



## PEMETAAN KOROSIFITAS BAJA KARBON YANG DILAPISI POLIMER HIBRID POLI(GLYMO) DALAM KONDISI ATMOSFERIK

Khapiza Hasibuan<sup>1)</sup>, Sri Suryaningsih<sup>1)</sup>, Tuti Susilawati<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Padjadjaran  
Jl. Raya Bandung-Sumedang Km.21 Jatinagor 45363, Sumedang  
Surel: hasibuankhapiza@yahoo.com

### ABSTRACT

Using Poly(GLYMO) as a coating on metals is one way to decrease the rate of corrosion that occurs in metals. Research about mapping the extent of corrosion of carbon steel coated hybrid polymer poly(GLYMO) with atmospheric conditions used method lose weight Corrosion rate of carbon steel blank that has been exposed in atmospheric environments ranging from 0.040 mm/yr - 0.269 mm/yr. Corrosion rate of carbon steel coated with poly(GLYMO) ranged from 0.001 mm /yr - 0.196 mm/yr. From the calculation of the corrosion rate of carbon steel blank was faster than the corrosion rate of carbon steel is coated Poly(GLYMO), this showed that Poly(GLYMO) could act as a coating material in carbon steel, so that could reduce the rate of corrosion in the atmospheric environment rate of 0.039 mm/yr – 0.073 mm/yr. The results of Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM – EDS), morphology of carbon steel blank having a rougher surface damage compared with carbon steel coated with poly(GLYMO). The surface of carbon steel blank cracking occurs.

Keywords : atmospheric environment, carbon steel, corrosion rate, poli(GLYMO).

### PENDAHULUAN

Sebagian industri, korosi diartikan sebagai karat, yakni sesuatu yang hampir dianggap sebagai musuh umum. Karat (rust) merupakan korosi pada besi, sedangkan korosi sendiri adalah perusakan suatu material karena bereaksi dengan lingkungannya atau bisa disebut sebagai gejala destruktif yang mempengaruhi hampir semua logam. Industri-industri banyak menggunakan logam baik besi, baja, alumunium dan banyak jenis logam dan paduan lainnya. Pada industri korosi merupakan salah satu faktor permasalahan. Salah satunya industri UBP Suralaya yang merupakan salah satu industri pembangkit listrik tenaga uap yang dimiliki PT. Indonesia Power yang menggunakan bahan batu bara sebagai bahan bakar utama dalam pembangkitan. Meningkatnya kegiatan pembangkitan disertai dengan meningkatnya pembuangan sisa pembakaran bahan bakar tersebut ke udara. Selain menghasilkan energi, pembakaran batu bara juga

melepaskan gas-gas, antara lain karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), nitrogen oksida ( $\text{NO}_2$ ), dan sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ). Lepasannya dapat mempercepat proses pengkaratan atau korosi logam. Oleh sebab itu, perlu perhatian lebih dalam menangani korosi, maka agar korosi tidak terlalu merugikan diperlukan upaya pencegahan secara internal dan eksternal berupa proteksi.

Dalam upaya pencegahan korosi, proteksi yang mudah dilakukan dengan proses pelapisan atau *coating*. Bahan pelapis yang digunakan dalam proses *coating* dapat berupa polimer hibrid. Jenis polimer hibrid ikatan silang organik-anorganik yang digunakan adalah poli((3-Glisidiloksipropil) trimetoxysilane (GLYMO)).

Penggunaan Poli(GLYMO) sebagai bahan pelapis untuk memperoleh karakteristik yang baik dan optimal sebagai bahan pelapis. Selain itu Poli(GLYMO) memiliki kemurnian >98, indeks bias 1.427, titik didih  $290^\circ\text{C}$  dan tidak larut didalam air [2].

Oleh karena itu, perlu dilakukan pemetaan tingkat korosi pada baja karbon SS400 yang tidak dilapisi (blanko) dan baja karbon yang dilapisi poli(GLYMO), dan uji morfologi permukaan baja karbon SS400 sebelum di papir dan setelah di papir di lingkungan atmosfer pembangkit listrik berbahan bakar batu bara.

## METODE

Sampel uji yang digunakan adalah baja karbon SS400 berukuran 2cm x 4cm x 0,005cm sebanyak 32 sampel yang dibagi menjadi dua bagian yaitu, 16 baja karbon yang tidak dilapisi dan 16 baja karbon yang dilapisi Poli(GLYMO). Kemudian sampel direndam dengan brasso selama 24 jam guna mempermudah pembersihan. Selanjutnya sampel diampelas dengan grade (200, 400, 500, 600, 800 dan 1000). Setelah diampelas sampel direndam dalam kloroform agar tidak terkontaminasi oleh lingkungan sekitar. Langkah selanjutnya mengeringkan sampel untuk ditimbang beratnya menggunakan neraca digital sehingga diperoleh berat sampel sebelum di papir di lingkungan atmosferik.

Prekursor Poli(GLYMO) dilapiskan pada baja karbon dengan cara mencelupkan sampel baja karbon ke dalam Poli(GLYMO) hingga menutupi seluruh permukaan baja karbon. Kemudian dilakukan proses *pre-bake* selama 10 menit. Selanjutnya dilakukan fotopolimerisasi pada sampel baja karbon yang telah dilapisi prekursor Poli(GLYMO) selama 10 menit untuk polimerisasi bagian organik. Proses fotopolimerisasi

menggunakan bantuan sinar UV dan sampel diletakkan di dalam *chamber* dengan dialiri gas nitrogen. Setelah prekursor pada permukaan baja karbon telah melekat dengan baik, dilakukan *post-bake*, yaitu proses pemanasan sampel di dalam oven vakum dengan suhu 60°C dalam waktu 18 jam agar mendapatkan hasil pH yang diinginkan dan optimal. Selanjutnya bahan disimpan dalam cawan petri dan ditutup parafilm dan aluminium foil.

Pemaparan sampel di lingkungan atmosferik dengan cara mengikatkan sampel pada tempat yang sudah ditentukan berdasarkan hasil survei. Tempat pemaparan sampel sebanyak 4 lokasi yaitu Unit 6, Timur Area Coal Yard, Dermaga Lama dan Selatan Gedung ADB. Penentuan lokasi tersebut dilakukan dengan cara survei lapangan dengan pertimbangan lokasi tersebut diduga kondisi lingkungannya terkena dampak dari proses pembangkitan. Jumlah sampel yang di papar pada setiap lokasi sebanyak 8 sampel yang terdiri dari 4 sampel tidak dilapisi dan 4 sampel dilapisi Poli(GLYMO).

Pengukuran laju korosi di laboratorium menggunakan metode kehilangan berat/*loss weight*. Metode kehilangan berat adalah perhitungan laju korosi dengan mengukur kekurangan berat akibat korosi yang terjadi. Metode ini menggunakan jangka waktu penelitian hingga mendapatkan jumlah kehilangan akibat korosi yang terjadi. Untuk mendapatkan jumlah kehilangan berat akibat korosi digunakan rumus dalam persamaan (1) sesuai dengan ASTM [1]:

$$CR = \frac{K \times W}{A \times t \times D} \quad (1)$$

Dengan:

CR = laju korosi - Corrosion Rate (mm/year)

K =  $8.76 \times 10^4$

W = berat yang hilang (gram)

A = luas sampel ( $cm^2$ )

t = waktu papar (jam)

D = massa jenis sampel ( $\frac{g}{cm^3}$ )

Untuk melihat permukaan beserta komposisi baja karbon, dilakukan uji morfologi menggunakan *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDS).

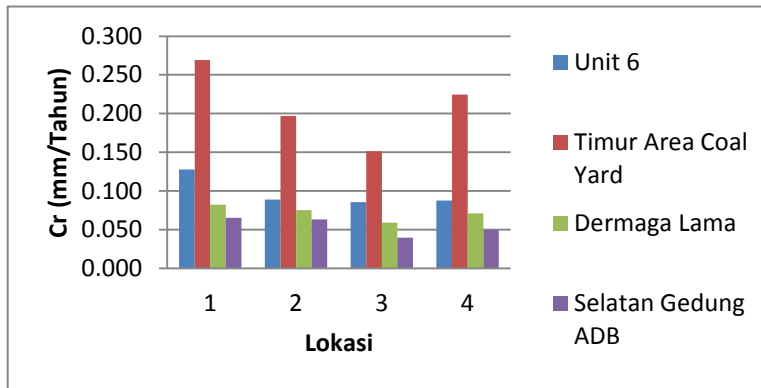
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Laju Korosi

Pengukuran laju korosi di laboratorium menggunakan metode kehilangan berat/*loss weight*. Metode ini adalah mengukur kembali berat awal dari benda uji (objek yang ingin diketahui laju korosi yang terjadi padanya), kekurangan berat dari pada berat awal merupakan nilai kehilangan berat. Pengukuran laju korosi diperoleh dengan metode kehilangan berat akibat korosi yang mengacu pada standar ASTM [1]. Perhitungan laju korosi menggunakan persamaan (1).

Tabel 1. Hasil Uji Korosi Baja Karbon Blanko di Lingkungan Atmosfer.

Lokasi	Waktu Papar (jam)	m awal (gram)	m akhir (gram)	$\Delta m$ (gram)	CR (mm/Tahun)
Unit 6	384	4,221	4,187	0,034	0,128
	768	4,125	4,077	0,047	0,089
	1152	3,841	3,773	0,069	0,086
	1536	3,764	3,671	0,094	0,088
Timur Area Coal Yard	384	3,886	3,814	0,072	0,269
	768	3,853	3,748	0,105	0,197
	1152	3,912	3,791	0,121	0,151
	1536	4,137	3,898	0,240	0,225
Dermaga Lama	384	3,709	3,687	0,022	0,082
	768	3,920	3,880	0,040	0,075
	1152	3,951	3,904	0,047	0,059
	1536	3,973	3,897	0,076	0,071
Selatan Gedung ADB	384	3,965	3,948	0,017	0,065
	768	3,974	3,940	0,034	0,063
	1152	4,198	4,166	0,032	0,040
	1536	4,073	4,020	0,053	0,050

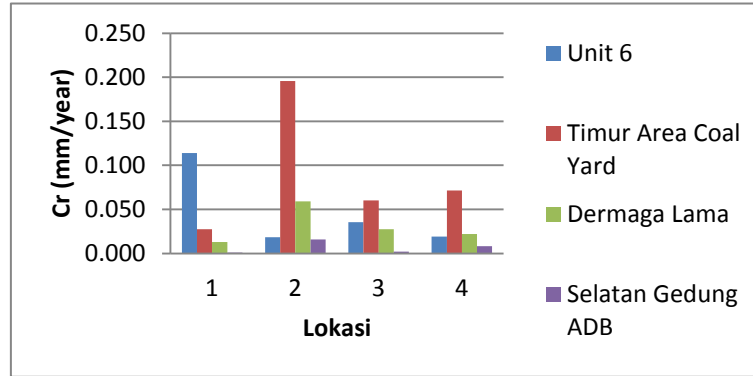


Gambar 1. Laju korosi pada baja karbon blanko yang di papar di 4 lokasi (Unit 6, Timur Area Coal Yard, Dermaga Lama dan Selatan Gedung ADB).

Hasil pengujian dengan menggunakan metode kehilangan berat, laju korosi baja karbon blanko yang telah dipapar selang 2 minggu sekali selama 2 bulan bervariasi sesuai dengan lokasi tempat pemaparan. Laju Korosi rata-rata sebesar 0,109 mm/thn. Laju korosi maksimum 0,269 mm/thn terdapat pada lokasi Timur Area Coal Yard. Sedangkan laju korosi minimum 0,040 mm/thn berada pada lokasi Selatan Gedung ADB.

Tabel 2. Hasil Uji Korosi Baja Karbon yang dilapisi Poli(GLYMO) di Lingkungan Atmosfer.

Lokasi	Waktu Papar (jam)	m awal (gram)	m akhir (gram)	$\Delta m$ (gram)	CR (mm/Tahun)
Unit 6	384	3,808	3,777	0,030	0,114
	768	2,605	2,595	0,010	0,018
	1152	3,859	3,830	0,028	0,035
	1536	4,442	4,421	0,020	0,019
Timur Area Coal Yard	384	3,202	3,195	0,007	0,027
	768	3,371	3,266	0,104	0,196
	1152	4,035	3,987	0,048	0,060
	1536	4,133	4,057	0,076	0,071
Dermaga Lama	384	4,230	4,227	0,004	0,013
	768	4,053	4,022	0,032	0,059
	1152	4,419	4,397	0,022	0,028
	1536	3,473	3,449	0,024	0,022
Selatan Gedung ADB	384	2,833	2,832	0,000	0,001
	768	3,963	3,954	0,008	0,016
	1152	3,180	3,178	0,002	0,002
	1536	4,315	4,307	0,009	0,008



Gambar 2 Laju korosi pada baja karbon yang dilapisi Poli(GLYMO) di papir di 4 lokasi (Unit 6, Timur Area Coal Yard, Dermaga Lama dan Selatan Gedung ADB).

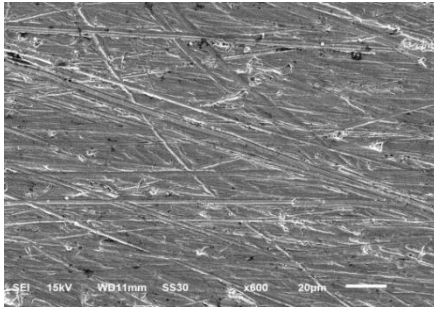
Hasil pengujian dengan menggunakan metode kehilangan berat, laju korosi baja karbon yang dilapisi Poli(GLYMO) dan dipapar selang 2 minggu sekali selama 2 bulan bervariasi sesuai dengan lokasi tempat pemaparan. Laju Korosi rata-rata sebesar 0,043 mm/thn. Laju korosi maksimum 0,196 mm/thn terdapat pada lokasi Timur Area Coal Yard. Sedangkan laju korosi minimum 0,001 mm/thn berada pada lokasi Selatan Gedung ADB.

Hasil pengujian laju korosi antara baja karbon blanko dan baja karbon yang dilapisi Poli(GLYMO) terlihat jelas bahwa nilai laju korosi terbesar terletak pada baja karbon blanko. Hal ini disebabkan oleh baja karbon tersebut tidak ada pelindungnya dan terjadi interaksi antara baja karbon dengan atmosfer ambien di sekitarnya, yang terjadi akibat kelembaban dan oksigen di udara, dan diperparah dengan adanya polutan seperti gas-gas atau garam-garam yang terkandung di udara sehingga lebih cepat mengalami korosi dibandingkan dengan baja karbon yang dilapisi Poli(GLYMO) sehingga ada lapisan yang menghalangi serangan korosi. Laju korosi tersebut dipengaruhi oleh adanya faktor dari lingkungan atmosferik yang korosif. Berdasarkan hasil pemantauan pihak lingkungan PLTU Suralaya pada keempat lokasi tersebut temperatur berada 31,0 °C - 33,2 °C, temperatur tertinggi berada di lokasi Dermaga Lama dan Selatan Gedung ADB yaitu 33,2 °C, temperatur terendah 31,0 °C berada di lokasi Unit 6. Kelembaban udara berada pada kisaran 62,9 % - 70,4 %, dengan kelembaban tertinggi 70,4 % di lokasi Unit 6 dan terendah ada di Dermaga Lama sebesar 62,9 %. Besar kecepatan angin berkisar antara 0,0 – 3,4 m/det. Kecepatan angin tertinggi 0,4 – 3,4 m/det berada di lokasi Dermaga Lama, terendah 0,0 – 0,8 di lokasi Unit 6. Sedangkan hasil pengukuran emisi gas SO<sub>2</sub> tertinggi berada pada lokasi Selatan Gedung ADB 9,40 mg/Nm<sup>3</sup>, terendah

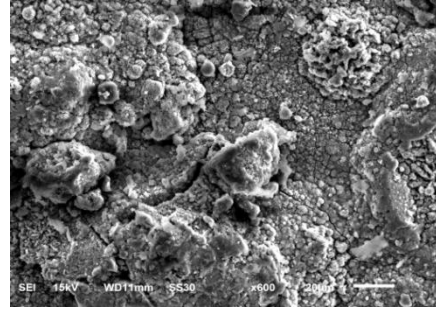
di lokasi Dermaga Lama  $2,72 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  dengan baku mutu  $365 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  dan emisi  $\text{NO}_2$  tertinggi berada di lokasi Unit 6 sebesar  $5,19 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , terendah berada di lokasi Selatan Gedung ADB  $1,31 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  dengan baku mutu  $150 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  (hasil pemantauan pihak lingkungan PLTU Suralaya). Di lingkungan atmosfer yang mengandung  $\text{SO}_2$  0,01 % dan kelembaban 60 % laju korosi akan meningkat. Temperatur memiliki efek variabel pada korosi atmosfer. Temperatur di lingkungan atmosfer menjaga laju korosi yang relatif rendah namun dapat meningkatkan kondensasi air pada permukaan film sehingga terjadi korosi. Paparan sinar matahari meningkatkan suhu permukaan, yang tidak selalu mempercepat korosi. Suhu yang lebih tinggi dapat mengeringkan permukaan dan mengurangi korosi. Sebagai akibatnya, permukaan yang tidak terpapar sering menimbulkan korosi lebih cepat dari pada permukaan yang terkena sinar matahari langsung [3]. Besarnya nilai emisi yang dihasilkan dari kegiatan industri sangat tergantung pada jenis dan jumlah bahan bakar yang digunakan dalam setiap proses produksi [4]. Hal tersebut menunjukkan penyebab terjadinya laju korosi pada baja karbon blanko maupun baja karbon yang dilapisi Poli (GLYMO) pada lingkungan atmosferik.

### **Morfologi Permukaan Baja Karbon**

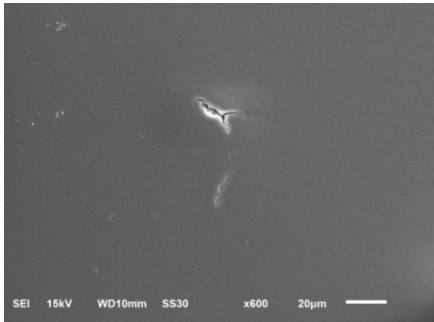
Pada Gambar 3 terlihat jelas perbedaan baja karbon (a) dengan (b). permukaan pada baja karbon (b) lebih kasar dibandingkan dengan permukaan baja karbon (a). pada baja karbon (b) terjadi cracking pada permukaan baja karbon, jenis korosi ini diduga korosi merata yang disebabkan adanya reaksi kimia atau elektrokimia dengan penampakan produk korosi dan peronggaan skala besar dan merata. Selain itu, pada baja karbon (b) terdapat tumpukan – tumpukan. Hal tersebut di duga komposisi baja yang saling memisahkan diri dengan komposisi yang lain akibat reaksi kimia pada baja tersebut.



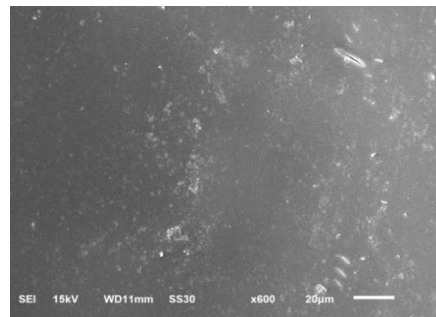
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 3 Pengamatan Mikrostruktur permukaan baja karbon SS400 menggunakan SEM. (a) baja karbon blanko sebelum diberi perlakuan, (b) baja karbon blanko setelah diberi perlakuan, (c) baja karbon yang dilapisi Poli(GLYMO) sebelum diberi perlakuan dan (d) baja karbon yang dilapisi Poli(GLYMO) setelah diberi perlakuan.

Sedangkan kekasaran pada baja karbon (a) disebabkan karena pengamplasan yang kurang sempurna sehingga permukaan terbentuk garis – garis bekas pengamplasan. Selain itu, serangan lingkungan atmosferik juga mempengaruhi laju korosi pada baja karbon tersebut. Untuk baja karbon (c) dan (d) juga terlihat perbedaan permukaannya, baja karbon (d) mengalami kerusakan pada permukaan. Hal tersebut diduga sebelum dilakukan uji laju korosi, proses pelapisan Poli(GLYMO) pada permukaan baja karbon tidak merata sehingga pada saat uji laju korosi terjadi pengelupasan pada bagian film tipis yang permukaannya tidak merata. Kemudian pada saat pembuatan Poli(GLYMO) tidak dilakukan purifikasi dalam pembuatan Poli(GLYMO). Unsur lain yang tidak bereaksi pada saat pemaparan sehingga terjadi reaksi antara unsur yang tertinggal pada polimer tadi (hasil amplas) dengan unsur yang berada pada lingkungan papir. Ketebalan pelapis belum maksimal untuk melindungi baja karbon dilingkungan atmosferik. Jenis korosi pada baja karbon (d) di duga terjadi korosi merata. Pada baja karbon (c) juga terjadi keretakan hal ini diduga karena pada saat pelapisan tidak sempurna sehingga terjadi keretakan yang kasat oleh mata.





## KESIMPULAN

Laju Korosi baja blanko yang telah dipapar di lingkungan atmosferik berkisar 0,040 mm/thn – 0,269 mm/thn. Laju Korosi baja karbon yang dilapisi Poli(GLYMO) berkisar 0,001 mm/thn - 0,196 mm/thn. Dari hasil perhitungan laju korosi baja karbon blanko lebih besar dibandingkan dengan laju korosi baja karbon yang dilapisi Poli(GLYMO), hal ini menunjukkan Poli(GLYMO) dapat berperan sebagai bahan pelapis pada baja karbon sehingga mengurangi laju korosi di lingkungan atmosferik sebesar 0,039 mm/thn – 0,073 mm/thn. Morfologi permukaan baja karbon SS400 blanko mengalami kerusakan permukaan yang lebih kasar di bandingkan dengan baja karbon SS400 yang dilapisi Poli(GLYMO). Pada permukaan baja karbon blanko terjadi retakan (*cracking*). Selain itu kandungan unsur pada baja karbon berkurang setelah di papar di lingkungan atmosferik. Kondisi ini ditunjukkan berdasarkan hasil uji SEM – EDS.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih pada LPPM UNPAD melalui DIPA BLU UNPAD, yang telah membiayai penelitian ini dan Jurusan Fisika FMIPA UNPAD yang telah memberikan fasilitas selama penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

ASTM G1.2002 (NACE International)

Humphreys , C. J. 2008. "Solid-State Lighting". MRS Bulletin 33. 459-470.

Jones, Denny A. 1992. *Principles and Prevention of Corrosion*. Prentice-Hall, Inc. USA.

Yayat Ruhayat. 2009. *Model prediksi laju penyebaran sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) dan debu dari kawasan industry (Studi kasus di kota Cilegon)*. Tesis Magister. Institut Pertanian Bogor. Bogor.