

# Jurnal Mekanika dan Sistem Termal (JMST)

Journal homepage: <http://e-journal.janabadra.ac.id/index.php/JMST>

## Original Article

# Perbandingan Laju Korosi Pada Baja Karbon Rendah dan Stainless Steel Seri 201, 304, dan 430 Dalam Media Nira

Yunaidi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Mesin, Politeknik LPP, Jl. LPP No. 1A Balapan Gondokusuman Yogyakarta 55231

\*Corresponding author :

E-mail: [yunaidi@politeknik-lpp.ac.id](mailto:yunaidi@politeknik-lpp.ac.id)

**Abstract** – Corrosion can easily be found in various types of equipment made of metallic substrates. Low carbon steel and stainless steels are materials that is widely used in machine tools and structure of the food and beverage industry. Low carbon steel is preferred because it is relatively inexpensive, but less resistant to corrosion, so it is necessary substitution with materials that are more resistant to corrosion, thereby increasing the economic value of equipment or machinery. Juice cane (nira) is the result of a milking cane plant into raw materials for white sugar. Juice contains sucrose, reduction sugar, organic and inorganic substances and water. Juice is acidic as pH below 7 due to the activity of microbes in it, and over time the juice will become more acidic. This study aims to determine the corrosion rate of low carbon steel and stainless steel SS 201, SS 304 and SS 430 series in the medium juice at room temperature. Corrosion testing done in three cell electrodes based on the Tafel extrapolation method. The test results showed that the lowest corrosion rate occurs in SS 304, while the highest corrosion rate occurs in SS 430. The corrosion rate of SS 304 on the juice is low, while the corrosion rate of low carbon steel, SS 201 and SS 430 were moderate. The corrosion rate of the material on the juice is strongly influenced by the juice condition, mainly by the pH value.

**Keywords** – Corrosion rate; Low carbon steel; Stainless steel; Juice cane.

## 1. Pendahuluan

Korosi didefinisikan sebagai kerusakan pada material (logam) akibat reaksi kimia atau reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Lingkungan ini secara umum adalah berupa oksida, karbonat (basa), atau sulfida (asam).

Masalah korosi sudah ditemukan sejak manusia menggunakan logam dalam kehidupan sehari-hari. Korosi merupakan penurunan kualitas yang disebabkan oleh reaksi kimia bahan logam dengan unsur-unsur lain yang terdapat di alam (Jones, 1991). Dua jenis mekanisme utama dari korosi adalah berdasarkan reaksi kimia secara langsung, dan reaksi elektrokimia. Korosi dapat terjadi didalam lingkungan kering dan juga lingkungan basah.

Korosi juga menjadi beban bagi peradaban manusia (Trethewey dan Chamberlain 1991) diantaranya: biaya korosi yang sangat mahal, korosi sangat memboroskan sumber daya alam, dan membuat manusia tidak nyaman bahkan kadang mendatangkan maut. Sedangkan menurut (Supomo, 2003), korosi merupakan kerusakan atau

penurunan mutu atau keausan material akibat reaksi dengan lingkungan yang didukung oleh faktor-faktor tertentu. Laju korosi bergantung pada temperatur, konsentrasi reaktan, jumlah mula-mula partikel (massa) logam, dan faktor mekanik seperti tegangan (Fontana, 1987).

Mengingat besarnya dampak ekonomi akibat korosi, maka permasalahan korosi di Indonesia harus mendapat perhatian serius sehingga dapat meningkatkan daya saing produksi Indonesia baik secara nasional, regional, maupun internasional. Sektor industri makanan dan minuman harus siap menghadapi persaingan global. Pada industri gula terutama di pabrik pengolahan gula, untuk dapat menghadapi persaingan ini maka harus dapat meningkatkan efektifitas dan efisiensi pabriknya sehingga biaya produksi dapat serendah-rendahnya. Salah satu faktor yang dapat meningkatkan efisiensi pengolahan gula ini antara lain kehandalan konstruksi peralatan atau mesin-mesin pengolahan gula sehingga dapat mengurangi

waktu berhenti operasi mesin. Faktor utama yang dapat mempengaruhi kehandalan alat adalah adanya korosi pada konstruksi mesin. Bahkan dalam setiap tahun di pabrik gula terdapat biaya perbaikan dan penggantian peralatan yang tidak sedikit akibat korosi. Hal ini dapat terjadi karena pabrik gula mengolah tebu (nira) menjadi gula yang cenderung mudah menyebabkan terjadinya korosi pada peralatan pabrik.

### **Baja Karbon**

Baja karbon merupakan material yang paling banyak dipakai dalam industri pengolahan gula karena mempunyai sifat-sifat yang relatif baik dan harga yang lebih terjangkau, tetapi mempunyai beberapa kelemahan diantaranya ketahanan korosinya yang relatif rendah. Baja karbon diklasifikasikan berdasarkan besarnya kandungan karbonnya menjadi 3 jenis (Callister, 2007), yaitu baja karbon rendah, karbon sedang, dan karbon tinggi.

Baja karbon rendah pada umumnya kandungan karbonnya kurang dari 0,25% dan tidak responsif terhadap proses perlakuan panas yang bertujuan untuk membentuk struktur martensit. Baja ini dapat ditingkatkan ketangguhannya dengan metode pengerjaan dingin. Struktur mikro dari baja karbon rendah terdiri dari ferit dan perlit. Konsekuensinya sifat dari baja ini adalah relatif lunak, lemah, ulet dan tangguh, mudah dilakukan proses permesinan serta mudah dilakukan proses pengelasan.

Baja karbon medium memiliki kandungan karbon antara 0,26 - 0,6 %. Baja ini dapat ditingkatkan sifat mekanik dengan perlakuan panas austenitizing, quenching, dan tempering. Baja karbon medium banyak dipakai dalam kondisi hasil tempering sehingga struktur mikronya berbentuk martensit. Penambahan chromium, nikel, dan molybdenum meningkatkan sifat paduan dengan proses perlakuan panas, sehingga dapat memberikan kombinasi sifat ketangguhan dan keuletan. Sifat dari baja ini adalah lebih kuat dari baja karbon rendah, tetapi kurang ulet dan kurang tangguh.

Baja karbon tinggi pada umumnya memiliki kandungan karbon antara 0,6 - 1,4 %. Baja jenis ini dapat ditingkatkan sifat mekaniknya dengan perlakuan panas austenitizing, quenching, dan tempering. Sifat baja karbon tinggi paling keras, paling kuat dan paling getas diantara jenis baja yang lain. Baja ini banyak dipakai didalam kondisi hasil tempering terutama untuk ketahanan aus.

### **Stainless Steel**

Stainless steel merupakan salah satu jenis dari baja paduan tinggi. Stainless steel mempunyai kandungan unsur krom minimal 10% untuk mendapatkan sifat tahan korosi. Unsur tambahan yang lain pada stainless steel adalah Ni, Mo, Al, Cu, Ti, C, dan Nb. Stainless steel dibagi ke dalam 5 kelompok, yaitu : austenitik, feritik, martensitik, dupleks, dan pengerasan presipitasi.

Kelompok austenitik merupakan stainless steel dengan kandungan utama 16-26% Cr, 6-22% Ni, dengan sedikit unsur C. Stainless steel jenis ini masuk dalam

kelompok seri 200 dan seri 300, antara lain tipe AISI 201, 202, 205, 301, 302, 304, 304L, 316, 321, dan 347. Austenitik bersifat non magnetik, tidak dapat dikeraskan dengan heat treatment, dan mudah di las.

Stainless steel kelompok feritik merupakan paduan dengan unsur utama 10.5-27 % Cr dan 0.12 % C. Stainless steel jenis ini masuk dalam kelompok seri 400, antara lain tipe AISI 405, 430, dan 446. Feritik bersifat magnetik, tidak dapat dikeraskan dengan heat treatment, dan dapat dilas tetapi lebih sulit dibandingkan kelompok austenitik.

Stainless steel kelompok martensitik merupakan paduan dengan kandungan unsur utama 11.5-18 % Cr, 0.1-1.2 % C. Stainless steel jenis ini masuk dalam kelompok seri 400 dan 500, antara lain tipe AISI 403, 410, 416, 420, 440A, 501 dan 502. Sifat-sifat stainless steel tipe martensitik adalah bersifat magnetik, dapat dikeraskan dengan perlakuan panas, dapat di las dan di-machining, serta memiliki ketangguhan baik.

Dupleks merupakan stainless steel yang mempunyai bentuk struktur campuran antara austenitik dan feritik. Sifat penting stainless steel ini antara mempunyai kekuatan tarik dan kekuatan luluh yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan jenis austenitik maupun feritik, sehingga banyak dipakai untuk peralatan atau mesin yang mempunyai tegangan dinamis. Stainless steel ini mempunyai tipe antara lain AISI 2205 dan 2304. Stainless steel pengerasan presipitasi merupakan stainless steel dengan kandungan unsur 17 % Cr, 4-10 % Ni + Al, Cu, Ti, dan Nb. Stainless steel ini mempunyai tipe antara lain 17-4 PH, 17-7 PH, PH 15-7 Mo, dan 17-10 P. Kelompok ini mempunyai sifat antara lain mudah di pabrikasi, kekuatan tinggi, keuletan relatif baik, dan ketahanan korosinya baik.

### **Nira Tebu**

Nira merupakan hasil pemerahan dari tebu. Secara garis besar komposisi tebu terdiri dari 2 (dua) kelompok yaitu air (73-76%) dan zat padat (24-27%). Zat padat tebu terdiri dari zat padat yang dapat larut yang jumlahnya sekitar 10-16% dan zat padat yang tidak dapat larut yang sering disebut dengan sabut jumlahnya berkisar antara 11-16%. Di dalam zat padat yang dapat larut terdapat cairan yang disebut nira tebu. Jadi nira tebu atau sering disebut dengan nira itu merupakan suatu campuran dari air dan zat-zat padat yang dapat larut.

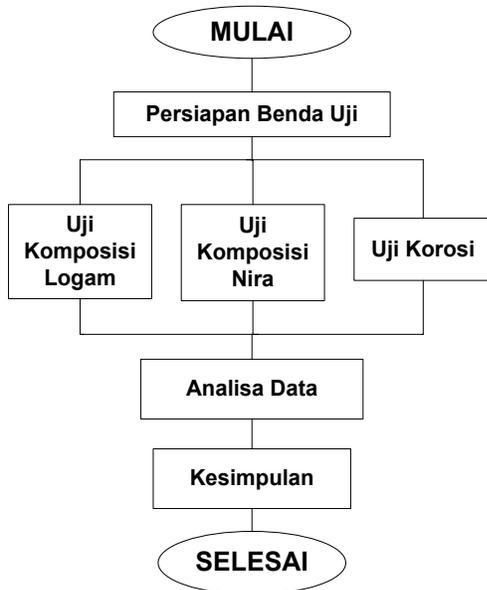
Di dalam nira selain mengandung gula, juga mengandung zat-zat selain gula (non gula) seperti air, zat organik dan anorganik (Widyastuti, 1999). Kandungan gula (sukrosa) di dalam batang tebu bisa berbeda-beda, hal ini dipengaruhi oleh cara pemeliharaan (pemberian pupuk, air, dan lain-lain), jenis tebu, iklim, dan umur tebu.

Permasalahan korosi di pabrik-pabrik gula di Indonesia kurang mendapatkan perhatian serius bahkan terkesan diabaikan. Hal ini terjadi mungkin belum adanya perhatian khusus dari para stake holder atau belum adanya pemahaman yang komprehensif tentang korosi tersebut. Oleh karena itu dalam penelitian ini kami ingin mengangkat topik tentang pengaruh nira terhadap laju korosi pada

material baja karbon rendah dan stainless steel seri SS 201, SS 304, dan SS 430.

## 2. Metode Penelitian

Bagan di bawah ini menunjukkan diagram alur penelitian laju korosi :



Gambar 1. Diagram alur penelitian.

Dalam penelitian ini, metode pelaksanaannya mengikuti metode seperti pada diagram alur di atas. Metode dan tahapan pengujian antara lain uji komposisi kimia spesimen logam yang akan dilakukan uji korosi, uji komposisi nira tebu, dan pengujian korosi spesimen logam pada larutan nira.

### Pengujian Komposisi Logam

Uji komposisi dibutuhkan untuk mengetahui komposisi kimia utama spesimen baja karbon rendah dan stainless steel. Komposisi kimia digunakan untuk memastikan bahwa spesimen uji sudah sesuai dengan yang diharapkan dan untuk menghitung laju korosi spesimen.

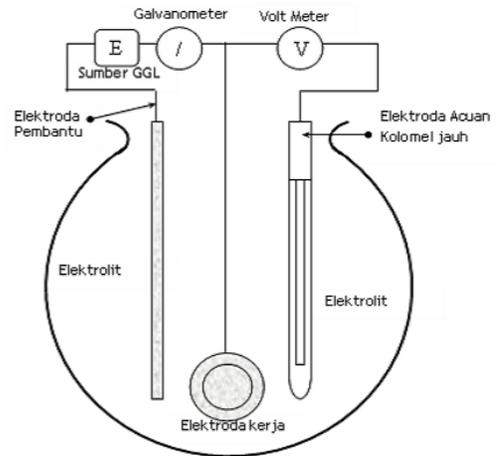
### Pengujian Komposisi Nira

Uji komposisi nira dilakukan untuk mengetahui senyawa/unsur yang terkandung di dalam nira maupun zat-zat lainnya. Pengujian komposisi nira meliputi uji kandungan sakarosa, uji kandungan gula reduksi, uji pH, brix, pol, dan dextran. Hal ini dilakukan untuk menentukan faktor-faktor apa saja yang dapat mempengaruhi laju korosi pada logam akibat terkena larutan nira.

### Pengujian Korosi

Pengujian laju korosi dilakukan dengan tiga sel elektroda didasarkan pada metode eskstrapolasi tafel. Sel tiga elektroda merupakan perangkat laboratorium baku untuk penelitian kuantitatif terhadap sifat-sifat korosi.

Pengujian korosi menggunakan alat uji laju korosi tipe sel tiga elektroda dengan potensiostat tipe PGS-201T milik Teknologi Akselerator dan Proses Bahan (PTAPB) – BATAN Yogyakarta dengan larutan nira pada suhu kamar.



Gambar 2. Skema Alat Uji Korosi sel tiga Elektroda (Trethewey dan Chamberlain, 1991).



Gambar 3. Alat uji korosi sel tiga elektroda di PSTA Batan Yogyakarta.

Pengujian laju korosi dengan tiga sel elektroda didasarkan pada metode eskstrapolasi Tafel. Sel tiga elektroda merupakan perangkat laboratorium baku untuk penelitian kuantitatif terhadap sifat-sifat korosi bahan.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Hasil Komposisi Kimia Logam

Hasil uji komposisi material dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini :

Tabel 1. Hasil Uji Komposisi Kimia Baja dan Stainless Steel.

<b>1. Baja Karbon</b>											
	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	Cu	Sn	Mo	Fe
Standar	≤0.26	≤0.40	≤0.05	≤0.04	-	-	-	-	-	-	-
Spesimen	0.2776	0.2382	0.0235	0.0155	0.8867	0.0935	0.0845	0.2589	0.0227	0.0147	98.05
<b>2. SS 201</b>											
	C	Si	Mn	P max	S	N	Cr	Mo	Ni	Fe	lainnya
Standar	≤0.15	≤1.00	5.5-7.5	0.045	≤0.015	0.05-0.25	16-18	-	3.5-5.5	-	-
Spesimen	0.074	0.437	8.4128	0.056	0.00	-	15.1213	0.0732	0.9479	73.28	-
<b>3. SS 304</b>											
	C	Si	Mn	P max	S	N	Cr	Mo	Ni	Fe	lainnya
Standar	≤0.07	≤1.00	≤2.0	0.045	≤0.015	≤0.11	17.5-19.5	-	8.0-10.5	-	-
Spesimen	0.0423	0.5689	1.1973	0.0407	0.0008	-	17.289	0.0241	8.4036	72.07	-
<b>4. SS 430</b>											
	C	Si	Mn	P max	S	N	Cr	Mo	Ni	Fe	lainnya
Standar	≤0.08	≤1.00	≤1.00	0.04	≤0.015	-	16.0-18.0	-	-	-	-
Spesimen	0.0248	0.2467	0.2555	0.0303	0.0009	-	14.5001	0.0226	0.1445	84.60	-

Berdasarkan hasil uji komposisi menunjukkan bahwa material baja karbon yang digunakan adalah baja karbon rendah karena kandungan karbonnya di bawah 0.3 % dan kandungan unsur paduan yang relatif kecil sehingga tidak bisa dimasukkan dalam kelompok baja paduan. Spesimen baja paduan yang digunakan dalam uji korosi ini spesifikasi mendekati dengan standar ASM A36. Material stainless steel yang digunakan dalam uji korosi berdasarkan uji komposisi sudah sesuai dengan standar AISI atau ASTM.

### 3.2 Hasil Komposisi Nira

Hasil uji komposisi nira menunjukkan bahwa komponen dan senyawa yang terkandung dalam nira adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Komponen dan senyawa nira

Komponen/senyawa	Kandungan
Brix*	21.33 %
Pol**	19.56 %
Sukrosa	10.41 %
Dextran***	20.98 %
CaO	540 mg/l
pH	5.88
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	646 mg/l
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.68 mg/l
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	60.97 mg/l
Gula reduksi****	0.55 %

Keterangan:

- \* : kadar zat kering yang terlarut
- \*\* : kadar gula semu
- \*\*\* : sukrosa yang telah rusak akibat pengaruh mikroba
- \*\*\*\* : terdiri dari glukosa, fruktosa, manosa, dan heksosa

Dari Tabel 2 menunjukkan kandungan senyawa pada nira cukup beragam. Rasa manis pada nira disebabkan adanya kandungan senyawa sukrosa dan gula reduksi. Gula reduksi terdiri dari glukosa, fruktosa, manosa, dan heksosa.

Kadar keasaman nira semakin lama akan semakin naik atau pH nira semakin turun yang disebabkan adanya aktifitas mikroba penghasil asam organik. Pada saat yang sama kandungan sukrosa pada nira semakin lama juga semakin berkurang akibat adanya enzim sukrose invertase yang berasal dari aktifitas mikroba ataupun yang berasal dari tumbuhan tebu itu sendiri dan adanya aktivitas mikroba penghasil asam organik. Sedikit banyaknya aktifitas mikroba tersebut sangat dipengaruhi oleh kondisi batang tebu yang dipengaruhi oleh kebersihan lingkungan dan lama penyimpanan tebu sebelum giling (Eggleston, 2002). Kadar keasaman nira yang semakin lama semakin naik tentu sangat mempengaruhi ketahanan logam terhadap terjadinya korosi akibat pengaruh nira.

### 3.3 Hasil Uji Korosi

Data hasil pengujian korosi berupa diagram Tafel dimana data yang digunakan dalam perhitungan laju korosi adalah rapat arus korosi ( $I_{corr}$ ) yang terbaca pada diagram tabel. Gambar 4-7 adalah hasil uji korosi pada masing-masing spesimen pada larutan nira dengan pH 5,88.

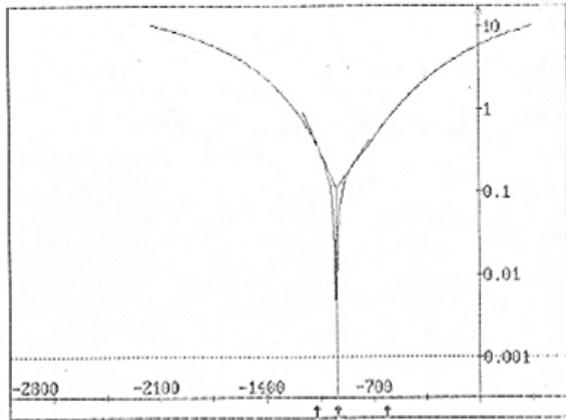
Penentuan harga laju korosi berbanding lurus dengan besarnya ( $I_{corr}$ ) suatu logam. Tabel 3 di bawah ini adalah nilai  $I_{corr}$  dan laju korosi spesimen pada larutan nira.

Tabel 3. Nilai rapat arus ( $I_{corr}$ ) dan laju korosi spesimen pada larutan nira.

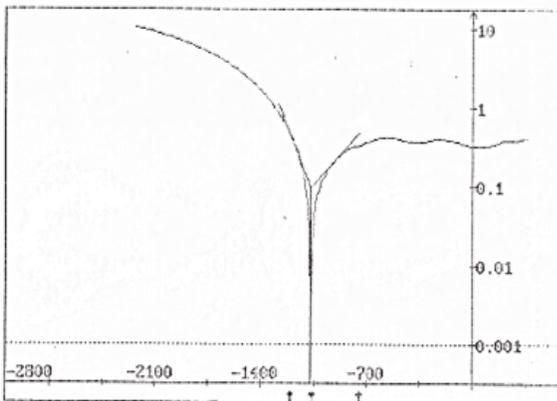
Spesimen	$I_{corr}$ ( $\mu A/cm^2$ )	Laju Korosi (mm/y)
Baja karbon rendah	102,480	0,786
SS 201	93,410	0,737
SS 304	62,840	0,490
SS 430	101,850	0,796

Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa laju korosi paling rendah terjadi pada material SS 304 dengan nilai 0,490 mm/year, sedangkan laju korosi paling tinggi

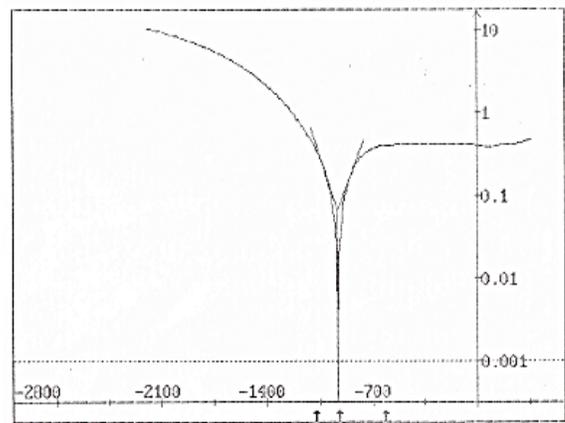
terjadi pada material SS 430 dengan nilai 0,796 mm/year. Laju korosi pada SS 304 dalam larutan nira tersebut termasuk dalam kategori *good relative corrosion resistance*, sedangkan laju korosi pada material baja karbon rendah, SS 201 dan SS430 termasuk dalam kategori *fair relative corrosion resistance* (Jones, 1991).



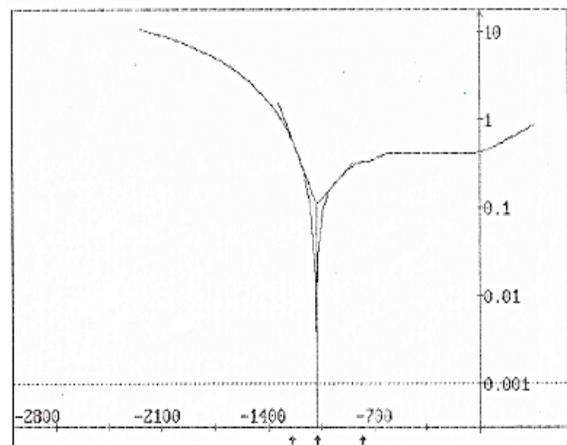
Gambar 4. Diagram Tafel laju korosi baja karbon rendah pada larutan nira.



Gambar 5. Diagram Tafel laju korosi SS 201 pada larutan nira.



Gambar 6. Diagram Tafel laju korosi SS 304 pada larutan nira.



Gambar 7. Diagram Tafel laju korosi SS 430 pada larutan nira.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian, perhitungan dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nira tebu merupakan cairan hasil pemerahan tebu yang kandungan dan komposisinya sangat dipengaruhi oleh kondisi batang tebunya (kebersihan lingkungan dan lama penyimpanan), karena adanya aktifitas mikrobia di dalam nira yang mengakibatkan nira menjadi rusak yang salah satunya ditandai dengan turunnya nilai pH pada nira tersebut.
2. Proses korosi logam pada nira sangat dipengaruhi oleh kondisi pH larutan nira dan kandungan komposisi kimia nira.
3. Berdasarkan hasil uji polarisasi, laju korosi paling rendah terjadi pada material SS 304 dengan nilai 0,490

mm/year pada pH 5,88, sedangkan laju korosi paling tinggi terjadi pada material SS 430 dengan nilai 0,796 mm/year pada pH 5,88. Laju korosi pada SS 304 dalam larutan nira tersebut termasuk dalam kategori rendah, sedangkan laju korosi pada material baja karbon rendah, SS 201 dan SS430 termasuk dalam kategori sedang.

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi yang telah membiayai penelitian ini melalui skema Penelitian Dosen Pemula Tahun 2015.

#### Daftar Pustaka

- Callister, W.D. (2007) *Material Science and Engineering an Introduction 7 edition*, JohnWiley and Sons. Inc.
- Eggleston, G. (2002) *Deterioration of Cane Juice-Source and Indicators*, Food Chemistry, vol. 78, pp. 95-103, Elsevier Science Ltd.
- Fontana, M.G. (1987) *Corrosion Enginerring*, McGraw-Hill Book Company.
- Jones, D.A. (1991) *Principle and Prevention of Corrosion*, Mc. Millan Publishing Company, New York.
- Supomo & Heri (2003) *Buku Ajar Korosi*, Jurusan Teknik Perkapalan FTK – ITS, Surabaya.
- Trethewey, K.R. & Chamberlain, J. (1991) *Korosi Untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Widyastuti & Cristina (1999) *Diktat Kuliah Teknologi Gula*, UPN Veteran, Surabaya.