

## PEMETAAN KOROSI PADA UNIT PEMURNIAN DEFEKASI DI INDUSTRI GULA

Ihham Ramadhitya P<sup>1\*</sup>, M. Miftachul Munir<sup>2</sup>, Endah Wismawati<sup>3</sup>

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya,  
Indonesia<sup>1\*,3</sup>

Program Studi D-IV Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya,  
Indonesia<sup>2</sup>

Email : [ilhamrp03@gmail.com](mailto:ilhamrp03@gmail.com)<sup>1\*</sup>; [mas.munir@gmail.com](mailto:mas.munir@gmail.com)<sup>2\*</sup>; [endahw@ppns.ac.id](mailto:endahw@ppns.ac.id)<sup>3\*</sup>

**Abstrak** - Purification unit of defecation is a process of clearing raw juice effectively and efficiently using the addition of phosphoric acid. The purpose of adding phosphoric acid to increase the phosphate content to 250-300 ppm. This unit is the focus of attention due to a leak in the pipeline weighed juice tanks to the juice heater 1. The material tested is SA-53 Gr. B, SS 400, stainless steel 304. From the results of potentiostat testing obtained the highest corrosion rate is SA-53 Gr B raw juice fluid that is 2.92120 mmpy, the lowest corrosion rate is 304 stainless steel clear juice fluid that is 0.00288 mmpy. The greater the phosphoric acid content, the higher the corrosion rate, the lower the phosphoric acid content, the lower the corrosion rate. Corrosion map making using standard sandvik, marked high severity is, SA-53 Gr. B diameter of 8.625 "and 12,750" flowed by fluid of raw juice having a corrosion rate value of 2.9212 mmpy, and SS 400 with fluid of raw juice. Materials included in medium severity criteria are SS 400 material with fluid of clear juice, and SA-53 Gr. B with fluid of clear juice, for material marked low severity is material tube stainless steel 304.

**Keyword** : corrosion, juice heater 1, SA-53 Gr. B, SS 400, stainless steel 304, weighed juice tank

### Nomenclature

<b>K<sub>1</sub></b>	Konstanta perhitungan laju korosi
<b>ρ</b>	Densitas material
<b>i<sub>cor</sub></b>	Kerapatan arus
<b>E<sub>w</sub></b>	Berat equivalent material
<b>P</b>	Pressure
<b>D</b>	Outside diameter
<b>S</b>	Allowable stress
<b>E</b>	Joint efficiency
<b>Y</b>	Koefisien Y
<b>D</b>	Nominal tank diameter
<b>H</b>	Tinggi tangki
<b>G</b>	Design specific gravity to be stored
<b>S<sub>d</sub></b>	Allowable stress
<b>S<sub>t</sub></b>	Allowable stress
<b>CA</b>	Corrosion allowance
<b>t<sub>act</sub></b>	Tebal aktual
<b>t<sub>min</sub></b>	Ketebalan minimum
<b>C<sub>rate</sub></b>	Corrosion rate
<b>R</b>	Jari – jari
<b>RL</b>	Remaining Life
<b>K</b>	faktor tergantung pada tingkat penilaian; untuk penilaian Level 1 K = 1.0, untuk pressure vessel dan komponen perpipaan penilaian; K = RSF <sub>a</sub> dan untuk tangki K = 1,0

### 1. PENDAHULUAN

Korosi merupakan salah satu permasalahan utama yang sering terjadi pada peralatan-peralatan logam yang terdapat pada perusahaan-perusahaan manapun. Korosi dapat disebut juga sebagai karat (*rust*). Contoh korosi yang paling

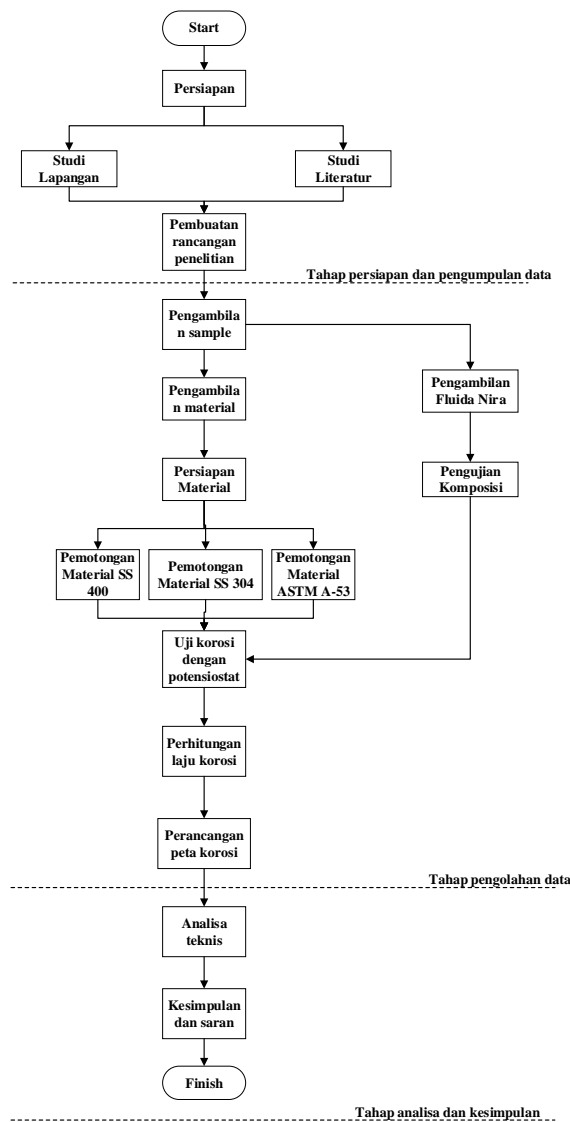
lazim adalah perkaratan pada suatu logam. Hampir semua pabrik - pabrik yang bergerak di bidang industri banyak menggunakan logam baik besi, baja dan banyak jenis logam dan paduan lainnya. Karena itu tidak dapat diingkari lagi bahwa permasalahan korosi pasti ada disetiap industri tersebut. Namun sangat disayangkan masih terdapat beberapa perindustrian di Indonesia, yang masih belum memahami dan mengetahui tentang kerugian yang di akibatkan dari korosi. Dan kurangnya pemahaman tentang korosi dan penyebab-penyebabnya. Pada stasiun proses pembuatan gula di industri gula terdapat unit utama yaitu unit pemurnian defekasi yang berfungsi sebagai proses untuk penjernihan *raw juice* (nira mentah) menjadi *clear juice* (nira jernih) dengan menggunakan sistem/proses defekasi (pemberian susu kapur/lime sakarat) dengan efektif dan efisien. Pada fluida *raw juice* cenderung memiliki sifat yang asam karena mempunyai kadar *pH* yang cukup rendah yaitu 5-5,5. Pada unit ini terdapat penambahan asam fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) pada *raw juice* (nira mentah), tujuan ditambahkannya asam fosfat agar kandungan fosfat (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) pada *raw juice* (nira mentah) bisa mencapai syarat yang ditentukan yaitu 250-300 ppm, agar nanti dapat bereaksi secara sempurna dengan susu kapur (*lime sakarat*). Untuk mengetahui persebaran korosi pada unit pemurnian defekasi adalah dengan dilakukannya pemetaan korosi (*Corrosion mapping*). Pemetaan korosi (*Corrosion Mapping*) merupakan suatu metode yang bertujuan untuk mencari, mengungkap, melakukan pemetaan dan melakukan pengukuran potensi dari korosi yang terdapat pada suatu unit

kerja. Pemetaan korosi ini sangat efektif untuk diaplikasikan pada industri, karena akan sangat efektif untuk mengetahui persebaran dari permasalahan-permasalahan yang ditimbulkan akibat korosi yang sering terjadi pada suatu unit kerja. Metode ini juga dapat memberikan informasi untuk menetapkan laju korosi, dan sisa umur material.

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Diagram Alir Penelitian

Didalam suatu penelitian diperlukan suatu data pendukung untuk mempermudah dalam melakukan suatu penelitian. Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian korosi menggunakan uji potensiostat untuk mendapatkan nilai *icorr* yang nantinya akan digunakan sebagai acuan dalam perhitungan laju korosi.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### 2.2 Formula Matematika

Rumus yang digunakan dalam perhitungan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Laju Korosi  
 Laju korosi menggunakan standard ASTM G102[6] adalah sebagai berikut :

$$\text{Laju Korosi (mmpy)} = K_1 \frac{icorr}{\rho} Ew \quad (1)$$

2. Tebal minimum untuk pipa  
 Tebal minimum untuk pipa mengacu pada standard ASME B31.3[5] dengan rumus seagai berikut:

$$tm = \frac{P X R}{(SE+0,4 P)} \quad (2)$$

3. Tebal minimum tangki  
 Perhitungan *minimum wall thickness shell weighed juice tank* menggunakan *1-foot method* pada standard API 650[3], ditunjukkan sebagai berikut:

$$td = \frac{4.9D(H-0,3)G}{Sd} + CA \quad (3)$$

$$tt = \frac{4.9D(H-0,3)}{St} \quad (4)$$

4. Tebal minimum *pressure vessel*  
 Perhitungan *minimum thickness* untuk *shell* dan *cone equipment pressure vessel* menggunakan aturan *Eugene F. Megyesy*[7], persamaan yang digunakan adalah persamaan 4 dan 5 berikut ini:

- a. Perhitungan *minumum thickness shell*

$$tm = \frac{P X R}{(SE+0,4 P)} \quad (5)$$

- b. Perhitungan *minumum thickness cone*

$$tm = \frac{P x D}{2 \cos \alpha (SE+0,4 P)} \quad (6)$$

5. Tebal minimum *tube*  
 Perhitungan *minumum thickness material tube juice heater* mengacu pada standard ASME section VIII div. I (*Boiler and Pressure Vessel Code*) *thickness of shell and tube under external pressure*[4] adalah sebagai berikut:

$$tm = \frac{4 x B}{3 \left(\frac{D_0}{t}\right)} \quad (7)$$

6. Menghitung Umur Pipa dan Peralatan  
 Perhitungan umur material menggunakan 2 standart, perhitungan sisa umur material perpipaan mengacu pada standard API 570, dan perhitungan umur material *pressure vessel* dan tangki mengacu pada standart API 579.

- a. Menghitung umur perpipaan

Untuk mencari sisa umur pada material sistem perpipaan dapat menggunakan rumus bedasarkan pada API 570[1],

persamaan yang digunakan adalah persamaan 2.8 berikut ini:

$$RL = \frac{t_{actual} - t_{required}}{\text{corrosion rate} [\text{inches} \frac{\text{mm}}{\text{year}}]} \quad (8)$$

- b. Menghitung umur *pressure vessel* dan *tangki*

Untuk mencari sisa umur pada material *pressure vessel* dan *tangki* dapat menggunakan rumus berdasarkan pada API 579[2], persamaan yang digunakan berikut ini :

$$RL = \frac{t_{am} - K_{tmin}}{\text{Crate} [\text{inches} \frac{\text{mm}}{\text{year}}]} \quad (9)$$

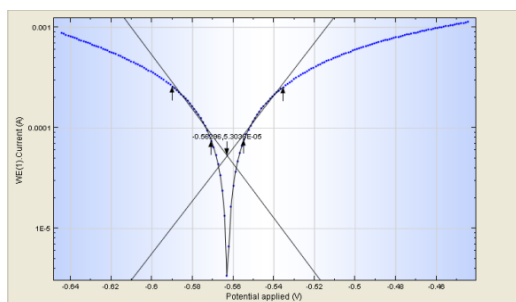
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil pengujian Korosi

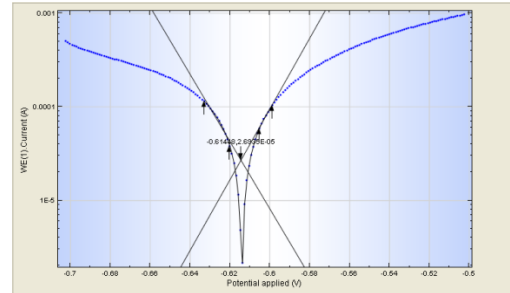
Hasil dari peugjian potensioostat yang telah dilakukan pada sampel material *equipment* SS 304, material SA-53 Gr.B dengan menggunakan fluida nira mentah dengan kandungan asam fosfat sebesar 2540 ppm dan nira jernih dengan kandungan asam fosfat sebesar 36 ppm. Hasil dari pengujian potensioostat adalah sebagai berikut :

- a. Hasil pengujian carbon steel SA-53 Gr. B

Hasil pengujian korosi menggunakan alat potensioostat untuk material A-53 Gr dengan menggunakan fluida nira mentah dan nira jernih. Pada Gambar 2 menunjukkan hasil pengujian menggunakan nira mentah dengan konsentrasi kadar asam fosfat sebesar 2540 ppm diperoleh nilai kerapatan arus (*icorr*) sebesar 251,490  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ . Sehingga data *icorr* tersebut dimasukkan kedalam rumus CR(*Corrosion Rate*), didapat nilai laju korosi sebesar 2,9212  $\text{mm}/\text{yr}$ . Pada Gambar 3 menunjukkan hasil pengujian menggunakan nira jernih dengan konsentrasi kadar asam fosfat sebesar 39 ppm diperoleh nilai kerapatan arus (*icorr*) sebesar 33,1600  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ . Sehingga data *icorr* tersebut dimasukkan kedalam rumus CR(*Corrosion Rate*), didapat nilai laju korosi sebesar 0,3852  $\text{mm}/\text{yr}$



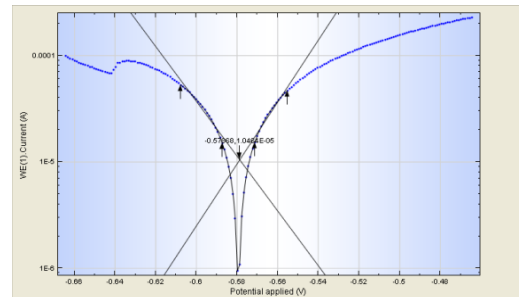
Gambar 2. Grafik Tafel dengan Pengujian menggunakan Nira Mentah pada Material SA-53 Gr.B



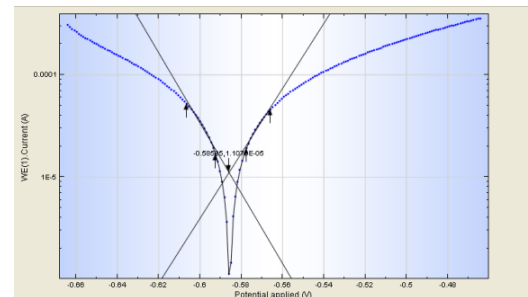
Gambar 3. Grafik Tafel dengan Pengujian menggunakan Nira Jernih pada Material SA-53 Gr.B

- b. Hasil pengujian SS 400

Hasil pengujian korosi menggunakan alat potensioostat untuk material SS 400 dengan menggunakan fluida nira mentah dan nira jernih. Pada Gambar 4 menunjukkan hasil pengujian menggunakan nira mentah dengan konsentrasi kadar asam fosfat sebesar 2540 ppm diperoleh nilai kerapatan arus (*icorr*) sebesar 170,730  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ . Sehingga data *icorr* tersebut dimasukkan kedalam rumus CR(*Corrosion Rate*), didapat nilai laju korosi sebesar 1,9831  $\text{mm}/\text{yr}$ . Pada Gambar 5 menunjukkan hasil pengujian menggunakan nira jernih dengan konsentrasi kadar asam fosfat sebesar 39 ppm diperoleh nilai kerapatan arus (*icorr*) sebesar 37,4740  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ . Sehingga data *icorr* tersebut dimasukkan kedalam rumus CR(*Corrosion Rate*), didapat nilai laju korosi sebesar 0,4353  $\text{mm}/\text{yr}$



Gambar 4. Grafik Tafel dengan Pengujian menggunakan Nira Mentah pada Material SS 400

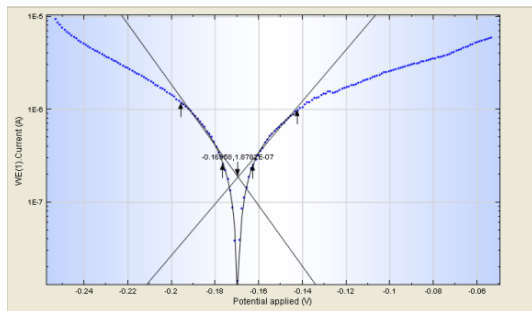


Gambar 5. Grafik Tafel dengan Pengujian menggunakan Nira Jernih pada Material SS 400

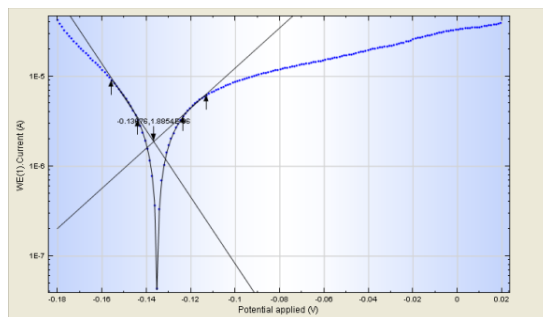
- c. Hasil Pengujian Stainless Steel 304

Hasil pengujian korosi menggunakan alat potensioostat untuk material SS 400 dengan menggunakan fluida nira mentah dan nira jernih. Pada Gambar 6 menunjukkan hasil pengujian

menggunakan nira mentah dengan konsentrasi kadar asam fosfat sebesar 2540 ppm diperoleh nilai kerapatan arus (*icorr*) sebesar 3.07640  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ . Sehingga data *icorr* tersebut dimasukkan kedalam rumus CR(*Corrosion Rate*), didapat nilai laju korosi sebesar 0,0318 mm/yr. Pada Gambar 7 hasil pengujian menggunakan nira jernih dengan konsentrasi kadar asam fosfat sebesar 39 ppm diperoleh nilai kerapatan arus (*icorr*) sebesar 0,2788  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ . Sehingga data *icorr* tersebut dimasukkan kedalam rumus CR(*Corrosion Rate*), didapat nilai laju korosi sebesar 0,0029 mm/yr.



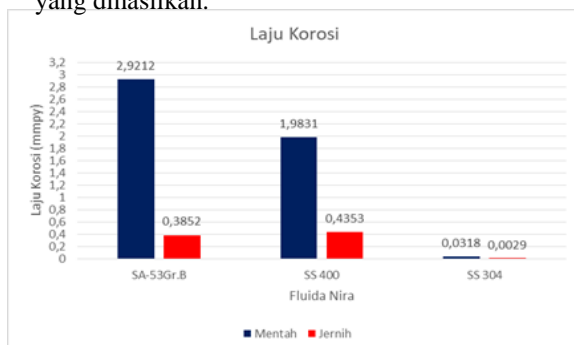
Gambar 6. Grafik Tafel dengan Pengujian menggunakan Nira Mentah pada Material Stainless Steel 304



Gambar 7. Grafik Tafel dengan Pengujian menggunakan Nira Jernih pada Material Stainless Steel 304

#### d. Grafik Laju Korosi

Grafik dari nilai laju korosi tiap-tiap material dapat dilihat pada Gambar 8 sebagai berikut. Grafik di bawah ini menunjukkan perbedaan dari kandungan asam fosfat sangat berpengaruh terhadap nilai laju korosi dari suatu material. Semakin tinggi kadar asam fosfat dalam nira maka semakin tinggi pula nilai laju korosi yang dihasilkan, semakin kecil kandungan asam fosfat pada nira semakin rendah pula nilai laju korosi yang dihasilkan.



Gambar 8. Grafik Nilai Laju Korosi Equipment

### 3.2 Perhitungan Minimum Wall Thickness Material

Untuk mengetahui nilai *lifetime* material dibutuhkan perhitungan nilai *minimum wall thickness* dan nilai CR (*Corrosion Rate*). Berikut ini diuraikan perhitungan *minimum wall thickness* dan *life time* dari sistem perpipaan dan *main equipment*. Data perhitungan tebal minimum di tunjukan pada Tabel 1 di bawah ini..

Tabel 1. Data Tebal Minimum Seluruh Equipment

No.	Equipment	Minimum Wall Thickness (mm)
1	Pipa SA-53 Gr. B Ø12,750	0,817
2	Pipa SA-53 Gr. B Ø8,625	0,022
3	SS 400 Static Mixer (Shell)	1,861
	Cone	2,146
4	SS 400 Weighed Juice Tank	3,725
5	SS 400 Lime Juice Tank	3,505
6	SS 400 Flash Tank	3,823
7	SS 400 Single Tray Clarifier	6,02
8	SS 400 Clear Juice Tank	4,055
9	SS 400 Tube Stainless Steel 304	0,031

### 3.3 Perhitungan Life Time Equipment

Menentukan perhitungan *life time* suatu material menggunakan standard API 570. Hasil *lifetime* keseluruhan pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Life Time Material

Equipment	Keterangan	Life time (design)	Sisa Umur	Life Time (actual)
		year	year	year
Pipa SA-53 Gr.B	Ø 12,750 (Nira mentah)	4,142	2,3	3,21
Pipa SA-53 Gr.B	Ø10,31(Nira mentah)	3,552	1,8	2,36
Pipa SA-53 Gr.B	Ø 12,750 (Nira jernih)	24,648	23	22,1
Static Mixer	Shell	5,113	3,3	3,15
	Cone in	4,969	3,2	3,01
	Cone out	4,969	3,2	2,71
Weighed Juice Tank	Shell	2,155	0,4	0,76
Lime Juice Tank	Shell	5,732	3,9	3,04
Flash Tank	Shell	11,893	10	8,95
Single Tray Clarifier	Shell	18,333	17	15
Clear Juice	Shell	9,064	7,3	6,4
Tube Stainless 304	Nira mentah	46,161	44	44,9
Tube Stainless 304	Nira jernih	510,179	508	507

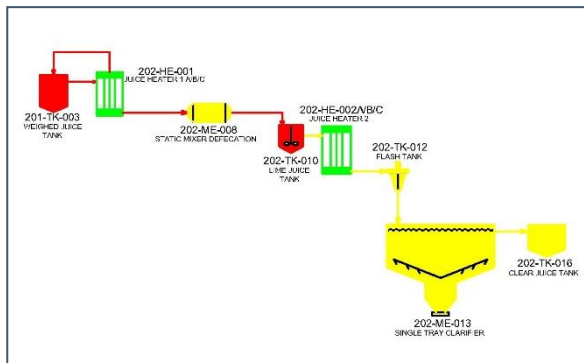
### 3.4 Pembuatan Peta Korosi

Pembuatan peta korosi pada unit pemurnian defekasi mengacu standart *sandvik materials and technology*<sup>[8]</sup>. Pembuatan peta korosi berdasarkan nilai laju korosi material, pada Tabel 3 di bawah ini menunjukkan klasifikasi tingkat kerawanan korosi terhadap material. Selanjutnya dapat digunakan sebagai acuan pembuatan peta korosi. Pada Gambar 9 menunjukkan peta korosi tiap-tiap *equipment*.

Tabel 3. Kriteria Bahaya

Kriteria bahaya		
Kategori	Laju Korosi ( <i>mmpy</i> )	Simbol Warna
<i>Low</i>	< 0,1	Hijau
<i>Moderate</i>	0,1-1,0	Kuning
<i>High</i>	>1,0	Merah

(Sumber : *Sandvik*(2018))



Gambar 9. Perancangan Peta Korosi Unit Pemurnian Defekasi

### 4. KESIMPULAN

Dari pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Material yang memiliki nilai laju korosi tertinggi adalah material *carbon steel A-53 Gr. B* dengan fluida nira mentah memiliki laju korosi 2,9212 *mmpy*, material yang memiliki laju korosi terendah adalah material *tube stainless steel 304* dengan fluida nira jernih memiliki laju korosi sebesar 0,0028 *mmpy*. Semakin tinggi kandungan asam fosfat pada nira maka semakin tinggi laju korosi yang terjadi, dan semakin rendah kadar asam fosfat pada nira maka semakin rendah laju korosi yang terjadi.
2. Peralatan yang bertanda *high severity* dengan simbol warna merah, yaitu material SA-53 Gr. B dengan fluida nira mentah memiliki nilai laju korosi sebesar 2,9212 *mmpy*, dan material SS 400 dengan fluida nira mentah. Material yang termasuk kriteria *medium severity* dengan simbol warna kuning adalah material SS 400 dengan fluida nira jernih, dan material SA-53 Gr. B dengan fluida nira jernih dan material yang bertanda *low severity* adalah material *tube stainless steel 304*. *Equipmnet weighed*

*juice tank* diperlukan perlakuan khusus dikarenakan memiliki laju korosi sebesar 1,9831 *mmpy* dan umur aktual selama 0,759 tahun lagi.

### 5. SARAN

1. Berdasarkan pembuatan peta korosi di atas untuk *equipment* yang masuk kriteria *high severity* yaitu material SS 400 *weighed juice tank* dengan fluida yang mengalir adalah nira mentah diperlukan penanganan khusus dikarenakan memiliki nilai laju korosi yang besar dan umur material yang pendek.
2. Perlu dilakukan perbandingan material dan perhitungan nilai ekonomis untuk pergantian material yang memiliki nilai laju korosi yang besar dan umur pendek.
3. Perlu dilakukan pemetaan korosi pada unit lain dikarenakan terdapat fluida yang memiliki *pH* yang rendah.
4. Diperlukan pembuatan peta korosi menggunakan isometri, agar penentuan potensi korosi pada *equipment* lebih akurat.

### 6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah membantu dalam pembuatan penelitian ini. Pihak yang dimaksud adalah:

1. Kedua orang tua penulis (Bapak Sigid Pribadi dan Ibu Evy Herlina) yang telah memberikan banyak kasih sayang, nasehat hidup, doa, dukungan moril serta materil, dan segalanya bagi penulis.
2. Bapak Moh. Miftachul Munir, ST., MT. sebagai dosen pembimbing I yang telah memberikan banyak bimbingan dan pengarahan selama pengerjaan tugas akhir.
3. Ibu Ir. Endah Wismawati, MT. sebagai dosen pembimbing II yang telah memberikan banyak bimbingan dan pengarahan selama pengerjaan tugas akhir.
4. Pembimbing dari industri gula yang namanya tidak bisa disebutkan satu persatu.
5. Senior Teknik Perpipaan yang namanya tidak bisa disebutkan satu persatu
6. Teman-teman seperjuangan Teknik Perpipaan 2014 yang selalu memberikan semangat dan kebersamaan.

### 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] API 570 (2016). *In Service Inspection, Rating, Repair, and Alteration of Piping System*. Washington DC: American Petroleum Institute.
- [2] API, 579. (2007). *Fitness For Service*. Washington, D.C.: The American Society of Mechanical Engineers.

- [3] API 650. (2013). *Welded Tanks for Oil Storage*. American: API Publishing Service, 1220 L Street, NW, Washington, DC 20005.
- [4] ASME VIII. (2004). *ASME Code For Boiler and Pressure Vessel*. New York: THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS.
- [5] ASME B31.3 (2012). *Piping Process*. USA: The American Society of Mechanical Engineer.
- [6] ASTM G102. (1999). *Calculation of Corrosion Rates and Related Information from Electrochemical Measurements*. United States.
- [7] Megyesy, (2001). *Pressure Vessel Handbook*. Tulsa Oklahoma.
- [8] Sandvik. (2018). *Materials Technology Syrup and Sugar*. Diambil kembali dari [www.materials.sandvik.com:https://www.materials.sandvik.com/en/materials-center/corrosion-tables/syrup-and-sugar/](https://www.materials.sandvik.com/en/materials-center/corrosion-tables/syrup-and-sugar/)