

ANALISA LAJU KOROSI PADA *STAINLESS STEEL* 304 MENGGUNAKAN METODE ASTM G31-72 PADA MEDIA AIR NIRA AREN

Rizki Ornelasari

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: rizkiornela@gmail.com

Marsudi

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: marsudi_rizky@yahoo.com

Abstrak

Korosi merupakan kerusakan material logam yang disebabkan reaksi antara logam dengan lingkungannya yang menghasilkan oksida logam, sulfida logam atau hasil reaksi lainnya yang lebih dikenal sebagai pengkaratan. *Stainless steel* merupakan jenis baja yang tahan terhadap korosi karena memiliki unsur paduan minimal 18% *chrom* (Cr) dan 8% nikel (Ni). Mengacu pada kegunaan *stainless steel* 304 yaitu sebagai bejana masakan pada proses fermentasi dalam pembuatan asam asetat (cuka) dari air nira aren yang bersifat asam. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Objek penelitian menggunakan *stainless steel* 304 dengan ukuran spesimen 20mm x 10mm x 2mm. Spesimen yang diujikan dalam penelitian ini ada 12 spesimen yang akan mendapatkan perlakuan berbeda yaitu berbeda variasi temperatur, waktu, dan keasamaan larutan (pH). Menggunakan metode kehilangan berat (*weight loss*) sesuai ASTM G31-72 dengan pemilihan volume 0,2 dari permukaan spesimen. Dilakukan uji SEM-EDX (*Scanning Electron Microscope Energy Dispersive X-ray*) setelah dilakukan uji rendam untuk mengetahui kandungan dan analisis material yang terkorosi dengan perbesaran struktur pada *stainless steel* 304 tersebut. Untuk perendaman dalam air nira aren dengan pH 4,6 laju korosi terbesarnya adalah 48,669 mpy. Sedangkan untuk perendaman dalam larutan asam asetat dengan pH 2,5 laju korosi terbesarnya adalah 69,574 mpy. Untuk perendaman dalam air nira aren dan asam asetat laju korosi terbesarnya terjadi pada temperatur 110°C selama 4 hari. Sedangkan laju korosi terkecil sebesar 14,36 mpy dan 13,938 mpy terjadi pada temperatur $\pm 26^\circ\text{C}$ selama 7 hari. Temperatur, waktu, dan pH berpengaruh terhadap laju korosi. Laju korosi terbesar terjadi pada temperatur tinggi, tetapi semakin lama waktu perendaman laju korosi akan semakin menurun dan laju korosi menurun seiring dengan meningkatnya pH.

Kata kunci: laju korosi, *stainless steel*, nira aren, asam asetat.

Abstract

Corrosion is a metal material damage caused by the reaction between the metal and its environment that generates metal oxide, metal sulfide or other reaction products better known as rustiness. *Stainless steel* is a kind of steel which is resistant to corrosion because it has minimum alloying element of 18% chromium (Cr) and 8% nickel (Ni). Referring to the use of *stainless steel* type 304 as a cooking vessel on the fermentation process in the making of acetic acid (vinegar) from the *aren* sap water which is acidic. This study used an experimental method. Objects in this study using *stainless steel* 304 with a specimen size of 20mm x 10mm x 2mm. In this study there were 12 specimens that will receive different treatment which is different variation of temperature, time, and the acidity of the solution (pH). Using the weight loss method according to ASTM G31-72 with 0,2 volume selection of the specimen surface. And then SEM-EDX (*Scanning Electron Microscope Energy Dispersive X-ray*) test were tested after the soak test to determine the content and analysis of corroded material with a magnification of structures on the *stainless steel* type 304. For immersion in *aren* sap water with pH 4.6 the greatest corrosion rate 50.568 mpy. As for immersion in a solution of acetic acid with pH 2.5 the greatest corrosion rate 74.047 mpy. For immersion in *aren* sap water and acetic acid occurred at the greatest corrosion rate on the temperature of 110°C for 4 days immersion time. As for the smallest corrosion rate of 14.36 mpy and 13.938 mpy occurs at temperature of $\pm 26^\circ\text{C}$ for 7 days immersion time. Temperature, time, and pH affects the corrosion rate. The greatest corrosion rate occurred in high temperatures, but the longer of soak time will decrease the corrosion rate and corrosion rate decreased with increased pH.

Keywords: corrosion rate, *stainless steel*, *aren* sap water, acetic acid.

PENDAHULUAN

Logam merupakan salah satu jenis bahan yang sering dimanfaatkan untuk dijadikan peralatan penunjang bagi kehidupan manusia dikarenakan logam memiliki banyak kelebihan dibandingkan bahan-bahan lain. Kelebihan-kelebihan tersebut menjadikan logam yang banyak dipilih untuk dijadikan bahan dari desain peralatan/konstruksi. Diantara kelebihan-kelebihan tersebut logam memiliki kelemahan yaitu mudah terkorosi. Korosi merupakan kerusakan material logam yang disebabkan reaksi antara logam dengan lingkungannya yang menghasilkan oksida logam, sulfida logam atau hasil reaksi lainnya yang lebih dikenal sebagai pengkaratan. Jadi dilihat dari sudut pandang kimia, korosi pada dasarnya merupakan reaksi logam menjadi ion pada permukaan logam yang kontak langsung dengan lingkungan berair dan oksigen (Sutjahjo, 2008:1).

Oleh karena itu perlu dilakukan upaya untuk menanggulangi masalah korosi. Upaya yang dapat dilakukan salah satunya adalah pengendalian korosi berupa perbaikan sifat bahan yang dapat dilakukan dengan memadukan logam dengan logam lain yang memiliki sifat yang lebih baik. Sebagai contoh besi yang dipadukan dengan krom dan nikel akan menghasilkan jenis logam baru yaitu baja nirkarat/*stainless steel*.

Stainless steel yang umumnya dikenal dengan sebutan baja nirkarat yang merupakan jenis baja yang tahan terhadap korosi karena memiliki unsur paduan minimal 18% *chrom* dan 8% nikel. Sifat tahan korosi pada *stainless steel* tidak serta merta membuat *stainless steel* tidak dapat terserang korosi, karena pada kenyataannya *stainless steel* dapat mengalami korosi batas butir (*intergranuler corrosion*), korosi lubang (*crevice corrosion*), dan retakan korosi tegangan (*stress corrosion cracking*).

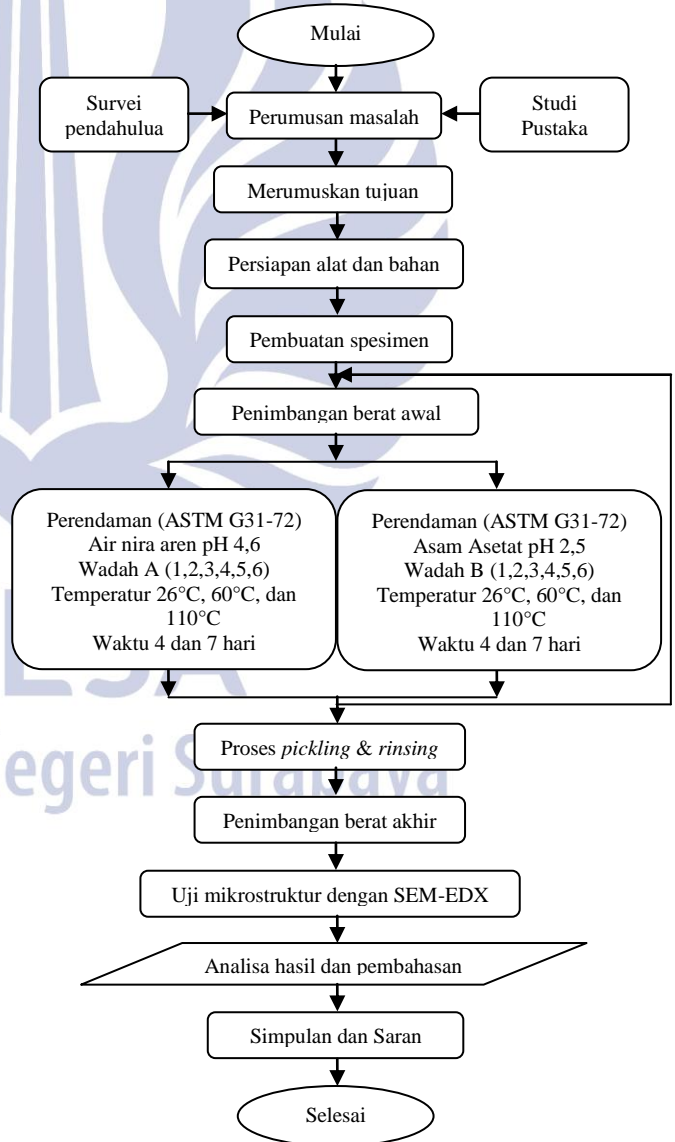
Pada penelitian sebelumnya mengenai pengukuran laju korosi *stainless steel* 304 dengan media Premium dan Pertamina oleh Redy Ardiansyah (2011), didapatkan hasil uji pengukuran laju korosi dengan hasil maksimal temperatur 100°C dan waktu 2 jam sebesar 1,345264 mm/year pada media premium sedangkan pada media pertamax sebesar 0,807158 mm/year.

Mengacu pada kegunaan *stainless steel* 304 yaitu sebagai bejana masakan pada proses fermentasi dalam pembuatan asam asetat dari air nira aren hingga menjadi asam asetat bersifat asam yang siap dipasarkan. Sehingga perlu dianalisa pengaruh temperatur, pengaruh waktu dan pengaruh kadar keasaman nira aren dan asam asetat terhadap laju korosi *stainless steel* 304.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh keasamaan larutan (pH) asam asetat aren terhadap laju korosi pada *stainless steel* 304 yang biasa digunakan untuk bejana masakan, mengetahui pengaruh temperatur terhadap laju korosi logam *stainless steel* 304 pada media air nira aren dan asam asetat, serta mengetahui pengaruh waktu perendaman terhadap laju korosi logam *stainless steel* 304 dengan menggunakan metode ASTM G31-72.

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan sumbangan pemikiran mengenai laju korosi pada *stainless steel* 304 yang biasa digunakan pada bejana masak dengan media pengkorosi air nira aren dan asam asetat.

METODE
Rancangan Penelitian



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Penelitian ini dilakukan di:

- Laboratorium rekayasa energi dan bahan bakar alternatif jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya: proses pemotongan, penimbangan dan perendaman sampel.
- Laboratorium FMIPA Terpadu Universitas Negeri Surabaya: untuk foto SEM-EDX.

Variabel Penelitian

- Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi temperatur 26°C, 60°C, dan 110°C serta kadar keasamaan nira aren dan asam asetat 4,6 dan 2,5 serta waktu perendaman sampel selama 4 hari dan 7 hari terhadap laju korosi *stainless steel* 304.
- Variabel terikat dalam penelitian ini adalah laju korosi *stainless steel* 304 yang telah mendapatkan proses degradasi/korosi di lingkungan korosif seperti nira aren dan asam asetat.
- Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah:
 - Volume media pengkorosi sama untuk setiap sampel yaitu 105 ml³
 - Material yang digunakan *stainless steel* 304
 - Media pengkorosi yaitu air nira aren dan asam asetat

Bahan, Peralatan, dan Instrumen Penelitian

Bahan

- *Stainless steel* 304 didapatkan di toko bangunan
- Air nira aren dari penyadap nira di daerah Trenggalek, Jawa Timur
- Asam asetat
- Aseton
- Amplas
- Aquades

Peralatan

- Bak/wadah perendaman spesimen
- Gerinda tangan
- *Hairdryer*

Instrumen

- *Scanning Electron Microscope Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX)
- Oven
- pH Meter
- Timbangan Digital
- Gelas Ukur
- Jangka Sorong

- Jam Tangan/Penanda Waktu

Teknik Pengumpulan Data

Metode Eksperimen

Penelitian ini dipoleh dengan cara melakukan percobaan terhadap objek yang akan diteliti dan mencatat data-data yang diperlukan. Data-data yang diperlukan adalah nilai laju korosi terhadap variasi temperatur, waktu, pH larutan nira aren dan asam asetat.

Metode Literatur

Dalam metode literatur ini dilakukan pengumpulan data berupa teori, gambar dan tabel yang diperoleh dari buku-buku dan media internet yang berkaitan dengan penelitian ini.

Prosedur Penelitian

- Persiapan Penelitian
 - Persiapan bahan
 - Persiapan alat-alat
- Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen dilakukan sebelum perendaman dimulai yang nantinya akan di analisa laju korosinya. Pembuatan spesimen disini maksudnya proses pembentukan spesimen yang akan dipotong sesuai ukuran yang ditentukan. Langkah-langkahnya sebagai berikut:

 - Bahan dipotong berbentuk lempengan dengan ukuran panjang 20mm, lebar 10mm, dan tinggi 2mm.
 - Setelah bahan yang sudah terbentuk selanjutnya dirapikan permukaan sampingnya dengan diampelas sampai halus.
- Proses Penimbangan Berat Awal Spesimen

Sebelum spesimen direndam dalam air nira aren dan asam asetat perlu dilakukan proses penimbangan berat awal spesimen. Tujuannya untuk mengetahui perbedaan sebelum dan sesudah dilakukan perendaman.
- Menentukan Volume Uji Rendam

Berdasarkan ASTM G31-72, untuk uji rendam skala laboratorium, volume larutan minimal untuk pengujian adalah: (0,2 sampai 0,4) x (luas permukaan spesimen)
- Pengangkatan spesimen dari uji rendam, selanjutnya dilakukan proses *pickling* pada spesimen yang mengalami korosi selama uji rendam. Proses *pickling* adalah sebagai berikut:
 - Keluarkan spesimen dari wadahnya

- Celupkan spesimen kedalam larutan aseton selama 5 menit untuk menghilangkan produk korosi yang melekat pada permukaan spesimen
- Cuci kembali spesimen dengan aquades lalu keringkan dengan *hairdryer*
- Spesimen ditimbang dengan menggunakan timbangan elektrik untuk mengetahui berat akhir setelah proses perendaman dan selanjutnya dilakukan perhitungan laju korosi dengan metode *weight loss* sesuai dengan literatur pada bab 2.
- Setelah dilakukan perhitungan laju korosi, diambil dua contoh spesimen untuk dilakukan uji bahan menggunakan SEM-EDX, untuk melihat spesimen yang terkorosi sehingga dapat mengetahui bentuk korosi pada spesimen tersebut. Daerah untuk uji bahan yaitu pada permukaan dari spesimen.

Teknik Analisis Data

Setelah data diperoleh selanjutnya adalah menganalisa data dengan cara mengolah data yang sudah terkumpul. Data dari hasil pengujian dimasukkan sehingga diperoleh data yang bersifat deskripsi kuantitatif, untuk menerjemahkan dalam bentuk deskripsi, hasil penelitian ditafsirkan dengan metode kualitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Laju Korosi

Secara terperinci nilai perubahan berat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Data Perubahan Berat

Sampel	Larutan	Waktu	Temperatur	W ₁ (gram)	W ₂ (gram)	ΔW (gram)
A1	Air Nira Aren pH 4,6	32 jam	± 26°C	3,26	3,25	0,01
A2			60°C	3,22	3,21	0,01
A3			110°C	3,40	3,38	0,02
A4		56 jam	± 26°C	3,30	3,29	0,01
A5			60°C	3,40	3,38	0,02
A6			110°C	3,38	3,36	0,02
B1	Asam Asetat (cuka) pH 2,5	32 jam	± 26°C	3,28	3,27	0,01
B2			60°C	3,20	3,18	0,02
B3			110°C	3,57	3,54	0,03
B4		56 jam	± 26°C	3,40	3,39	0,01
B5			60°C	3,34	3,32	0,02
B6			110°C	3,40	3,37	0,03

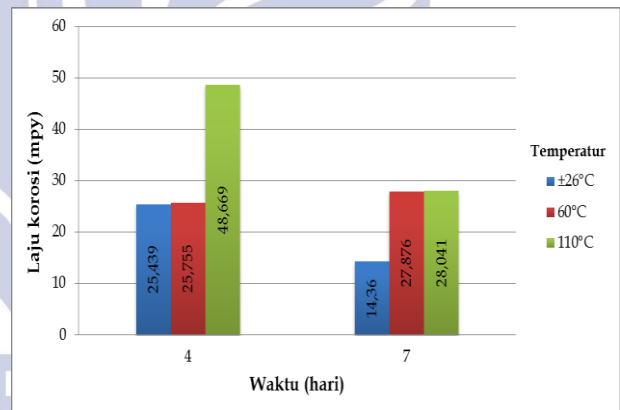
Berdasarkan hasil uji korosi dan perhitungan laju korosi yang dilakukan pada spesimen yang derendam

dalam nira aren dan asam asetat didapatkan laju korosi sebagai berikut.

Tabel 2. Densitas dan Laju Korosi

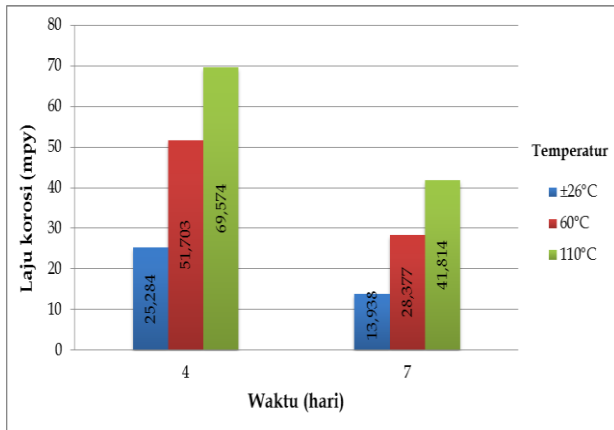
Sampel	Larutan	Waktu	Temperatur	Densitas (gr/cm ³)	Laju Korosi (mpy)
A1	Air Nira Aren pH 4,6	32 jam	± 26°C	8,15	25,439
A2			60°C	8,05	25,755
A3			110°C	8,52	48,669
A4		56 jam	± 26°C	8,25	14,360
A5			60°C	8,5	27,876
A6			110°C	8,45	28,041
B1	Asam Asetat (cuka) pH 2,5	32 jam	± 26°C	8,2	25,284
B2			60°C	8,02	51,703
B3			110°C	8,94	69,574
B4		56 jam	± 26°C	8,5	13,938
B5			60°C	8,35	28,377
B6			110°C	8,5	41,814

Untuk lebih jelasnya disajikan dalam bentuk grafik hasil laju korosi pada saat uji rendam menggunakan air nira aren dan asam asetat. Dari grafik diketahui laju korosi terbesar pada saat uji rendam dengan variasi waktu 4 dan 7 hari serta dengan variasi temperatur ±26°C (suhu ruangan), 60°C, dan 110°C.



Gambar 2. Diagram Uji Rendam pada Air Nira Aren dengan pH 4,6

Berdasarkan gambar diagram laju korosi spesimen saat uji rendam pada air nira aren dengan pH 4,6 terlihat jelas laju korosi terbesar terjadi pada waktu 4 hari perendaman dan terjadi pada temperatur 110°C besarnya laju korosi adalah 48,669 mpy. Untuk waktu 7 hari laju korosi terbesar terjadi pada temperatur 110°C dengan laju korosinya sebesar 28,041 mpy.



Gambar 3. Diagram Uji Rendam pada Asam Asetat dengan pH 2,5

Berdasarkan gambar diagram dapat diamati laju korosi spesimen saat uji rendam dengan asam asetat terlihat jelas laju korosi terbesar terjadi pada waktu 4 hari perendaman dan terjadi pada spesimen dengan temperatur 110°C dengan besar laju korosinya adalah 69,574 mpy. Untuk waktu perendaman selama 7 hari laju korosi terbesar terjadi pada temperatur 110°C memiliki laju korosi sebesar 41,814 mpy.

Pengaruh Temperatur

Untuk perendaman dalam air nira aren dengan pH 4,6 laju korosi terbesarnya adalah 48,669 mpy pada temperatur 110°C. Sedangkan untuk laju korosi terkecil sebesar 14,36 mpy pada temperatur ruangan.

Untuk perendaman dalam asam asetat dengan pH 2,5 laju korosi terbesarnya adalah 69,574 mpy pada temperatur 110°C. Sedangkan untuk laju korosi terkecil sebesar 13,936 mpy dialami oleh spesimen dengan temperatur ruangan.

Berdasarkan data dan gambar diagram ternyata temperatur sangat mempengaruhi laju korosi pada logam *stainless steel* 304. Laju korosi dipengaruhi oleh temperatur mengikuti teori Arrhenius yaitu, “bila larutan bertemperatur tinggi dapat menyebabkan tingkat keasaman yang tinggi pula dan bila temperatur yang tinggi mengakibatkan difusi oksigen yang tinggi dalam larutan, maka korosi dapat menjadi cepat.”

Pengaruh Waktu

Untuk perendaman dalam air nira aren dengan pH 4,6 laju korosi terbesarnya adalah 48,669 mpy dan waktu perendaman selama 4 hari. Sedangkan untuk laju korosi terkecil sebesar 14,36 mpy dengan waktu perendaman selama 7 hari.

Untuk perendaman dalam larutan asam asetat dengan pH 2,5 laju korosi terbesarnya adalah 69,574

mpy juga terjadi pada waktu perendaman selama 4 hari. Sedangkan untuk laju korosi terkecil sebesar 13,936 mpy dialami oleh spesimen dengan waktu perendaman selama 7 hari.

Berdasarkan data dan gambar diagram semakin lama perendaman laju korosi akan semakin menurun dan laju korosi terbesar terjadi diawal proses perendaman, yaitu pada waktu 4 hari. Hal ini berkaitan dengan permukaan logam masih telanjang, belum terselimuti lapisan hasil korosi. Pada rentang waktu 4 sampai 7 hari laju korosi menurun, hal ini berkaitan dengan terbentuknya lapisan hasil korosi.

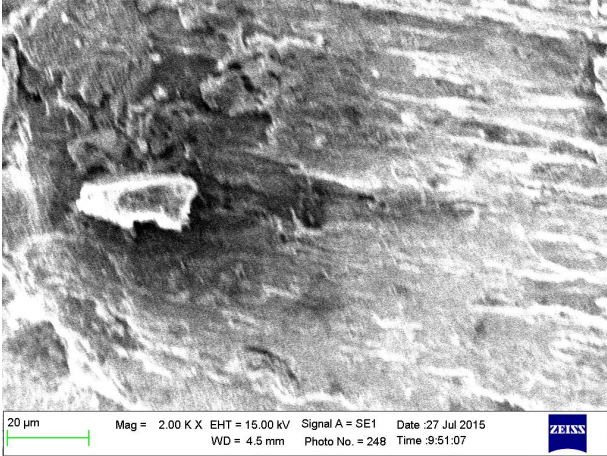
Pengaruh Kadar Keasaman Larutan (pH)

Untuk perendaman dalam air nira aren dengan pH 4,6 laju korosi terbesarnya adalah 48,669 mpy pada temperatur 110°C dan waktu perendaman selama 4 hari. Sedangkan untuk laju korosi terkecil sebesar 14,36 mpy pada temperatur ruangan dengan waktu perendaman selama 7 hari.

Untuk perendaman dalam larutan asam asetat dengan pH 2,5 laju korosi terbesarnya adalah 69,574 mpy pada temperatur ruangan juga terjadi pada waktu perendaman selama 4 hari. Sedangkan untuk laju korosi terkecil sebesar 13,936 mpy dialami oleh spesimen pada temperatur ruangan dengan waktu perendaman selama 7 hari.

Hasil percobaan korosi *stainless steel* 304 dalam larutan air nira aren dengan pH 4,6 dan asam asetat dengan pH 2,5 menunjukkan perbedaan yang signifikan. Berdasarkan data dan diagram menunjukkan bahwa laju korosi menurun seiring dengan meningkatnya pH. Hal ini terjadi karena pengaruh pH lingkungan yang merupakan derajat keasaman dari lingkungan yang mengindikasikan konsentrasi H^+ dalam lingkungan tersebut. Pada kondisi asam, banyaknya ion H^+ memicu terjadinya reaksi reduksi lainnya yang juga berlangsung, yakni evolusi atau pembentukan hidrogen menurut persamaan reaksi: $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$. Adanya 2 reaksi di katode pada kondisi asam menyebabkan lebih banyak logam besi yang teroksidasi.

Gambaran mengenai bentuk korosi dan jenis korosi pada spesimen akan diperlihatkan melalui *Scanning Electrone Microscope* (SEM) untuk memperjelas. Berikut ini adalah gambar spesimen yang telah melalui perendaman air nira aren diamati menggunakan SEM.



Gambar 4. Foto SEM Spesimen Uji Rendam dalam Nira Aren pada pH 4,6 dengan Perbesaran 2000X

Setelah dilakukan perbesaran 2000x seperti ditunjukkan pada gambar 4.4 terlihat permukaan spesimen mengalami retak-retak dan berlubang akibat korosi. Terjadi rengkahan-rengkahan antar partikel dan akibatnya pori-pori semakin melebar dan mudah diterobos oleh atom-atom pengkorosif, jika ini dibiarkan terus menerus spesimen akan terjadi pengkeroposan. Pengkeroposan akibat korosi diperlihatkan dengan gambar hitam yang membentuk seperti cekungan atau lubang. Jenis korosi yang terlihat merupakan korosi celah (*crevice corrosion*), korosi sumuran (*pitting corrosion*), korosi tegangan (*stress corrosion cracking*) dan korosi seragam (*uniform corrosion*).

Jadi bisa disimpulkan dalam penelitian ini, untuk laju korosi terbesar terjadi pada perendaman dengan variasi temperatur tertinggi yaitu 110°C, pada waktu terpendek yaitu 4 hari dan pada pH larutan yang terendah yaitu 2,5.

PENUTUP

Simpulan

- Untuk larutan air nira aren dan asam asetat, hasil laju korosi terbesar terjadi pada temperatur dan waktu yang sama. Untuk perendaman pada air nira aren laju korosi terbesarnya adalah 48,669 mpy terjadi pada temperatur 110°C dalam waktu 4 hari. Sedangkan untuk perendaman pada asam asetat laju korosi terbesarnya adalah 69,574 mpy terjadi pada temperatur 110°C dalam waktu 4 hari.
- Laju korosi terbesar terjadi pada temperatur tinggi.
- Semakin lama perendaman laju korosi akan semakin menurun..

- Laju korosi menurun seiring dengan meningkatnya pH.

Saran

- Untuk penelitian selanjutnya variasi waktu, temperatur dan material menggunakan variasi yang baru.
- Untuk larutan dengan kadar keasaman yang tinggi maka temperatur proses uji rendam perlu diperhatikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, Redi. 2011. *Pengukuran Laju Korosi Stainless Steel 304 Menggunakan Metode ASTM D-130 Dengan Media Premium dan Pertamina*. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: PPs Universitas Negeri Surabaya.
- ASTM Internasional. 2004. *ASTM G31-72: Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals*. United State.
- Fontana, Mars G. 1986. *Corrosion Engineering*. Third Edition. New York: McGraw-Hill.
- <http://id.m.wikipedia.org/wiki/Korosi> diakses 8 Maret 2015.
- Lempang, Mody. 2010. "Laporan Hasil Penelitian: Bioteknologi Pengolahan Nira Aren Untuk Produksi Nata Dan Sebagai Pengembang Adonan Roti". Balai Penelitian Kehutanan. Makassar.
- Narbuko, Cholid dan Achmadi, Abu. 2005. *Metodologi Penelitian*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Nugroho, Dipo. 2012. *Klasifikasi Stainless Steel*, (Online), (http://abidelsmachine.com/p/blog-page_1905.html?m=1, diakses 15 Maret 2015).
- Permadi, Lingga Bayu. 2014. *Analisa Laju Korosi Pada Baja Karbon Ringan (Mild Steel) Dengan Perlakuan Bending Pada Media Pengkorosi Larutan Asam*. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: PPs Universitas Negeri Surabaya.
- Sugiyono. 2012. *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Sutjahjo, Dwi Heru. 2008. *Diktat Kuliah Teknik Korosi*. Surabaya: Unesa.
- Tim Penulis. 2014. *Pedoman Penulisan Skripsi Program Sarjana Strata Satu (S-1) Universitas Negeri Surabaya*. Surabaya: Unesa.