif rendah (95 %). Hal ini karena butir kristal halus memiliki kapasitas arus yang lebih tinggi dibandingkan butir kristal kasar.

Ukuran besar butir Kristal dapat mempengaruhi kinerja anoda seng. Semakin halus ukuran butir Kristal semakin baik kinerja anoda seng. Pengaruh tersebut meliputi yaitu semakin halus butir akan meningkatkan jumlah batas butir, jumlah batas butir yang banyak akan menyebabkan sebaran endapan (Zn-Al) makin merata, awal korosi akan terbentuk pada celah butir dan daerah yang mengandung endapan tersebut dan akan meningkatkan kinerja zinc anode.

Jadi dapat dikatakan bahwa anoda seng yang memiliki ukuran butir Kristal yang lebih halus adalah butir krirtal anoda seng yang dicor di cetakan tembaga dengan

ukuran besar butir 68,82 m, sehingga anoda seng yang dicor dalam cetakan tembaga memiliki kinerja paling baik dalam melakukan proteksi atau perlindungan logam baja sebagai katodik yang dilindungi.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil dan pembahasan tersebut adalah sebagai berikut :

1) Naiknya nilai kapasitas anoda seiring dengan semakin halusnya butir, hal ini disebabkan karena semakin homogennya distribusi endapan Zn-Al dalam anoda. Kemungkinan dengan semakin homogennya penyebaran endapan Zn-Al, maka jumlah permukaan anoda yang terserang korosi semakin besar. Dengan demikian arus yang dihasilkan dan kehilangan berat anoda semakin besar. Besarnya arus yang dihasilkan ini sangat baik untuk kinerja anoda, karena elektron yang dialirkan untuk memproteksi katoda lebih besar.
2) Semakin halus butir, efisiensi arus anoda semakin tinggi. Peningkatan nilai efisiensi ini sama halnya dengan peningkatan nilai kapasitas arus anoda, karena nilai efisiensi tersebut merupakan perbandingan antara kapasitas nyata dengan kapasitas teortis, sesuai dengan hukum Faraday. Efisiensi tertinggi diperoleh pada ukuran butir 68,82 m dengan nilai efisiensi sebesar 97,7 %.
3) Sampel A1 memiliki kinerja yang lebih baik sebagai proteksi katodik dibandingkan dengan kinerja sampel C1.

DAFTAR PUSTAKA

Avner, “Introduction to Physical Metallurgy”, Second edition, McGraw-Hill Kogakusha. Ltd. 1974.

Deborah A. Kramer., “Minerals Yearbook”, Vol. 1. Metals and Minerals. 1988. United States Departement of the Interior Bureau of Mines, Washington.

Fontana, G. Mars.,“Corrosion Engineering”. Second edition., McGraw-Hill Kogakusha. Ltd. 1986.

Hine, R.A and Wei, M.W., “How Effective are Zink Anodes in Sea Water”, Material Protection, 1964.

J.L Rodda, “Notes on Etching and Microscopical Identification of the Phases Present in the Copper – Zinc Syatem”. Trans. AIME, Vol. 124, 1937, p. 189 – 193.

Morgan, John., “Cathodic Protection”, 2nd ed, NACE, Houston, 1987.

Samuel A. Bradford., “Practical Handbook of Corrosion Control in Soils”. Casti Publishing Inc. 2002. Canada.

“Methods for Determining Average Grain Size”, E 112, Annual Book of ASTM Standards. Vol. 03.03. Philadelphia 1984.

“Standard Test Method for Laboratory Evaluation of Zinc Sacrificial Anode”. Test Specimens for Underground Applications. Designation : G 97 – 97. ASTM Standard 1977.