

## Pengaruh Konsentrasi Larutan Asam Klorida Tanpa dan dengan Inhibitor Kalium Kromat 0,2% Terhadap Laju Korosi Baja Api 5l Grade B Psl1

Elda Sefti Killeinda, Ediman Ginting Suka, Suprihatin

*Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung  
Jl. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung  
Email: elda.sefti@gmail.com, ediman.gintingsuka@fmipa.unila.ac.id,  
suprihatin@unila.co.id*

Diterima (19 Agustus 2014), direvisi ( 29 September 2014)

**Abstract.** The research has been conducted on effect of the concentration of hydrochloric acid solution without and with potassium chromate inhibitors 0,2% against the corrosion rate of steel API 5L Grade B PSL1. Retrieval of data include the chemical composition test, analysis of corrosion rate, analysis of the XRD (X-Ray Diffraction), analysis of SEM (Scanning Electron Microscopy) and EDS (Energy Dispersive Spectroscopy). The test results show the chemical composition of the steel API 5L Grade B PSL1 is a low alloy steel (alloying element <8%). Corrosion rate of the samples immersed in HCl solution with inhibitors  $K_2CrO_4$  lower and slower than those soaked in chloride HCl without inhibitor  $K_2CrO_4$ . XRD identification results on samples matched with PCPDWIN program indicate the phase of iron (Fe), cementite ( $Fe_3C$ ) and phase lawrencite ( $FeCl_2$ ), while the identification of corrosion product by EDS sample API/20(-) shows the  $SiO_2$ ,  $P_2O_5$ ,  $Cr_2O_3$ , MnO, and FeO. The sample API/30(-) is  $SiO_2$ , CaO,  $Cr_2O_3$ , and FeO. The test results by SEM showed that the sample experienced uniform corrosion.

**Keywords.** Corrosion, API 5L steel Grade B PSL1, HCl,  $K_2CrO_4$ , Inhibitors, XRD, SEM-EDS.

**Abstrak.** Telah dilakukan penelitian mengenai pengaruh konsentrasi larutan asam klorida tanpa dan dengan inhibitor kalium kromat 0,2% terhadap laju korosi baja API 5L Grade B PSL1. Pengambilan data meliputi uji komposisi kimia, analisis laju korosi, analisis XRD (X-Ray Diffraction), analisis SEM (Scanning Electron Microscopy) dan EDS (Energy Dispersive Spectroscopy). Hasil uji komposisi kimia menunjukkan baja API 5L Grade B PSL1 merupakan baja paduan rendah (unsur paduan <8%). Laju korosi sampel yang direndam dalam larutan HCl dengan inhibitor  $K_2CrO_4$  lebih rendah dan lebih lambat daripada yang direndam dalam HCl tanpa inhibitor. Hasil identifikasi XRD pada sampel yang dicocokkan dengan program PCPDWIN menunjukkan adanya fasa besi (Fe), *cementite* ( $Fe_3C$ ) dan fasa *lawrencite* ( $FeCl_2$ ), sedangkan identifikasi produk korosi dengan EDS sampel API/20(-) menunjukkan adanya  $SiO_2$ ,  $P_2O_5$ ,  $Cr_2O_3$ , MnO, dan FeO. Pada sampel API/30(-) adalah  $SiO_2$ , CaO,  $Cr_2O_3$ , FeO. Hasil pengujian dengan SEM menunjukkan bahwa pada sampel mengalami korosi merata

**Kata kunci.** Korosi, baja API 5L Grade B PSL1, HCl,  $K_2CrO_4$ , Inhibitor, XRD, SEM-EDS.

### PENDAHULUAN

Baja adalah logam yang keras dan merupakan logam paduan yang terdiri dari

besi dan karbon dengan sedikit adanya unsur lain seperti mangan, silika, krom, malidbat dan nikel. Paduan-paduan tertentu yang terdapat pada baja bertujuan untuk

mendapatkan sifat-sifat yang diinginkan (Suharto, 1995).

Salah satu jenis baja yang sering digunakan di industri besar terutama industri minyak dan gas alam adalah baja paduan rendah yaitu API 5L Grade B PSL1 (standar *American Petroleum Institute*). Baja digunakan sebagai bahan industri karena baja mempunyai sifat fisis dan mekanis yang bervariasi (Purboputro, 2009). Kelebihan lain dari baja yaitu relatif kuat, keras, mengkilap, mudah dibersihkan, dan tahan terhadap kondisi dingin maupun panas (Jones, 1996). Walaupun baja memiliki beberapa kelebihan, namun kandungan asam-asam mineral dengan kereaktifan yang cukup tinggi dapat menyebabkan terjadinya korosi (Scendo, 2007).

Korosi merupakan degradasi atau penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia suatu logam dengan lingkungannya, dan dapat pula diartikan sebagai kerusakan atau keausan dari material akibat terjadinya reaksi dengan lingkungannya (Threthwey, 1991; Supomo, 2003). Korosi dianggap merugikan terutama dalam dunia industri besar yang menggunakan alat-alat berat, karena korosi menyebabkan meningkatkan biaya perawatan dan perbaikan atau penggantian alat. Korosi dapat dicegah dan dikendalikan dengan beberapa cara yaitu dengan cara proteksi katodik, pelapisan (*coating*) yang dapat mengurangi kontak logam dengan lingkungannya, dan yang paling efektif adalah dengan penambahan inhibitor korosi (Rosenfel'd, 1981).

Inhibitor adalah suatu zat kimia yang ditambahkan dengan jumlah yang sedikit ke dalam lingkungan korosif dan dapat menurunkan atau mencegah laju korosi pada suatu logam dengan cara peningkatan atau penurunan pada reaksi anodik dan katodik. Selain itu beberapa inhibitor korosi menghambat laju korosi untuk membentuk suatu lapisan tipis tak terlihat yang terbentuk dari beberapa molekul dan akan

melindungi logam dari serangan korosi (Surya, 2004; Raja *et al*, 2007).

Contoh inhibitor diantaranya adalah asam nitrat, natrium hidrogen fosfat, natrium nitrit, hidrasin, amina organik dan lain sebagainya. Tetapi, masing-masing inhibitor akan efektif digunakan pada kondisi tertentu bahkan menjadi tidak efektif pada lingkungan yang lain. Contohnya natrium kromat efektif untuk mencegah atau menurunkan laju korosi dalam lingkungan natrium klorida dan menjadi tidak efektif bila digunakan pada lingkungan selain natrium klorida (Roberge, 1999).

Dalam penelitian dilakukan pengaruh konsentrasi larutan asam klorida tanpa dan dengan inhibitor kalium kromat 0,2% terhadap baja karbon rendah API 5L Grade B PSL1. Karakterisasi yang dilakukan meliputi uji komposisi kimia, analisis laju korosi, dan struktur mikro.

## METODE PENELITIAN

Preparasi sampel dilakukan dengan pemotongan baja API 5L Grade B PSL1 menggunakan gergaji mesin khusus pemotong baja dengan ukuran panjang 50 mm, lebar 25 mm, dan tinggi 8mm. Kemudian sampel dirapikan menggunakan mesin gerinda, lalu dihaluskan menggunakan mesin *milling* dan dirapikan kembali menggunakan mesin *cutting*. Selanjutnya sampel dipotong dan ditipiskan lagi menggunakan EDM (*Electrical Discharge Machine*) dengan ukuran panjang 26,5 mm, lebar 24,5 mm, dan tinggi 2mm. Kemudian sampel dilubangi dengan mesin bor setelah itu dibersihkan dengan cara diamplas dengan mesin poles *Struers Labopol-25*.

Sampel ditimbang menggunakan neraca sartorius digital untuk memperoleh data massa awal sampel. Setelah itu sampel direndam dengan larutan asam klorida (HCl) 150 ml dengan konsentrasi 20%, 25% dan 30% tanpa dan dengan inhibitor

kalium kromat (K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>) 0,2% selama 95 jam. Adapun cara membuat larutan HCl 150 ml konsentrasi 20%, 25%, dan 30% dilakukan dengan cara mengencerkan HCl yang memiliki konsentrasi 33% dengan menambahkan aquades sebanyak 90,1 ml; 113,6ml; dan 136,4ml. Sampel yang telah terkorosi karena perendaman dengan larutan HCl tanpa dan dengan inhibitor K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> 0,2%. selanjutnya dibiarkan hingga kering. Kemudian sampel ditimbang lagi untuk mengetahui massa akhir sampel setelah terkorosi.

Pengujian yang dilakukan adalah perhitungan laju korosi dan efisiensi inhibitor. Perhitungan laju korosi dilakukan dengan metode pengurangan massa sampel tiap satuan luas tiap satuan waktu menggunakan **Persamaan (1)** dan konstanta laju korosi dapat dilihat pada **Tabel 1**.

$$CR = \frac{KW}{AT\rho} \tag{1}$$

Dengan :

- CR = Laju korosi (mm/tahun)
- K = Konstanta laju korosi
- W = Selisih massa (g)
- T = Waktu perendaman (jam)
- A = Luas permukaan (cm<sup>2</sup>)
- ρ = Massa jenis (g/cm<sup>3</sup>)

Sedangkan untuk menghitung efisiensi penggunaan inhibitor dihitung menggunakan **Persamaan (2)**.

$$\eta(\%) = 100 \frac{(CR_{uninhibited} - CR_{inhibited})}{CR_{uninhibited}} \tag{2}$$

Dengan:

η = Efisiensi inhibitor (%)

**Tabel 1.** Konstanta laju korosi

No	Laju Korosi	K
1.	Mils per year (mp/y)	3,45 × 10 <sup>6</sup>
2.	Inches per year (ip/y)	3,45 × 10 <sup>3</sup>
3.	Millimeters per year (mm/y)	8,76 × 10 <sup>4</sup>
4.	Micrometers per year (μm/y)	8,76 × 10 <sup>7</sup>
5.	Miligrams per square decimeter per day (mmd)	2,40 × 10 <sup>6</sup> × D

CR<sub>uninhibited</sub> = Laju korosi tanpa inhibitor (mm/tahun)

CR<sub>inhibited</sub> = Laju korosi dengan inhibitor (mm/tahun) (Roberge, 1999).

Uji komposisi kimia untuk mengetahui komposisi kimia pada sampel Uji komposisi dilakukan menggunakan alat OES (*Optical Emission Spectrometer*) pada sampel yang tidak diberi perlakuan atau *raw material*. Pengujian XRD (*X-Ray Diffraction*) pada sampel yang telah terkorosi karena perendaman dengan larutan HCl dilakukan untuk mengetahui fasa yang terbentuk pada sampel yang terkorosi. Uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) dilakukan untuk mengetahui struktur mikro dan untuk melihat unsur-unsur dari produk korosi pada sampel yang telah terkorosi karena direndam dengan larutan HCl.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Uji Komposisi Kimia

Hasil uji komposisi kimia ini dapat digunakan untuk menentukan jenis baja yang digunakan. Adapun hasil pengujian komposisi kimia baja API 5L Grade B PSL1 dapat dilihat pada **Tabel 2**.

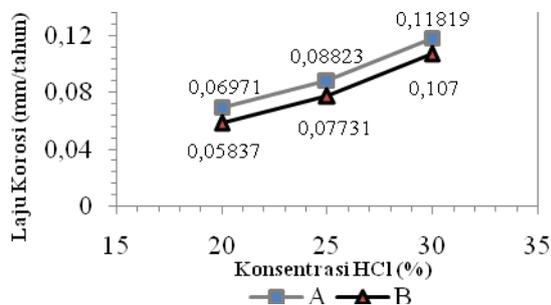
**Tabel 2.** Komposisi kimia API 5L Grade B PSL1 (*raw material*)

Unsur	%Komposisi	Unsur	%Komposisi
C	0,13038	Cu	0,01830
Si	0,23421	W	0,00553
S	0,01104	Ti	0,01342
P	0,01584	Al	0,03464
Mn	0,77768	B	0,00025
Ni	0,01600	Nb	0,00133
Cr	0,01696	N	0,03148
Mo	0,00461	Ca	0,00023
V	0,00313	Fe	98,6850

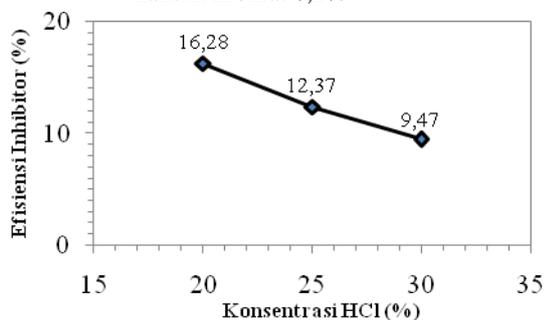
Baja yang digunakan pada penelitian ini termasuk baja paduan rendah karena kandungan unsur paduan kurang dari 8%.

### Hasil Uji Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor

Laju korosi adalah kecepatan penurunan kualitas bahan terhadap waktu. Karakterisasi laju korosi dilakukan dengan metode pengurangan massa tiap satuan luas tiap satuan waktu pada sampel sebelum dan setelah direndam dalam larutan HCl tanpa dan dengan Inhibitor  $K_2CrO_4$  0,2% selama 95 jam. Grafik hubungan konsentrasi HCl dan laju korosi baja API 5L Grade B PSL1 tanpa dan dengan inhibitor ( $K_2CrO_4$ ) 0,2% ditunjukkan pada **Gambar 1** dan Grafik hubungan konsentrasi HCl dan efisiensi inhibitor ditunjukkan pada **Gambar 2**.



**Gambar 1.** Laju korosi baja API 5L Grade B PSL1 dalam Lingkungan HCl (A) tanpa inhibitor dan (B) dengan inhibitor kalium kromat 0,2%



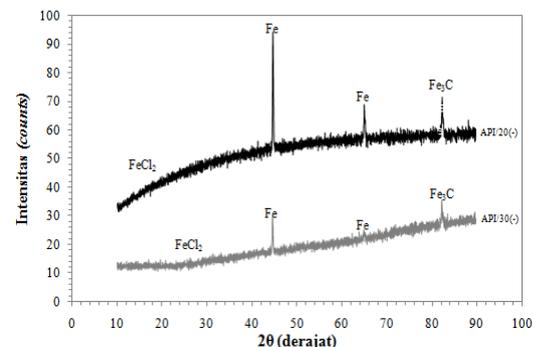
**Gambar 2.** Efisiensi inhibitor kalium kromat 0,2% dalam lingkungan HCl

**Gambar 1** menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi HCl maka semakin tinggi laju korosi pada sampel dan semakin rendah efisiensi dari penggunaan inhibitor korosi. Hal ini disebabkan oleh ion  $Cl^-$  yang bersifat agresif dengan bertambahnya konsentrasi HCl yang digunakan (Hidayat, 2009). Laju korosi sampel logam dalam lingkungan HCl dengan penambahan inhibitor kalium kromat lebih kecil bila dibandingkan dengan laju korosi sampel dalam lingkungan HCl tanpa inhibitor kalium kromat 0,2%. Inhibitor jenis kalium kromat mampu mengurangi laju korosi logam dalam lingkungan HCl (Mohammad, 2012).

**Gambar 2** menunjukkan semakin tinggi konsentrasi HCl yang digunakan maka semakin rendah efisiensi inhibitor atau keefektifan kalium kromat dalam mengurangi laju korosi semakin rendah.

### Hasil Uji Difraksi Sinar-X (XRD)

Hasil uji XRD dapat dilihat pada **Gambar 3**. Pengujian XRD dilakukan terhadap sampel tanpa dipengaruhi inhibitor kalium kromat yaitu sampel API/20(-) yang berada dalam lingkungan HCl 20% dan sampel API/30(+) yang berada pada lingkungan HCl 30%.



**Gambar 3.** Hasil analisis difraksi sinar-X

Pada **Gambar 3** Semakin tinggi konsentrasi HCl yang digunakan maka intensitas yang terdeteksi pada XRD akan semakin rendah dan semakin rendah konsentrasi HCl yang digunakan maka intensitas akan semakin tinggi. Intensitas memiliki makna yaitu pada saat sampel belum terkorosi maka tidak ada produk korosi yang menutupi permukaan sampel sehingga intensitasnya tinggi. Pada saat konsentrasi yang digunakan semakin tinggi maka permukaan sampel akan semakin banyak ditutupi oleh produk korosi sehingga intensitas yang terdeteksi pada XRD akan semakin rendah.

fasa yang nampak menunjukkan terbentuknya fasa besi (Fe), *cementite* ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) dan fasa *lawrencite* ( $\text{FeCl}_2$ ). *Lawrencite* ( $\text{FeCl}_2$ ) merupakan fasa utama yang terbentuk akibat adanya interaksi ion Fe dengan ion  $\text{Cl}^-$  hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Khaled dan Hamdy (2012) yang menemukan adanya fasa  $\text{FeCl}_2$  pada baja yang terkorosi di lingkungan asam klorida. Fasa  $\text{Fe}_3\text{C}$  terbentuk akibat terlarutnya ion Fe yang berinteraksi dengan karbon (C) yang merupakan produk campuran dari sampel itu sendiri (Sembiring, 2004). Produk korosi yang dihasilkan pada sampel yang telah terkorosi tidak dapat dilihat dengan analisis XRD. Namun, produk korosi ini dapat dilihat dengan dilakukannya uji SEM dan EDS.

#### Hasil Uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS)

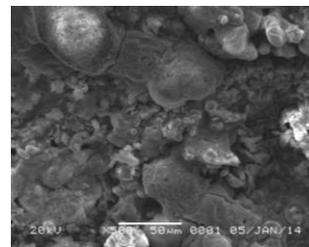
Pengujian SEM dilakukan pada sampel yang direndam tanpa menggunakan inhibitor kalium kromat. Pada **Gambar 4** menunjukkan foto SEM dengan perbesaran 500x terhadap tiga sampel yang telah terkorosi karena perendaman menggunakan

larutan HCl dengan konsentrasi 20%, 25%, dan 30%.

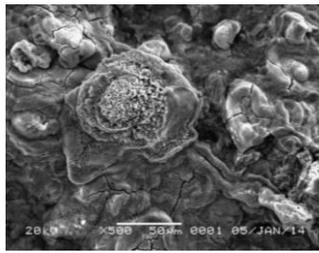
**Gambar 4** (a) sampel dengan konsentrasi HCl 20% permukaannya sudah tidak merata dan terdiri dari gumpalan (*cluster*) yang berwarna lebih cerah dan butiran-butiran kecil tetapi sampel ini baru sedikit mengalami keretakan atau *crack* yang belum terlalu jelas. Produk-produk korosi masih berada pada bagian sisi-sisi sampel yang dapat dilihat dari gumpalan-gumpalan putih yang belum berada pada bagian tengah sampel.

**Gambar 4** (b) telah mengalami banyak keretakan atau *crack* yang telah terlihat dengan jelas. Produk-produk korosi yang menempel telah menyebar pada hampir semua sisi-sisi terutama pada bagian tengah sampel. Hal ini dapat dilihat pada gumpalan-gumpalan yang berwarna putih sudah terlihat semakin banyak dan menyebar pada semua sisi sampel terutama terdapat pada bagian tengah sampel.

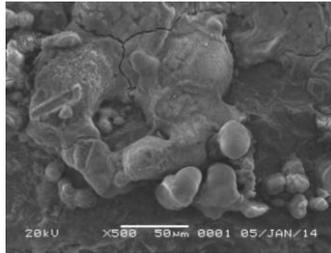
**Gambar 4** (c) struktur mikro sudah semakin kasar dan tidak merata lagi bila dibandingkan dengan **Gambar 4** (a) dan (b) Gumpalan-gumpalan lebih cerah yang mengindikasikan produk-produk korosi yang menempel pada sampel sudah semakin besar dan melebar dan hampir menutupi permukaan sampel. Keretakan sampel atau *crack* juga telah semakin jelas dan melebar.



(a)



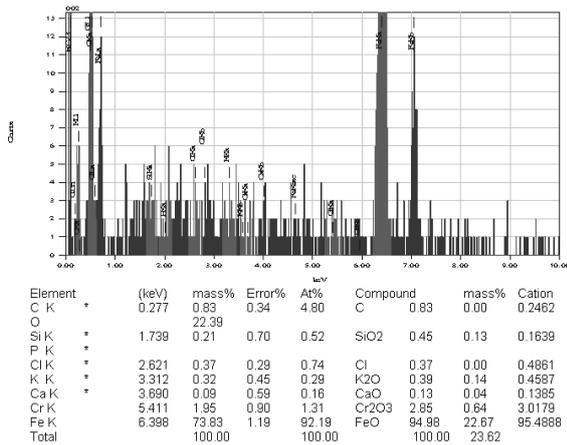
(b)



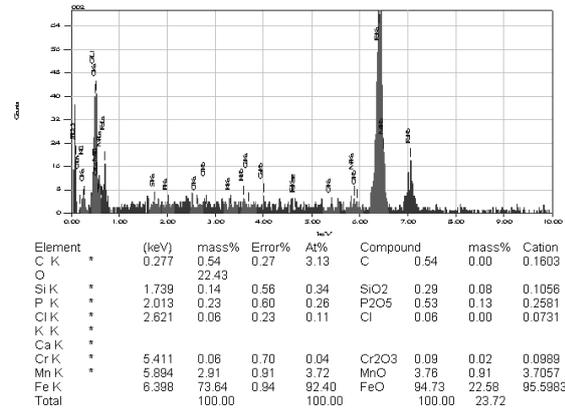
(c)

**Gambar 4.** Hasil foto SEM dengan perbesaran 500x (a). Sampel API/20(-), (b). Sampel API/25(-), dan (c). Sampel API/30(-).

Jenis korosi yang terjadi bila dilihat dari **Gambar 4** merupakan korosi merata (*uniform corrosion*) karena sampel mengalami korosi yang menyeluruh. Hasil uji *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) untuk sampel API/20(-) dan API/30(-) disajikan dalam **Gambar 5** dan **Gambar 6**.



**Gambar 5.** Hasil analisis EDS sampel API/20(-)



**Gambar 6.** Hasil analisis EDS sampel API/20(-)

Dari **Gambar 5** dan **Gambar 6** terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi HCl yang digunakan maka semakin rendah intensitasnya. Hal ini sesuai dengan hasil analisis menggunakan XRD, ketika konsentrasi HCl tinggi intensitas diperoleh rendah dan pada saat konsentrasi yang digunakan rendah maka intensitas produk korosi yang diperoleh tinggi. Produk-produk korosi yang terdeteksi dari hasil EDS untuk sampel API/20(-) dan API/30(-) disajikan pada **Tabel 3**.

Dari **Tabel 3** diketahui bahwa produk-produk korosi yang dihasilkan dari sampel yang direndam dengan larutan HCl 20% diantaranya adalah SiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, dan FeO. Sedangkan pada perendaman dengan larutan HCl 30% adanya produk SiO<sub>2</sub>, CaO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan FeO. Produk-produk tersebut diperoleh dari unsur-unsur penyusun sampel yang berikatan dengan lingkungan sekitarnya.

**Tabel 3.** Produk korosi yang terdeteksi dengan EDS

Sampel API/20(-)		Sampel API/30(-)	
Produk korosi	massa (%)	Produk korosi	massa (%)
SiO <sub>2</sub>	0,29	SiO <sub>2</sub>	0,45
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,53	CaO	0,13
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,09	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,85
MnO	3,76	-	-
FeO	94,73	FeO	94,98

Produk korosi yang paling banyak terdeteksi pada EDS adalah FeO karena unsur Fe merupakan unsur utama pembentuk baja sehingga ion-ion Fe paling banyak mengikat O. hal ini serupa pula dengan penelitian yang dilakukan oleh Aini dan Triwikantoro pada tahun 2012.

**KESIMPULAN**

Berdasarkan analisis hasil laju korosi Semakin bertambahnya konsentrasi larutan asam klorida maka laju korosi yang terjadi pada baja API 5L Grade B PSL1 semakin tinggi. Laju korosi yang terjadi pada sampel yang direndam dalam larutan asam klorida dengan inhibitor kalium kromat lebih rendah dan lambat daripada yang direndam dalam larutan asam klorida tanpa inhibitor. Efisiensi inhibitor kalium kromat 0,2% berkurang seiring bertambahnya konsentrasi asam klorida. Pengujian komposisi kimia menunjukkan bahwa sampel tergolong baja paduan rendah (unsur paduan <8%). Hasil identifikasi difraksi sinar-X pada sampel API/HCl 20(-) dan API/HCl 30(-) yang dicocokkan dengan program PCPDWIN menunjukkan adanya fasa besi (Fe), *cementite* (Fe<sub>3</sub>C) dan fasa *lawrencite* (FeCl<sub>2</sub>). Produk korosi yang diidentifikasi dengan EDS sampel API/20 (-) menunjukkan adanya SiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, dan FeO. Sedangkan pada sampel API/30(-) adalah SiO<sub>2</sub>, CaO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan FeO. Hasil pengujian dengan SEM menunjukkan bahwa sampel mengalami korosi merata (*uniform corrosion*).

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Seluruh teknisi Laboratorium Material Institut Teknologi Bandung (ITB) khususnya Bapak Jai yang telah bersedia meluangkan waktu untuk diskusi ilmiah dan dan seluruh teknisi Laboratorium Metalurgi PT SEAPI Bakauheni - Lampung Selatan.

**DAFTAR PUSTAKA**

Aini, N dan Triwikantoro. (2012). *Pengaruh Konsentrasi Air dalam Pelumas Terhadap Sifat Korosi Baja Karbon ST 37*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Jones, Denny A. (1996). *Principle and Prevention of Corrosion*. Second Edisi. Prentice Hall, Inc. United States of America.

Khaled, Z. Mohammed, A. Hamdy and M. Abbas. (2012). A Pharmaceutically Active compound as Corrosion Inhibitor for carbon Steel in acidic Medium. *Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. Vol 3 (2), pp 912-928.

Mohammad, S.M. (2012). Potassium Chromate as a Corrosion Inhibitors for Carbon Steel Alloy In HCl Media. *Journal of Science (A)*. Vol.30 (2),142-148. pp 1-6.

Purboputro, P.I. (2009). Peningkatan Kekakuan Pegas Daun Dengan cara Quenching. *Jurnal Media Mesin*. Vol.10, No.1. Hlm 15-21.

Raja, P. B. Gopalakrishnan S. (2007). *Natural Product as Corrosion Inhibitor for Metals In Corrosive Media – A review*. Materials Letters. Hlm 113-116.

- Roberge, P. R. (1999). *Handbook of Corrosion and Engineering*. Ney York: McGraw-Hill. pp 833-839.
- Rosenfel'd. (1981). *Corrosion Inhibitor*. New York: McGraw-Hill. pp 74-75.
- Scendo, M. (2007). *Inhibitive Action of The Purine and Adenin For Copper Corrosion In Sulphate Solution*. *Corrosion Science* 49: 2985-3000.
- Sembiring, Simon. (2004). Pengaruh Temperatur pada Korosi Baja (Steel) dalam Larutan Elektrolit Mengandung Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>). *Jurnal Sains Teknologi Agustus*. Vol. 10, No. 2
- Suharto. (1995). *Teori Bahan dan Pengaturan Teknik*. Jakarta: PT Rineka Cipta. Hlm 206-222.
- Supomo, Heri. (2003). *Buku Ajar Korosi*. Surabaya: Institut Teknologi Surabaya. Hlm 72-76.
- Surya, I. D. (2004). Kimia Dari Inhibitor Korosi. *Jurnal Repository Sumatra Utara*. Hlm 1-7.
- Threthewey, K. R. (1991). *Korosi Untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama. Hlm 63-89.