

# ANALISA KERUSAKAN PADA ATAP ZINCOATING DI LINGKUNGAN ATMOSFER INDUSTRI

Moch. Syaiful Anwar, Cahya Sutowo, Andika Widya Pramono, Budi Priyono, Ronald Nasoetion

Pusat Penelitian Metalurgi – LIPI  
Kawasan Puspiptek Serpong, Gedung 470, Tangerang 15314  
E – mail : msyifulan04@gmail.com

Masuk tanggal : 10-09-2012, revisi tanggal : 05-11-2012, diterima untuk diterbitkan tanggal : 19-11-2012

## Intisari

### ANALISA KERUSAKAN PADA ATAP ZINCOATING DI LINGKUNGAN ATMOSFER INDUSTRI.

Telah terjadi kerusakan pada atap salah satu pabrik di Kawasan Industri di Bekasi. Atap tersebut telah dilindungi oleh lapisan *zinccoating*. Namun, setelah pemakaian selama 16 bulan, atap tersebut telah mengalami kerusakan. Bentuk kerusakannya adalah deposit berwarna kecoklatan tebal dan tipis yang menempel pada atap tersebut. Pada tulisan ini, analisa kerusakan yang dilakukan antara lain pemeriksaan visual, SEM-EDAX, metalografi, uji kerapatan deposit, dan analisa laju korosi. Hasil menunjukkan bahwa warna kecoklatan yang menempel pada atap tersebut disebabkan karena adanya deposit besi oksida dari udara. Adanya deposit tersebut mengakibatkan terjadi korosi galvanik antara deposit besi oksida dengan *zinccoating*. Laju korosi terbesar ditemukan pada atap dengan deposit warna kecoklatan tebal.

*Kata kunci : Atmosfer industri, Atap, Zincoating, Korosi galvanik, Deposit, Analisa kerusakan*

## Abstract

**DAMAGE ANALYSIS OF ZINCOTED ROOF IN THE INDUSTRIAL ATMOSPHERIC.** *There has been damage to the roof of a factory in Industrial Area in Bekasi. The roof has been coated by a zinccoating. However, after 16 months of usage, the roof has been damaged. The form of damage is thick and thin brownish deposits that stick on the roof. In this paper, the analysis of the damage include visual inspection, SEM-EDAX, metallography, test of deposit density, and analysis of the corrosion rate. The results showed that the color brown that sticks to the roof caused by the deposit of iron oxide from the air. The existence of deposits resulted in galvanic corrosion between iron oxide deposit and zinccoating layers. Greatest corrosion rate was found in the roof with a thick brownish deposits.*

*Keywords : Industrial atmospheric, Roof, Zincoating, Galvanic corrosion, Deposits, Analysis of damage*

## PENDAHULUAN

Salah satu pabrik di Kawasan Industri di kota Bekasi selesai dibangun pada bulan Desember 2008. Bangunan tersebut menggunakan atap yang terlapis oleh material zinc (seng). Pada bulan April 2010 telah ditemukan adanya kerusakan pada atap bangunan pabrik. Bentuk kerusakannya adalah deposit berwarna kecoklatan tebal dan tipis yang menempel pada atap tersebut.

Zinc (seng) merupakan suatu material yang paling penting dalam mengendalikan korosi pada baja di lingkungan atmosferik. Baja terlapis seng telah dipakai di dalam bangunan, konstruksi bodi motor, kontainer, dan lain-lain. Seng memiliki sifat tahan korosi meskipun terekspos pada kelembaban tinggi. Pada kelembaban relatif 99 % nilai laju korosi pada seng sebesar 0,007 g/m<sup>2</sup>/hari. Tetapi suatu produk korosi yang higroskopis dapat terbentuk di atas

permukaan seng baru yang basah kecuali disimpan di dalam ruangan dengan kelembaban (*humidity*) rendah pada beberapa minggu<sup>[1]</sup>.

Korosi atmosferik merupakan salah satu bentuk korosi yang paling mudah dilihat oleh mata dibandingkan dengan bentuk korosi lainnya, misalnya jembatan berkarat, tiang bendera berkarat, bangunan, dan monumen *outdoor*<sup>[2]</sup>.

Banyak variabel yang mempengaruhi sifat dari proses korosi atmosferik. Kelembaban relatif, temperatur, konten sulfur dioksida, konten hidrogen sulfida, klorida, curah hujan, debu, posisi logam yang terekspos udara, dan lokasi geografis logam tersebut<sup>[3]</sup>.

Pada tulisan ini bertujuan untuk menganalisa dan membahas kerusakan yang terjadi pada atap tersebut. Analisa kerusakan yang dilakukan antara lain pemeriksaan visual, SEM-EDAX, metalografi, uji kerapatan deposit, dan analisa laju korosi.

## PROSEDUR PERCOBAAN

### Material

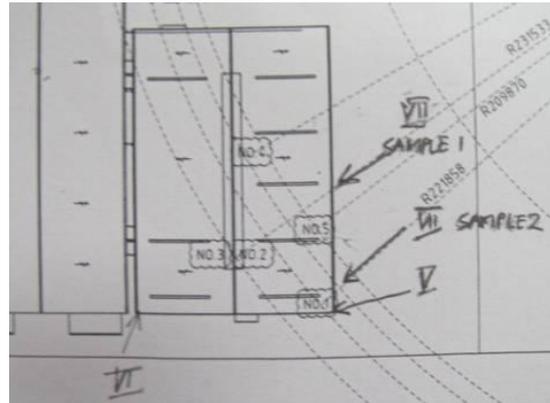
Material substrat yang digunakan pada atap ini adalah baja karbon rendah. Komposisi kimia material ini dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Komposisi kimia material substrat atap

Unsur (%berat)							
C	Mn	Si	P	S	Al	Impuritis	Fe
0,09	0,37	0,01	0,01	0,01	0,04	0,25	Bal.

### Titik Pengambilan Sampel Atap

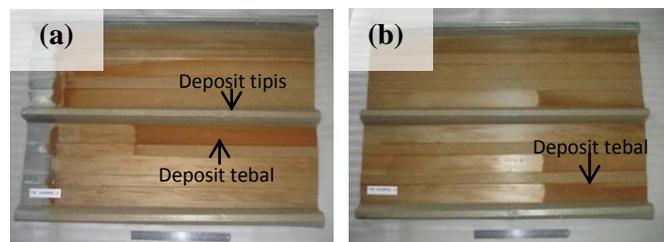
Titik pengambilan sampel atap yang rusak adalah di titik VII sampel 1 (satu) dan titik VII sampel 2 (dua) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Lokasi pengambilan sampel

## Prosedur Pengujian

Berdasarkan pengamatan visual, titik pengamatan berada pada titik VII sampel 1 diambil pada bagian warna kecoklatan tebal dan tipis, sedangkan titik VII sampel 2 hanya diambil pada bagian warna kecoklatan tipis. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Titik pengamatan (a) sampel 1 dan (b) sampel 2 di titik VII

Pada titik VII sampel 1 (satu) dan sampel 2 (dua) masing-masing dipotong sesuai ukuran standard uji kemudian dilakukan pengujian sebanyak 3 (tiga) kali pengulangan. Pengujian tersebut antara lain: uji SEM-EDAX dan XRD dilakukan pada penampang permukaan sampel, uji mikroskop optik<sup>[4-5]</sup> pada penampang melintang sampel, uji kerapatan *zinc coating* (lapis seng)<sup>[6-7]</sup>, dan laju korosi pada penampang permukaan sampel.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

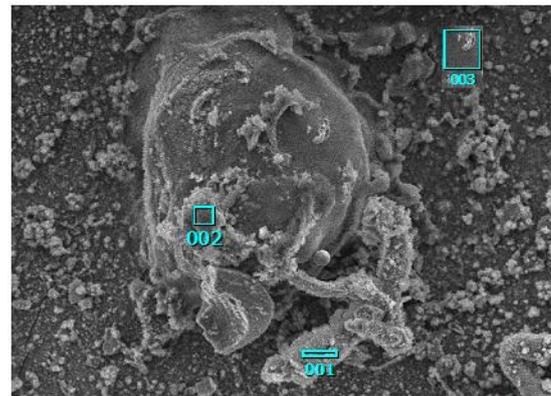
### Uji SEM-EDAX

Gambar 3 menunjukkan hasil uji SEM (*scanning electron microscope*) pada sampel 1 keoklatan tebal dan tipis. Pada sampel 1 keoklatan tebal memiliki deposit lebih rapat daripada sampel 1 keoklatan tipis. Adanya deposit tersebut disebabkan karena adanya pengotor dari udara yang menempel di atas atap.

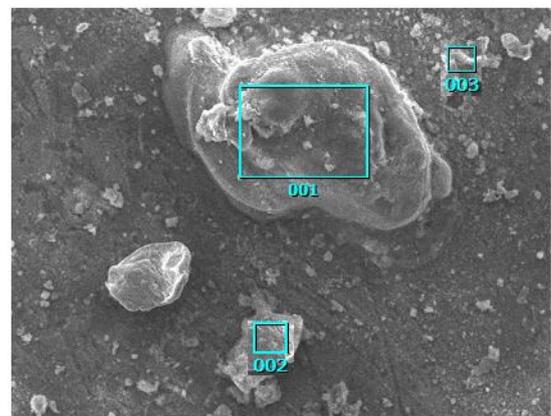
Gambar 3c menunjukkan hasil uji SEM pada sampel 2 keoklatan tebal. Sampel 2 keoklatan tebal memiliki bentuk deposit berbeda dengan bentuk deposit sampel 1 keoklatan tebal. Hal ini disebabkan karena perbedaan lokasi antara sampel 1 dan 2.

Pada Tabel 2 menunjukkan hasil uji EDAX dari unsur-unsur yang terkandung di dalam deposit sampel 1 dan 2. Pada tabel tersebut menunjukkan adanya unsur pengotor yang berasal dari udara.

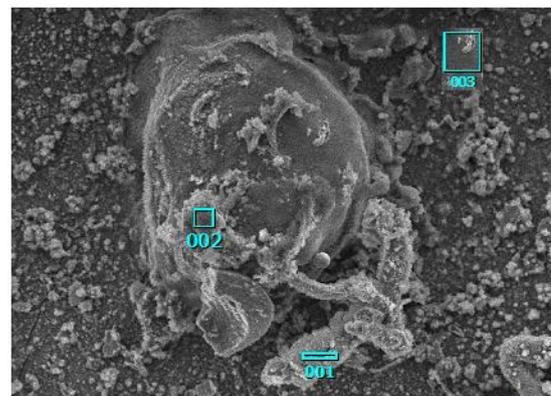
Pada sampel 1 unsur pengotornya adalah C, O, Al, Si, Na, S, K, P, Ca, Mn, dan Mo dan Fe. Pada sampel 1 deposit tebal unsur dominan adalah Fe=28,76%, O=29,60% dan Zn=16,26%, sedangkan pada sampel 1 deposit tipis unsur yang dominan adalah Fe=12,38%, O=33,96%, dan Zn=34,32% (Tabel 2). Pada sampel 2 unsur pengotornya adalah C, O, Al, Si, S, Ca, dan Fe. Sampel 2 (dua) deposit tebal unsur yang dominan adalah Fe=34,55%, O=27,60% dan Zn=27,91% (Tabel 2).



(a)



(b)



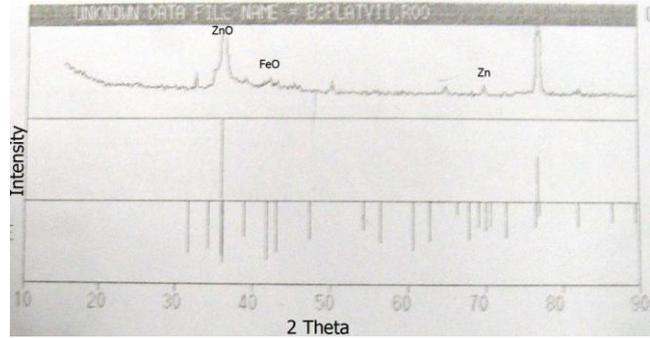
(c)

**Gambar 3.** Foto hasil SEM pada permukaan atap dengan pembesaran 100  $\mu\text{m}$  (a) sampel 1 deposit tebal, dan (b) sampel 1 deposit tipis, dan (c) sampel 2 deposit tebal

Karena relatif banyaknya unsur-unsur pengotor yang berasal dari udara mengakibatkan terjadinya deposit di atas permukaan atap yang didominasi oleh besi oksida dengan tingkat oksidasi yang berbeda-beda sehingga menjadikan degradasi perubahan warna pada atap dan hal ini dapat menginisiasi terjadinya kerusakan lapisan Zn yang ditunjukkan dengan adanya penurunan kadar Zn pada sampel deposit tebal dibandingkan dengan sampel deposit tipis (Tabel 2).

### Uji XRD (X-Ray Diffraction)

Gambar 4 menunjukkan hasil uji XRD pada sampel atap yang terdeposit. Pada gambar tersebut menunjukkan intensitas senyawa didominasi oleh senyawa ZnO, FeO, dan Zn. Adanya senyawa besi oksida yang berdeposit di atas permukaan atap tersebut mengakibatkan terjadinya korosi galvanik. Korosi galvanik ini dapat terjadi ketika ZnO dan Zn yang memiliki potensial lebih negatif dari pada besi oksida saling kontak di udara mengakibatkan Zn terkorosi.



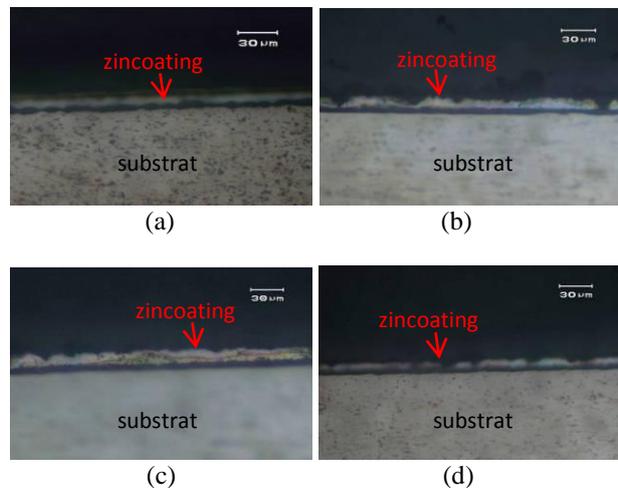
Gambar 4. XRD atap yang terdeposit

### Hasil Metalografi

Gambar 5 menunjukkan struktur mikro pada sampel atap baru dan sampel atap yang rusak (sampel 1 deposit tebal dan tipis, dan sampel 2 deposit tebal). Pada gambar tersebut, sampel atap baru menunjukkan lapisan zinc yang merata, sedangkan pada sampel atap rusak menunjukkan lapisan zinc yang tidak rata lagi.

Tabel 2. Hasil uji EDAX sampel 1 dan 2

Unsur	sampel 1 (% berat)		sampel 2 (% berat)
	deposit tebal	deposit tipis	deposit tebal
C	14,72	12,59	8,26
O	29,6	33,96	27,6
Al	3,62	0,96	3,11
Si	8,52	14,3	2,91
Na	-	1,25	-
S	0,53	0,82	0,44
K	0,91	-	-
P	0,71	0,87	-
Ca	0,89	0,8	1,32
Mn	-	8,21	-
Mo	-	1,29	-
Fe	28,76	12,38	34,55
Zn	16,26	34,32	27,91



Gambar 5. Struktur mikro sampel atap dengan mikroskop optik dengan etsa larutan nital (a) sampel atap baru, (b) sampel 1 deposit tebal, (c) sampel 1 deposit tipis, (d) sampel 2 deposit tebal

Berdasarkan Gambar 5, lapisan zincoated pada sampel baru memiliki ketebalan rata – rata 16 µm. Sampel 1 deposit tebal dan tipis menunjukkan ketebalan minimal 5 µm dan 10 µm. Dan pada sampel 2 deposit tebal menunjukkan ketebalan minimal 7 µm. Sehingga pada

sampel 1 deposit tebal mempunyai ketebalan lapisan *zinccoating* paling tipis dibandingkan dengan sampel 1 deposit tipis dan sampel 2 deposit tebal. Penipisan pada lapisan *zinccoating* ini disebabkan karena terkikisnya lapisan zinc oleh proses korosi galvanis antara ZnO dengan FeO.

### Uji Kerapatan Atap Zinccoating

Tabel 3 menunjukkan hasil uji kerapatan *zinccoating* pada sampel atap baru dan sampel atap yang terdeposit. Nilai kerapatan *zinccoating* pada sampel atap baru sebesar 184 g/m<sup>2</sup>. Sampel 1 deposit tebal mengalami penurunan berat lapisan sebesar 10 % dari sampel baru. Sampel 1 deposit tipis mengalami penurunan berat lapisan sebesar 4 % dari sampel baru. Sampel 2 deposit tebal mengalami penurunan berat lapisan sebesar 7 % dari sampel baru. Jadi dapat disimpulkan bahwa sampel 1 deposit tebal terjadi penipisan lapisan *zinccoating* lebih besar daripada sampel lainnya.

**Tabel 3.** Uji kerapatan *zinccoating* pada sampel atap baru dan sampel atap terdeposit

Sampel atap baru (g/m <sup>2</sup> )	sampel 1 (g/m <sup>2</sup> )		sampel 2 (g/m <sup>2</sup> )
	deposit tebal	deposit tipis	deposit tebal
184	166	177	171

### Laju Korosi Atap Zinccoating

Tabel 4 menunjukkan hasil perhitungan laju korosi atap *zinccoating*.

**Tabel 4.** Laju korosi atap *zinccoating* pada sampel atap baru dan sampel atap terdeposit

	Kerapatan <i>zinccoating</i> (g/m <sup>2</sup> )	kerapatan <i>zinccoating</i> yang hilang (g/m <sup>2</sup> )	Laju korosi (g/m <sup>2</sup> /years)	Corrosion Category ISO 9223
Sampel atap baru	184			
Sampel 1 :				
#deposit tebal	166	18	13,5	C3: Moderate
#deposit tipis	177	7	5,25	C3: Moderate
Sampel 2	171	13	9,75	C3: Moderate

Dengan waktu pemakaian atap selama 16 bulan maka laju korosi mulai terbesar sampai terkecil ditemukan pada sampel 1 deposit tebal sebesar 13,5 g/m<sup>2</sup>/years, sampel 2 sebesar 9,75 g/m<sup>2</sup>/years, dan sampel 1 deposit tipis sebesar 5,25 g/m<sup>2</sup>/years. Menurut ISO 9223 laju korosi yang dialami oleh atap *zinccoating* masuk kedalam kategori ‘moderate’<sup>[8]</sup>.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penyebab utama warna kecoklatan pada atap *zinccoating* adalah adanya pengotor atau deposit yang didominasi oleh besi oksida. Besi oksida yang berasal dari udara memiliki tingkat oksidasi yang berbeda-beda ketika menempel pada permukaan atap.
2. Kandungan deposit didominasi oleh senyawa besi oksida.
3. Adanya senyawa besi oksida di dalam kandungan deposit mengakibatkan terjadinya korosi galvanik pada permukaan atap yang terekspos udara, yang mengakibatkan lapisan *zinccoating* terkorosi.
4. Laju korosi lapisan *zinccoating* yang terjadi pada sampel 1 deposit tebal, sebesar 13,5 g/m<sup>2</sup>/years, lebih tinggi dari pada sampel 1 deposit tipis (5,25 g/m<sup>2</sup>/years) dan sampel 2 deposit tebal (9,75 g/m<sup>2</sup>/years).

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmad Zaki. 2006. *Principle of corrosion engineering and corrosion control*. Edition 1<sup>st</sup>. Butterworth-heinemann. UK. page 569.
- [2] R.R. Pierre. 2008. *Corrosion Engineering Principles and Practice*. McGrawHill. USA. page 329
- [3] Schweitzer P.A. 2007. *Fundamentals of Metallic Corrosion*. Second Edition. Taylor & Francis Group. page 39.
- [4] ASM-Metal Handbook.1992. *Metallography and Microstructures*. Vol. 9. American Society for Metal, Metals Park. Ohio.
- [5] American Standart Testing of Material E 407. 1993. *Standard Practice for Microetching Metals and Alloys*.
- [6] American Standart Testing of Material B 487. 1985. *Standard Test Method for Measurement of Metal and Oxide Coating Thickness by Microscopical Examination of a Cross Section*.
- [7] Japanese Industrial Standards H 0401. *Test methods for hot dip galvanized coatings*. JIS H 0401.
- [8] ISO 9223:1992. *Corrosion of metals and alloy - Corrosivity of atmospheres – Classification*.

## RIWAYAT PENULIS

**Moch. Syaiful Anwar** lahir di Surabaya 20 Maret 1985. Latar belakang penulis adalah post graduate. Penulis menerima gelar Magister Sains di program studi Materials Science di Universitas Indonesia Jakarta pada bulan Juli 2012. Beliau bekerja di Pusat Penelitian Metalurgi LIPI sejak tahun 2008 sampai sekarang. Posisi penulis saat ini adalah Kandidat Peneliti.