

## PENGARUH CAMPURAN BAHAN BAKAR PERTALITEETHANOL TERHADAP LAJU KOROSI PADA LOGAM (SS-403)

Ahmad Ihza Mahendra

Jurusan Teknik Pesawat Udara, Fakultas Teknik Penerbangan, Politeknik Penerbangan Surabaya

Jl. Jemur Andayani I/73, Surabaya 60236

Email: ahmadihza.mahendra03@gmail.com

### Abstrak

Ethanol adalah salah satu bahan bakar nabati yang banyak digunakan untuk kendaraan sebagai bahan bakar alternatif. Indonesia telah menerapkan kebijakan penggunaan ethanol untuk mengurangi konsumsi bahan bakar fosil, selain itu juga dapat berdampak terhadap pengurangan emisi bahan pencemar (polutant) dan emisi gas rumah kaca, serta bahan pencemar lain. Disisi lain, Ethanol merupakan bahan bakar yang sangat mudah beroksidasi dan dapat menyebabkan korosi.

Melihat fenomena tersebut, diperlukan sebuah penelitian untuk mengkaji efek penggunaan Ethanol kaitannya dengan laju korosi pada sampel yang terbuat dari logam. Tujuan penelitian ini untuk mengkaji efek dari ethanol terhadap laju korosi dan membandingkan perubahan sampel setelah perendaman. Sampel yang terbuat dari bahan logam (SS-403) dipotong menjadi 15 buah dengan ukuran sama besar. Sampel tersebut direndam dalam campuran pertalite-ethanol dengan variabel E-0, E-10, E-30, E-50 dan E-70 selama 20, 40, dan 60 hari. Pada setiap 10 hari sampel dibersihkan dari korosi dan didata pengurangan beratnya. Laju korosi dihitung dengan membandingkan jumlah pengurangan berat terhadap waktu dalam satuan *mili-inch per year* (mpy).

Dari penelitian ini didapatkan hasil yang tidak terlalu signifikan, dimana hanya beberapa sampel saja yang mengalami penurunan berat yaitu sampel dengan variasi E-30 (40 dan 60 hari) mengalami penurunan berat 0,01gr, variasi E-50 (40 dan 60 hari) mengalami penurunan berat 0,01gr, variasi E-70 (40 hari) mengalami penurunan berat 0,01gr, dan variasi E-70 (60 hari) mengalami penurunan berat 0,02gr. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan dengan rumus *mili-inch per year*, didapatkan hasil bahwa menunjukkan laju korosi yang terjadi pada variasi E-30, E-50, dan E-70 dengan waktu 40 hari yaitu 0,0028mpy, variasi E-30 (60 hari) sebesar 0,0019mpy, variasi E-50 (60hari) sebesar 0,0020mpy, dan variasi E-70 (60 hari) sebesar 0,0038mpy.

**Kata Kunci** : Ethanol, Laju Korosi, Logam

### Abstract

*Ethanol is a biofuel that is widely used for vehicles as an alternative fuel. Indonesia has implemented a policy of using ethanol to reduce consumption of fossil fuels, besides that it can also have an impact on reducing pollutant emissions and greenhouse gas emissions, as well as other pollutants. On the other hand, Ethanol is a very easy fuel to oxidize and can cause corrosion.*

*Seeing this phenomenon, a study is needed to examine the effect of using Ethanol in relation to the corrosion rate of samples made of steel. The purpose of this study was to examine the effect of ethanol on the corrosion rate and to compare*

*changes on the sample after immersion. Samples made of steel (SS-403) were cut into 15 pieces of the same size. The samples were immersed in the mixture of pertalite-ethanol with variables E-0, E-10, E-30, E-50 and E-70 for 20, 40, and 60 days. Every 10 days the sample is cleaned from corrosion and record the weight reduction. The corrosion rate is calculated by comparing the amount of weight reduction against time in units of milli-inches per year (mpy).*

*From this study, the results were not too significant, where only a few samples experienced a decrease in weight, namely samples with variations E-30 (40 and 60 days) experienced a weight loss of 0.01gr, variations E-50 (40 and 60 days) experienced weight loss. weight loss was 0.01gr, the E-70 variation (40 days) experienced a weight loss of 0.01gr, and the E-70 variation (60 days) experienced a weight loss of 0.02gr. Based on calculations carried out using the milli-inch per year formula, the results show that the corrosion rate that occurs in variations E-30, E-50, and E-70 with a time of 40 days is 0.0028mpy, variation E-30 (60 days) of 0.0019mpy, variation of E-50 (60 days) of 0.0020mpy, and variation of E-70 (60 days) of 0.0038mpy.*

*Keywords : Ethanol, Corrosion rate, Steel*

## **PENDAHULUAN**

Etanol sudah jadi kebijakan bahan bakar jangka panjang di sebagian negara, termasuk Indonesia. Hal ini bertujuan untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil. Etanol tidak hanya selaku bahan bakar terbarukan, pula mempunyai emisi karbon yang lebih rendah dari bensin pada umumnya. Terdapat banyak berbagai kombinasi bahan bakar etanol universal yang dipakai di berbagai negara. Pemakaian etanol pada mesin dengan pembakaran dalam cuma dapat digunakan apabila mesin itu dimanufaktur ataupun dibuat agar dapat memakai bahan bakar tersebut. Etanol bisa dikombinasikan dengan bahan bakar dalam variasi yang bermacam-macam sehingga bisa dipakai pada mesin umumnya. Mesin dengan penggunaan bahan bakar biasa apabila dimodif sedikit akan bisa memakai bahan bakar yang kombinasi etanolnya lebih besar.

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) telah merilis PerMen ESDM Nomor 12 Tahun 2015 yang di dalamnya mengatakan bahwa penggunaan bioetanol E5 diharuskan pada tahun 2020

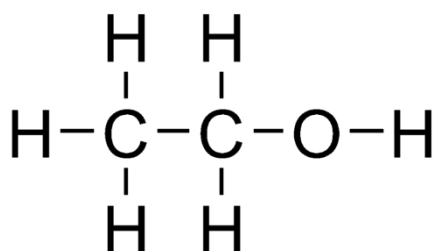
dengan komposisi 5% etanol dan 95% bensin dan akan bertambah ke E20 pada 2025. Pada tahun 2006, produksi etanol nasional mencapai sekitar 200 juta liter. Keperluan etanol Indonesia ditaksirkan mencapai 900 juta liter pada tahun 2007 (Surendro, 2006).

Akibat dari pemakaian Etanol tidak hanya untuk mengurangi pemakaian bahan bakar minyak (BBM), juga untuk menurunkan import minyak yang berdampak kepada penggunaan devisa Negara. Tidak hanya itu, penggunaan etanol bisa berakibat pada penurunan gas buang polutan serta polutan gas rumah kaca, dan bahan pencemar lain. Sisi positif dari pemakaian Etanol merupakan pembentukan lowongan kerja untuk warga lewat program penciptaan tumbuhan yang ialah sumber Etanol (Suarna, 2007).

Kombinasi etanol/bioetanol dan Premium dapat meningkatkan angka oktan Angka oktan 98°etanol/bioetanol adalah 115. Kombinasi 15% bioethanol sepadan dengan Pertamina (RON 92), dan kombinasi 24% bioethanol sepadan menjadi Pertamina plus (RON). 95). Hal ini membuktikan sebenarnya

bioetanol dapat digunakan menjadi aditif substitusi MTBE (methyl tersier butyl ether) untuk menaikkan kemampuan pembakaran dan membentuk emisi yang lebih bersih (Wahid, 2007).

Hasil riset yang dilakukan oleh Pikūnas (2003) mengatakan apabila kombinasi bensin etanol, kemampuan mesin dan penggunaan bahan bakar mesin meningkat sedikit. Gas buang CO (karbon monoksida) berkurang pesat dan gas buang HC (hidrokarbon) hanya berkurang pada keadaan pengoperasian mesin tertentu, tetapi emisi CO<sub>2</sub> akan meningkat sebab pembakarannya lebih bagus. Dalam penelitian ini, didapatkan bahwa ketika kombinasi bensin dan etanol digunakan, gas buang CO (karbon monoksida) bisa diminimalisir hingga 10-30%, sedangkan gas buang CO<sub>2</sub> dapat ditingkatkan sebesar 5-10%, tergantung pada keadaan kendaraan motor.



**Gambar 1. Struktur Kimia Etanol (Wikipedia,2008)**

Disisi lain, Etanol ialah bahan bakar yang sangat gampang beroksidasi, sehingga dengan mudah menciptakan uap serta bitnik-bintik air di wadah penyimpanan bensin, tangki bahan bakar serta pipa penghubung aliran bahan bakar pada kendaraan. Hal tersebut tersebut bisa menimbulkan korosi.

Melihat fenomena tersebut diperlukan sebuah penelitian untuk mengkaji pengaruh penggunaan etanol terhadap laju korosi pada logam.

### **Ethanol**

Etanol termasuk dalam golongan Alkohol biasa disebut etil alkohol, atau alkohol murni. Jenis alkohol yang umum dipakai ialah CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH atau metil alkohol (metanol), C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH atau etil alkohol (etanol), dan C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>OH atau isopropil alkohol atau propanol-2. Pada dunia bisnis, etanol biasa dikatakan sebagai alkohol, etil alkohol dan metil karbinol dengan rumus kimia C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH (Rama, 2008).

Terdapat 2 macam etanol menurut Rama (2008), yaitu Etanol sintetis, dapat dikatakan metanol, metil alkohol atau alkohol kayu, tercipta dari etilena, salah satu turunan minyak bumi atau batubara. Senyawa ini bisa didapatkan dari proses sintesis kimia atau bisa dikatakan hidrasi. Selanjutnya ada bioetanol yang dibuat dari biomassa (tanaman) melewati metode biologis (enzim dan fermentasi).

### **Laju Korosi**

Laju korosi adalah laju rambat atau laju penurunan kualitas material dari waktu ke waktu. Saat menghitung laju korosi, satuan yang umum digunakan adalah *mili-inch/year* (Fontana, Mars. G, 1986).

Formula *mils per year* adalah cara yang paling banyak digunakan untuk menyatakan laju korosi. Formula ini menghitung penurunan berat spesimen logam selama uji korosi dengan rumus yang diberikan di bawah ini:

$$mpy = \frac{534W}{DAT}$$

Keterangan :

W = Pengurangan berat (mg)

D = Densitas spesimen (g/cm<sup>3</sup>)

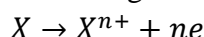
A = Luas area permukaan (cm<sup>2</sup>)

T = Waktu (jam)

Perhitungan laju korosi ini melibatkan bilangan bulat, karena mudah ditangani.

### Reaksi Elektrokimia

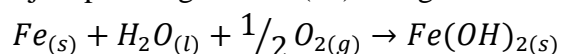
Korosi dalam reaksi elektrokimia menggunakan perpindahan-perpindahan elektron yang merupakan hasil dari reaksi redoks (reduksi-oksidasi). Proses korosi dalam tahapan reaksi elektrokimia melibatkan reaksi anodik yang ditandai dengan bertambahnya valensi atau produksi elektron-elektron. Reaksi yang terjadi pada logam dapat dilihat sebagai berikut :



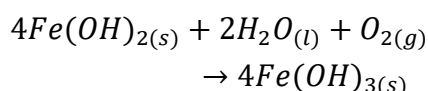
Pada korosi yang terjadi pada logam X adalah reaksi oksidasi logam menjadi n ion dalam pelepasan n elektron. Nilai dari n tergantung pada sifat dari logam yang digunakan.

Selama proses korosi berlangsung terjadi pula reaksi katodik yang ditandai dengan menurunnya nilai valensi atau konsumsi elektron-elektron yang dihasilkan oleh reaksi anodik.

Menurut Haryono (2010) proses korosi yang terjadi pada logam besi (Fe) sebagai berikut :



Fero Hidroksida ( $Fe(OH)_2$ ) adalah hasil sementara yang bisa teroksidasi secara alami oleh air dan udara menjadi feri hidroksida ( $Fe(OH)_3$ ) dengan proses reaksi sebagai berikut :



Feri Hidroksida yang terbentuk akan berubah menjadi  $Fe_2O_3$  yang berwarna merah kecoklatan yang biasanya disebut sebagai karat atau korosi.

## METODE

### Alat dan Bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini bisa dilihat pada tabel dibawah.

**Tabel 1. Alat dan Bahan**

No	Nama	Fungsi
1	Timbangan Digital	Menimbang berat sampel
2	Cleanser WD-40	Membersihkan korosi pada sampel
3	Botol Kaca	Wadah perendaman sampel
4	Logam SS-403	Sebagai bahan yang akan diuji
5	Ethanol	Sebagai media penelitian
6	Pertalite	Sebagai media penelitian

### Pembuatan Sampel

Logam yang digunakan sebagai sampel, kemudian akan dipotong dengan ukuran 2x2 inci yang sama sebanyak 15 buah.

### Pencampuran Pertalite dan Etanol

Pencampuran ethanol dengan pertalite akan menggunakan gelas ukur agar didapatkan perbandingan campuran yang akurat dengan variable campuran E-0, E-10, E-30, E-50 dan E-70.



**Gambar 2. Pencampuran Pertalite-Etanol**

Dengan komposisi sebagai berikut :

- 1) E-0 > Pertalite 100mL : Ethanol 0%
- 2) E-10 > Pertalite 100mL : Ethanol 10%
- 3) E-30 > Pertalite 100mL : Ethanol 30%
- 4) E-50 > Pertalite 100mL : Ethanol 50%
- 5) E-70 > Pertalite 100mL : Ethanol 70%

$$mpy = \frac{534W}{DAT}$$

### Perendaman Sampel

Perendaman akan dilakukan dalam variabel waktu 20, 40, dan 60 hari. Sampel akan direndam pada campuran pertalite-ethanol didalam wadah botol kaca.



Gambar 3. Perendaman Sampel

### Pembersihan Sampel

Pembersihan sampel dilakukan setelah perendaman menggunakan cairan cleanser WD-40. Gunanya untuk membersihkan korosi pada sampel.

### Penimbangan Berat Sampel

Pengukuran massa dilakukan dengan cara sebelum sampel melakukan perendaman dan setelah sampel melakukan perendaman, sampel akan dibersihkan dan ditimbang



menggunakan timbangan digital yang kemudian dicatat beratnya.

### Analisa Data

Analisa data menggunakan perhitungan *mils per year* (mpy) dengan formula sebagai berikut :

### Gambar 4. Penimbangan Berat Sampel

### Gambar 5. Grafik Pengurangan Berat

Keterangan :

W = Pengurangan berat (mg)

D = Densitas specimen (g/cm<sup>3</sup>)

A = Luas area permukaan (sq.in)

T = Waktu (jam)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Penghitungan Berat

Hasil penelitian laju korosi material *Stainless Steel 403* pada larutan campuran *pertalite-ethanol* dengan variasi kadar ethanol E-0, E-10, E-30, E-50, dan E-70 yang direndam selama variasi waktu 20, 40, dan 60 hari, dilakukan dengan mengambil data pada spesimen untuk mengetahui perubahan berat yang terjadi selama melakukan proses perendaman. Hasil penelitian diambil menggunakan timbangan digital dengan akurasi 0,01 dalam satuan gram. Hasil data yang diambil dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 2. Data Hasil Pengukuran Berat

	20 Hari		40 Hari		60 Hari	
	W <sub>0</sub>	W <sub>t</sub>	W <sub>0</sub>	W <sub>t</sub>	W <sub>0</sub>	W <sub>t</sub>
E-0	2.99 gr	2.99 gr	2.99 gr	2.99 gr	3.03 gr	3.03 gr
E-10	2.99 gr	2.99 gr	2.99 gr	2.99 gr	2.90 gr	2.90 gr
E-30	2.98 gr	2.98 gr	3.05 gr	3.04 gr	3.02 gr	3.01 gr
E-50	3.01 gr	3.01 gr	3.03 gr	3.02 gr	2.91 gr	2.90 gr
E-70	2.95 gr	2.95 gr	3.03 gr	3.02 gr	2.99 gr	2.97 gr

Keterangan :

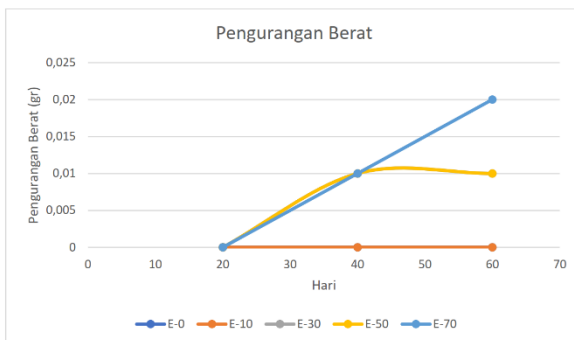
W<sub>0</sub> : Berat awal sampel sebelum perendaman

W<sub>t</sub> : Berat sampel sesudah perendaman

Pada tabel diatas diperlihatkan berat sampel sebelum dan sesudah perendaman, diketahui dari tabel tersebut tidak terjadi perubahan berat yang signifikan. Perubahan berat hanya terjadi pada sampel dengan variasi E-30 selama 40 hari dan 60 hari, sampel dengan variasi E-50 selama 40 hari dan 60 hari, dan sampel dengan variasi E-70 selama 20 hari, 40 hari, dan 60 hari. Dapat dilihat selisih penurunan berat yang terjadi pada grafik dibawah ini.

### Penghitungan Laju Korosi

Penghitungan laju korosi dilakukan dengan



menggunakan formula *mils per year*, dengan formula seperti di bawah :

$$CR/mpy = \frac{KxW}{DxAxT}$$

Keterangan :

- CR : Corrosion Rate (Laju Korosi)  
 W : Weight Loss (gr)  
 K : Konstanta = 534  
 D : Densitas Spesimen (g/cm<sup>3</sup>)  
 A : Luas Permukaan yang terendam (cm<sup>2</sup>)  
 T : Waktu (jam)

(1) Pada tabel 4.1 diketahui sampel dengan variasi E-0, E-10 dengan waktu 20,40, dan 60 hari, sampel dengan variasi E-30 dengan waktu 20 hari, sampel dengan variasi E-50 waktu 20 hari, dan sampel dengan variasi E-70 waktu 20 hari tidak mengalami perubahan berat, yang menandakan bahwa penggunaan variasi

kadar ethanol pada sampel tersebut tidak berpengaruh terhadap laju korosi.

(2) Sampel E-30 waktu 40 hari, maka laju korosinya adalah sebagai berikut :

Diketahui :

W : 0.1 gr

K : 534

D :  $3.05 \times 0.4 = 1.22$  g/cm<sup>3</sup>

A :  $2(2 \times 2) + 4(1 \times 2) = 16$  cm<sup>2</sup>

T : 960 jam

$$CR = \frac{534 \times 0.1}{1.22 \times 16 \times 960} = 0.0028mpy$$

(3) Sampel E-30 waktu 60 hari, maka laju korosinya adalah sebagai berikut :

Diketahui :

W : 0.1 gr

K : 534

D :  $3.02 \times 0.4 = 1.2$  g/cm<sup>3</sup>

A :  $2(2 \times 2) + 4(1 \times 2) = 16$  cm<sup>2</sup>

T : 1440 jam

$$CR = \frac{534 \times 0.1}{1.2 \times 16 \times 1440} = 0.0019mpy$$

(4) Sampel E-50 waktu 40 hari, maka laju korosinya adalah sebagai berikut :

Diketahui :

W : 0.1 gr

K : 534

D :  $3.03 \times 0.4 = 1.21$  g/cm<sup>3</sup>

A :  $2(2 \times 2) + 4(1 \times 2) = 16$  cm<sup>2</sup>

T : 960 jam

$$CR = \frac{534 \times 0.1}{1.21 \times 16 \times 960} = 0.0028mpy$$

(5) Sampel E-50 waktu 60 hari, maka laju korosinya adalah sebagai berikut :

Diketahui :

W : 0.1 gr  
 K : 534  
 D :  $2.91 \times 0.4 = 1.16$   
 $\text{g/cm}^3$   
 A :  $2(2 \times 2) + 4(1 \times 2) = 16$   
 $\text{cm}^2$   
 T : 1440 jam  

$$CR = \frac{534 \times 0.1}{1.16 \times 16 \times 1440}$$

$$= 0.0020\text{mpy}$$

(6) Sampel E-70 waktu 40 hari, maka laju korosinya adalah sebagai berikut :

Diketahui :

W : 0.1 gr  
 K : 534  
 D :  $3.03 \times 0.4 = 1.21$   
 $\text{g/cm}^3$   
 A :  $2(2 \times 2) + 4(1 \times 2) = 16$   
 $\text{cm}^2$   
 T : 960 jam  

$$CR = \frac{534 \times 0.1}{1.21 \times 16 \times 960}$$

$$= 0.0028\text{mpy}$$

(7) Sampel E-70 waktu 60 hari, maka laju korosinya adalah sebagai berikut :

Diketahui :

W : 0.2 gr  
 K : 534  
 D :  $2.99 \times 0.4 = 1.19$   
 $\text{g/cm}^3$   
 A :  $2(2 \times 2) + 4(1 \times 2) = 16$   
 $\text{cm}^2$   
 T : 1440 jam  

$$CR = \frac{534 \times 0.2}{1.19 \times 16 \times 1440}$$

$$= 0.0038\text{mpy}$$

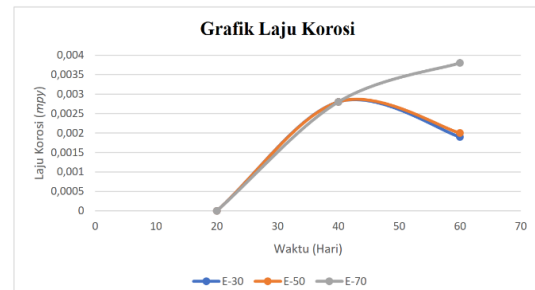
Berikut ini adalah tabel dari hasil perhitungan laju korosi pada masing masing sampel. Untuk melihat perbandingan laju korosi masing masing sampel maka disajikan grafik sebagai berikut :

### Bentuk Korosi

Dari korosi yang terjadi pada sampel

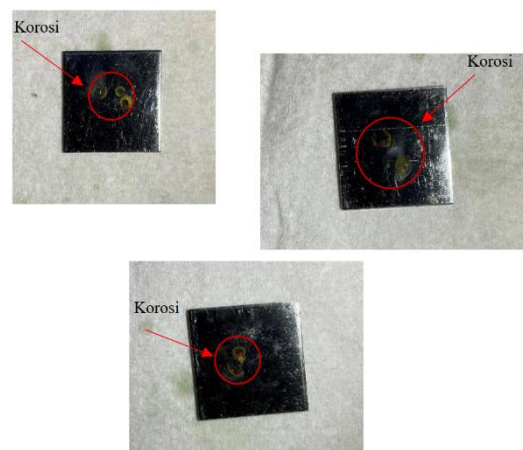
	20 Hari	40 Hari	60 Hari
E-0	-	-	-
E-10	-	-	-
E-30	-	0.0028mpy	0.0019mpy
E-50	-	0.0028mpy	0.0020mpy
E-70	-	0.0028mpy	0.0038mpy

**Tabel 3. Data Hasil Perhitungan Laju Stainless Steel 403 dan berdasarkan**



**Gambar 6. Grafik Laju Korosi**

penjelasan dari buku Fontana yang berjudul “Corrosion Engineer” dapat dikatakan bahwa jenis korosi yang terjadi pada sampel adalah *uniform attack* dan *pitting corrosion*, karena korosi yang terjadi dikarenakan adanya reaksi kimia dari ethanol yaitu oksidasi dan bentuk korosi yang menghasilkan lubang berdiameter kecil pada sampel, korosi yang terjadi pada sampel dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 7. Contoh Korosi dari Beberapa**

### Proses Reaksi Korosi pada Sampel

Korosi yang terjadi pada sampel diakibatkan oleh reaksi yang terjadi ketika logam

direndam didalam larutan etanol maka sebagian atom pada logam akan larut dan melepas sebagian jumlah elektronnya sehingga logam mengalami oksidasi, reaksi ini dinamakan dengan reaksi anodik. Reaksi anodik dalam setiap reaksi korosi merupakan reaksi oksidasi suatu logam menjadi ionnya yang ditandai dengan kenaikan valensi atau pelepasan elektron (Fontana, Mars. G, 1986).

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian dan perhitungan yang dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa :

1. Terjadi perubahan pada sampel setelah perendaman berupa pengurangan berat dan korosi yang dikarenakan reaksi oksidasi yang diakibatkan oleh adanya kadar ethanol dalam larutan pertalite yang memberikan kerusakan berupa korosi pada sampel *Stainless Steel 403*.
2. Variasi kadar ethanol yang tercampur pada larutan pertalite-ethanol mempengaruhi laju korosi pada sampel *Stainless Steel 403*.
3. Jenis korosi yang terjadi adalah *uniform attack* dan *pitting corrosion*, karena reaksi kimia yaitu oksidasi dan bentuk dari korosi yang terjadi pada sampel *Stainless Steel 403*.

### Saran

Berdasarkan penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, maka penulis memberikan saran sebagai berikut :

1. Melakukan *treatment* yang dapat meningkatkan ketahanan terhadap korosi karena dapat meminimalisir kerusakan yang terjadi, sehingga meningkatkan lama penggunaan logam tersebut.
2. Diperlukan pengujian lebih lanjut dengan variasi kadar ethanol yang berbeda ataupun waktu perendaman yang lebih

lama, dan penggunaan sampel material yang berbeda agar korosi yang terjadi dapat terlihat jelas.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Surendro H., 2006. *Biofuel*. DJLPE, Jakarta.
- [2] Suarna, E. (2007). *Prospek dan Tantangan Pemanfaatan Biofuel Sebagai Sumber Energi Alternatif Pengganti Minyak di Indonesia*. Prospek Pengembangan Bio-fuel sebagai Substitusi Bahan Bakar Minyak.
- [3] Wahid, L. O. (2007). *Pemanfaatan Bio-Ethanol Sebagai Bahan Bakar Kendaraan Berbahan Bakar Premium*. Prospek Pengembangan Bio-fuel sebagai Substitusi Bahan Bakar Minyak , 63-73.
- [4] Pikūnas, A. (2003). *Influence Of Composition Of Gasoline – Ethanol Blends On Parameters Of Internal Combustion Engines*. Journal of KONES Internal Combustion Engines , Vol. 10 (3-4).
- [5] Rama Prihandana. 2008. *Bioetanol Ubi Kayu Bahan Bakar Masa Depan*. Penerbit Agro Media. Jakarta.
- [6] Fontana, Mars G. (1986). *Corrosion Engineer*. McGraw Hill Book Company. Singapore.
- [7] Haryono, G., Sugiarto, B., dkk, 2010, *Ekstrak Bahan Alam sebagai Inhibitor Korosi*, Jurusan Teknik Kimia FTI UPN Veteran, Yogyakarta.