

# Sintesis Natrium Silikat dari Lumpur Lapindo sebagai Inhibitor Korosi

Ahmad Fauzan 'Adziimaa, Doty Dewi Risanti, dan Lizda Johar Mawarni  
Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111  
*e-mail:* risanti@ep.its.ac.id

**Abstrak**—Lumpur Lapindo mempunyai potensi yang cukup besar untuk dijadikan sebagai sumber silika di Indonesia. Pada penelitian ini dilakukan sintesis senyawa natrium silikat dari silika lumpur Lapindo sebagai inhibitor korosi. Sintesis natrium silikat dilakukan dengan mereaksikan silika hasil ekstraksi dengan natrium hidroksida (NaOH) 7M. Pengujian efisiensi inhibitor natrium silikat dilakukan pada larutan lumpur Lapindo suhu 100°C dan larutan garam NaCl 3,5% suhu kamar. Sampel uji korosi yang digunakan adalah *nodular ductile cast iron* yang biasa digunakan pada pipa air. Hasil eksperimen dengan uji XRD menunjukkan bahwa silika hasil ekstraksi adalah berbentuk amorf. Pengujian FTIR menunjukkan natrium silikat memiliki gugus fungsi Si-O(Na) dan O-Si-O yang muncul pada bilangan gelombang 954,44  $\text{cm}^{-1}$  dan 876,63  $\text{cm}^{-1}$ . Hasil uji korosi menunjukkan efisiensi optimal sebesar 60,73% dalam larutan lumpur Lapindo dan 42,37% dalam larutan NaCl 3,5%. Penambahan natrium silikat hingga 6 ml dan 4 ml dapat efektif menurunkan laju korosi pada pipa *ductile cast iron* dalam larutan lumpur Lapindo dan NaCl 3,5%.

**Kata kunci:** Natrium Silikat, silika, inhibitor, lumpur Lapindo

## I. PENDAHULUAN

NATRIUM SILIKAT merupakan salah satu jenis mineral silikat yang memiliki manfaat yang cukup luas dalam dunia industri. Misalnya dalam bahan detergen, natrium silikat digunakan untuk menghilangkan kotoran. Natrium silikat juga dapat menguraikan kadar lemak dan membuatnya larut dalam air. Selain itu, natrium silikat juga membantu pembentukan lapisan pelindung pada material logam untuk menghambat terjadinya perkaratan. Karena manfaatnya yang cukup tinggi, produksi natrium silikat mencapai 4.000.000 ton per tahunnya yang sering dikomersialkan dalam bentuk larutan maupun bentuk gelas kaca atau *waterglass* [1].

Senyawa natrium silikat dapat dibuat dengan cara mereaksikan unsur silika, oksigen, dan natrium dalam sebuah proses termal pada suhu tinggi untuk menghasilkan kemurnian senyawa yang baik [2]. Salah satu unsur penting dalam pembuatan natrium silikat adalah silika ( $\text{SiO}_2$ ). Silika merupakan nama yang diberikan kepada mineral yang terdiri dari silikon dan oksigen. Sumber silika yang pernah digunakan dalam proses sintesis natrium silikat adalah pasir silika dan abu sekam padi [3]. Dr. Ir. Aristanto dari Balai Besar Keramik Bandung, Departemen Perindustrian telah melakukan penelitian terhadap kandungan lumpur Lapindo, dan didapatkan bahwa kandungan silika dalam material lumpur Lapindo mencapai 53,08%. Dari hal tersebut dapat

disimpulkan bahwa material lumpur Lapindo memiliki potensi yang cukup besar untuk dijadikan sebagai sumber silika di Indonesia.

Dalam dunia industri, natrium silikat lebih sering digunakan sebagai bahan penghambat korosi. Korosi atau perkaratan (*rust*) sampai saat ini masih menjadi salah satu masalah yang dihadapi oleh industri karena dampaknya yang sangat merugikan. Pada dasarnya, peristiwa korosi tidak dapat dihindari karena sifat material yang selalu bereaksi dengan lingkungan yang korosif. Kerugian akibat korosi dapat diturunkan dengan cara melakukan tindakan pengendalian korosi. Secara umum, terdapat empat metode dasar pengendalian korosi, yaitu pemilihan material yang sesuai dengan kondisi lingkungan, proses pelapisan (*coating*), proteksi katodik, dan inhibitor korosi [4].

Salah satu metode pengendalian korosi yang cukup baik untuk dilakukan dan dikembangkan adalah dengan menggunakan inhibitor korosi. Inhibitor korosi adalah suatu zat kimia yang jika ditambahkan ke dalam lingkungan korosif akan dapat menghambat laju korosi terhadap suatu logam melalui proses kimia.

Natrium silikat merupakan jenis senyawa kimia yang sering digunakan sebagai bahan inhibitor korosi karena sifatnya yang ramah lingkungan, ekonomis dan tingkat efisiensinya yang tinggi [5]. Pembuatan senyawa natrium silikat dapat dilakukan dengan cara mereaksikan senyawa natrium hidroksida dengan senyawa silika [6]. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan proses ekstraksi silika dari lumpur Lapindo untuk sintesis senyawa natrium silikat yang digunakan sebagai inhibitor korosi pada material logam. Selain itu juga dilakukan uji korosi terhadap natrium silikat hasil sintesis untuk mengetahui efisiensi dari inhibitor natrium silikat. Variasi penambahan volume inhibitor dilakukan untuk mengetahui kinerja inhibitor natrium silikat hasil sintesis terhadap larutan korosif asam dan garam.

## II. URAIAN PENELITIAN

### A. Ekstraksi $\text{SiO}_2$ dari Lumpur Lapindo

Lumpur Lapindo yang digunakan adalah lumpur yang berjarak 2 km dari pusat semburan. Lumpur Lapindo terlebih dahulu dicuci dengan menggunakan aquades untuk menghilangkan pengotornya berupa tanah, rumput-rumputan, dan pengotor lainnya. Setelah itu lumpur dikeringkan pada suhu ruang untuk menghilangkan kadar airnya. Setelah kering kemudian lumpur digerus dengan menggunakan mortar untuk

memudahkan proses ekstraksi silika.

Lumpur Lapindo yang sudah dikeringkan dan digerus kemudian ditimbang sebanyak 8 gram lalu dicuci dengan menggunakan HCl 2M selama 4 jam. Setelah 4 jam pencucian, lumpur direaksikan dengan NaOH 7M kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama kurang lebih 1 jam pada suhu 80°C dengan kecepatan putar 2 mod untuk mendapatkan larutan filtrat hasil saringan.

Larutan hasil saringan ini kemudian dititrasi dengan HCl 3M dengan diputar menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 40°C dengan kecepatan putaran 2 mod hingga pH mendekati 7 dan terbentuk endapan putih silika. Endapan silika yang dihasilkan kemudian disaring menggunakan kertas saring lalu dikeringkan pada suhu 100°C selama 2 jam. Endapan silika lalu dicuci menggunakan aquades untuk menghilangkan pengotor yang berupa senyawa garam NaCl.

### B. Sintesis Senyawa Natrium Silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ )

Senyawa natrium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) disintesis dengan mereaksikan silika dari lumpur Lapindo dengan larutan NaOH. NaOH sebanyak 8 gram dilarutkan dalam aquades sebanyak 10 ml dalam tabung reaksi. Setelah NaOH dan aquades bereaksi sempurna kemudian ditambahkan 6 gram silika ( $\text{SiO}_2$ ) hasil ekstraksi ke dalam tabung reaksi. Kemudian tabung reaksi dipanaskan di atas api hingga terjadi reaksi antara NaOH dan silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan akhirnya silika larut dalam larutan.

### C. Pengujian Sampel Pipa Air dan Natrium Silikat

Untuk mengetahui komposisi pipa air yang digunakan sebagai sampel dilakukan uji komposisi dengan menggunakan SEM EDX instrumen SEM EDX type FEI Inspect s50 yang ada di jurusan Teknik Material Metalurgi ITS. Selain itu pengujian SEM EDX dilakukan untuk mengetahui bentuk morfologi permukaan sampel.

Sementara itu natrium silikat hasil sintesis diuji menggunakan analisa FTIR yang dilakukan di jurusan Teknik Material Metalurgi ITS dengan menggunakan instrumen Nicolet iS10 pada rentang panjang gelombang 500-4000  $\text{cm}^{-1}$ .

### D. Pengujian Korosi

Sampel yang digunakan adalah dari pipa besi PDAM dengan ukuran 1x1  $\text{cm}^2$  dengan ukuran tebal 3 mm. Sampel yang sudah dipotong kemudian diampelas dengan menggunakan mesin *grinder* mulai dari grit 400, 600, 800, 1200, dan 2000 untuk meratakan dan menghilangkan goresan yang ada pada permukaan sampel. Sampel diampelas pada kecepatan putaran mesin 25 rpm untuk menghilangkan lapisan-lapisan yang menutupi sampel sehingga tidak akan menghalangi berlangsungnya proses korosi. Setelah sampel diampelas hingga grit 2000, sampel kemudian dipoles di atas kain bludrum menggunakan alumina sebagai oksida poles. Proses pemlolesan dilakukan hingga didapatkan permukaan sampel yang mengkilap. Tahapan ini dilakukan di laboratorium metalurgi jurusan Teknik Mesin ITS

Larutan uji yang digunakan adalah larutan lumpur Lapindo dan larutan NaCl. Larutan lumpur Lapindo mewakili lingkungan asam sedangkan larutan NaCl mewakili suasana

lingkungangaram. Larutan garam dibuat menggunakan aquades yang dicampurkan dengan NaCl teknis. Kondisi larutan garam dibuat mirip dengan kandungan garam air laut yang bersifat korosif yaitu NaCl 3,5%.

$$\text{NaCl } 3,5\% \rightarrow \frac{\text{massa NaCl teknis}}{\text{massa pelarut}} = 3,5\% \quad (3.2)$$

Dari persamaan di atas maka dapat dibuat larutan garam NaCl 3,5% dengan mencampurkan NaCl teknis sebanyak 35 gram ke dalam 1000 ml aquades. (massa jenis aquades = 1  $\text{gr/cm}^3$ )

Berdasarkan ASTM G31-72 untuk uji rendam skala laboratorium, volume larutan uji adalah 0,4 kali luas permukaan sampel. Maka dengan luas permukaan sampel sebesar 320  $\text{mm}^2$ , larutan uji yang digunakan adalah sebanyak:

$$\text{Volume larutan} = 0,4 \times 320 \text{ mm}^2 = 128 \text{ ml}$$

Sementara itu larutan uji yang kedua adalah larutan lumpur Lapindo. Larutan lumpur ini dibuat dengan cara mencampurkan lumpur basah Sidoarjo seberat 150 gram ke dalam aquades 150 ml. Larutan lumpur yang telah siap diletakkan dalam oven dengan kondisi pemanasan hingga 100°C. Perendaman sampel dalam masing-masing larutan uji dilakukan selama 5 hari. Tabel 1 berikut merupakan penamaan larutan yang disesuaikan dengan penambahan volume inhibitor yang diberikan.

Perhitungan laju korosi yang digunakan adalah dengan menggunakan metode kehilangan berat (*weight loss*) dengan standar ASTM G1-03. Perbedaan berat yang terjadi dinyatakan sebagai jumlah material yang terkorosi. Dengan mengetahui nilai perbedaan berat dan waktu, maka laju korosi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Laju Korosi} = \frac{KW}{DAT} \quad (1)$$

dimana :

K : konstanta laju korosi  
W : berat yang hilang (gr)  
A : luas permukaan ( $\text{cm}^2$ )  
D : densitas logam ( $\text{gr/cm}^3$ )  
T : waktu (jam)

Satuan laju korosi yang digunakan adalah *mils per year* (mpy) dengan konstanta  $k = 3,45 \times 10^6$ . Dari perhitungan laju korosi, dapat diketahui efisiensi inhibitor dari masing-masing larutan uji. Efisiensi dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Efisiensi inhibitor } (\%) = \frac{LK \text{ non inh} - LK \text{ inh}}{CR \text{ non inhibitor}} \times 100\% \quad (2)$$

keterangan : LK = Laju Korosi.

Tabel 1.

Penamaan larutan uji sesuai perlakuan penambahan volume inhibitor			
Kode Larutan Lumpur	Volume Inhibitor (ml)	Kode Larutan Garam	Volume Inhibitor (ml)
LA	0	GA	0
LB	2	GB	2
LC	4	GC	4
LD	6	GD	6
LE	8	GE	8
LF	10	GF	10

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Sintesis Natrium Silikat

Natrium silikat hasil sintesis diuji menggunakan FTIR Nicolet iS10. Gambar 1 merupakan hasil pengujian spektrum natrium silikat yang disintesis dari endapan silika lumpur Lapindo. Dari pengujian FTIR ini diketahui beberapa gugus fungsi yang terjadi pada rentang bilangan gelombang 500 - 4000 cm<sup>-1</sup> melalui setiap puncak (*peak*) yang muncul.

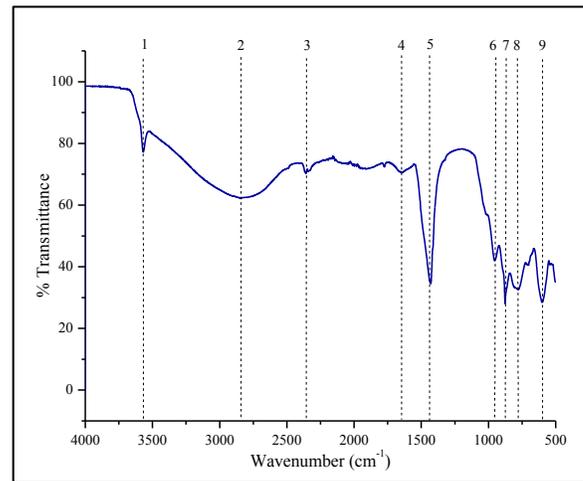
Dari Gambar 1, diketahui terjadi sembilan puncak bilangan gelombang. Setiap puncak dari penurunan transmitansi bilangan gelombang tersebut menunjukkan adanya ikatan-ikatan dalam natrium silikat hasil sintesis. Gugus fungsi yang terjadi dalam pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Gugus Si-O(Na) *stretching* yang menunjukkan adanya senyawa natrium silikat pada analisis FTIR adalah terjadi di daerah bilangan gelombang 1005 cm<sup>-1</sup> [7]. Terlihat pada hasil FTIR natrium silikat, puncak Si-O(Na) *stretching* dan O-Si-O berada pada bilangan gelombang 954,44 cm<sup>-1</sup> dan 876,63 cm<sup>-1</sup>. Perbedaan nilai puncak ini dapat disebabkan karena beberapa faktor, salah satunya adalah tingkat kemurnian senyawa-senyawa pembentuk natrium silikat itu sendiri. Pada penelitian ini, natrium silikat disintesis dari NaOH teknis dan endapan silika lumpur Lapindo yang didapat dari serangkaian proses ekstraksi, sehingga kemurnian silika akan mempengaruhi tingkat kemurnian natrium silikat yang didapatkan.

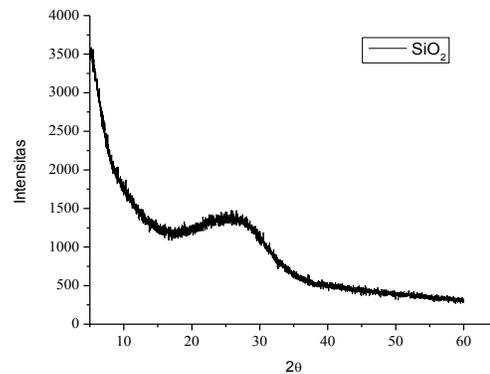
Untuk mengetahui tingkat kemurnian endapan silika hasil ekstraksi, dilakukan uji XRD dengan radiasi Cu K- $\alpha$  pada rentang 5-60 $^{\circ}$ . Hasil pengujian XRD endapan silika dapat dilihat pada Gambar 2.

Dari Gambar 2 diketahui bahwa silika hasil ekstraksi yang didapatkan adalah berbentuk amorf dengan sudut 2 $\theta$  = 26 $^{\circ}$ . Martinez dkk (2006) telah melakukan pembuatan silika amorf dengan metode sol-gel. Penelitian tersebut dilakukan dengan menggunakan perlakuan termal dan didapatkan puncak SiO<sub>2</sub> pada daerah 2 $\theta$  = 23 $^{\circ}$ . Perlakuan penambahan panas mengakibatkan puncak bergeser ke posisi yang lebih rendah. Pada penelitian lain disebutkan bahwa hasil kualitatif dari XRD pada serbuk silika berkisar pada nilai 2 $\theta$  = 26,66 $^{\circ}$  [7].

Sebelum dilakukan proses pemurnian, endapan silika yang didapatkan masih mengandung senyawa garam NaCl yang cukup banyak. Hal ini disebabkan karena adanya reaksi antara senyawa Cl<sup>-</sup> pada HCl saat proses pencucian dengan senyawa Na<sup>+</sup> pada NaOH saat proses pelarutan lumpur. Kandungan garam NaCl ini dihilangkan dengan pencucian menggunakan aquades karena sifat garam NaCl yang mudah larut di dalam air membentuk ion Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup>.



Gambar 1. Pengujian FTIR natrium silikat



Gambar 2. Pengujian XRD silika lumpur Lapindo

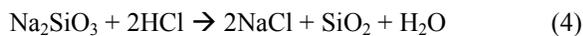
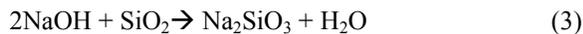
Tabel 2.

Daerah puncak bilangan gelombang pada analisa FTIR natrium silikat hasil sintesis

Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Gugus Fungsi Teramati	Transmitansi (%)
3568,36	-OH <i>stretching</i>	77,57
2847,27	Si-OCH <sub>3</sub>	62,43
2357,97	Si-C <i>stretching</i>	70,54
1641,34	C-O <i>bending</i>	70,54
1429,36	C-O <i>bending</i>	34,89
954,44	Si-O(Na) <i>stretching</i>	42,06
876,63	O-Si-O	28,09
777,12	(H)O-Si-O(H)	32,86
601,28	(H)O-Si-O(Na)	28,69

Proses ekstraksi silika dari lumpur Lapindo tidak mudah karena silika merupakan salah satu bahan anorganik yang memiliki sifat kestabilan tinggi terhadap mekanik, temperatur, dan kondisi keasaman. Maka untuk mendapatkan silika, lumpur Lapindo harus dilarutkan terlebih dahulu dengan zat pelarut dan kemudian dilanjutkan dengan proses pemurnian silika hasil ekstraksi. Kondisi proses ekstraksi yang meliputi suhu, konsentrasi larutan pelarut, waktu ekstraksi dan pengadukan merupakan faktor yang sangat mempengaruhi keberhasilan proses ekstraksi.

Pada penelitian sebelumnya, larutan NaOH telah digunakan sebagai pelarut untuk mengekstraksi SiO<sub>2</sub> dari sekam padi (Soeswanto, 2011). Ion Na<sup>+</sup> dalam NaOH akan bereaksi dengan silika yang akhirnya membentuk senyawa natrium silikat dengan kadar konsentrasi yang rendah. Larutan hasil reaksi silika dengan NaOH berwarna kuning keemasan sebagai akibat masih adanya pengaruh HCl pada saat proses pencucian awal lumpur Lapindo. Silika amorf lumpur Lapindo baru dapat diperoleh dengan cara titrasi larutan filtrat hasil saringan dengan menggunakan HCl 3M sehingga terbentuk endapan putih. Pemilihan kadar HCl 3M sebagai bahan titrasi didasarkan pada kondisi silika yang tidak larut dalam suasana netral sehingga didapatkan jumlah endapan silika yang optimal. Tahapan reaksi kimia yang terjadi selama proses ekstraksi adalah sebagai berikut:



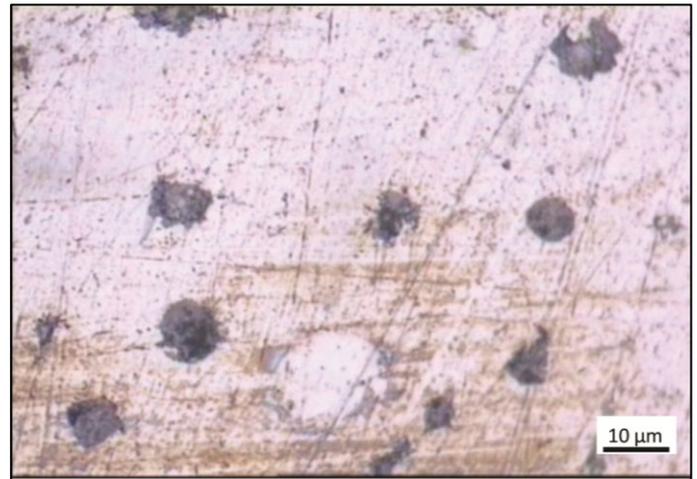
Silika (SiO<sub>2</sub>) yang terbentuk sebagaimana persamaan 4.2 dicuci dengan menggunakan aquades sehingga menghilangkan kandungan pengotor berupa senyawa garam NaCl. Analisa kadar kemurnian endapan silika lumpur Lapindo yang telah mengalami proses pencucian dengan aquades mencapai 98,81% [8].

#### B. Hasil Uji Komposisi Sampel Pipa Air dan Uji Produk Korosi

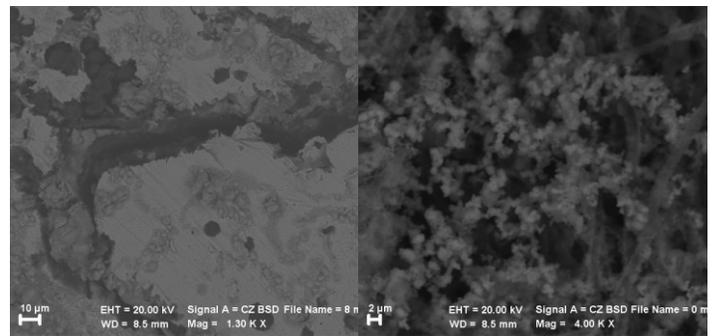
Sampel uji korosi yang telah dipreparasi diuji menggunakan SEM EDX dan kemudian didapatkan kandungan komposisi unsur pembentuk besi sampel tersebut. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sampel besi mengandung 75,73% unsur Fe; 14,12% unsur C; 7,59% unsur Si; dan sisanya adalah senyawa pospor, sulfur, kromium, mangan, dan nikel. Gambar 4.3 merupakan foto permukaan sampel menggunakan mikroskop optik dan dari hasil foto tersebut diketahui bahwa sampel yang digunakan adalah nodular ductile cast iron. Gambar 4.2 merupakan foto permukaan sampel nodular ductile cast iron.

Sampel yang telah direndam dalam larutan uji selama lima hari perendaman, diuji menggunakan XRD untuk mengetahui produk korosi yang terjadi. Secara umum, dari hasil pengujian didapatkan berbagai senyawa produk korosi, baik yang terjadi pada larutan lumpur maupun larutan NaCl 3,5%. Produk-produk korosi yang terjadi adalah FeO, α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (hematite), Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (magnetite), β-FeOOH (akaganéite), NaFe(Si<sub>2</sub>O<sub>6</sub>), SiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>Si<sub>4</sub>O<sub>9</sub>, dan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>. Adanya produk oksida besi menunjukkan bahwa pada peristiwa korosi telah terjadi reaksi kimia dan menghasilkan produk karat α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (hematite) dan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (magnetite). Sementara produk besi silika terjadi karena adanya reaksi kimia antara inhibitor natrium silikat dengan besi.

Dari hasil pengujian SEM terlihat bahwa sampel yang direndam dalam larutan lumpur mengalami kerusakan teknis berupa terbentuknya lubang/celah pada permukaan logam. Kerusakan terjadi secara merata di seluruh permukaan sampel. Sementara sampel pasca perendaman dalam larutan NaCl 3,5% menunjukkan adanya produk korosi yang berbentuk serat (*fiber*).



Gambar 3. Morfologi permukaan sampel pipa air

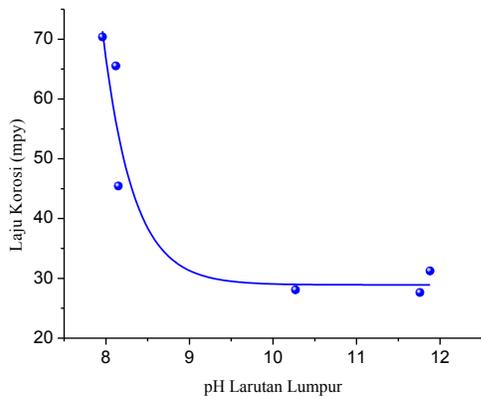


Gambar 4. Pengujian SEM sampel pasca korosi a) sampel dalam larutan lumpur b) sampel dalam larutan NaCl 3,5%

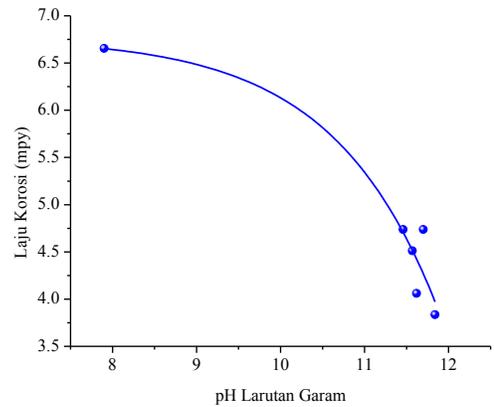
#### C. Kinerja Natrium Silikat sebagai Inhibitor dalam Larutan Lumpur

Lumpur Lapindo merupakan material yang memiliki kadar ion klorida dan ion sulfat yang lebih tinggi dibandingkan lumpur sawah biasa yang mengakibatkan material lumpur Lapindo menjadi lebih korosif [9]. Berdasarkan hasil eksperimen terlihat bahwa penambahan volume inhibitor menyebabkan terjadinya perbedaan nilai kehilangan berat (*weight loss*) yang dialami oleh masing-masing sampel. Secara umum penambahan volume inhibitor menyebabkan penurunan nilai *weight loss* dan peningkatan nilai pH larutan. Adanya penurunan nilai *weight loss* dan peningkatan pH mengakibatkan laju korosi semakin turun. Laju korosi terkecil dialami oleh sampel LE yaitu sebesar 27,632 mpy dengan penambahan inhibitor sebanyak 8 ml pada kondisi pH 11,76 (pH awal larutan = 7,96). Sementara perubahan nilai pH terbesar terjadi pada sampel LF yaitu sebesar 11,88 (data terlampir).

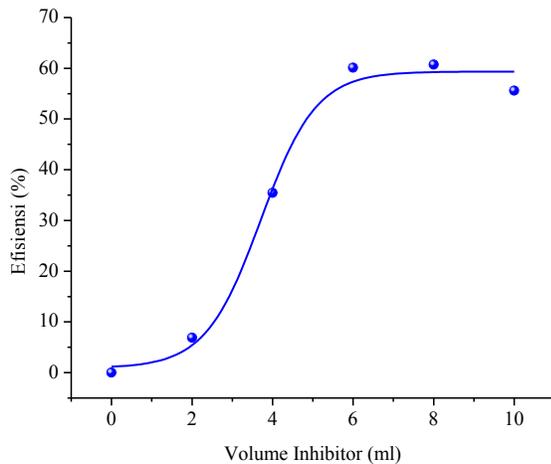
Dari data yang didapatkan maka dapat dibuat grafik pengaruh nilai pH larutan lumpur terhadap laju korosi sebagaimana yang terlihat pada Gambar 5 dan grafik pengaruh penambahan volume inhibitor terhadap efisiensi inhibitor yang ditunjukkan pada Gambar 6.



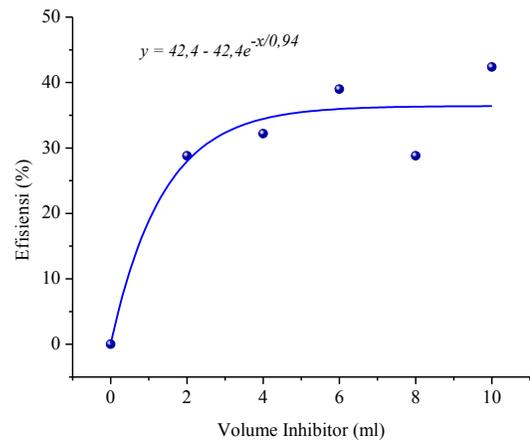
Gambar 5. Pengaruh pH terhadap laju korosi pada larutan lumpur.



Gambar 7. Pengaruh pH terhadap laju korosi pada larutan Garam



Gambar 6. Pengaruh penambahan inhibitor terhadap efisiensi pada larutan lumpur



Gambar 8. Pengaruh volume inhibitor terhadap efisiensi pada larutan Garam

**D. Kinerja Natrium Silikat sebagai Inhibitor dalam Lingkungan Garam NaCl 3,5%**

Setelah dilakukan uji perendaman selama lima hari didapatkan hasil uji korosi pada larutan NaCl 3,5%. Hasil uji korosi menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai weight loss ketika larutan ditambahkan inhibitor. Nilai weight loss terkecil terjadi pada sampel GF dengan nilai weight loss sebesar 0,0034. Selain itu, penambahan volume inhibitor juga mempengaruhi nilai pH larutan NaCl 3,5%. Perubahan pH semakin besar saat semakin banyak inhibitor yang ditambahkan. Perubahan pH terbesar dialami oleh sampel GF yaitu sebesar 3,94. Adanya perubahan pH tersebut mengakibatkan berubahnya nilai laju korosi pada masing-masing larutan. Laju korosi terkecil dialami oleh sampel GF yaitu sebesar 3,835 mpy sehingga nilai efisiensi terbesar juga dialami oleh sampel GF yaitu sebesar 42,37% (data terlampir).

Dari hasil uji korosi dalam larutan NaCl 3,5% dapat disimpulkan bahwa pH larutan mempengaruhi laju korosi masing-masing jenis sampel dan penambahan volume inhibitor akan mengakibatkan perubahan nilai efisiensi inhibitor. Semakin besar volume inhibitor yang ditambahkan akan semakin besar pula efisiensi inhibitor yang didapatkan. Grafik pengaruh nilai pH terhadap laju korosi dan grafik pengaruh penambahan volume inhibitor terhadap laju korosi dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.

**E. Interpretasi Hasil**

**E1. Interpretasi Hasil Uji Korosi pada Larutan Lumpur**

Dari hasil uji korosi terlihat bahwa penambahan volume inhibitor telah mempengaruhi nilai pH larutan lumpur Lapindo. Nilai pH larutan cenderung mengalami peningkatan dengan semakin besarnya volume inhibitor yang ditambahkan pada larutan uji. Hal ini dikarenakan karena sifat inhibitor natrium silikat yang bersifat basa (pH natrium silikat = 11,76). Pada penambahan inhibitor hingga 4 ml terlihat pH larutan uji belum mengalami perubahan yang signifikan. Perubahan nilai pH cenderung signifikan ketika larutan uji ditambahkan inhibitor mulai dari 6 ml. Hal ini menunjukkan bahwa inhibitor mulai bekerja secara optimal. Sesuai dengan teori penghambatan korosi menggunakan inhibitor bahwa inhibitor akan mampu menghambat korosi pada nilai konsentrasi tertentu.

Hasil pengujian korosi juga menunjukkan bahwa penambahan jumlah volume inhibitor yang semakin besar akan semakin menurunkan laju korosi. Laju korosi terkecil ditunjukkan pada sampel LE yaitu larutan lumpur dengan penambahan inhibitor sebanyak 8 ml yang dapat menurunkan laju korosi hingga 27,632 mpy. Sedangkan penambahan inhibitor sebanyak 10 ml mengakibatkan laju korosi kembali naik menjadi 31,241 mpy. Dari hasil eksperimen ini dapat dikatakan bahwa laju korosi telah mengalami keadaan saturasi

pada saat larutan lumpur ditambahkan 6 ml inhibitor dan berada pada nilai pH 10,27.

Gambar 5 merupakan grafik perubahan nilai pH terhadap laju korosi pada larutan lumpur. Penurunan laju korosi pada larutan uji lumpur Lapindo menunjukkan bahwa inhibitor telah bekerja secara efisien. Efisiensi inhibitor korosi terus mengalami kenaikan seiring dengan penambahan volume inhibitor yang diberikan dalam larutan. Efisiensi inhibitor ini berkaitan langsung dengan nilai laju korosi. Inhibitor dikatakan memiliki efisiensi yang tinggi apabila inhibitor tersebut dapat menurunkan laju korosi pada nilai yang sekecil-kecilnya. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa nilai efisiensi inhibitor tertinggi adalah sebesar 60,73% yang terjadi pada larutan lumpur dengan penambahan inhibitor sebanyak 8 ml. Sementara nilai efisiensi terendah adalah sebesar 6,89% pada larutan dengan penambahan 2 ml inhibitor. Nilai efisiensi mulai mengalami keadaan saturasi saat larutan ditambahkan inhibitor sebanyak 6 ml.

#### E2. Interpretasi Hasil Uji Korosi pada Larutan NaCl 3,5%

Adanya penambahan konsentrasi inhibitor natrium silikat cenderung menurunkan jumlah pengurangan berat dalam larutan NaCl 3,5%. Sampel yang diuji korosi dalam larutan NaCl 3,5% tanpa penambahan inhibitor yaitu sampel GA mengalami kehilangan berat sebesar 0,0059 gram. Kehilangan berat terkecil dialami oleh sampel GF yang diuji dalam larutan NaCl 3,5% dengan penambahan 10 ml inhibitor, yaitu sebanyak 0,0034 gram. Dari data ini didapatkan laju korosi pada sampel GA adalah sebesar 6,654 mpy dan laju korosi pada sampel GF sebesar 3,835 mpy.

Peristiwa penurunan jumlah kehilangan berat pada sampel ini mengindikasikan bahwa inhibitor natrium silikat telah berhasil melakukan mekanisme penghambatan korosi dengan membentuk endapan lapisan pasif yang melindungi sampel dari perkaratan. Dengan adanya lapisan pasif tersebut, logam dan larutan uji tidak terjadi kontak langsung sehingga permukaan logam tidak terkena ion  $\text{Na}^+$  yang agresif dan akhirnya proses pembentukan karat dapat dihambat.

Dari hasil pengujian laju korosi yang didapatkan, diketahui bahwa setiap penambahan volume inhibitor natrium silikat laju korosi cenderung menurun dan efisiensi semakin meningkat. Dari hal ini dapat dikatakan bahwa penambahan volume inhibitor akan berbanding lurus dengan efisiensi dari inhibitor. Nilai efisiensi paling tinggi ditunjukkan pada sampel GF dengan penambahan inhibitor sebanyak 10 ml yaitu sebesar 42,37% dan nilai efisiensi paling rendah adalah pada sampel GB dengan penambahan inhibitor sebanyak 2 ml yaitu sebesar 28,8%.

Berdasarkan kedua hasil eksperimen uji korosi yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa sampel jenis *ductile cast iron* yang diuji dalam lumpur Lapindo suhu 100°C mengalami laju korosi yang lebih besar daripada laju korosi dalam larutan NaCl 3,5%. Pada kedua larutan dengan perlakuan tanpa penambahan inhibitor, laju korosi pada larutan lumpur mencapai 70,377 mpy, sedangkan laju korosi pada larutan NaCl 3,5% hanya mencapai 6,654 mpy. Penambahan inhibitor sebanyak 6 ml dan 4 ml pada larutan lumpur Lapindo dan larutan NaCl 3,5% berurut-turut telah secara efektif

menurunkan laju korosi menjadi 27,632 mpy dan 3,835 mpy. Hasil XRD menunjukkan bahwa telah terbentuk unsur  $\beta$ -FeOOH (akaganéite) yang teradsorpsi pada permukaan logam untuk membentuk lapisan pasif yang kemudian melindungi logam dari korosi. Hal ini sesuai dengan teori penghambatan korosi menggunakan inhibitor natrium silikat bahwa natrium silikat akan teradsorpsi membentuk lapisan pasif untuk melindungi logam dari korosi.

#### IV. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penambahan inhibitor sebanyak 6 ml telah efektif menurunkan laju korosi pada larutan NaCl 3,5% dan penambahan inhibitor sebanyak 4 ml telah efektif menurunkan laju korosi pada larutan lumpur Lapindo. Natrium Silikat hasil sintesis dapat digunakan sebagai inhibitor korosi pada *ductile cast iron* dalam larutan lumpur Lapindo dengan efisiensi tertinggi 60,73% dan larutan garam NaCl 3,5% dengan efisiensi tertinggi 42,37%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] KEMI Swedish Chemicals Agency, 2008. *Sodium silicates*, [http://apps.kemi.se/flodessok/floden/kemamne\\_eng/natriumsilikater\\_eng.htm](http://apps.kemi.se/flodessok/floden/kemamne_eng/natriumsilikater_eng.htm) (diakses tanggal 12 Juni 2013)
- [2] Aramaki, Kunitsugu. (2001). The Inhibitor Effect of Chromate-Free, Anion Inhibitors on Corrosion of Zinc in Aerated 0.5 M NaCl. Elsevier Corrosion Science 43 hal. 591-604
- [3] Soeswanto, Bambang, dkk. 2011. *Pemanfaatan Limbah Abu Sekam Padi Menjadi Natrium Silikat*. Jurnal Fluida Vol. VII, No. 1. Bandung
- [4] Nugroho, Adi. 2011. *Pengaruh Penambahan Inhibitor Organik Ekstrak Ubi Ungu terhadap Laju Korosi pada Material Baja Low Carbon di Lingkungan NaCl 3,5%*. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Indonesi. Depok
- [5] Gao, H. dkk. 2011. *Study of the Corrosion Inhibition Effect of Sodium Silicate on AZ91D Magnesium Alloy*: Elsevier Corrosion Science 53 (2011) 1401-1407
- [6] Mirwan, Ahmad. 2011. *Sintesis Dan Karakterisasi Sio2 Amorf Dari Lumpur Sidoarjo. Tugas Akhir*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam ITS. Surabaya
- [7] Halasz, Istvan. 2010. *What Can Vibrational Spectroscopy Tell About The Structure Of Dissolved Sodium Silicate?*. Microporous and Mesoporous Materials 135. Hal 74-81
- [8] Fadli, Agus. 2013. *Ekstraksi Silika dalam Lumpur Lapindo Menggunakan Metode Kontinyu*. Kimia Student Journal, Vol. 1, No. 2, pp. 182-187 Universitas Brawijaya Malang
- [9] Pratikno, Herman. 2008. *Pengaruh Lumpur PT Lapindo Brantas terhadap Korosi pada Struktur Baja*. Jurnal Purifikasi, Vol. 9, No. 2, Hal. 125-136