

IDENTIFIKASI PROSES KOROSI DI STERILIZER PABRIK KELAPA SAWIT

Bagus Giri Yudanto, Darnoko, dan Bambang Ariwahjoedi¹

ABSTRAK

Pemahaman dasar tentang proses korosi yang terjadi pada beberapa material yang dilibatkan dalam proses sterilisasi, melalui pendekatan eksperimen telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengungkapkan serangan korosi yang terjadi pada material sterilizer, sehingga akan diperoleh deskripsi secara jelas tentang fenomena proses korosi yang terjadi pada material. Implikasi dari penelitian ini adalah untuk memudahkan pengendalian laju korosi di sterilizer. Logam-logam yang diamati dalam penelitian ini ada tiga, yaitu; material pintu sterilizer (PS), rel lori buah (REL), dan lori buah (LR). Sebagai media larutan elektrolit digunakan air kondensat sintetik yang memiliki karakteristik sesuai dengan hasil analisis air kondensat proses sterilisasi kelapa sawit. Pengukuran potensial korosi dalam sistem sel korosi dilakukan dengan menggunakan metode tafel plot. Hasil penelitian menunjukkan bahwa logam LR memiliki potensial korosi paling tinggi sebesar -495 mV, disusul kemudian logam PS -484 mV dan terakhir logam REL sebesar -457,7 mV. Ini berarti bahwa logam REL lebih mulia dari pada PS dan LR. Sementara itu, berdasarkan hasil pengamatan menunjukkan bahwa korosi galvanik sangat potensial untuk berlangsung pada material LR dan PS, akibat hubungan elektrik maupun elektrolitik.

Kata Kunci: korosi galvanik, sterilizer, beda potensial, air kondensat

ABSTRACT

Basic knowledge about corrosion process in several materials which involved in sterilization process, by experiment approach has been conducted. This research aim is to unfold attack that happened in the sterilizer material, so that will be obtained description clearly about phenomenon of corrosion process that happened in material. This research has implication to control of corrosion process in sterilizer. The metals that observed in this research are three, which is materials of the door sterilizer (PS), railway track of lorry of fruit (REL), and lorry of fruit (LR). As the electrolyte media used by synthetic condensate water which have characteristics as according to result of analysis of water condensate process of oil palm. Potential measurement of corrosion in corrosion cells system conducted by using tafel plot method. Result of research shows that fruit lorry metal have potentially of highest corrosion around -495 mV. Followed then metal of door sterilizer 484 mV and latest

¹ Staf Pengajar/Peneliti Program Studi Kimia Fisik, Fakultas MIPA-ITB.

railway track of lorry around -457,7 mV. Meanwhile, based on observation shown that the galvanic corrosion very potential to take place in LR material and PS, this consequence of electrical contact and also electrolytic.

Keywords: *galvanic corrosion, Sterilizer, different of potential, condensate water.*

1. PENDAHULUAN

Proses korosi terjadi karena reaksi oksidasi dan reduksi pada material logam. Reaksi ini disebabkan oleh pindahnya elektron dari anoda ke katoda melalui suatu larutan elektrolit yang berfungsi sebagai jembatan elektron. Proses pindahnya elektron tersebut menyebabkan anoda akan mengalami proses oksidasi sedangkan katoda akan mengalami proses reduksi (6). Bermigrasinya elektron dari anoda ke katoda ini disebabkan oleh beda potensial (mV) yang dimiliki oleh masing-masing material logam, di mana logam yang memiliki potensial korosi tinggi akan bersifat sebagai anoda sedangkan logam yang memiliki potensial rendah akan menjadi katoda. Kondisi ini akan menyebabkan logam yang bersifat sebagai anoda akan mengalami kehilangan elektron atau mengalami korosi.

Laju korosi pada suatu logam akan berjalan lambat ketika lingkungan sekitarnya dalam kondisi pH normal. Namun, pada lingkungan yang agresif seperti pada pabrik kelapa sawit yang memiliki tingkat keasaman (pH 3-4) secara signifikan dapat meningkatkan laju korosi pada beberapa material logam yang dikenainya (7). Sebagai contoh, menurunnya umur sterilizer terutama pintunya dari prediksi yang dikemukakan oleh produsen sterilizer

menyebabkan nilai investasi alat ini menjadi mahal dari investasi awalnya. Hal ini lebih banyak diakibatkan oleh meningkatnya biaya perawatan atau penggantian pintu sterilizer yang harus dilakukan secara berkala setiap 4 - 6 tahun karena serangan korosi (9).

Upaya untuk mengendalikan laju korosi pada pintu sterilizer secara konvensional telah dilakukan, yaitu dengan cara memberikan lapisan pelindung berupa pelat *stainless steel* pada bagian pintu yang terendam air kondensat. Namun selain biaya investasinya cukup mahal, teknik perlindungan ini masih rentan mengalami korosi dan tidak sepenuhnya efektif serta efisien dalam melindungi sterilizer dari serangan korosi (9). Kondisi ini, kemungkinan besar disebabkan oleh kurangnya informasi yang diperlukan dalam teknik pengendalian laju korosi. Pada dasarnya untuk mengendalikan suatu serangan korosi diperlukan kajian awal untuk mengidentifikasi jenis korosi yang menyerang suatu material. Upaya ini dilakukan agar dalam proses pengendaliannya dapat dilakukan secara tepat sesuai dengan kondisi lingkungan yang akan dikendalikan.

Untuk menghindari kesalahan dalam memberikan metode perlindungan yang efektif terhadap serangan korosi pada sterilizer, maka perlu dilakukan kajian terhadap proses korosi yang terjadi di sterilizer. Untuk memahami proses

korosi pada beberapa material yang dilibatkan dalam proses sterilisasi, dalam eksperimen ini digunakan tiga material, yaitu material sterilizer yang telah mengalami deformasi plastis, lori buah dan material rel lori. Pengukuran dilakukan secara polarisasi linier menggunakan metode ekstrapolasi aluran tafel pada sel sistem tiga elektrode, dan sebagai media perpindahan elektron digunakan air kondensat sintetik.

2. METODOLOGI

2.1. Bahan dan sampel uji

Material logam yang digunakan terdiri dari; (i) pintu *sterilizer* (PS), (ii) rel lori (REL), dan (iii) lori (LR). Bahan-bahan logam tersebut, diperoleh dari produsen sterilizer kemudian dikarakterisasi menggunakan *emission spectrophotometer* dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan unsur kimianya maka bahan percobaan

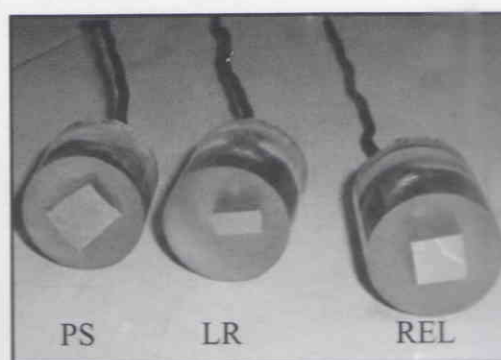
tersebut dapat diidentifikasi sebagai berikut; (i) logam PS *equivalent* dengan JIS G 3118 *Grade* SGV, (ii) logam REL *equivalent* dengan JIS G 3131 *Grade* HR4, dan (iii) logam LR *equivalent* dengan JIS G 3109 *Grade* SBPR (2,3). Pada bahan percobaan PS sebelum diisolasi dengan bahan resin diberi perlakuan pendahuluan dengan cara memberikan gaya tekuk hingga mengalami deformasi plastis. Besarnya tekanan yang diberikan sekitar 21 kg/cm², sesuai dengan tekanan kerja yang diberikan pada saat proses pembentukan pintu sterilizer (9). Bahan percobaan untuk pengujian korosi galvanik dan korosi secara normal diisolasi dengan resin epoksi dan diampelas dengan kertas ampelas grit 320, 400, kemudian 1000 (Gambar 1). Air kondensat dibuat secara sintetik dengan melarutkan NaCl, PbCl₂, CdCl₂, ZnCl₂, CrCl₃, dengan konsentrasi mengikuti hasil analisa yang telah dilakukan pada air kondensat (Tabel 2).

Tabel 1. Komposisi unsur kimia dari bahan percobaan yang diamati.

Sampel Uji	Komposisi Kimia (%)									
	C	Mn	P	S	Si	Al	Cr	Cu	Ni	Mo
PS	0,150	0,850	0,018	0,004	0,150	0,023	0,026	0,052	0,049	0,029
LR	0,030	0,210	0,012	0,012	0,004	0,037	0,046	0,030	0,024	0,006
REL	0,070	0,550	0,009	0,013	0,012	0,004	0,026	0,150	0,057	0,005

Tabel 2. Kadar dan konsentrasi rata-rata unsur-unsur kimia yang terdapat di dalam air kondensat pabrik kelapa sawit (PKS) Adolina PTPN IV.

No.	Komponen	Konsentrasi (rata-rata)	
		Nilai	Satuan
1.	pH	4,15	-
2.	Pb	0,08	(mg/l)
3.	Cd	0,02	(mg/l)
4.	Zn	0,02	(mg/l)
5.	O ₂ terlarut	4.10	(mg/l)
6.	Cr	0,17	(mg/l)



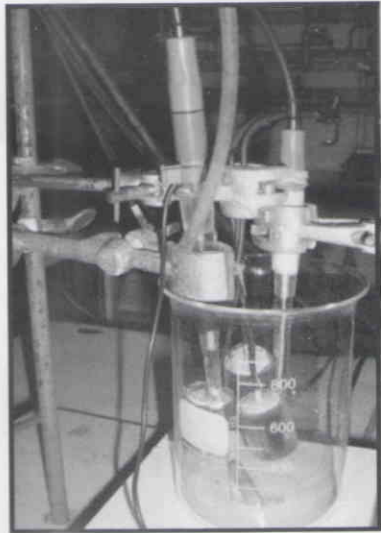
Gambar 1. Sampel uji yang telah diisolasi dengan resin epoksi

2.2. Metode penelitian

Air kondensat dijenuhkan dengan aliran udara selama 1 jam pada tekanan atmosferik, temperatur diatur dengan termostat pada 80 °C dan pH air kondensat diatur dengan HCL pekat hingga mencapai pH 4,15. Pengambilan data potensial korosi dilakukan oleh sebuah alat radiometer merk Voltalab tipe 40, dengan kondisi diaduk secara kontinu menggunakan pengaduk magnetik pada kecepatan 60 rpm (Gambar 2).

Pengukuran potensial dan laju korosi pada kondisi normal dan galvanik dilakukan secara polarisasi linier atau didasarkan pada migrasi elektron dari anoda ke katoda yang terjadi selama proses korosi berlangsung. Pengukuran sel arus korosi menggunakan metode ekstrapolasi aluran tafel pada sel sistem tiga elektrode, di mana ke tiga elektrode tersebut dihubungkan dengan perangkat lunak radiometer (Gambar 3). Pengukuran potensial korosi menggunakan elektrode *calomel* dan dilakukan secara

triplo pada sampel LR, PS, dan REL. Begitu pula pada saat pengukuran laju korosi normal dan galvanik juga dilakukan secara triplo pada semua sampel yang dipelajari.



Gambar 2. Eksperimen metode tafel plot



Gambar 3. Set-up instrumen metode tafel plot

2.3. Pengujian proses korosi

Pengujian proses korosi dilakukan berdasarkan urutan (set-up) instrumen dan bahan percobaan seperti diuraikan pada metode penelitian sebelumnya. Pengujian dimulai dari potensial korosi yang terjadi pada masing-masing material, dilanjutkan pada korosi secara normal dan korosi pasangan galvanik. Data harga potensial dan laju korosi rata-rata diperoleh dari tiga kali pengukuran. Data hasil pengukuran tafel plot diperoleh dari beberapa elektrode yang dipasang dalam sistem sel korosi yang diamati (Gambar 2). Pengukuran dilakukan dengan cara mengukur laju arus perpindahan elektron dari anoda ke katoda melalui dua buah elektrode. Satu elektrode dihubungkan ke sampel uji dan elektrode lainnya dicelupkan pada larutan elektrolit. Dalam menentukan laju korosi, metode tafel plot menggunakan persamaan Tafel (4) sebagai berikut;

$$I = I_0 \exp(2.303(E-E_0)/\beta) \dots\dots\dots (1)$$

di mana;

- I : Arus yang diukur dari suatu reaksi
- I_0 : Suatu reaksi yang tergantung oleh konstanta (pertukaran arus)
- β : Potensial elektrode
- β_0 : Potensial *equilibrium* (konstanta untuk suatu reaksi)
- β : Reaksi Konstan Tafel (konstanta untuk suatu reaksi) dengan satuan volts.

Persamaan di atas menjelaskan adanya perilaku salah satu reaksi yang terisolasi di dalam sistem korosi yang

saling berlawanan antara anoda dan katoda. Persamaan Tafel untuk reaksi di kedua polarisasi (anoda dan katoda) dalam suatu sistem korosi dapat dikombinasikan dengan persamaan Butler-Volmer (4), sebagai berikut:

$$I = I_{corr} \left(\exp(2.303(E-E_{corr})/\beta_a) - \exp(-2.303(\beta-E_{corr})/\beta_c) \right) \dots\dots\dots (2)$$

di mana:

- I : Sel arus yang terukur (A)
- I_{corr} : Arus korosi (A)
- β : Potensial elektrode
- β_{corr} : Potensial korosi (volts)
- β_a : Beta anoda untuk konstanta Tafel (volts/decade)
- β_c : Beta katoda untuk konstanta Tafel (volts/decade)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran potensial korosi yang dilakukan pada ketiga bahan percobaan yang diamati ditunjukkan pada Tabel 3. Dari data ini kelihatan bahwa urutan kemuliaan logam pada kondisi percobaan diurut dari yang paling mulia ke yang paling reaktif adalah sebagai berikut: Logam LR mempunyai potensial korosi lebih besar dibandingkan logam PS, dan logam PS mempunyai potensial korosi lebih tinggi bila dibandingkan dengan logam RBL atau dengan kata lain RBL lebih mulia dari pada PS dan PS lebih mulia dari pada LR ($RBL > PS > LR$)

Hasil pengukuran laju korosi normal secara individu bagi ketiga sampel uji terhadap agresifitas air kondensat dapat direkapitulasi pada Tabel 4.

Tabel 3. Luas permukaan dan potensial korosi rata-rata sampel logam yang dipelajari

No.	Kode Sampel	Luas (cm ²)	Potensial Korosi (mV)
1.	LR	0,62	-495,0
2.	PS	1,80	-484,0
3.	RBL	1,08	-457,7

Tabel 4. Laju korosi normal pada ketiga bahan percobaan yang dipelajari

No.	Kode Sampel	Laju Korosi (mm/Th)			Laju Korosi Rata-Rata (mm/Th)
		Pengukuran I	Pengukuran II	Pengukuran III	
1.	LR	1,517	0,920	1,764	1,400
2.	PS	0,801	1,127	1,435	1,121
3.	RBL	0,719	0,642	0,519	0,627

Tabel 5. Laju korosi pasangan galvanik yang diteliti

No.	Anode	Katode	Laju Korosi (mm/Th)			Laju Korosi Rata-Rata (mm/Th)
			Pengukuran I	Pengukuran II	Pengukuran III	
1.	LR	PS	0,924	1,139	0,905	0,989
2.	LR	REL	1,311	1,010	0,960	1,094
3.	PS	REL	0,570	0,501	0,548	0,540

Berdasarkan data ini kelihatan bahwa tren laju korosi berbanding terbalik dengan tren kemuliaan logam di atas. Logam REL yang paling mulia memberikan laju korosi merata yang paling lambat. Sementara logam paling reaktif yaitu LR memberikan laju korosi merata tertinggi yaitu 1,400 mm/Th. Hasil pengukuran korosi bagi pasangan-pasangan galvanik yang diteliti, direkapitulasi pada Tabel 5.

Dengan mempertimbangkan rasio luas permukaan uji dari sampel, dapat dihitung laju korosi yang diharapkan seandainya perbandingan luas katode/luas anode ≈ 12 sebagaimana yang sering dipakai dalam pelaporan sistem kopel galvanik di literatur (5) melalui persamaan berikut ini:

$$I_{GALVANIC,12} =$$

$$(12/\text{Surface Area Ratio}) \times I_{GALVANIC,Meas} \dots (3)$$

dimana, surface area ratio diungkapkan sebagai berikut:

$$\text{Surface Area Ratio} =$$

$$(A_{\text{noble, cathode}}) / (A_{\text{less noble, anode}}) \dots (4)$$

Dengan menerapkan persamaan 4, ke dalam perhitungan laju korosi pasangan galvanik pada area rasio 12 diperoleh laju korosi galvanik sebagaimana diperlihatkan pada tabel 6. Tampak bahwa sistem PS -REL memberikan korosi tercepat yaitu sebesar 10,8 mm/Th dengan korban adalah ada pada pihak PS, disusul pasangan LR-REL dengan laju 7,5 mm/Th yang mengorbankan LR. Laju korosi terendah diberikan oleh pasangan LR-PS yaitu sebesar 4 mm/Th dengan korban pada LR.

Tabel 6. Laju korosi pasangan galvanik pada area ratio 12

No.	Anode	Katode	A-noble/A-less noble	Laju Korosi Rata-Rata (mm/Th)
1.	LR	PS	2,903	4,088
2.	LR	REL	1,742	7,536
3.	PS	REL	0,600	10,800

4. KESIMPULAN dan SARAN

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Korosi yang terjadi pada pintu sterilizer dan lori diduga kuat akibat hubungan antara dua logam berlainan yang menyebabkan keduanya bersifat sebagai anoda sehingga mengalami proses korosi lebih cepat. Kondisi ini mengindikasikan bahwa korosi galvanik sangat potensial untuk berlangsung pada saat proses sterilisasi.
2. Material lori merupakan logam yang paling rentan mengalami korosi, disusul material sterilizer. Sedangkan material rel merupakan logam yang paling tahan terhadap serangan korosi.
3. Pasangan galvanik yang memberikan korosi tercepat adalah pasangan Pintu Sterilizer-Rel dengan korban pada Pintu Sterilizer
4. Pasangan galvanik, antara lori-pintu sterilizer maupun lori-rel sama-sama berakibat terkorbankannya lori.

4.2. Saran

Dari hasil percobaan ini dapat disarankan beberapa hal antara lain:

1. Sedapat mungkin ketinggian air kondensat dijaga agar selama proses sterilisasi tidak mengenai rel, sehingga hubungan elektrolitik antara lori dengan rel dapat diputus, meskipun hubungan elektronik

diantara keduanya tidak dapat dihindari.

2. Jika memungkinkan lindungi pintu sterilizer dan lori dengan teknologi *impress current* untuk mengendalikan laju korosi yang terjadi di dalam sistem sel korosi pada saat proses sterilisasi. Atau dapat menggunakan anoda tumbal yang terbuat dari magnesium (Mg) untuk mengalihkan laju korosi pada ketiga material (PS, REL dan LR)
3. Sebaiknya perlindungan dengan menggunakan teknik pelapisan polimer (*coating system*) dihindarkan, karena metode perlindungan ini rentan mengalami kegagalan akibat gesekan yang terjadi antara lori dengan badan sterilizer ketika lori buah keluar dari jalur rel yang dapat mengakibatkan terkelupasnya lapisan polimer tersebut. Jika lapisan polimer itu terkelupas maka fungsi pelapis yang bertujuan untuk mengisolasi hubungan elektrolitik tidak bekerja sebagaimana mestinya dan mengakibatkan korosi terus berlangsung.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. FONTANA, M. G. 1986. *Corrosion Engineering*. McGraw-Hill. New York. 1986.
2. JAPAN INDUSTRIAL STANDART (JIS). 1998. JIS Hand Book-Ferrous Materials & Metallurgy I. Japanese Standards Association.

3. JAPAN INDUSTRIAL STANDART (JIS). 1998. JIS Hand Book-Ferrous Materials & Metallurgy II. Japanese Standards Association.
4. http://www.gamry.com/App_Notes/DC_Corrosion/GettingStartedWithEchemCorrMeasurements.htm#Current%20and%20Voltage%20Conventions#Current%20and%20Voltage%20Conventions
5. http://www.radiometer-analytical.com/voltalab/en_stern2.asp.
6. Trethewey, KR dan Chamberlain, J. 1991. Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasawan. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
7. Uhlig, H H. 1958. The *Corrosion* Hand Book. John Wiley & Sons.Inc. New York
8. Widharto, S. 2001. Karat dan Pencegahannya. Pradnya Paramitha. Jakarta
9. Yudanto, Bagus Giri dan Darnoko. 2005. Kajian Laju Korosi Pada Alat dan Mesin Pengolah di Pabrik Kelapa Sawit. Laporan Penelitian 2005. Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Medan