

## Analisis Pengaruh Cacat Pin Hole Terhadap Laju Korosi Pada Pelapisan Electrodisposition Coating Material Ezda 3

Joko Sarwono Utoyo<sup>1</sup>, Tachli Supriyadi<sup>2</sup>, Gatot Eka Pramono<sup>3</sup>

*Material and Manufacturing Process Research Laboratory*

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Ibnu Khaldun Bogor

Jl.K.H.Sholeh Iskandar Km 2 kd badak kota Bogor - 16162

E-mail: sarwnonojoko@gmail.com

### Abstrak

Fenomena korosi yang sering kita jumpai pada produk-produk metal dan jenis paduan lainnya merupakan suatu hal yang lazim, dampak dari timbulnya korosi merupakan hasil dari lingkungan asam dan adanya unsur yang memiliki sifat korosif seperti sulfat, nitrit dan klorida serta suatu problem yang tidak bisa terdeteksi oleh visual pada umumnya (Pin hole). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh cacat pin hole terhadap timbulnya korosi, hal ini diperlukan data pengujian serta analisis terhadap laju korosi yang timbul pada produk **Base stay mirror** pada pelapisan tahan karat *Electrodisposition Coating* dengan *base materials* menggunakan material paduan EZDA 3 atau Zamak 2 density 6,6 g/cm<sup>3</sup> dan alat uji yang digunakan mesin *Salt spray test, spectro meter (OES SPARK)* serta *Scanning electron metalograph*. Penelitian ini dilakukan pada dua variasi sample diantaranya : produk cacat pin hole dengan ketebalan coating 14,41  $\mu$  dan produk tanpa cacat pin hole dengan ketebalan coating 16,8  $\mu$ . Hasil uji produk dengan metode *salt spray test* waktu inspeksi interval 10 jam sekali selama 100 jam menghasilkan nilai laju korosi sebesar 112 MDD pada produk tanpa cacat pin hole sedangkan nilai laju korosi sebesar 454,84 MDD pada produk cacat pin hole hal ini disebabkan adanya porositas serta retak intergranular pada base material EZDA 3 dan lapisan coating sudah terimpuritas adanya unsur sulfat serta ferro yang mana unsur tersebut memiliki sifat korosif.

**Keywords:** *pin hole*, Korosi, *Electrodisposition coating*, Laju korosi, Retak intergranular.

### Pendahuluan

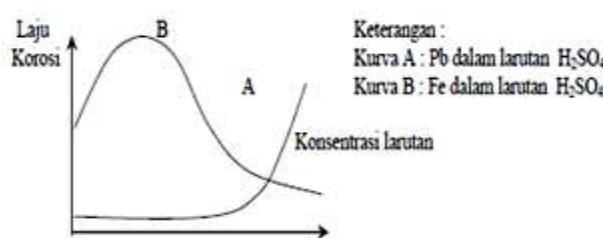
Korosi merupakan proses atau reaksi elektrokimia yang bersifat alamiah dan berlangsung spontan, oleh karena itu korosi tidak dapat dicegah atau dihentikan sama sekali. Korosi hanya bisa dikendalikan atau diperlambat lajunya sehingga memperlambat proses kerusakannya. Korosi pada logam menimbulkan kerugian yang tidak sedikit. Hasil riset yang berlangsung tahun 2002 di Amerika Serikat memperkirakan kerugian akibat korosi yang menyerang permesinan industri, infrastruktur, sampai perangkat transportasi di negara adidaya tersebut mencapai 276 miliar dollar AS [sumber: <http://www.matcoinc.com>], menurut Febrianto Beban operasional, lingkungan serta air pendingin yang korosif dalam kombinasi efek *stress* dan lingkungan yang agresif, *sejenis paduan (EZDA 3)* bisa mengalami fenomena korosi yang cepat dan parah. *Stress* berupa *tensile* yang berasal dari beban yang diterima saat operasional atau dari *residual stress*. Korosi merupakan suatu proses alamiah yang tidak bisa dicegah tetapi hanya bisa dikendalikan. Salah

satu penyebab lingkungan yang agresif adalah H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> [*Sigma Epsilon ISSN 0853-9103*]. Selain pengaruh lingkungan *menurut* Nur Laili Hajati [MEDIA TEKNIK SIPIL/ Juli 2006] timbulnya cacat pada pelapisan *Electrodisposition coating* dapat berpengaruh terhadap kualitas pelapisan, Salah satu problem pada pelapisan *electrodisposition* adalah *pin hole*.

Pin hole merupakan salah satu cacat produk yang dihasilkan oleh pelapisan pelindung karat atau *electrodisposition Coating* (EDP Coating), EDP Coating merupakan suatu proses pelapisan tahan karat yang mempunyai 4 lapisan diatas dasar material yaitu Resin, Solvent, Pigment, Additive. Keempat parameter ini yang terlarut dalam suatu proses EDP Coating dimana *Electrodisposition Coating* adalah suatu proses pelarutan chemical dengan *electrolysis* *electrolit* pada anoda (+) dan Katoda (-) yang mana pada pelarutannya memerlukan perlakuan-perlakuan khusus seperti pretreatment, Degreasing, Coating hingga Treatment atau drying atau disebut juga proses baking, proses baking ini suatu proses dimana proses tersebut dengan ketentuan waktu dan temperatur

berfungsi sebagai mengangkat hydrogen embrittlement yang terjebak dalam dasar material inti atau lapisan coating [MEDIA TEKNIK SIPIL/ Juli 2006]. Pin hole yang terbentuk merupakan hasil dari banyaknya unsur oksigen yang terkandung dalam material dasar sehingga pada temperatur tertentu dan seiringnya waktu sehingga membentuk ukuran kecil menembus dasar material.

Menurut Sulistyoweni W [MAKARA, TEKNOLOGI, VOL. 6, NO. 2, AGUSTUS 2002] Terjadinya **Karat** merupakan hasil korosi, yaitu oksidasi suatu logam. Besi yang mengalami korosi membentuk karat dengan rumus  $Fe_2O_3 \cdot xH_2O$ . Korosi atau proses pengaratan merupakan proses elektro kimia. Pada proses pengaratan, besi (Fe) bertindak sebagai pereduksi dan oksigen ( $O_2$ ) yang terlarut dalam air bertindak sebagai pengoksidasi. Karat yang terbentuk pada logam akan mempercepat proses pengaratan berikutnya. Oleh sebab itu, karat disebut juga dengan *autokatalis*[J. Chamberlein, Korosi, Gramedia, Jakarta, 1991.]. Mekanisme terjadinya korosi adalah logam besi yang letaknya jauh dari permukaan kontak dengan udara akan dioksidasi oleh ion  $Fe^{2+}$ . Ion ini larut dalam tetesan air. Tempat terjadinya reaksi oksidasi di salah satu ujung tetesan air ini disebut *anode*. Ion  $Fe^{2+}$  yang terbentuk bergerak dari *anode* ke *katode* melalui logam. Elektron ini selanjutnya mereduksi oksigen dari udara dan menghasilkan air. Ujung tetesan air tempat terjadinya reaksi reduksi ini disebut *katode*. Sebagian oksigen dari udara larut dalam tetesan air dan mengoksidasi  $Fe^{2+}$  menjadi  $Fe^{3+}$  yang membentuk karat besi ( $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ ). Sifat-sifat kimia yang mempengaruhi korosi: pH, Alkalinitas, Oksigen terlarut (*dissolved oxygen/DO*), SS (*suspended Solid*), Kalsium, Klorida dan sulfat, Efek Dari Konsentrasi Zat Korosif. Gambar di bawah menunjukkan efek dari konsentrasi. [ UHLIG, H., "The Corrosion Hand Book", The Electrochemical Society Inc., John Wiley & Sons].



**Gambar 1.** Kurva efek dari konsentrasi Zat korosif terhadap laju korosi ( Fontana,1986)

## Metodologi Penelitian

penelitian ini mengungkap studi kasus permasalahan pada produk “*Base Stay Mirror*” “berkarat” material sejenis paduan yaitu EZDA 3 yang mana produk

tersebut merupakan produk eksterior dari kendaraan roda empat yang sangat rentan sekali terhadap perubahan cuaca sehingga penelitian ini mengkaji sekaligus menganalisa pergerakan laju korosi dengan menggunakan mesin *Salt spray test* [1983, “ SII 0779 – 83 Cara Penyiapan, Pembersihan, dan Penilaian Benda Uji Korosi” . Departemen Perindustrian ] dengan spesifikasi temperatur saturator 47 °C, temperatur chamber 37 °C, konsentrasi PH salt 7.0, serta perbandingan antara salt : air sebesar 50 gr : 1 ltr dan metode perhitungan berdasarkan kehilangan massa per gram setiap 10 jam sekali selama 100 jam serta melihat struktur mikro. Penelitian ini menggunakan dua variasi sample yang mana sample tersebut sudah mengalami cacat pin hole atau bintik dan sample dalam kondisi siap pakai atau tanpa cacat. Spesifikasi material dan alat pengujian dalam penelitian ini diantaranya:

- Scanning electron Metalograph
  - Hardness Rockwell testing
  - Material casting menggunakan EDZA 3
  - Material EDP Coating menggunakan Epoxy paint
  - Mesin salt spray test
  - Makroskop Optis “Leitz Wezler”
  - Timbangan.
  - Garam
  - Ampelas

Spesifikasi proses pada penelitian ini sebagai berikut:

- Electrodisposition Coating
  - Casting High Pressure system

## Pengukuran Laju Korosi

Penentuan laju korosi yang terjadi dihitung berdasarkan kehilangan berat selama pengujian.

Laju korosi rata-rata dihitung menurut persamaan :

$$r = \frac{K * W}{A * T * D} \dots \dots \dots [1]$$

dimana :

$r$  = laju korosi, dinyatakan dalam satuan yang dikehendaki

W = kehilangan berat benda uji selama pengujian, dinyatakan dalam gram dengan ketelitian sampai dengan 0.001 gram

A = luas permukaan total benda uji, dinyatakan dalam  $\text{cm}^2$  dengan ketelitian sampai dengan  $0.01 \text{ cm}^2$

T = waktu kontak atau lama pengujian, dinyatakan dalam jam dengan ketelitian sampai dengan 0,01 jam

$D$  = masa jenis benda uji, dinyatakan dalam gram/cm<sup>3</sup>

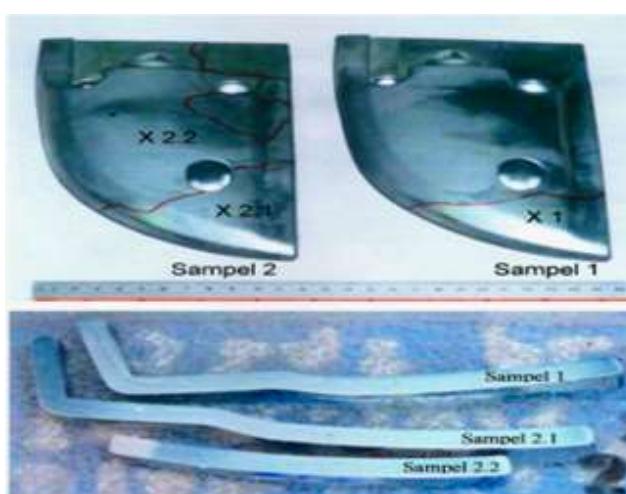
Laju Korosi	K
Mils per tahun, (mpy)	$3,45 \times 10^6$
Inchi per tahun, (ipy)	$3,45 \times 10^3$
Milimeter per tahun, (mm/Y)	$8,76 \times 10^4$
Mikrometer per tahun, ( $\mu\text{m}/\text{Y}$ )	$8,76 \times 10^7$
Miligram per desimeter persegi per hari (mdd)	$2,40 \times 10^6 \times D$

Gambar 2. Tabel hubungan antara K dan laju korosi

### Hasil Survey



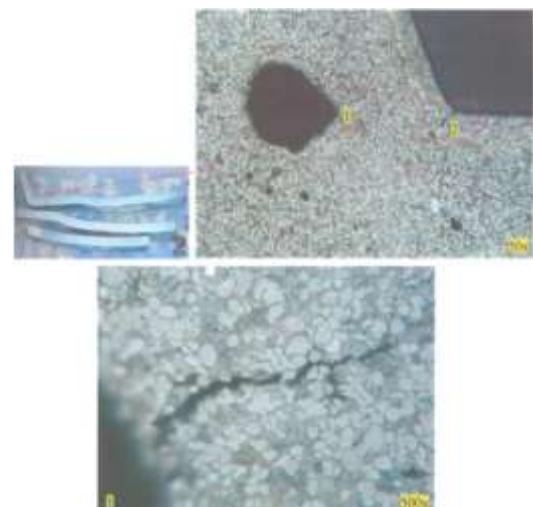
Gambar 3. Metode pengujian salt spray dan penimbangan benda uji



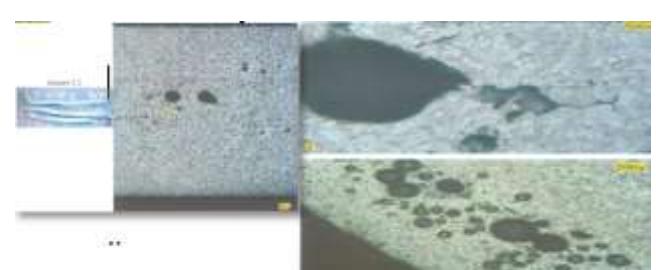
Gambar 4. Ilustrasi titik pengambilan untuk pengujian fotomakro



Gambar 5. Hasil struktur mikro sample -1 perbesaran 50 x



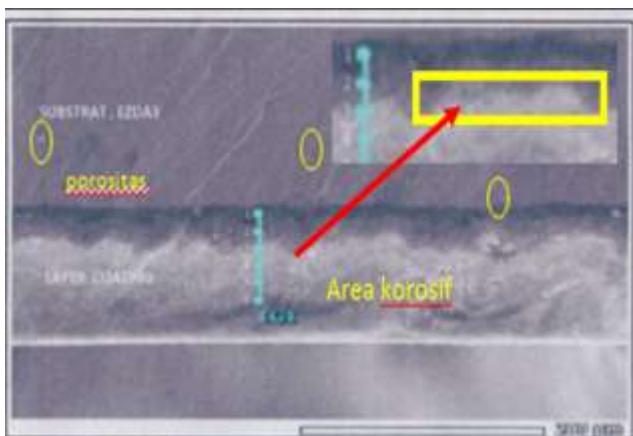
Gambar 6. Hasil struktur mikro pada sample 2.1 perbesaran 50 x dan 500 x



Gambar 7. Hasil struktur micro pada sample -2.2 perbesaran 50 x dan 500x

Unsur Element	Kadar/% Content/%	Hardness Vickers (HV)	
		Sampl 1	Sampl 2
Pb	0.002		
Al	3.451	2.1	2.2
Sn	<0.0001		
Mg	0.041		
Fe	0.006		
Ni	0.001		
In	<0.0001		
Zn	96.50		
Rata-rata		80.44	83.53
			82.5

Gambar 8. Hasil pengujian chemical komposisi dan tabel uji kekerasan terhadap material ezda 3



**Gambar 9.** Hasil Uji SEM terhadap material ezda 3 setelah pelapisan ED Coating

**Tabel 1.** Contain unsur dalam lapisan EDP

No	Element	Content (% Mass)											
		Point 1		Point 2		Point 3		Point 4		Point 5		Point 6	
		XX	BS	XX	BS	XX	BS	XX	BS	XX	BS	XX	BS
1	Kohlen	39,70	39,37	39,90	39,47	39,44	41,27	39,49	41,14	39,96	40,08	39,45	39,45
2	Ölmen	31,31	31,90	31,49	31,31	31,92	31,00	31,36	31,19	31,22	31,67	31,37	31,33
3	Natrium	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Kalzium	24,6	24,17	24,9	24,45	-	-	-	-	-	-	-	0,52
5	Alumin	2,20	2,35	2,01	2,75	-	0,44	-	0,26	-	0,35	-	0,31
6	Silizium	-	-	2,48	2,33	1,39	2,21	1,31	2,71	1,15	2,67	1,11	1,54
7	Kleinit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Ölstein	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Ferro	-	0,65	-	0,97	0,59	-	0,22	-	0,37	-	0,42	-
10	Zinc	3,95	1,30	1,29	0,40	0,34	0,28	0,47	-	-	0,30	-	0,20
11	Mangan	-	1,05	1,15	1,09	0,94	1,09	1,07	1,06	1,35	1,09	1,09	1,06
12	Boron	-	-	16,67	13,15	10,34	17,41	10,29	21,17	9,00	21,42	14,42	10,31

**Tabel 2.** Tabel Pengujian Dengan Sistem Salt Spray (Pin Hole)

No	Time Jam	Density gr/cm <sup>3</sup>	massu1 Kg	LUAS cm <sup>2</sup>	k 2.4 X 10 <sup>6</sup> X A	massu2 Kg	M1 - M2 kg	Laju korosi	
								MDD	ASL
1	10	6.6	0.866	165	396000000	0.8615	0.0045	163.64	
2	20	6.6	0.862	165	396000000	0.852	0.00998	181.45	
3	30	6.6	0.852	165	396000000	0.832	0.020	242.42	
4	40	6.6	0.832	165	396000000	0.796	0.036	327.27	
5	50	6.6	0.796	165	396000000	0.786	0.0096	69.82	
6	60	6.6	0.786	165	396000000	0.77662	0.0093	56.36	
7	70	6.6	0.777	165	396000000	0.769	0.0077	40.00	
8	80	6.6	0.769	165	396000000	0.760	0.0087	39.55	
9	90	6.6	0.760	165	396000000	0.751	0.0095	38.38	
10	100	6.6	0.751	165	396000000	0.741	0.0098	35.64	
Puncak korosi								0.12508	454.81

**TABEL 3.** Tabel Pengujian Dengan Sistem *Salt Spray* (Tanpa Cacat)

No	Time	Density	massa1	LUAS	k	massa2	M1 - M2	Laju korosi
	Jam	gr/cm3	Kg	cm2	2.4 X 10 <sup>6</sup> X A	Kg	kg	MDD
1	10	6.6	0.871	165	396000000	0.8675	0.0035	127.27
2	20	6.6	0.868	165	396000000	0.860	0.0075	136.36
3	30	6.6	0.860	165	396000000	0.855	0.005	60.61
4	40	6.6	0.855	165	396000000	0.852	0.003	27.27
5	50	6.6	0.852	165	396000000	0.850	0.002	14.55
6	60	6.6	0.850	165	396000000	0.8477	0.0023	13.94
7	70	6.6	0.848	165	396000000	0.8465	0.0012	6.23
8	80	6.6	0.847	165	396000000	0.845	0.0016	7.27
9	90	6.6	0.845	165	396000000	0.8424	0.0025	10.10
10	100	6.6	0.842	165	396000000	0.8402	0.0022	8.00
Tanpa pin hole							0.0308	112.00

Pada Gambar 4 pengambilan titik sample ditemukan hasil uji fotomikro adanya porositas titik sample 1 dan pada titik 2.1 serta 2.2 adanya porositas yang disebabkan rambatan retakan intergranular ditunjukkan Gambar 7.

Hasil uji Scanning Electron Metalograph ditemukan adanya porositas dan indikasi korosif antara layer base material ezda 3 dengan layer coating ditunjukkan Gambar 13 serta pada 6 titik uji lapisan coating ditemukan adanya unsur sulfat dan ferro [Tabel 1].

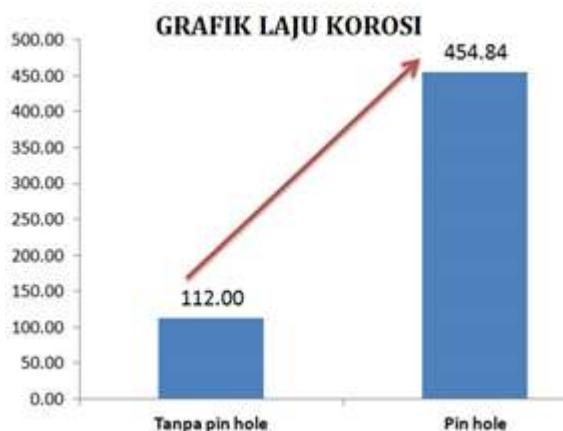
Hasil uji produk dengan metode *salt spray test* dengan spesifikasi temperatur saturator 47 °C, temperatur chamber 37 °C, konsentrasi PH salt 7,0, serta perbandingan antara salt : air sebesar 50 gr : 1 ltr dan waktu inspeksi interval 10 jam sekali selama 100 jam menghasilkan nilai laju korosi sebesar 112 MDD pada produk tanpa cacat pin hole ketebalan coating 16,8  $\mu$  dengan distribusi laju korosi relative stabil dan mengalami penurunan massa hingga 0,0308 kg dari 0,871 Kg (Tabel 3) sedangkan nilai laju korosi sebesar 454,84 MDD pada produk cacat pin hole ketebalan coating 14,41 $\mu$  dengan distribusi laju korosi yang relative naik turun sehingga mengalami penurunan massa hingga 0,125 kg dari 0,866 Kg ditunjukkan Tabel 2.

Berikut grafik batang laju korosi antara produk dengan cacat pin hole dan tanpa cacat pin hole ditunjukkan Gambar 10.

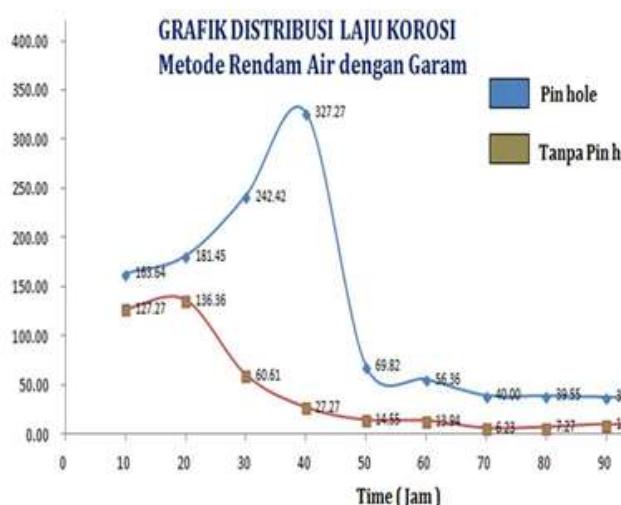
Hasil uji chemical komposisi tidak ditemukannya adanya unsur Cu ditunjukan Gambar 8 namun pada tebal hasil uji kekerasan masih dalam range spesifikasi standar.

Dari data diatas bahwa adanya pin hole tidak berpengaruh terhadap kekerasan suatu bahan

khususnya pada jenis paduan namun gejala korosi yang timbul disebabkan dari pelapisan coating yang mengandung unsur sulfat dan ferro yang disertai dengan adanya porositas atau udara yang terjebak yang masih mengendap di dalam *base material* ezda 3. dan perambatan yang terjadi lewat retakan intergranular membuat distribusi laju korosi naik turun hingga mengalami penurunan massa sebesar 0,125 kg. Berikut grafik distribusi laju korosi pada Gambar 10 dan Gambar 11 [M.G. Fontana, Corrosion].



**Gambar 10.** Grafik batang perbedaan pertumbuhan laju korosi metode



**Gambar 11.** Grafik pertumbuhan Laju Korosi [[UHLIG, H., "The Corrosion Hand Book", The Electrochemical Society Inc., John Wiley & Sons]

## Kesimpulan

Dari pembahasan diatas dapat kita simpulkan bahwa kualitas coating tidak berpengaruh terhadap tebalnya lapisan coating dan cepatnya pergerakan korosi yang timbul disebabkan adanya efek porositas dan retak intergranular yang merambat pada base material disertai dengan adanya unsur sifat korosif pada

pelapisan coating sehingga lebih menambah ruang udara yang teroksidasi didalam struktur mikro ditambah tidak adanya unsur Cu yang mana unsur tersebut berfungsi sebagai unsur yang memiliki sifat anti korosi.

## Saran

1. Untuk meminimalisir porositas pada paduan Ezda 3 diperlukan komposisi material recycle tidak melebihi 20 %.
2. Untuk menghindari adanya crack atau retakan intergranular Perlu dijaga kebersihan area melting agar terhindar dari unsur Pb (Timah hitam). [ J. Chamberlein, Korosi, Gramedia, Jakarta, 1991.]
3. Waktu proses baking setelah proses Electrodisposition lebih dimaksimalkan agar tidak ada lagi udara yang terjebak didalam base material baik coating maupun Ezda 3 [Anon., Annual Book of ASTM Standards G59-78, ASTM, Philadelphia, 1981, p.964.]

## Nomenklatur

C	Celcius (°C)
gr	Gram

## Greek letters

So4	Sulfat
Fe	Ferrous
Cu	Copper
p	berat jenis (gr /mm <sup>2</sup> )
Hv	Hardness vicker (A)

## Subscripts

MDD	Miligram per desimeter persegi perhari
R	Laju korosi
w	Kehilangan massa per gram
T	Waktu perendaman
A	Luasan benda uji
D	Massa jenis gr /cm <sup>2</sup>
SEM	Scanning electron metalograph
EDP	Electrodisposition Paint

## Reference

- [1] UHLIG, H., "The Corrosion Hand Book", The Electrochemical Society Inc., John Willey & Sons
- [2] M.G. Fontana, Corrosion Engineering, McGraw Hill, New York, 1986.
- [3] D.H. Davies, G.T. Burstein, Corrosion: Effect of Bicarbonate on the corrosion and passivation of iron, 1980, p.36
- [4] J. Chamberlein, Korosi, Gramedia, Jakarta, 1991.
- [5] H.H. Uhlig, W.R. Revie, Uhlig's Corrosion Handbook, John Wiley and Sons, New York, 2000, p.582.
- [6] Anon., Annual Book of ASTM Standards G59-78, ASTM, Philadelphia, 1981, p.964.
- [7] Frick H, Koesmartadi Ch., 1999
- [8] Febratoi., *Sigma Epsilon ISSN 0853-9103*
- [9] Literatur proses pengecoran logam.
- [10] Literatur karakteristik material Zinc alloy
- [11] (sumber: <http://www.matcoinc.com>).
- [12] MAKARA, TEKNOLOGI, VOL. 6, NO. 2, AGUSTUS 2002
- [13] 1983, " SII 0779 – 83 Cara Penyiapan, Pembersihan, dan Penilaian Benda Uji Korosi" . Departemen Perindustrian.
- [14] 1980, " SII 0401 – 1980 Alat Uji dengan Semprot Kabut Garam Korosi". Departemen Perindustrian.
- [15] MEDIA TEKNIK SIPIL/ Juli 2006