

KAJIAN EKSPERIMENTAL TERHADAP NATRIUM SILIKAT BERBASIS NANOSILIKA DARI LUMPUR LAPINDO SEBAGAI INHIBITOR KOROSI PADA DUCTILE CAST IRON

Ewing Apriyan Dananjaya dan Doty Dewi Risanti, Lizda Johar Mawarani
Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: ewing.apriyan@gmail.com

Abstrak— Telah dilakukan penelitian mengenai natrium silikat berbasis nanosilika dari lumpur lapindo sebagai inhibitor korosi pada ductile cast iron. Pada penelitian ini dilakukan 3 metode sintesis natrium silikat, yaitu dengan melakukan ekstraksi senyawa nanosilika dari lumpur lapindo untuk kemudian disintesis menjadi natrium silikat, serta 2 metode lainnya dengan mereaksikan serbuk lumpur dengan 50 ml NaOH 7 M pada temperatur 90°C. Diperoleh bahwa silika hasil ekstraksi telah berhasil berukuran nano, yaitu sebesar 95 nm dengan analisi perhitungan menggunakan persamaan scherrer dan 3,19 nm dari pengujian menggunakan SEM dan analisis software image-j. Selain itu inhibitor natrium silikat sintesis mampu menahan laju korosi sampai 0,115 mpy, dengan efisiensi tertinggi yaitu dengan metode sintesis natrium silikat dari nanosilika yang sebesar 95,35%. Berdasarkan pengujian korosi dengan media air garam (NaCl 3.5%) diperoleh bahwa hanya perlu 2 ml inhibitor natrium silikat hasil sintesis untuk mencapai efisiensi yang sama dengan 6 ml inhibitor natrium silikat komersial dan 8 ml inhibitor referensi (Aditya, 2014).

Kata Kunci— nanosilika, inhibitor, natrium silikat, efisiensi.

I. PENDAHULUAN

Silika atau dikenal dengan silikon dioksida (SiO_2) merupakan senyawa yang banyak ditemui dalam bahan galian melalui proses penambangan pasir kuarsa, dimana didalam pasir kuarsa tersebut terdiri atas kristal-kristal silika dan mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan. Seiring dengan perkembangan teknologi, aplikasi penggunaan silika pada industri juga semakin meningkat, terutama dalam penggunaan ukuran partikel dari ukuran mikro sampai ukuran nano. Silika biasanya dimanfaatkan untuk berbagai keperluan seperti dalam industri ban, karet, gelas, semen, beton, keramik, tekstil, kertas, kosmetik, elektronik, cat, pasta gigi, dan lain-lain (Fadli, 2013)

Tragedi lumpur lapindo beberapa tahun silam masih menyisakan polemik yang berkepanjangan. Selain menjadi bencana ekologis nasional namun juga banyak mendatangkan gagasan tertentu yang bermanfaat guna mengurangi dampak yang dihasilkan. Adapun beberapa gagasan teknologi yang

telah dilakukan antara lain sebagai bahan *paving block*, bahan baku porselin juga sebagai bahan pasta pada baterai (kompas.com, 6 Agustus 2012).

Dari penelitian yang telah dilakukan Dr. Ir. Aristanto dari Balai Besar Keramik Bandung, didapatkan bahwa kandungan silika pada lumpur lapindo mencapai 53,08%. Kadar silika yang cukup besar dalam lumpur Sidoarjo memungkinkan untuk menjadikan lumpur Sidoarjo sebagai sumber silika di Indonesia. Kegunaan silika dalam dunia industri sangat banyak, antara lain sebagai industri ban, karet, gelas, semen, beton, keramik, tekstil, kertas, kosmetik, elektronik, cat, film, pasta gigi dan lain-lain (Fernandez, 2012). Selain itu jika senyawa silika jika direaksikan dengan natrium menjadi natrium silikat (Na_2SiO_3) akan menghasilkan manfaat yang banyak di bidang industri, antara lain sebagai bahan inhibitor korosi. Secara umum suatu inhibitor adalah suatu zat kimia yang dapat menghambat atau memperlambat suatu reaksi kimia. Sedangkan inhibitor korosi adalah suatu zat kimia yang bila ditambahkan ke dalam suatu lingkungan, dapat menurunkan laju penyerangan korosi lingkungan itu terhadap suatu logam (Dalimunthe, 2004). Adapun Natrium silikat sebagai inhibitor korosi bekerja dengan membentuk sebuah lapisan pelindung dari ion silikat yang kemudian akan mencegah serangan dari ion alkali (Gao dkk, 2011).

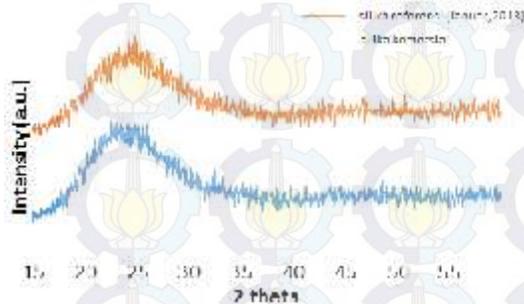
Pada penelitian sebelumnya (Aditya, 2014) didapatkan bahwa natrium silikat hasil sintesis hanya mampu meningkatkan ketahanan sampel besi terhadap korosi pada larutan NaCl sebesar 76%. Nilai ini lebih rendah daripada hasil yang juga dilakukan pada natrium silikat komersial yang mencapai 83%. Kondisi ukuran partikel inhibitor yang diperkecil menjadi berukuran nanopartikel akan memiliki nilai perbandingan antara luas permukaan (*surface area*) dan volume yang lebih besar jika dibandingkan dengan partikel sejenis dalam ukuran lebih besar. Dengan *surface area* dari silika ekstraksi yang lebih besar tersebut diharapkan lebih mampu memberikan performansi ketahanan terhadap korosi yang lebih baik. Hal ini sebagaimana inhibitor yang bekerja dengan metode adsorpsi dan kemudian menghasilkan lapisan pasif yang melindungi permukaan logam dari serangan korosi.

II. URAIAN PENELITIAN

A. Bahan Nanosilika dan Aplikasinya

Silika atau dikenal dengan silikon dioksida (SiO_2) merupakan senyawa yang banyak ditemui dalam bahan galian yang disebut pasir kuarsa, terdiri atas kristal-kristal silika (SiO_2) dan mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan. Silika biasanya dimanfaatkan untuk berbagai keperluan dengan berbagai ukuran tergantung aplikasi yang dibutuhkan seperti dalam industri ban, karet, gelas, semen, beton, keramik, tekstil, kertas, kosmetik, elektronik, cat, film, pasta gigi, dan lain-lain (Fernandez, 2012).

Dalam penelitian sebelumnya (Januar, 2013) bentuk pola difraksi silika komersial memiliki puncak pada sudut $2\theta = 24^\circ$. Akan tetapi untuk silika hasil ekstraksi lumpur lapindo memiliki nilai 2θ berbeda-beda antara 24° - 29° seiring dengan semakin kecil pH akhir larutan serta campuran unsur lain didalamnya sebagaimana yang ditunjukkan oleh gambar 2.1



Gambar 2.1 XRD silika referensi dan komersil (Januar, 2013)

Saat ini dengan perkembangan teknologi mulai banyak aplikasi penggunaan silika pada industri semakin meningkat terutama dalam penggunaan silika pada ukuran partikel yang kecil sampai skala mikron atau bahkan nanosilika. Beberapa tahun terakhir pemanfaatan nanosilika yang dibuat nanokomposit menjadi kandidat bahan bioaktif yang menjanjikan untuk aplikasi perbaikan jaringan tulang (Zhongkui, 2009), sebagai pembuatan rubber airbag untuk aplikasi peluncuran kapal dari galangan (Siswanto, 2012), serta aplikasi di industri yang berkaitan dengan produksi pigmen, *pharmaceutical*, keramik, dan katalis (Nozawa, 2005).

Kondisi ukuran partikel bahan baku yang diperkecil membuat produk memiliki sifat yang berbeda yang dapat meningkatkan kualitas. Adapun dua hal utama yang membuat nanopartikel berbeda dengan material sejenis dalam ukuran besar yaitu :

- memiliki nilai perbandingan antara luas permukaan dan volume yang lebih besar jika dibandingkan dengan partikel sejenis dalam ukuran besar. Ini membuat nanopartikel bersifat lebih reaktif. Reaktivitas material ditentukan oleh atom-atom di permukaan, karena hanya atom-atom tersebut yang bersentuhan langsung dengan material lain;
- Ketika ukuran partikel menuju orde nanometer, maka hukum fisika yang berlaku lebih didominasi oleh hukum-hukum fisika kuantum (Abdullah, 2008)

B. Potensi Mineral di Dalam Lumpur Lapindo

Berdasarkan berbagai penelitian, lumpur lapindo mengandung kadar silika yang cukup tinggi. Didalam lumpur Lapindo terkandung senyawa silika yang cukup besar yaitu sekitar 53% (Arisanto, 2006). Dengan jumlah silika yang cukup tinggi dan didukung dengan volume lumpur Lapindo yang cukup besar, lumpur Lapindo memiliki prospek untuk dapat digunakan sebagai sumber utama produksi silika di Indonesia selain pasir silika.

Selain itu kandungan senyawa lain dalam lumpur lapindo seperti Fe_2O_3 (hematit) serta Al_2O_3 (alumina) juga cukup tinggi yaitu sebesar 6% dan 18%. Potensi sumber hematit dalam lumpur lapindo tersebut jika diteliti lebih jauh dapat dimanfaatkan dalam dalam industri besi. Selain itu, potensi penggunaan alumina dalam indutri juga sangat banyak antara lain sebagai bahan pembuatan komponen dalam industri elektronik, sebagai *armor plating* pada tank dan helikopter dalam bidang militer, serta sebagai biomaterial dalam dunia medis (Davis, 2010).

C. Pencegahan Korosi pada Larutan Garam

Dengan dasar pengetahuan tentang elektrokimia proses korosi yang dapat menjelaskan mekanisme dari korosi, dapat dilakukan usaha-usaha untuk pencegahan terbentuknya korosi. Banyak cara sudah ditemukan untuk pencegahan terjadinya korosi diantaranya adalah dengan cara proteksi katodik, *coating*, dan penggunaan chemical inhibitor.

D. Prinsip Dasar Korosi

Korosi didefinisikan sebagai perusakan logam akibat dari peristiwa elektrokimia dan biasanya dimulai pada permukaannya. (Callister, 2007). Sedangkan menurut ISO 8044-1986, definisi korosi adalah interaksi fisikokimia antara logam dengan lingkungan yang menyebabkan perubahan sifat logam, selanjutnya akan mengakibatkan kerusakan pada logam, lingkungan, atau bagian sistem yang terkait. Terkorosinya suatu logam dalam lingkungan elektrolit (air) adalah suatu proses elektrokimia. Proses ini terjadi bila ada reaksi oksidasi pada anodik dan reduksi pada katodik. Kedua reaksi ini akan terus berlangsung sampai terjadi kesetimbangan dinamis dimana jumlah elektron yang lepas sama dengan jumlah elektron yang diterima. Reaksi anodik (oksidasi) diindikasikan melalui peningkatan valensi atau produk elektron-elektron, Reaksi anodik yang terjadi pada saat proses korosi logam yaitu :

E. Ekstraksi Senyawa Nanosilika (SiO_2)

Ekstraksi nanosilika dilakukan dengan mengeringkan lumpur lalu digerus hingga 270 mesh, setelah itu direndam dengan larutan HCl 2M 24 jam untuk menghilangkan pengotor-pengotor, kemudian dicuci dengan aquades dan dikeringkan, setelah itu digerus kembali hingga 270 mesh. Kemudian lumpur sidoarjo 10 gr dilarutkan dalam larutan NaOH (7 M) 60 ml sambil diaduk dengan *magnetic stirrer* dengan temperatur 700 C selama 1 jam, kemudian ditambah aquades 250 ml dan disaring dengan kertas saring. Larutan hasil saringan kemudian ditambahkan HCl 2 M sambil diputar dengan *magnetic stirrer* sampai pH7, setelah terbentuk endapan berwarna putih, dibiarkan selama 24 jam. Kemudian dicuci dengan aquades untuk menghilangkan kadar asam, basa

dan garam pada sampel tersebut, setelah itu disaring dan silika gel dikeringkan dengan lampu 100 W (80°C) selama 24 jam.

F. Sintesis Senyawa Natrium Silikat (Na_2SiO_3)

Sintesis senyawa natrium silikat dibagi menjadi 2 metode yaitu metode A dengan mereaksikan 5 gram lumpur lapindo dengan natrium hidroksida dan metode B dengan mereaksikan 6 gram serbuk silika dengan natrium hidroksida.

Metode A

Senyawa natrium silikat (Na_2SiO_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 (SiO_2) hasil ekstraksi ke dalam tabung reaksi. Kemudian tabung reaksi dipanaskan di atas api hingga terjadi reaksi antara NaOH dan silika (SiO_2) dan akhirnya silika larut dalam larutan.

Metode B

Serbuk lumpur Lapindo dengan massa 5 gram direaksikan dengan natrium hidroksida (NaOH) dengan dua metode untuk mendapatkan natrium silikat (Aditya, 2014).

- Metode pertama (M1), serbuk lumpur direaksikan dengan 50 mL NaOH 7 M dan diaduk menggunakan *magnetic stirer* pada temperatur 90°C dan kecepatan putaran 1,5 mod selama 1 jam. Larutan hasil pengadukan ini kemudian disaring menggunakan kertas saring dan diambil filtratnya. Filtrat hasil saringan kemudian dibakar dengan *furnace* dengan temperatur 100°C.
- Metode kedua (M2), serbuk lumpur dititrasikan dengan 50 mL NaOH 10 M dan diaduk dengan menggunakan *magnetic stirer* pada temperatur 90°C dan kecepatan 1,5 mod selama 1 jam. Kecepatan titrasi adalah 2 mL/menit. Larutan hasil pengadukan kemudian disaring dan diambil filtratnya. Sebagian dari hasil penyaringan kemudian dikeringkan didalam *furnace* dengan temperatur 100°C.

G. Pengujian korosi

Sampel yang digunakan adalah dari pipa besi PDAM dengan ukuran 1x1 cm² dan ketebalan 3 mm. Sampel yang telah dipotong kemudian diampelas dengan menggunakan mesin *grinder* dengan menggunakan amplas grit 400, 600, 800, 1000, dan 2000 dengan tujuan untuk meratakan dan menghilangkan cat dan korosi pada permukaan sampel. Mesin *grinder* di atur sehingga bekerja dengan kecepatan putaran mesin 25 rpm sampai lapisan pada permukaan sampel hilang dan tidak ada lagi yang menutupi sampel yang akan di uji korosi. Setiap pergantian grit ampelas dilakukan tahap pengeringan – pencucian dengan air – pengeringan – ditetesi etanol – dikeringkan dengan *hairdryer*. Setelah dilakukan pengamplasan selanjutnya sampel disimpan dalam plastik klip dengan ditambahkan silika gel yang bertujuan untuk menyerap kelembaban sehingga sampel tidak cepat terserang korosi saat disimpan. Setelah sampel diampelas secara bertahap dari grit 400 hingga grit 2000, sampel kemudian dipoles menggunakan kain bludru dengan alumina sebagai oksida polesnya. Proses

pemolesan dilakukan hingga didapatkan permukaan sampel yang mengkilap.

Larutan uji yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah larutan garam dan larutan lumpur Lapindo. Larutan garam dibuat dengan melarutkan NaCl SAP ke dalam aquades. Larutan garam dikondisikan sehingga mirip dengan kandungan yang ada pada air laut yaitu 3,5%.

$$\text{NaCl } 3,5\% \rightarrow \frac{\text{massa NaCl SAP}}{\text{massa aquades}} \times 100\% = 3,5\% \quad (1)$$

Berdasarkan ASTM G31-72 untuk uji rendam skala laboratorium, volume larutan uji yang digunakan adalah 0,4 kali luas permukaan sampel. Maka dengan luas permukaan sampel sebesar 3,2cm², larutan uji yang digunakan adalah sebanyak :

$$\text{Volume larutan} = 0,4 \times 3,20 \text{ cm}^2 = 1,28 \text{ cL} = 128 \text{ mL}$$

Larutan yang digunakan sebagai inhibitor adalah senyawa natrium silikat yang disintesis dengan metode M1, M2 dan metode A. Sedangkan volume inhibitor yang ditambahkan pada masing-masing larutan bervariasi dari tanpa inhibitor (0 ml) serta dengan penambahan inhibitor 2 ml, 4 ml, 6 ml, 8 ml, 10 ml dan 12 ml.

Setelah 5 hari lama perendaman, sampel diangkat dari larutan uji untuk kemudian dibersihkan. Langkah-langkah pembersihan sampel sesuai standar (NACE RP0775-2005) adalah sebagai berikut:

- a) Setelah perendaman sampel selama lima hari, sampel dikeluarkan dari larutan uji kemudian dicelupkan ke dalam air sabun dan dibersihkan dengan menggunakan spons. Proses ini diperlukan untuk menghilangkan kandungan minyak atau lemak yang ada pada permukaan sampel.
- b) Sampel dibilas menggunakan aquades kemudian dicelupkan ke dalam *acetone*. Setelah itu, sampel dikeringkan dengan hembusan udara dari *hairdryer*.
- c) Setelah kering, sampel dimasukkan ke dalam larutan *pickling* yang dibuat dengan mencampurkan 100 ml HCl teknis dengan 100 ml aquades. Tujuan dari proses ini adalah untuk menghilangkan *scale* yang timbul dari proses korosi. Proses ini dilakukan dalam mesin *ultrasonic cleaner* selama 2 menit.
- d) Setelah proses penghilangan *scale*, sampel dicelupkan ke dalam larutan Natrium bikarbonat (NaHCO_3) lewat jenuh selama 1 menit untuk menghilangkan suasana asam. Setelah itu, sampel dibilas dengan aquades.

Sampel dicelupkan kembali ke dalam *acetone*, dan dikeringkan menggunakan *hairdryer*. Setelah sampel kering dilakukan penimbangan untuk menghitung berat akhir dari masing-masing sampel.

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 :

$$CR = \frac{K \cdot W}{D \cdot A \cdot t} \quad (2)$$

dengan:

CR = *corrosion rate* (laju korosi)

K = konstanta laju korosi

- T = waktu dalam (jam)
 A = luas area logam (cm²)
 W = selisih massa setelah dengan sebelum korosi (g)
 D = massa jenis (g/cm³)

Sedangkan Pengurangan laju korosi karena adanya penambahan inhibitor menunjukkan efisiensi inhibitor tersebut. Efisiensi inhibitor dapat dihitung dengan perhitungan berikut (Roberge, 2000) :

$$\text{Efisiensi inhibitor (\%)} = \frac{(CR_{\text{non inh}} - CR_{\text{inh}})}{CR_{\text{non inhibitor}}} \times 100\% \quad (3)$$

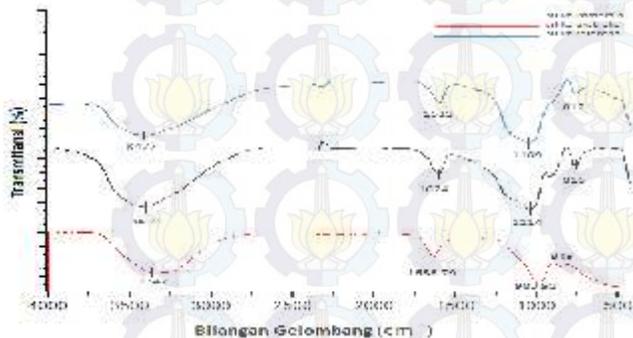
dimana CR adalah laju korosi (*corrosion rate*).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

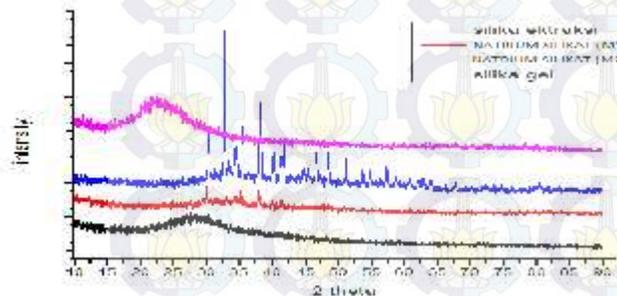
A. Hasil Sintesis Nanosilika

Nanosilika hasil ekstraksi lumpur lapindo selanjutnya diujikan FTIR dan XRD. Gambar 3.1 merupakan hasil pengujian spektrum nanosilika hasil ekstraksi dengan perbandingan nanosilika komersial dan nanosilika referensi (Januar, 2013). Dari pengujian FTIR ini diketahui beberapa gugus fungsi yang terjadi pada rentang bilangan gelombang 500 – 4000 cm⁻¹ melalui setiap puncak (*peak*) yang muncul.

Berdasarkan gambar 3.1, terlihat pada bilangan gelombang 983.34 merupakan milik Si-O(Na) *stretching*, bilangan 1636 merupakan milik C-O *bending* sedangkan bilangan 849 menandai adanya gugus fungsi O-Si-O. Selain



Gambar 3.1 XRD silika referensi dan komersial (Januar,2013)



Gambar 3.2 Pengujian XRD natrium silikat dan silika ekstraksi itu, gugus fungsi O-H (molekul air) juga teramati pada bilangan gelombang 3347. Disamping itu, dilakukan juga uji XRD dengan menggunakan radiasi Cu K- pada rentang sudut 5° – 60° untuk mengetahui tingkat kemurnian natrium silikat hasil sintesis. Hasil dari pengujian XRD dapat dilihat pada Gambar 3.2

Berdasarkan pada hasil uji XRD pada Gambar 3.2, senyawa silika memiliki puncak bentuk amorf dengan sudut $2\theta = 24,47^\circ$. Sedangkan untuk natrium silikat hasil ekstraksi

metode 1 (M1) dan metode 2 (M2) memiliki hasil yang lebih acak dimana terdapat banyak puncak lain yang mengindikasikan adanya unsur-unsur lain.

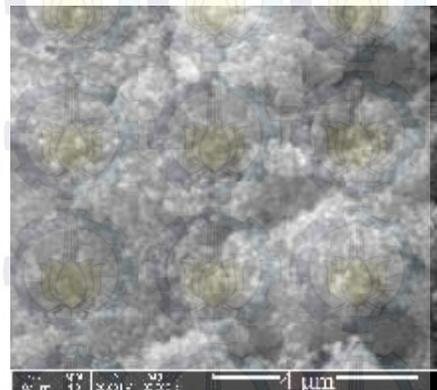
Sedangkan, untuk analisa ukuran partikel menggunakan persamaan Scherrer dimana diketahui terlebih dahulu nilai FWHM (*Full Width at Half Maximum*) yang terukur.

Tabel 2 Hasil XRD nilai FWHM.

Senyawa	Pos. [°2Th.]	FWHM Left [°2Th.]
Silika komersial	21.7093	0.1224
silika ekstraksi	27.9564	0.0900
Natrium silika ekstraksi (m3)	33.3053	0.0327
Silika ekstraksi referensi (Fauzan)	25.8336	0.0254

Sebagai perbandingan, juga dilakukan terhadap silika komersial, natrium silika hasil ekstraksi (Aditya, 2014) dan silika ekstraksi (*Adziimaa, 2013). Dari tabel 4.1 selanjutnya dapat diketahui ukuran partikel untuk silika komersial 75 nm, untuk silika hasil ekstraksi 95 nm, dan untuk natrium silikat hasil ekstraksi metode III (Aditya, 2014) 263 nm, dan untuk silika ekstraksi referensi (*Adziimaa, 2013) 335 nm. Perubahan ukuran partikel ini dampak dari perubahan ukuran serbuk lumpur lapindo yang dilakukan. Pada penelitian sebelumnya perlakuan lumpur hanya digerus tanpa memperhatikan ukuran sedangkan pada penelitian kali ini lumpur lapindo digerus hingga ukuran 270 mesh.

Sedangkan berdasarkan uji SEM dengan perbesaran 35.000x. Dari hasil SEM tersebut selanjutnya dilakukan analisis ukuran partikelnya menggunakan *free software Image-J*, keakuratan *software Image-J* ini mencapai 80% (Candra dkk, 2011). Berdasarkan analisis *software Image-J* ukuran partikel rata-rata berukuran 3,19 nm. Hasil ini lebih kecil daripada nanosilika referensi yang berukuran 4,119 nm – 26,8244 nm.



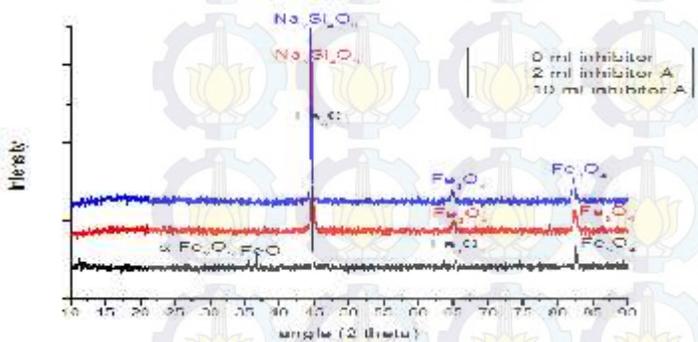
Gambar 3.3 Bentuk morfologi SEM nanosilika ekstraksi

B. Hasil Uji Korosi

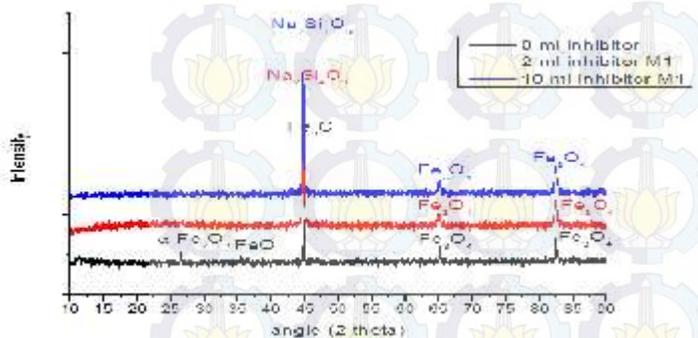
Setelah dilakukan uji korosi selama 5 hari, sampel uji mengalami korosi yang beragam, dimana terlihat bahwa sampel tanpa ditambahi inhibitor mengalami korosi terbanyak dibandingkan yang lain. Seiring dengan penambahan inhibitor tampak bahwa korosi yang terjadi juga semakin kecil, hal ini terlihat pada kondisi sampel dengan penambahan 2 ml inhibitor dan sampel dengan penambahan 10 ml inhibitor. Selain itu, seiring dengan penambahan inhibitor akan menyebabkan kenaikan pH larutan. Meskipun dengan penambahan inhibitor 2 ml saja mengakibatkan perubahan kenaikan pH yang signifikan, sebagaimana terlihat pada penambahan inhibitor 2 ml sampai dengan 12 ml. Hal ini dikarenakan inhibitor natrium silikat bersifat basa. Setelah 5 hari pengujian korosi, pH larutan mengalami penurunan. Penurunan pH ini terjadi akibat dari inhibitor natrium silikat yang terabsorpsi ke permukaan logam sebagaimana mekanisme kerja inhibitor korosi. Disamping itu perubahan pH yang tertinggi yaitu pada penambahan inhibitor 2 ml untuk masing-masing variasi metode inhibitor.

Sampel hasil pengujian, juga diuji menggunakan XRD untuk mengetahui produk korosi yang terjadi. Secara umum, dari hasil pengujian didapatkan berbagai senyawa produk korosi. Gambar 3.4 gambar 3.5 dan gambar 3.6 merupakan representasi dari produk korosi sampel dengan menggunakan inhibitor natrium silikat A, M1 dan M2.

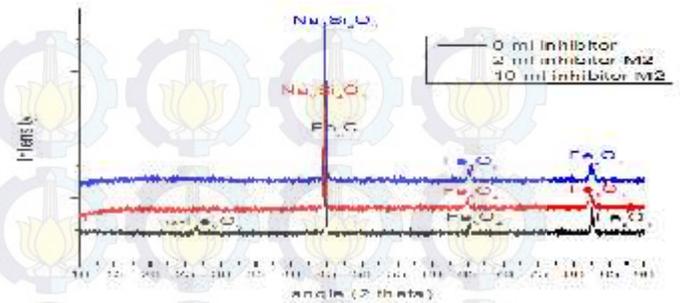
Adanya senyawa besi oksida yaitu FeO , $-\text{Fe}_2\text{O}_3$ dan Fe_3C menunjukkan produk korosi hasil reaksi elektrokimia antara ion-ion pada logam dengan ion oksida di lingkungan



Gambar 3.4 Produk korosi pada larutan NaCl 3,5% dengan inhibitor natrium silikat metode A



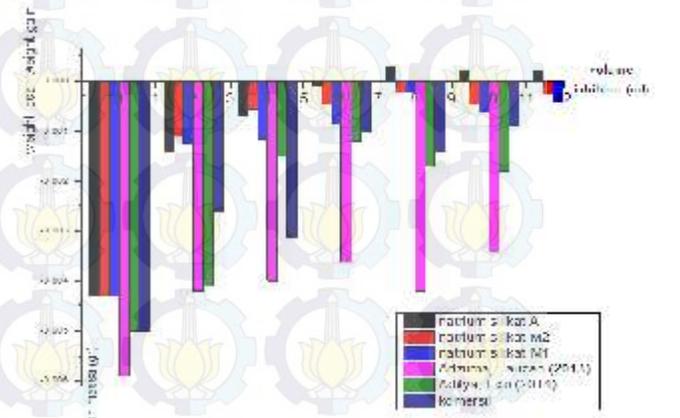
Gambar 3.5 Produk korosi pada larutan NaCl 3,5% dengan inhibitor natrium silikat metode M1



Gambar 3.6 Produk korosi pada larutan NaCl 3,5% dengan inhibitor natrium silikat metode M2

sekitar logam. Sedangkan untuk $\text{Na}_2\text{Si}_4\text{O}_9$ adalah senyawa silikat yang terbentuk hasil reaksi antara ion Na^+ pada larutan garam dan inhibitor dengan silika pada natrium silikat selama proses uji korosi. Senyawa tersebut merupakan senyawa pembentuk lapisan pelindung hasil reaksi antara ion-ion pada logam dengan inhibitor

Selama 5 hari perendaman sampel mengalami perubahan massa akibat proses korosi. Terlihat bahwa seiring penambahan volume inhibitor yang diberikan terjadi perubahan penurunan massa (*weight loss*) pada sampel uji. Namun tidak demikian untuk sampel pada penambahan inhibitor A volume 8 ml, 10 ml dan 12 ml dimana terjadi kenaikan massa sampel (*weight gain*) sebesar 0,0002-0,0003 gram seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.7.



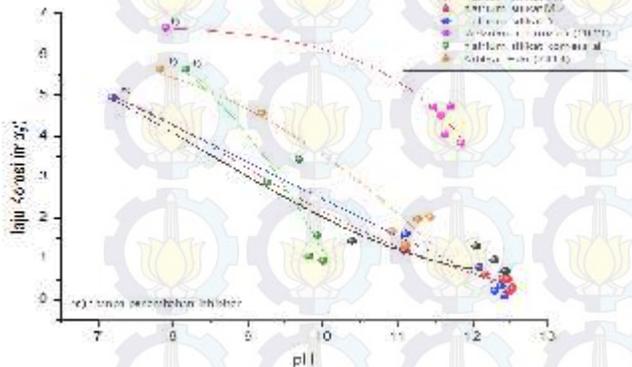
Gambar 3.7 Perubahan massa yang terjadi sesuai penambahan inhibitor penambahan volume inhibitor

Jika *weight loss* menandakan adanya proses korosi (*corrosion process*), maka *weight gain* tersebut akibat dari *passivation process* yang terbentuk antara lingkungan dengan unsur pada sampel tersebut. Disamping itu, tampak bahwa semakin banyak penambahan inhibitor natrium silikat yang diberikan, maka semakin kecil *weight loss* yang terjadi. Hal ini membuktikan bahwa inhibitor telah berhasil menghambat laju korosi (*corrosion rate*) yang terjadi.

Selanjutnya diketahui bahwa jumlah volume penambahan inhibitor berbanding terbalik dengan laju korosi yang terjadi. Pada penambahan inhibitor 4 ml mulai mampu menekan laju korosi yang cukup besar yaitu sebesar 1,326 mpy untuk inhibitor M1, 0,634 mpy untuk inhibitor M2 dan 0,807 mpy untuk inhibitor A. Disamping itu jika dibandingkan

dengan penelitian sebelumnya (Aditya, 2014) dan ('Adziimaa, 2013) performansi inhibitor hasil sintesis lebih mampu menahan laju korosi yang lebih baik. Hal ini terlihat bahwa sampel uji dengan penambahan natrium silikat M1, M2 dan A memiliki laju korosi yang lebih kecil. Nilai pH larutan juga mempengaruhi, dimana saat pH bertambah basa maka korosi yang terjadi juga semakin kecil. Adapun hubungan kenaikan pH larutan dengan laju korosi yang terjadi terlihat pada gambar 3.8 dibawah ini.

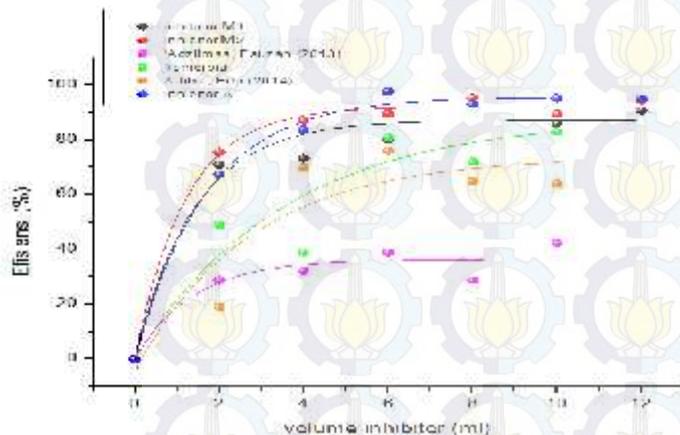
Efisiensi inhibitor natrium silikat cenderung meningkat seiring dengan penambahan volume inhibitor yang dilakukan. Pada gambar 3.9 tampak bahwa nilai efisiensi pada



Gambar 3.8 Bentuk Pengaruh pH terhadap laju korosi pada larutan garam.

penambahan volume inhibitor 8 ml–12 ml cenderung memiliki selisih yang sangat kecil, sehingga grafik mulai mendatar.

Jika pada penelitian sebelumnya (Aditya, Edo, 2014) efisiensi inhibitor sintesis pada larutan garam lebih kecil daripada efisiensi natrium silikat komersial, maka pada



Gambar 3.9 Bentuk Pengaruh pH terhadap laju korosi pada larutan garam.

penelitian kali ini efisiensi inhibitor sintesis metode m1, m2 dan A memiliki nilai yang lebih tinggi daripada natrium silikat komersial. Hal ini terlihat bahwa pada penambahan inhibitor 10 ml, efisiensi inhibitor m1 90%, inhibitor m2 94% dan inhibitor A 95%. Sedangkan efisiensi inhibitor dengan natrium silikat komersial hanya sebesar 85% dan inhibitor dari penelitian sebesar Edo 60%. Dari hasil uji korosi yang telah dilakukan dengan menggunakan inhibitor dari ketiga metode, diperoleh bahwa hanya butuh 2 ml inhibitor untuk mencapai efisiensi yang sama dengan inhibitor natrium silikat komersial dengan volume 6 ml, dan 8 ml untuk inhibitor referensi.

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa silika hasil ekstraksi telah berhasil berukuran nano, yaitu sebesar 95 nm dengan analisis perhitungan menggunakan persamaan Scherrer dan 3,19 nm dari pengujian menggunakan SEM dan analisis *software image-j*. Inhibitor natrium silikat sintesis mampu menahan laju korosi sampai 0,115 mpy, dengan efisiensi inhibitor natrium silika hasil sintesis tertinggi yaitu sebesar 95,35% dengan metode sintesis silika dan NaOH. Adapun berdasarkan pengujian korosi dengan media air garam (NaCl 3.5%) diperoleh bahwa hanya perlu 2 ml inhibitor natrium silikat hasil sintesis untuk mencapai efisiensi yang sama dengan 6 ml inhibitor natrium silikat komersial dan 8 ml inhibitor referensi (Aditya, 2014). Metode terbaik untuk menghasilkan natrium silikat dengan efisiensi tertinggi adalah dengan mengekstraksi nanosilika dari hasil pelarutan lumpur lapindo dalam NaOH (7M) untuk kemudian disintesis menjadi natrium silikat dari 6 gr silika ekstraksi dengan NaOH 8 gr dalam 10 ml aquades

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdullah, M. dkk. 2008. *Review : Sintesis Nanomaterial*. Jurnal Nanosains & Nanoteknologi. Vol 1. No. 2, Institut Teknologi Bandung.
- [2] Aditya, E. 2014. *Penentuan Metode Ekstraksi dan Uji performansi Inhibitor Natrium Silikat pada Ductile Cast Iron*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Fisika ITS.
- [3] 'Adziimaa, A. F. 2013. *Sintesis Natrium Silikat dari Lumpur Lapindo sebagai Inhibitor Korosi*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Fisika ITS.
- [4] Aristianto, 2006, *Pemeriksaan Pendahuluan Lumpur Panas Lapindo Sidoarjo*, Tidak diterbitkan, Balai Besar Keramik Departemen Perindustrian, Bandung.
- [5] Callister, William. 2007. *Materials Science and Engineering*. Department of Metallurgical Engineering The University of Utah: John Wiley & Sons, Inc.
- [6] Dalimunthe, Indra Surya. 2004. *Kimia Dari Inhibitor Korosi*. Program Studi Teknik Kimia. Universitas Sumatera Utara.
- [7] Fadli, A. F. dkk. 2013. *Ekstraksi Silika dalam Lumpur Lapindo Menggunakan Metode Kontinyu*. *Kimia.Student Journal* Vol. 1, No. 2, pp 182-187. Universitas Brawijaya Malang.
- [8] Gao, H. dkk. 2011. *Study of the Corrosion Inhibition Effect of Sodium Silicate on AZ91D Magnesium Alloy*: *Corrosion Science* 53 1401-1407.
- [10] Januar, Ahmad, Arifudin, Ahmad, Munasir. 2013. *Pengaruh pH Akhir Larutan pada Sintesis Nanosilika dari Bahan Lusi dengan Metode Kopresipitasi*. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia* Vol. 02 No. 03. 7 – 10.
- [11] Utomo, Budi. 2009. *Jenis-jenis Korosi dan Penanggulangannya*. *Jurnal KAPAL*, Vol. 6, No. 2, Universitas Diponegoro.