

Analisa Laju Korosi Material *Stainless Steel* Grade SS304 dan Alloy UNS N08020 Terhadap Asam Sulfat dan Natrium Hidroksida

Meryanalinda¹, Agus Setiyo Umartono², Deddy Setiawan³

^{1 2 3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gresik

Email: [1meryanalinda.anharmi@gmail.com](mailto:meryanalinda.anharmi@gmail.com), [2agusumartono@gmail.com](mailto:agusumartono@gmail.com), [3deddy.pazzo@gmail.com](mailto:deddy.pazzo@gmail.com)

Abstract

Corrosion is a process of degradation metal quality. Its process will decrease the properties of a metal due to a chemical reaction between a metal or alloy with its environment. This research aims at investigating the corrosion rate of SS304 and UNS N08020 alloy in sulfuric acid solution and sodium hydroxide solution. In this study, the samples of SS304 and UNS N08020 alloy are immersed for 49 days in different solution. The method for calculate the corrosion rate is the weight loss method. The results of the corrosion rate test carried out for 49 days and the weight of the material was weighed once every 1 week, the value of the SS304 grade stainless steel material with battery water immersion media was 5.6439653 mm/y, on the SS304 grade stainless steel material with soda solution dipping media fire is 0.0075844 mm/y, on UNS N08020 alloy material with battery water immersion media is 0.0179111 mm/y, on UNS N08020 alloy material with caustic soda solution immersion media is 0.0082329 mm/y. Corrosion that occurs in each material is pitting corrosion.

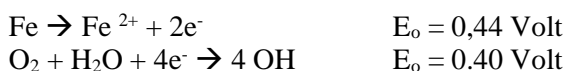
Keywords: corrosion, loss, pitting, rate, SS304, UNS N08020, weight.

1. Pendahuluan

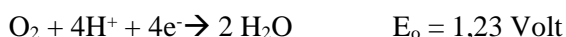
Korosi merupakan penurunan kualitas suatu logam yang disebabkan oleh terjadinya reaksi elektrokimia antara logam dengan lingkungannya [1]. Fenomena korosi merupakan reaksi kimia yang dihasilkan dari dua reaksi setengah sel yang melibatkan elektron sehingga menghasilkan suatu reaksi elektrokimia. Reaksi elektrokimia dimana terjadinya perpindahan elektron-elektron tidak bisa dilepaskan dari mekanisme korosi. Perpindahan elektron akan menghasilkan reaksi reduksi-oksidasi. Mekanisme korosi yang melalui reaksi elektrokimia melibatkan reaksi anodik yang akan meningkatkan valensi pada logam. Bentuk reaksi anodik yang terjadi adalah:



Proses korosi dari logam M adalah proses oksidasi logam untuk berubah menjadi satu ion (n+) dalam proses pelepasan elektron. Harga dari n bergantung dari sifat logam. Sebagai contoh di bawah ini logam baja (Fe) yang mengalami proses oksidasi.



Jika dijumlahkan, maka kedua reaksi akan menghasilkan nilai potensial yang positif ($E = 0,84$ Volt), hal ini menunjukkan bahwa sebuah reaksi dapat terjadi. Akan tetapi jika reaksi ini terjadi dalam lingkungan asam atau suasana asam, maka reaksi akan berlangsung sebagai berikut:



Maka hasil penjumlahan potensialnya adalah $E = 0,44 + 1,23 = 1,63$ Volt. Hal ini menyimpulkan bahwa proses produksi korosi logam akan lebih cepat terjadi dalam suasana yang asam. Pada reaksi ini terdapat permukaan yang bertindak sebagai anoda dan permukaan lainnya bertindak sebagai katoda pada logam yang sama.

Korosi dapat terjadi karena logam kontak dengan lingkungan sekitarnya. Kita dapat melihat apabila suatu plat baja diletakan begitu saja di udara terbuka, maka plat baja tersebut akan mengalami korosi. Hal ini terjadi karena udara mengandung oksigen, sehingga memungkinkan mengalami reaksi reduksi oksigen [3]. Data yang mempengaruhi tingkat korosivitas lingkungan atmosfer sangat

diperlukan, apabila tidak tersedia maka dapat diprediksi dengan model matematik hubungan laju korosi dengan faktor iklim dan polutan [4].

Menurut Graedel [5], parameter yang digunakan untuk mengukur tingkatan rata-rata laju korosi adalah kehilangan berat, luas permukaan logam, lamanya proses pencelupan atau perendaman dan densitas logam yang diuji. Lingkungan industri, terutama industri yang berhubungan dengan bahan kimia, memiliki peluang yang besar terhadap korosi karena konstruksinya sebagian besar terbuat dari logam yang kontak langsung atau tidak langsung dengan cairan yang bersifat asam atau basa [2]. Timbulnya korosi akan sangat merugikan industri karena dapat menimbulkan kerusakan, penurunan penampilan, ongkos perawatan membesar, kontaminasi produk serta keamanan yang berkurang. Korosi yang terjadi di lapangan antara lain: *uniform, crevice, galvanic, intergranular, selective leaching, pitting, erosion*, dan *stress corrosion cracking*. Pemilihan bahan yang tepat sangat membantu dalam menghambat terjadi korosi tersebut.

Jenis material akan mempengaruhi kecepatan laju korosi. Salah satu material yang banyak digunakan dalam konstruksi adalah *stainless steel*. *Stainless steel* (SS) merupakan logam paduan yang mengandung kadar 11,5% unsur kromium. Untuk meningkatkan ketahanan korosinya, maka kadar kromium ditambahkan sebanyak 13% hingga mencapai 26%. Jumlah kandungan kromium yang terdapat pada SS akan membentuk suatu lapisan pasif kromium oksida yang membantu mencegah terjadinya korosi lebih lanjut. Lapisan pasif ini sangat tipis yang hanya bisa dilihat di bawah mikroskop optik. Lapisan pasif ini akan terbentuk lagi jika material logam mengalami goresan atau gesekan, begitu terus menerus, hal ini dikenal dengan istilah pasivasi pada logam SS. Karena campuran unsur paduan ini, menjadikan SS logam yang lebih tahan terhadap korosi dibandingkan dengan logam baja lainnya.

SS dibagi dalam beberapa jenis, hal ini tergantung dari fasa yang terbentuk dan unsur paduan didalamnya. Contohnya penambahan nikel untuk meningkatkan keuletan material pada suhu rendah, penambahan mangan dan karbon untuk meningkatkan kekuatan dan kekerasan pada material, penambahan molybdenum untuk meningkatkan korosivitas pada air laut. Beberapa jenis dari SS adalah *austenitic stainless steel, ferritic stainless steel, martensitic stainless steel, precipitation-hardening stainless steel*, dan *duplex stainless steel*.

Baja paduan SS 304 merupakan jenis baja tahan karat *austenitic stainless steel* yang memiliki komposisi 0,042% C, 1,19% Mn, 0,034% P, 0,006% S, 0,049% Si, 18% Cr, 8,15% Ni, dan sisanya Fe. Paduan SS 304 memiliki resistensi terhadap korosi yang tinggi sehingga akan terkorosi di lingkungan korosi yang tinggi [6]. Karakteristik SS 304 memiliki kekuatan tarik 646 MPa, *yield strength* 270 MPa, *elongation* 50% dan nilai kekerasan 82 HRA. Karena adanya komposisi unsur paduan dan sifat fisik yang tinggi, kemampuan las dan ketahanan terhadap korosi tinggi, maka logam SS banyak digunakan dalam industri. SS 304 digunakan antara lain untuk tangki/*container* berbagai macam cairan dan padatan, peralatan pertambangan, kimia, makanan, dan industri farmasi.

Sedangkan material *alloy UNS N08020* merupakan material yang memiliki ketahanan korosi *austenitic*, paduan ini memiliki komposisi 35% Ni, 20% Cr, 0,06% C, 3% Mo, 2% Mn, 1% Si, <1% Nb, dan Fe (setimbang), dimana memiliki kandungan nikel dan kromium yang lebih tinggi dibandingkan dengan baja SS 304. Perbedaan *alloy UNS N08020* dengan SS 304 adalah pada kadar unsur Cu dan Mo. Penambahan kandungan Niobium pada paduan ini digunakan agar paduan ini tidak membutuhkan proses PWHT sebelum dilakukan proses pengelasan. Berdasarkan paduan ini, maka *alloy UNS N08020* ini banyak digunakan di industri kimia, petrokimia, pembangkit listrik dan industri plastik. *Alloy UNS N08020* dikenal tahan terhadap korosi *pitting* dan suasana ion-klorida. Karena banyaknya penggunaan material ini di industry, maka dilakukan penelitian lebih lanjut tentang analisa laju korosi antara material *stainless steel grade 304* dan *alloy UNS N08020* pada industri petrokimia.

2. Metode

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kehilangan berat. Metode kehilangan berat adalah perhitungan laju korosi dengan mengukur kehilangan berat akibat korosi yang terjadi. Untuk mendapatkan jumlah kehilangan berat akibat korosi maka digunakan rumus sebagai berikut [1]:

$$\Delta W = W_0 - W_1 \quad (1)$$

dimana:

ΔW = Selisih berat (gram)

W_0 = Berat sebelum diuji (gram)

W_1 = Berat setelah diuji (gram)

Proses perhitungan ini dimulai dengan mengukur berat benda awal spesimen sebelum dilakukan pencelupan atau perendaman, kekurangan awal dari berat awal spesimen dihitung sebagai nilai kehilangan berat. Kemudian dari nilai kehilangan berat ini dapat dihitung dengan persamaan ASTM Section III G1-90 vol 3.2 2002 berikut:

$$\text{Laju korosi} = \frac{(K \times W)}{(A \times T \times D)} \quad (2)$$

dimana:

K = Konstanta [$8,76 \times 10^4$ milimeters per year (mm/y)]

W = Kehilangan berat (gram)

A = Luas permukaan logam (cm^2)

T = Waktu perendaman (jam)

D = Densitas logam (gr/cm^3)

Proses pengujian korosi spesimen uji (SS 304 dan UNS N08020) dilakukan dengan proses pencelupkan ke dalam larutan asam sulfat (H_2SO_4) dan Natrium Hidroksida (NaOH), kemudian diobservasi selama 49 hari untuk melihat apakah terjadi kehilangan berat. Observasi dilakukan dengan cara menimbang berat spesimen setiap minggu di jam yang sama (pukul 09.00 WIB). Proses pengujian dilakukan di Desa Romokalisari, Kecamatan Benowo, Kota Surabaya, Provinsi Jawa Timur.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada pengujian ini akan terlihat pengaruh material *stainless steel grade* SS304 dan *alloy* UNS N08020 terhadap asam sulfat dan natrium hidroksida. Sebelum melakukan pengujian laju korosi terhadap logam *stainless steel grade* SS304 dan *alloy* UNS N08020 pada asam sulfat 30% dan natrium hidroksida 40%, terlebih dahulu kita harus mengetahui nilai densitas (massa jenis) dan luas permukaan dari benda yang diuji. Rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (3)$$

dimana:

ρ = Massa jenis (kg/m^3) atau (gr/cm^3)

m = Massa benda (kg)

v = Volume benda (m^3)

Setelah itu kita menghitung luas permukaan pada masing-masing sampel, dengan persamaan sebagai berikut:

$$L = 2 \times (pl) + (pt) + (lt) \quad (4)$$

dimana:

L = Luas (cm^2)

p = Panjang (cm)

l = Lebar (cm)

t = Tinggi (cm)

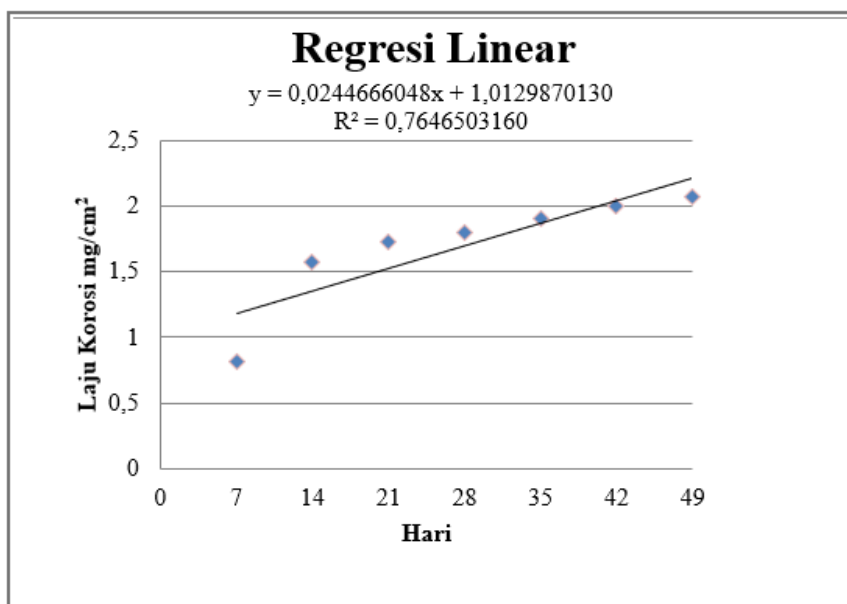
Kemudian dilakukan proses pengujian menggunakan metode kehilangan berat (*weight loss method*) yang bertujuan untuk mengetahui laju korosi pada sampel material uji per tahun, dan pada sampel material uji tersebut tidak dilakukan perlindungan apapun. Pengujian dilakukan selama 49 hari, berat sampel material uji sebelum dan sesudah dilakukan pengujian ditimbang, kemudian selisih berat pada masing-masing sampel tadi dihitung untuk mencari laju korosinya. Laju korosi dapat dihitung sesuai dengan ASTM Section III G1-90 vol 3.2 2002 seperti persamaan (1).

Hasil perhitungan korosi menggunakan metode kehilangan berat (*weight loss method*) material *stainless steel grade SS304* dan *alloy UNS N08020* terhadap asam sulfat dan natrium hidroksida dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 1. Selisih berat material *alloy UNS N08020* pada media asam sulfat 30%

Hari ke	Berat Material (gram)	Selisih Berat (gram)	Nilai Berat/Volume (mg/cm ³)
0	5,8226	-	-
7	5,8220	0,0036	0,136363636
14	5,8157	0,0069	1,568181818
21	5,8150	0,0076	1,727272727
28	5,8147	0,0079	1,795454545
35	5,8142	0,0084	1,909090909
42	5,8138	0,0088	2,000000000
49	5,8135	0,0091	2,068181818

Setelah hasil perhitungan laju korosi secara manual didapatkan, kemudian dihitung laju korosi menggunakan regresi linear untuk mengetahui berapa banyak kehilangan berat yang terjadi selama 1 tahun (365 hari). Data kehilangan berat (tabel 1) digunakan untuk membentuk grafik regresi linier pada gambar 1.



Gambar 1. Regresi linier *alloy UNS N08020* pada media asam sulfat 30%

Berdasarkan gambar 1 di atas, maka didapatkan persamaan regresi linier sebagai berikut:

$$W = 0,0244666048 (\text{hr}) + 1,0129870130 \tag{5}$$

dimana:

W = Kehilangan berat (gr)

Hr = Durasi pencelupan (hari)

Adapun contoh perhitungan regresi linear untuk 365 hari adalah sebagai berikut:

$$Y = 0,0244666048$$

$$X = 1,0129870130$$

$$T = 365 \text{ hari}$$

$$W = Y(T) + X$$

$$W = 0,0244666048 (365) + 1,0129870130$$

$$W = 9,943297765 \text{ mg/cm}^2$$

Berdasarkan hasil pengamatan pada permukaan material uji, setelah pencelupan selama 49 hari, ditemukan adanya lubang (*pitting*) pada masing-masing permukaan material. Jumlah lubang (*pitting*) yang terdapat pada material SS 304 lebih banyak dibandingkan UNS N08020.

Tabel 2. Hasil perhitungan laju korosi

	Jenis Material (Media Celup)			
	<i>Alloy UNS N08020</i> (Asam Sulfat 30%)	<i>Alloy UNS N08020</i> (Natrium Hidroksida 40%)	<i>Stainless Steel SS304</i> (Asam Sulfat 30%)	<i>Stainless Steel SS304</i> (Natrium Hidroksida 40%)
Perhitungan laju korosi secara manual (49 hari)	0,015876 mm/y	0,008606 mm/y	4,838184 mm/y	0,007168 mm/y
Perhitungan laju korosi dengan regresi linier (365 hari)	9,943297765 mg/cm ²	6,123144717 mg/cm ²	674,6851835 mg/cm ²	5,199398603 mg/cm ²
Jenis korosi	korosi sumuran	korosi sumuran	korosi sumuran	korosi sumuran

Jumlah lubang dipengaruhi oleh kandungan komposisi dari material uji. *Alloy UNS N08020* memiliki kandungan Ni dan Cr yang lebih besar dibandingkan dengan SS 304. Tingginya Ni akan menstabilkan fasa *austenite*, dimana dengan adanya penambahan nikel maka fasa *austenite* akan lebih stabil di temperatur ruang maupun di bawah temperatur ruang. Aktifitas karbon pada baja tahan karat akan meningkat jika komposisi nikel meningkat, hal ini menyebabkan peningkatan sensitisasi untuk kadar karbon yang diberikan dan latar belakang *thermalnya*. Sedangkan tingginya nilai kromium akan menstabilkan oksida karena tingginya afinitas terhadap oksigen dibandingkan dengan baja. Tingginya kadar kromium dibutuhkan untuk kestabilan oksida dalam lingkungan yang lebih agresif. Kromium juga memiliki fungsi dalam pengembangan sensitisasi. Berdasarkan penjelasan ini diketahui bahwa pengaruh komposisi pada *alloy UNS N08020* lebih tahan terhadap korosi *pitting* dibandingkan dengan SS 304.

Penyebab terjadinya korosi lubang (*pitting*) adalah dikarenakan rusaknya lapisan pasif yang terbentuk, sehingga mengakibatkan elektron pada unsur Fe dapat menembus keluar dan mengakibatkan unsur Fe berubah menjadi ion Fe²⁺. Mekanisme terjadinya korosi *pitting* dimulai dari daerah batas butir. Hal ini dikarenakan energi yang ada pada batas butir lebih tinggi dibandingkan pada area sekitar batas butir, hal ini mengakibatkan terjadinya gaya tarik menarik antar butir.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian ini adalah:

1. Berdasarkan regresi linier, material *stainless steel grade SS304* memiliki nilai laju korosi yang paling besar pada media celup asam sulfat 30% yaitu sebesar 674,6851835 mg/cm², dan laju korosi yang paling kecil pada media celup natrium hidroksida 40% yaitu sebesar 5,199398603 mg/cm². Material *alloy UNS N08020* memiliki nilai laju korosi yang paling besar pada media celup asam sulfat 30% yaitu sebesar 13,36282467 mg/cm², dan yang paling kecil pada media natrium hidroksida 40% yaitu sebesar 6,123144717 mg/cm².
2. Berdasarkan pengamatan permukaan, semua material uji memiliki karakteristik jenis korosi sumuran (*pitting corrosion*).

Referensi

- [1] MG Fontana, 1987, "Corrosion Engineering" McGraw-Hill series in materials science and engineering, Boston, MA p. 554
- [2] Anees A. Khadom, et al, 2009, The effect of temperature and acid concentration on corrosion of low carbon steel in hydrochloric acid media, American Journal of Applied Sciences, 6(7), p. 1403-1409.
- [3] Gapsari, F., 2017, Pengantar Korosi, Universitas Brawijaya Press, Malang
- [4] Agung, 2004. Pengaruh Korosivitas Lingkungan Atmosferik. Seminar Korosi Hal. 2 9, 23
- [5] Graedel T.E., Leygraf, C. 2001. Scenario's for Atmospheric Corrosion in the 21st Century. The Electrochemical Society. [http:// www.potentioat.com.Atrnospheric](http://www.potentioat.com.Atrnospheric). 1 (Mei 2006).
- [6] HM Cobb, 2010, "The history of stainless steel" The Material Informations Sociaty, ASM International p.59-91