

**EFISIENSI NATRIUM SILIKAT (Na_2SiO_3) HASIL
EKSTRAKSI DARI LUMPUR LAPINDO SEBAGAI
INHIBITOR KOROSI PADA PIPA *DUCTILE CAST IRON*
DI LINGKUNGAN AIR LAUT**

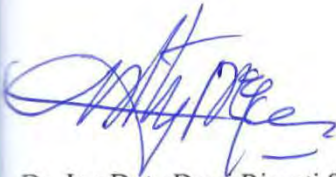
TUGAS AKHIR

Oleh :
Syaiful Hak
NRP. 2412 105 006

Surabaya, 24 Juli 2014
Mengetahui/Menyetujui,

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Dr.-Ing. Doty Dewi Risanti, ST, MT
NIPN. 19740903 199802 2 001



Lizda Johar Mawarani, ST, MT
NIPN. 19740815 199703 2 001

Ketua Jurusan
Teknik Fisika FTI – ITS,



Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA
NIPN. 19650309 1990021 001

**EFISIENSI NATRIUM SILIKAT (Na_2SiO_3) HASIL
EKSTRAKSI DARI LUMPUR LAPINDO SEBAGAI
INHIBITOR KOROSI PADA PIPA *DUCTILE CAST IRON*
DI LINGKUNGAN AIR LAUT**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Bidang Studi Rekayasa Bahan
Jurusan S-1 Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh November
Surabaya

**Oleh :
Syaiful Hak
NRP. 2412 105 006**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

- | | | |
|--|-------|----------------|
| 1. Dr. Ing. Doty Dewi Risanti, ST, MT. | | (Pembimbing 1) |
| 2. Lizda Johar Mawarani, ST, MT. | | (Pembimbing 2) |
| 3. Ir. Zulkifli, MSc. | | (Penguji 1) |
| 4. Ir. Purwadi Agus Darwito, MSc. | | (Penguji 2) |
| 5. Arif Abdurrahman, ST, MT. | | (Penguji 3) |

**SURABAYA
JULI, 2014**

**EFISIENSI NATRIUM SILIKAT (Na_2SiO_3) HASIL EKSTRAKSI
DARI LUMPUR LAPINDO SEBAGAI INHIBITOR KOROSI
PADA PIPA DUCTILE CAST IRON DI LINGKUNGAN
AIR LAUT**

Nama : Syaiful Hak
NRP : 2412.105.006
Program Studi : S1 Teknik Fisika
Jurusan : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing I : Dr.-Ing. Doty Dewi Risanti, ST, MT
Dosen Pembimbing II : Lizda Johar Mawarani, ST, MT

ABSTRAK

Lumpur lapindo sudah terjadi sejak tahun 2006 dengan semburan mencapai 35 m³ perharinya, sehingga lumpur lapindo banyak menggenangi perumahan warga dan banyak merugikan warga disekitar pusat semburan lumpur. Setelah dilakukan penelitian ternyata lumpur lapindo mempunyai banyak kandungan silika, dimana silika ini bisa dibuat menjadi inhibitor natrium silikat (Na_2SiO_3) dengan mencampurkan lumpur lapindo dengan natrium hidroksida (NaOH). Dalam penelitian ini metode ekstraksi yang digunakan ada 2. Metode pertama mengacu pada penelitian (Aditya, 2014) dan metode kedua mengacu pada penelitian (Mustofa, 2013). Pengujian korosi dilakukan dengan menggunakan 3 inhibitor yaitu inhibitor komersil, inhibitor sintesis 1 dan inhibitor sintesis 2 yang diuji pada 2 larutan uji yaitu larutan air laut dan larutan air laut + lumpur. Sebagai inhibitor natrium silikat hasil sintesis 1 dan sintesis 2 bekerja cukup efektif pada lingkungan air laut + lumpur dibandingkan inhibitor komersil, akan tetapi pada lingkungan air laut inhibitor komersil memiliki efisiensi yang hampir sama dengan inhibitor hasil sintesis. Penambahan inhibitor 10 ml pada media uji air laut + lumpur, natrium silikat hasil sintesis 1 memberikan perlindungan terbaik dengan efisiensi sebesar 83,26%. Produk korosi akibat lingkungan air laut maupun air laut + lumpur hampir tidak ada perbedaan yaitu $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ dan Fe_3O_4 .

Kata Kunci : inhibitor korosi, natrium silikat, sintesis dan lumpur lapindo.

**EFFICIENCY OF NATRIUM SILICATE (Na_2SiO_3) EXTRACTED
FROM LAPINDO MUD AS CORROSION INHIBITOR APPLIED
TO DUCTILE CAST IRON PIPE IN SEA WATER
ENVIRONMENTS**

Name	: Syaiful Hak
NRP	: 2412.105.006
Program Study	: S1 Physics Engineering
Department	: Physics Engineering FTI-ITS
Supervisor I	: Dr.-Ing. Doty Dewi Risanti, ST,MT
Supervisor II	: Lizda Johar Mawarani, ST. MT

ABSTRACT

Lapindo mud has been taking place since 2006 wich is bursting of 35 m³ per day. The mudflow has destroyed the populated housing. According to some researches lapido mud contains, a lot of silica which is potential for being used as natrium silicate (Na_2SiO_3) through mixing the mud with natrium hidroxide (NaOH). This reseach used two methods. the first one to refers to (Aditya, 2014) and the latter is according to (Mustofa, 2013). Corrosion testing is performed using 3 inhibitor, that is commercial inhibitor, synthesis inhibitor 1, synthesis inhibitor 2 which is tested on two test solution , it is sea water solution and sea-water + mud solution . As an inhibitor of the natrium silicate synthesis , results synthesis 1 and synthesis 2 work effectively on the sea water + mud than commercial inhibitor, but on environment of sea water commercial inhibitor has similar efficiency with synthesis results inhibitor. The addition of 10 ml inhibitor on media test ocean water + mud, synthesis results natrium silicate 1 provides the best protection with the efficiency of 83,26%. The products of corrosion due to sea water nor sea water + mud almost no difference, that is $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ and Fe_3O_4 .

keywords: corrosion inhibitors, natrium silicate, synthesis and lapindo mud

BAB II DASAR TEORI

2.1 Kandungan Pada Air Laut

Air laut adalah zat pelarut yang bersifat sangat berdaya guna, yang mampu melarutkan zat-zat lain dalam jumlah yang lebih besar dari pada zat cair lain. Sifat ini dapat dilihat dari banyaknya unsur-unsur pokok yang terdapat dalam air laut. Diperkirakan hampir sebesar 48.000 trilliun ton garam yang larut dalam air laut. Garam-garaman tersebut terdiri dari *sodium chlorida* 38.000 trilliun ton, *sulphates* 3.000 trilliun ton, *magnesium* 1.600 trilliun ton, *potassium* 480 trilliun ton dan *bromide* 83 trilliun ton. Klorida merupakan zat yang paling banyak terkandung dalam air laut. Sedangkan zat sodium (NaCl) atau garam dapur merupakan zat klorida yang persentasenya paling besar [Dermanto, 2007]. Apabila dipresentasikan sebagai berikut :

Tabel 2.1 Kandungan dari Air Laut

Menurut Clarke		Menurut Lyman dan Fleming	
NaCl ₃	0,34%	NaCl	68,1%
NaCl	77,70%	MgCl	14,4%
MgCl ₂	10,88%	CaCl	3,2%
MgSO ₄	4,74%	KCl	1,9%
CaSO ₄	3,60%	NaCO ₄	11,4%
K ₂ SO ₄	2,64%	NaHCO ₄	0,6%
MgBr	0,22%	KBr	0,3%

Jika dilihat maka zat yang paling besar dalam air laut ialah kandungan klorida, dan presentase klorida yang paling tinggi yaitu pada zat sodium klorida (NaCl).

Air laut secara alami merupakan air *saline* yang mengandung 3,5 % garam-garaman. keberadaan garam-garam tersebut mempengaruhi sifat fisis air laut seperti densitas, kompresibilitas, titik beku, dan temperature dimana densitas menjadi maksimum beberapa tingkat. Beberapa sifat seperti viskositas, daya serap cahaya tidak terpengaruh secara signifikan oleh salinitas. Dua sifat yang sangat ditentukan oleh jumlah

garam di laut (salinitas). Jika dikaitkan dengan laju korosi maka air laut merupakan larutan yang sangat cepat dalam mengantarkan laju korosi, hal ini disebabkan karena air laut memiliki kandungan zat pengantar korosi yang sangat baik seperti klorid dan sulfat.

2.2 Salinitas Air Laut

Salinitas air laut merupakan bilangan yang menunjukkan berapa gram kandungan garam yang terlarut dalam air laut tiap kilogram (gr/kg) dan dinyatakan dalam persen (%). Konsentrasi rata-rata seluruh garam yang terdapat pada air laut sebesar 3% dari berat sebelumnya (berat air).

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi besar-kecilnya salinitas air laut, yaitu :

- Penguapan: apabila penguapan pada air laut semakin besar maka salinitas akan semakin tinggi, sebaliknya semakin kecil penguapan maka salinitasnya semakin rendah.
- Curah hujan: semakin banyak curah hujan yang terjadi, maka salinitas akan semakin rendah, sebaliknya semakin kecil curah hujan yang terjadi, maka salinitas akan semakin tinggi.
- Air sungai yang bermuara ke air laut: apabila semakin banyak sungai yang bermuara pada air laut maka salinitasnya akan semakin rendah.
- Letak dan ukuran air laut: laut yang tidak berhubungan dengan laut lepas dan terdapat di daerah arid, maka salinitasnya tinggi.
- Arus laut: laut yang dipengaruhi arus panas maka salinitasnya akan tinggi, sebaliknya laut yang dipengaruhi arus dingin maka salinitasnya akan rendah.
- Angin: kelembapan udara diatas permukaan air laut akan berhubungan dengan penguapan sehingga apabila kelembapan udara di atas air laut tinggi maka salinitasnya akan semakin tinggi.

Jika dibandingkan dengan air sungai maka kandungan klorida dan sulfat dari air laut lebih tinggi, berikut perbandingan komposisi garam-garaman air laut dan air sungai.

Tabel 2.2 Komposisi Garam–garaman Air Laut dan Air Sungai

Kandungan	Air Laut (%)	Air Sungai (%)
Klorida	88,7	5,2
Sulfat	10,8	9,9
Karbonat	0,3	60,1
Bahan lainnya	0,2	24,8

Dari tabel diatas terdapat perbedaan komposisi garam–garaman antara air laut dengan air sungai pada kandungan klorida dan karbonat faktor tersebut disebabkan karena :

- a) Sedikitnya kalsium karbonat (CaCO_3) pada air laut disebabkan karena CaCO_3 di laut biasanya digunakan oleh binatang–binatang laut sebagai bahan rangkanya seperti kerang–kerangan, foraminifera dan sebagainya.
- b) Besarnya kandungan klorida pada air laut disebabkan karena klorida sukar bersenyawa dengan organisme lain. Sedangkan sedikitnya klorida pada air tawar disebabkan karena :
 - Batuan kontinen terdiri dari batuan yang mudah luluh (terlarut)
 - NaCl dan susunan klorida lainnya terikat pada tumbuh–tumbuhan.

Selain itu banyaknya klorida dan sedikitnya kalsium karbonat di laut, karena adanya perubahan–perubahan laut sepanjang masa, yaitu pemunduran (regresi atau irigasi) dan perluasan laut ke darat (transgresi).

2.3 Macam–macam Korosi di Air Laut

Air laut merupakan larutan yang dapat menghantar korosi dengan baik karena adanya kandungan klorida yang tinggi [Sasono, 2010], korosi yang sering terjadi pada air laut yaitu :

- a) Korosi Merata (*uniform corrosion*)

Korosi merata terjadi akibat adanya kontak langsung antara logam dengan lingkungan (air laut) sehingga terjadi reaksi elektrokimia yang terjadi secara merata diseluruh permukaan logam.

b) Korosi Sumuran (*pitting corrosion*)

Korosi pelobang ini terjadi pada permukaan logam yang tidak merata atau berlobang, sehingga logam tersebut akan semakin mengalami kerusakan. Korosi jenis ini akan sangat sulit di deteksi karena lubang-lubang hasil degradasi akan tertutup oleh karat.

c) Korosi Tegangan (*stress corrosion*)

Korosi tegangan ini biasanya terjadi pada bagian yang memiliki beban yang sangat besar sehingga akan terjadi awal retakan.

d) Korosi Erosi (*erosion corrosion*)

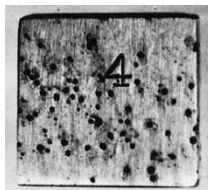
Korosi korosi ini terjadi akibat adanya aliran dari suatu fluida yang korosif pada permukaan suatu logam. Korosi erosi ini sering terjadi pada bagian lekukan, cembungan, lubang dan kerusakan pada permukaan logam.

e) Korosi Celah (*crevice corrosion*)

Korosi celah ini adalah korosi yang menyerang pada bagian celah, daerah jepitan, sambungan dan daerah yang di tutupi binatang dan tumbuhan kecil.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Gambar 2.1 Jenis korosi (a) korosi merata (b) korosi pelobangan (c) korosi tegangan (d) korosi erosi (e) korosi celah

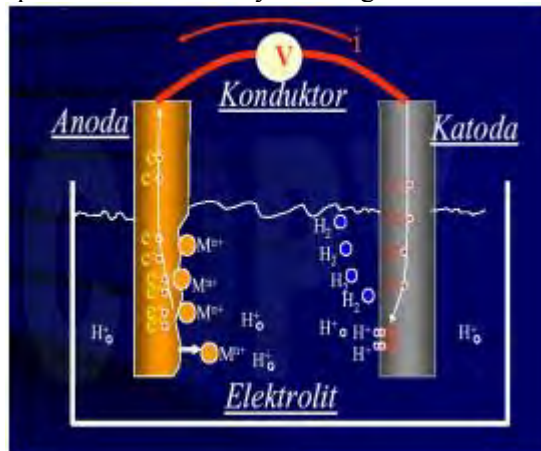
2.4 Pencegahan Korosi Pada Air Laut

Ada beberapa cara yang dapat digunakan untuk mencegah laju korosi pada lingkungan air laut antara lain [Trethewey, 1991]

a) Perlindungan Korosi dengan Anoda Korban

Pada umumnya pencegahan korosi yang terjadi pada air laut seperti pipa yang melalui air laut menggunakan pencegahan korosi dengan cara anoda korban, ada dua jenis anoda korban yang biasa digunakan, yaitu dengan metode anoda korban (*sacrificial anode*) dan dengan metode arus tanding (*impressed current*). Anoda korban lebih murah dan mudah dipasang jika dibandingkan dengan metode arus tanding.

Cara kerja metode proteksi katodik yaitu dengan menggunakan konsep sel korosi basah seperti pada gambar. Sel korosi yaitu dalam suatu sel, anodal adalah yang terkorosi sedangkan yang tidak terkorosi adalah katode. Anoda – anoda inilah yang dihubungkan ke struktur dengan tujuan mengefektifkan perlindungan terhadap korosi. Anoda karbon yang sering digunakan pada daerah air laut yaitu seng dan aluminium.

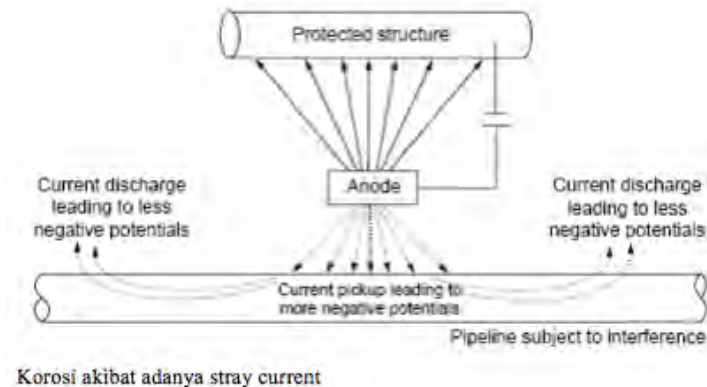


Gambar 2.2 Sel korosi basah sederhana

b) *Imprassed Current*

Cara kerja dari metode *imprassed current* yaitu perlindungan dengan memberikan elektron pada material pipa

dengan jalan menggunakan sumber arus listrik dari luar sistem. Elektron yang diberikan berasal dari anode permanen yang terbuat dari logam. Sumber arus listrik yang digunakan berasal dari luar sistem sehingga pengendalian laju korosi dengan *impressed current* ini memerlukan biaya yang sangat mahal.



Gambar 2.3 Prinsip kerja dari *impressed current*

2.5 Inhibitor Sebagai Pengendali Korosi

Suatu inhibitor kimia adalah suatu zat kimia yang dapat menghambat atau memperlambat suatu reaksi kimia. Secara khusus, inhibitor korosi merupakan suatu zat kimia yang bila ditambahkan kedalam suatu lingkungan tertentu, dapat menurunkan laju penyerangan lingkungan itu terhadap suatu logam.

Adapun mekanisme kerja inhibitor dapat dibedakan sebagai berikut :

- Inhibitor teradsorpsi pada permukaan logam, dan membentuk suatu lapisan tipis dengan ketebalan beberapa molekul inhibitor. Lapisan ini tidak dapat dilihat oleh mata biasa, namun dapat menghambat penyerangan lingkungan terhadap logamnya.
- Melalui pengaruh lingkungan (misal pH) menyebabkan inhibitor dapat mengendap dan selanjutnya teradsorpsi pada permukaan logam serta melindunginya terhadap korosi.

Endapan yang terjadi cukup banyak, sehingga lapisan yang terjadi dapat teramati oleh mata.

- c) Inhibitor lebih dulu mengkorosi logamnya, dan menghasilkan suatu zat kimia yang kemudian melalui peristiwa adsorpsi dari produk korosi tersebut membentuk suatu lapisan pasif pada permukaan logam.
- d) Inhibitor menghilangkan kontituen yang agresif dari lingkungannya.

Berdasarkan sifat korosi logam secara elektrokimia, inhibitor dapat mempengaruhi polarisasi anodik dan katodik. Bila suatu sel korosi dapat dianggap terdiri dari empat komponen yaitu: anoda, katoda, elektrolit dan penghantar elektronik, maka inhibitor korosi memberikan kemungkinan menaikkan polarisasi anodik, atau menaikkan polarisasi katodik atau menaikkan tahanan listrik dari rangkaian melalui pembentukan endapan tipis pada permukaan logam. Mekanisme ini dapat diamati melalui suatu kurva polarisasi yang diperoleh secara eksperimental.

Secara umum, inhibitor dapat dibagi atas beberapa kategori yaitu inhibitor anodik dan katodik. Inhibitor anodik bekerja dengan cara memperlambat reaksi anodik [Butarbutar dkk, 2011]. Adanya reaksi ion-ion logam yang terkorosi, menghasilkan lapisan pasif tipis yang akan menutupi anoda (permukaan logam) yang kemudian akan menghalangi pelarutan anoda selanjutnya. Senyawa yang biasa digunakan sebagai inhibitor anodik adalah Kromat, Nitrit, Nitrat, Molibdat, Silikat, Fosfat, Borat. Sedangkan inhibitor katodik adalah inhibitor yang bekerja dengan cara memperlambat reaksi katodik. Inhibitor bereaksi dengan OH^- untuk mengendapkan senyawa-senyawa yang tak larut pada permukaan logam sehingga menghalangi masuknya O_2 . Senyawa yang biasa digunakan dalam inhibitor katodik adalah Zn , CaCO_3 , Poliposfat.

Efektifitas dari inhibitor ini sangat bergantung pada komposisi kimia dari inhibitor itu sendiri, terutama pada sifat afinitasnya terhadap permukaan logam. Dari beberapa jenis dari inhibitor tersebut, masing-masing memiliki tingkat efisiensi tertentu pula tergantung pada senyawa yang digunakan.

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

$$\text{Efisiensi inhibitor (\%)} = \frac{(CR_{\text{noninh}} - CR_{\text{inh}})}{CR_{\text{noninhibitor}}} \times 100\% \quad (2.1)$$

dimana CR adalah laju korosi (*corrosion rate*). Untuk efisiensi pada non inhibitor maka nilai CR_{inh} sama dengan CR_{noninh}

Pada dasarnya, dengan menambah volume atau konsentrasi inhibitor yang digunakan akan meningkatkan efisiensinya. Dengan meningkatnya efisiensi, berarti laju korosi yang terjadi pasti akan menurun pula. Setiap inhibitor yang digunakan memiliki metode-metode tertentu dalam kinerjanya. Seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.3, senyawa inhibitor $M_x(PO_4)_y$ terhidrolisis kedalam larutan menuju ke permukaan logam sehingga bereaksi dengan ion-ion yang ada pada permukaan logam. Reaksi ini akan menghasilkan endapan berupa $FePO_4$ dan $M(OH)_x$. Senyawa inilah yang akan menutupi permukaan logam sehingga mencegah terjadinya reaksi antara logam dengan lingkungan. Semakin banyak inhibitor yang digunakan akan berarti akan menambah lapisan pasif yang akan terbentuk.

2.6 Perhitungan Laju Korosi

Perhitungan laju korosi yang sering digunakan yaitu dengan menggunakan metode kehilangan berat. Dimana parameter yang digunakan dalam metode kehilangan berat ini yaitu selisih berat sampel yang diujikan. Dengan mengacu pada standart ASTM G1-03 dan ASTM G31-72 di dapatkan melalui persamaan berikut :

$$CR = \frac{K.W}{D.A.t} \quad (2.2)$$

Dimana : $CR = \text{corrosion rate}$ (laju korosi)
 $K = \text{Konstanta laju Korosi}$ (Table 2.2)
 $T = \text{Waktu (jam)}$
 $A = \text{Luas Area Logam (cm}^2\text{)}$

W = Selisih massa sampel (g)

D = massa jenis (g/cm^3)

Terdapat beberapa konstanta yang digunakan dalam perhitungan laju korosi dan masing–masing konstanta memiliki nilai yang berbeda berdasarkan satuan yang akan digunakan.

Tabel 2.3 Konstanta Laju Korosi dalam Berbagai Unit

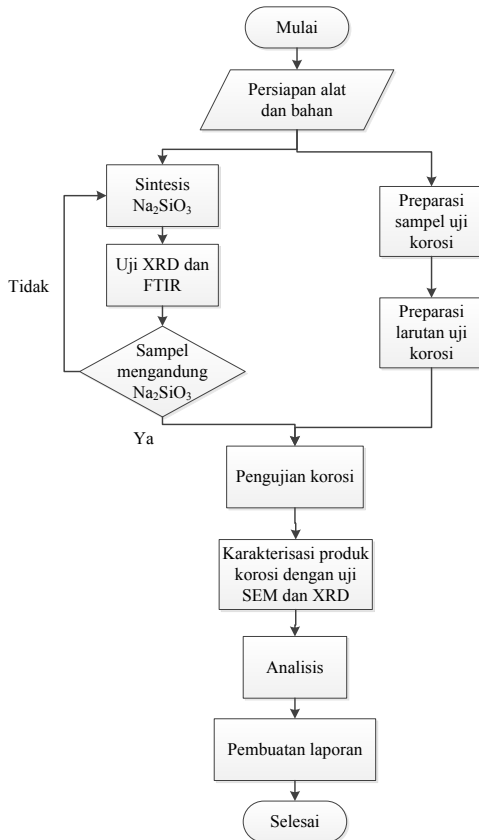
Laju Korosi dalam Berbagai Unit	Konstanta (K)
<i>Mils per year (mpy)</i>	3.45×10^6
<i>Inches per year (ipy)</i>	3.45×10^3
<i>Inches per month (ipm)</i>	2.87×10^2
<i>Milimetres per year (mm/y)</i>	8.76×10^4
<i>Mikrometres per year ($\mu\text{m/y}$)</i>	8.76×10^7
<i>Picometres per second (pm/s)</i>	2.78×10^6
<i>Grams pre square meter per hour ($\text{g/m}^2.\text{h}$)</i>	$1.00 \times 10^4 \times \text{D}^{\text{A}}$
<i>Miligrams per square decimeter per day (mdd)</i>	$2.40 \times 10^6 \times \text{D}^{\text{A}}$
<i>Micrograms per square meter per second ($\mu\text{g/m}^2.\text{s}$)</i>	$2.78 \times 10^6 \times \text{D}^{\text{A}}$

Halaman ini memang dikosongkan

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

Pada penelitian tugas akhir ini, metode penelitian menggunakan dua tahapan utama. Tahap pertama adalah sintesis natrium silikat dari bahan dasar lumpur Lapindo dan yang kedua adalah pengujian senyawa natrium silikat hasil sintesis sebagai inhibitor korosi. Skema metodologi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.1 Persiapan Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan untuk melakukan penelitian ini antara lain:

- Mesin gerinda
- *Magnetic stealer*
- Mesin *grinder*
- Mesin *polisher*
- Timbangan digital
- pH meter digital
- Gelas ukur
- Penjepit besi
- *Furnace*
- Kertas saring
- Amplas #400, #600, #800, #1000, #1200, dan #2000
- Gelas *beaker*
- Oven
- Spatula
- *Hairdryer*
- *Ultrasonic cleaner*
- Mortar
- Kain poles 0,1 μm
- Pipet tetes
- Selotip *double tape*
- Oven
- Gunting
- Kamera digital

Untuk bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini antara lain :

- Pipa besi PDAM
- HCl 37%
- NaOH SAP
- NaCl SAP
- Aquades
- Lumpur Lapindo Sidoarjo
- Alumina (Al_2O_3)
- *Acetone*
- Natrium bikarbonat (NaHCO_3)
- *Water glass* (Na_2SiO_3)

3.2 Sintesis Senyawa Natrium Silikat (Na_2SiO_3)

Pada penelitian ini, dilakukan beberapa tahapan dalam sintesis senyawa natrium silikat dari lumpur Lapindo, antara lain :

3.2.1 Preparasi lumpur Lapindo

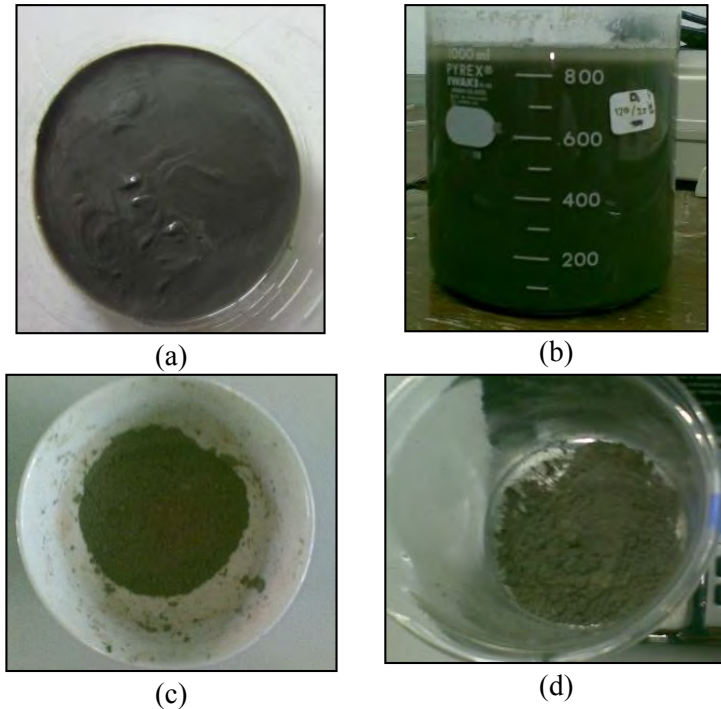
Lumpur lapindo yang digunakan yaitu lumpur panas Sidoarjo yang diambil 2 km dari pusat semburan. Sebelum disintesis menjadi Na_2SiO_3 lumpur terlebih dahulu dicuci. Pada penelitian ini ada 2 metode yang dilakukan untuk mencuci lumpur lapindo yaitu :

- Lumpur panas Sidorjo dicuci terlebih dahulu dengan larutan HCl 3M dan direndam pada wadah selama 4 jam, setelah itu

kemudian lumpur dicuci dan dibilas dengan aquades sebanyak 4 kali sampai HCl yang ada pada lumpur hilang. Semua proses pencucian ini bertujuan untuk menghilangkan pengotor – pengotor yang ada pada lumpur lapindo [Aditya, 2014].

- Lumpur panas Sidoarjo dicuci dengan aquades pada suatu wadah dan diaduk sampai merata. Setelah tercampur sampai merata kemudian lumpur tersebut didiamkan selama 24 jam sehingga lumpur tersebut mengendap. Setelah didiamkan selama 24 jam kemudian air aquades dibuang sehingga hanya didapatkan lumpur lapindo yang sudah bersih [Mustofa, 2013].

Setelah dilakukan proses pencucian maka lumpur tersebut dikeringkan dengan menggunakan *oven* yang berada di Laboratorium Rekayasa Bahan Jurusan Teknik Fisika dengan suhu 100°C selama 12 jam, proses pengeringan ini bertujuan untuk menghilangkan kandungan air yang ada pada lumpur. Setelah proses pengeringan selesai maka lumpur digerus menggunakan mortar dan cariber sampai lumpur halus, setelah lumpur halus kemudian lumpur diayak menggunakan ayakan 140 mesh yang berada di laboratorium *mixing* Jurusan Teknik Kimia. Pengayakan ini bertujuan untuk memaksimalkan reaksi karena semakin besar luas penampang sampel akan semakin cepat pula reaksi yang terjadi.



Gambar 3.2 Proses preparasi lumpur lapindo menggunakan metode [Aditya, 2014] (a) lumpur Lapindo basah (b) lumpur Lapindo yang dicuci dengan HCl (c) lumpur Lapindo kering setelah dihaluskan (d) lumpur Lapindo setelah diayak 40 mesh

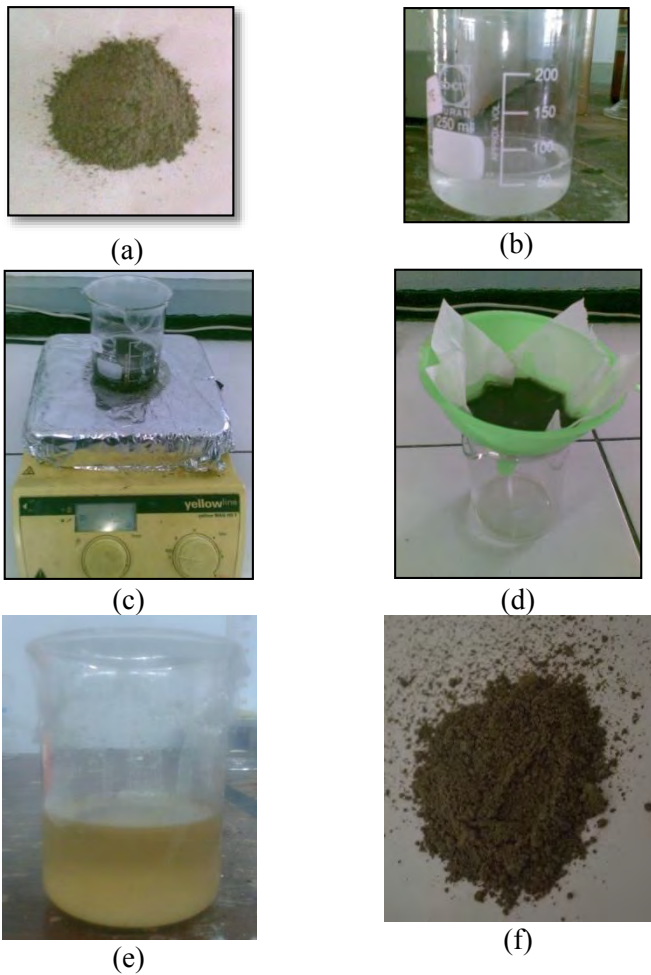
3.2.2 Sintesis senyawa natrium silikat (Na_2SiO_3)

Proses sintesis yaitu dengan cara mencampurkan serbuk lumpur yang sudah diayak 140 mesh dengan larutan natrium hidroksida (NaOH). Pada penelitian ini proses sintesis dilakukan dengan 2 metode yaitu :

- **Sintesis 1 [Aditya, 2014]** : serbuk lumpur lapindo sebanyak 5 gram dicampurkan dengan larutan natrium hidroksida (NaOH) 10M sebanyak 50 ml. proses sintesis dilakukan dengan menuangkan sedikit demi sedikit larutan NaOH pada serbuk

lumpur dan diaduk dengan menggunakan *magnetic stirer* pada temperatur 180°C dengan kecepatan 1,5 mod selama 1 jam. Hasil pengadukan kemudian disaring dengan kertas saring dan hasil saringan tersebut yang diambil menjadi inhibitor natrium silikat (Na_2SiO_3). Proses preparasi dan hasilnya dapat dilihat pada gambar 3.3 (a) sampai gambar 3.3 (e)

- **Sintesis 2 [Mustofa, 2013]:** Serbuk lumpur lapindo sebanyak 20 gram direaksikan dengan 200 ml NaOH 3M dan diaduk dengan *magnetic stirer* pada suhu 80°C selama 15 menit. Hasil pengadukan tersebut kemudian disaring dengan kertas saring agar terpisah antara kandungan air dengan lumpur, lumpur hasil saringan kemudian dipanaskan menggunakan oven pada suhu 200°C selama 12 jam, setelah dipanaskan kemudian lumpur tersebut digerus sampai halus dan hasil inilah yang digunakan menjadi inhibitor natrium silikat (Na_2SiO_3). Hasil akhir sintesis dapat dilihat seperti pada gambar 3.3 (f)



Gambar 3.3 Proses sintesis natrium silikat (a) 5 gram serbuk lumpur Lapindo (b) NaOH cair (c) pengadukan lumpur dengan NaOH dengan *magnetic stirrer* (d) penyaringan menggunakan kertas saring (e) inhibitor Na_2SiO_3 sintesis 1 (f) inhibitor Na_2SiO_3 sintesis 2

3.3 Pengujian Korosi

Pengujian korosi dilakukan dengan menggunakan beberapa tahapan, antara lain :

3.3.1 Preparasi sampel

Pada bagian preparasi sampel ini dilakukan beberapa tahapan, yaitu :

a) Pemotongan sampel

Pada penelitian ini menggunakan sampel pipa PDAM *ductile cast iron* dengan ukuran 1 x 1 cm dengan tebal 3 mm yang dipotong menggunakan mesin gerinda yang ada di Laboratorium Fisika Rekayasa Jurusan Teknik Fisika.



Gambar 3.4 Sampel uji korosi

Dari sampel tersebut didapatkan persamaan seperti persamaan dibawah ini :

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3.1)$$

Dengan : ρ = massa jenis (gr/cm^3)

m = massa sampel (gram)

v = volume sampel (cm^3)

untuk

$$V = p \times l \times t \quad (3.2)$$

dengan : v = volume sampel (cm^3)

p = panjang sampel (cm)

l = luas sampel (cm)

t = tinggi sampel (cm)

Berdasarkan perhitungan didapatkan nilai densitas sampel sebagai berikut :

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{2,3379}{0,3} = 7,7930 \text{ gr/cm}^3$$

Sedangkan luas permukaan sampel adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan} &= 2 (p \times l) + 2 (p \times t) + 2 (l \times t) \\ &= 2 (1 \times 1) + 2 (1 \times 0,3) + 2 (1 \times 0,3) \\ &= 2 + 0,6 + 0,6 \\ &= 3,2 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

b) Pengamplasan sampel

Sampel PDAM yang sudah dipotong kemudian diampelas menggunakan mesin *grinder* dengan menggunakan amplas dengan ukuran grit 220, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500 dan 2000 secara bertahap untuk menghilangkan goresan. Proses pengamplasan dilakukan sampai permukaan sampel mengkilap. Proses pengamplasan sampel seperti pada gambar 3.5



(a)



(b)



(c)

Gambar 3.5 Proses pengamplasan sampel (a) mesin grinder (b) pengamplasan sampel dengan kecepatan putar 25 rpm (c) hasil pengamplasan sampai grit 2000

c) Pemolesan dengan alumina

Setelah sampel diampelas sampai merata dan mengkilap maka sampel dipoles dengan alumina menggunakan mesin polisher Ecomet III yang ada di Laboratorium Metalurgi Jurusan Teknik Mesin seperti pada gambar 3.6 (a). Proses pemolesan yaitu dengan cara menggosokkan sampel dengan kain bludru yang ditaruh pada mesin polisher kemudian dituangkan alumina secukupnya proses pemolesan dilakukan sampai semua permukaan sampel mengkilap seperti pada gambar 3.6 (b).



(a)



(b)

Gambar 3.6 Proses pemolesan sampel (a) mesin *polisher* Ecomet III (b) hasil pemolesan dengan alumina

3.3.2 Persiapan larutan uji

Pada penelitian ini menggunakan 2 larutan uji yaitu air laut yang diambil di pantai kenjeran dan air laut yang bercampur dengan lumpur lapindo yang diambil pada muara sungai kali porong. Larutan uji tersebut kemudian dilakukan uji salinitas untuk mengetahui kandungan garam yang ada pada larutan uji tersebut. Proses uji salinitas yaitu larutan uji seberat 300 gram dipanaskan dengan menggunakan kompor gas sampai menguap dan sampai kandungan airnya habis dan yang tersisa hanya kandungan garamnya, kandungan garam tersebut kemudian ditimbang sehingga didapatkan berat garamnya, selanjutnya dilakukan perhitungan kandungan garam seperti pada persamaan dibawah ini.

$$\text{Kandungan garam} = \frac{\text{massa larutan}}{\text{massa garam}} \times 100\% \quad (3.3)$$

Berikut ini merupakan hasil perhitungan kandungan garam pada larutan :

- Air Laut = $\frac{9,47}{300} \times 100\% = 3,12\%$
- Air Laut + Lumpur = $\frac{1,22}{300} \times 100\% = 0,513\%$

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 $3,2\text{cm}^2$, larutan uji yang digunakan adalah sebanyak $= 0,4 \times 3,20\text{ cm}^2 = 1,28\text{ cL} = 128\text{ mL}$



(a)



(b)

Gambar 3.7 Larutan Uji (a) air laut (b) air laut bercampur lumpur lapindo

3.3.3 Pengujian korosi

Proses pengujian korosi dilakukan dengan beberapa tahap yaitu sebagai berikut :

a) Persiapan larutan inhibitor

Inhibitor yang digunakan untuk pengujian korosi ada 3 yaitu inhibitor komersil, inhibitor sintesis 1 dan inhibitor sintesis 2. Ketiga inhibitor tersebut dicampurkan dengan larutan uji yaitu air laut dan air laut yang bercampur dengan lumpur lapindo. Variasi volume inhibitor yang digunakan yaitu 0 ml, 2 ml, 4 ml, 6

ml, 8 ml dan 10 ml. tabel 3.1 merupakan tabel variasi data uji korosi yang akan di lakukan

Tabel 3.1 Variasi Jenis dan Volume Inhibitor

No	Variasi Perlakuan						Volume inhibitor
1	AX0	AY0	BX0	BY0	CX0	CY0	0
2	AX2	AY2	BX2	BY2	CX2	CY2	2
3	AX4	AY4	BX4	BY4	CX4	CY4	4
4	AX6	AY6	BX6	BY6	CX6	CY6	6
5	AX8	AY8	BX8	BY8	CX8	CY8	8
6	AX10	AY10	BX10	BY10	CX10	CY10	10

Keterangan :

A : Inhibitor Komersil X : Air Laut
 B : Inhibitor Sintesis 1 Y : Air Laut + Lumpur
 C : Inhibitor Sintesis 2

b) Penimbangan sampel

Sebelum dilakukan pengujian korosi, sampel terlebih dahulu ditimbang menggunakan timbangan digital Mettler Toledo MS104S yang ada di Laboratorium Kimia Jurusan Teknik Material dengan tingkat keterbacaan 0,0001 gram. Dan setelah dilakukan pengujian korosi semua sampel juga dilakukan penimbangan.



Gambar 3.8 Penimbangan Sampel Menggunakan Timbangan Mettler Toledo MS104S

c) Perendaman sampel dan pengukuran pH larutan

Semua sampel yang sudah ditimbang selanjutnya dilakukan pengujian korosi yaitu dengan cara direndam pada larutan yang sudah diberikan variasi inhibitor seperti pada Tabel 3.1 selama 5 hari. Sesaat setelah perendaman dilakukan pengukuran pH menggunakan pH meter Oakton 510 yang ada di Laboratorium Instrumentasi Jurusan Teknik Fisika. pengukuran pH juga dilakukan setelah perendaman sampel selama 5 hari. Pengukuran pH ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan inhibitor terhadap perubahan pH.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3.9 Perendaman Sampel (a) Penambahan Inhibitor Komersil (b) Penambahan Inhibitor Sintesis1 (c) Penambahan Inhibitor Sintesis2

d) Pembersihan sampel

Setelah sampel direndam selama lima hari maka langkah selanjutnya yaitu dilakukan pembersihan sampel sebelum sampel ditimbang dimana langkah – langkah pembersihan sampel sesuai dengan standart (NACE RP0775-2005) yaitu sebagai berikut :

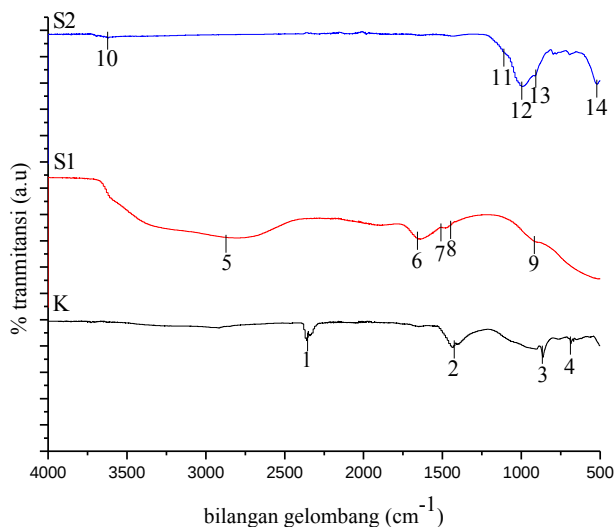
- Sampel yang sudah direndam selama lima hari dicelupkan ke dalam air sabun dan dibersihkan dengan spon, dimana proses ini bertujuan untuk menghilangkan lemak – lemak yang ada selama proses perendaman.
- Setelah dicuci dengan air sabun kemudian sampel dibilas dengan aquades sampai busa – busanya menghilang dan kemudian sampel di lap sampai kering, setelah itu sampel dicelupkan ke dalam acetone beberapa saat dan setelah itu sampel dikeringkan menggunakan *hairdryer*.
- Setelah sampel kering kemudian sampel dibersihkan menggunakan *ultrasonic cleaner* dengan menggunakan pencampuran 100 ml HCl teknis dengan 100 ml aquades proses ini dilakukan selama 2 menit. Tujuan dari proses ini yaitu untuk menghilangkan lapisan yang timbul selama proses korosi.
- Setelah proses penghilangan scale selesai selanjutnya sampel dicelupkan kedalam larutan natrium bikarbonat (NaHCO_3) selama 1 menit untuk menghilangkan suasana asam. Setelah direndam selama 1 menit kemudian sampel dibilas dengan aquades.
- Sampel kemudian dicelupkan kembali kedalam acetone dan kemudian dikeringkan dengan menggunakan *hairdryer*. Setelah sampel kering kemudian dilakukan penimbangan untuk mengetahui berat akhir sampel.

Halaman ini memang dikosongkan

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Sintesis Natrium Silikat (Na_2SiO_3)

Hasil sintesis lumpur Lapindo dengan NaOH diuji dengan FTIR dan XRD untuk mengetahui kandungan natrium silikatnya dan selanjutnya hasilnya dibandingkan dengan hasil uji FTIR dan XRD dari inhibitor natrium silikat komersil dari bahan sodium silikat produksi PT. Bratako. Untuk hasil pengujian FTIR dan XRD hasil sintesis 1, sintesis 2 dan komersil dapat dilihat pada gambar 4.1 dan gambar 4.2 di bawah ini

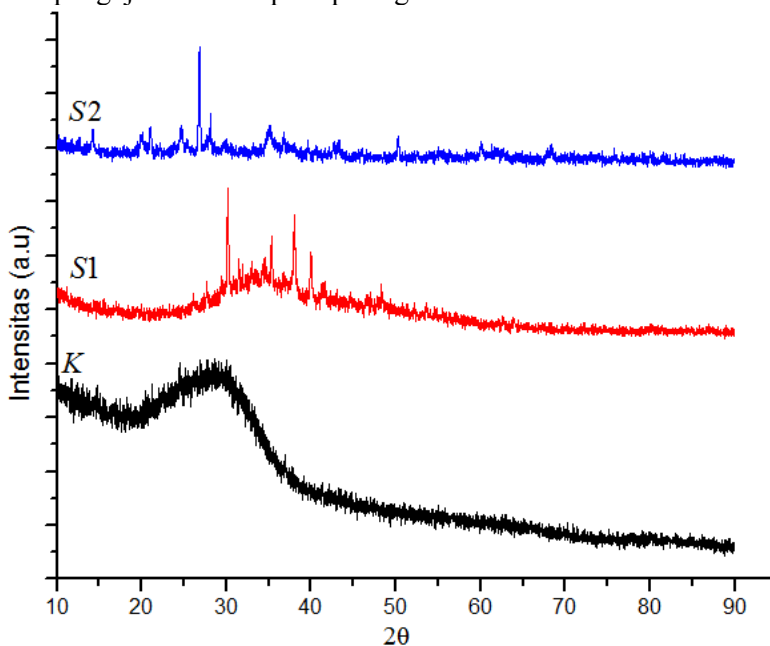


Gambar 4.1 Hasil dari pengujian ftir natrium silikat komersil (K), sintesis 1 (S1) dan sintesis 2 (S2)

Dari gambar 4.1 di atas terdapat rentang panjang gelombang yang dimulai dari 500 sampai 4000. Dari hasil pengujian FTIR tersebut terdapat beberapa puncak yang ditandai dengan angka yang menunjukkan adanya jenis ikatan tertentu yang dapat dilihat seperti pada lampiran A. Dari hasil pengujian

FTIR baik natrium silikat komersil maupun natrium silikat sintesis sudah terdapat ikatan Si-O(Na) *stretching* yang menunjukkan adanya senyawa natrium silikat, dimana ikatan natrium silikat berada pada rentang bilangan gelombang 901 cm^{-1} sampai 1004 cm^{-1} . Bilangan gelombang dari natrium silikat komersil pada bilangan gelombang 969,31 cm^{-1} , natrium silikat sintesis 1 pada bilangan gelombang 909,76 cm^{-1} dan natrium silikat sintesis 2 pada bilangan gelombang 901,73 cm^{-1} . Perbedaan bilangan gelombang dari ketiga gugus tersebut disebabkan oleh faktor kemurnian dari masing-masing senyawa yang dibuat.

Untuk mengetahui tingkat kemurnian dari masing-masing natrium silikat tersebut, maka dilakukan pengujian XRD. Hasil dari pengujian XRD seperti pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Hasil pengujian xrd natrium silikat komersil, sintesis 1 dan sintesis 2

Dari hasil uji XRD tersebut dapat dilihat bahwa natrium silikat yang paling murni dimiliki oleh natrium silikat komersil berbentuk amorf dengan sudut $2\theta = 26,47^\circ$. Sedangkan untuk sintesis 2 terdapat puncak pada sudut $2\theta = 26^\circ$ yang mengindikasikan adanya senyawa yang mengandung silikat (SiO_2). Pada sintesis 1 terdapat puncak senyawa kompleks pada sudut $2\theta = 34,25^\circ$ yang kemungkinan mengidentifikasi adanya natrium karbonat.

4.2 Kinerja Natrium Silikat sebagai Inhibitor dalam Larutan Air Laut

Hasil pengujian korosi yang dilakukan pada larutan air laut selama 5 hari dengan penambahan beberapa inhibitor yaitu inhibitor komersil, inhibitor hasil sintesis 1 dan inhibitor hasil sintesis 2 akan didapatkan nilai laju korosi, efisiensi dan nilai pH dari masing-masing larutan setelah penambahan inhibitor seperti pada tabel 4.1 sampai tabel 4.3

Tabel 4.1 Kinerja Natrium Silikat Komersil sebagai Inhibitor Korosi pada Larutan Uji Air Laut

Volum Inhibitor (ml)	pH	Laju Korosi (mpy)	Efisiensi (%)
0	7,35	3,392	0
2	9,19	2,669	21,299
4	10,06	1,701	49,859
6	10,56	2,058	39,326
8	10,77	1,113	67,203
10	10,79	1,037	69,437
12	10,91	1,111	67,238
14	10,95	0,875	74,205

Tabel 4.2 Kinerja Natrium Silikat Sintesis 1 sebagai Inhibitor Korosi pada Larutan Uji Air Laut

Volum Inhibitor (ml)	pH	Laju Korosi (mpy)	Efisiensi (%)
0	7,70	4,445	0
2	8,60	2,605	41,398
4	9,87	1,766	60,269
6	10,49	1,806	59,377
8	10,84	2,086	53,061
10	10,86	1,656	62,747

Tabel 4.3 Kinerja Natrium Silikat Sintesis 2 sebagai Inhibitor Korosi pada Larutan Uji Air Laut

Volum Inhibitor (ml)	pH	Laju Korosi (mpy)	Efisiensi (%)
0	7,94	6,677	0
2	8,05	4,445	33,431
4	8,26	3,076	53,939
6	8,33	2,766	58,579
8	8,72	2,533	62,071
10	9,74	2,039	69,462

Dari tabel 4.1 sampai tabel 4.3 dapat dilihat bahwa dengan penambahan volume inhibitor akan mempengaruhi nilai pH pada larutan uji akan semakin naik, dimana kenaikan pH tersebut akan mempengaruhi laju korosi dari sampel, dimana semakin tinggi nilai pH larutan maka laju korosinya akan semakin menurun dengan mempengaruhi proses elektrokimia yang terjadi, dengan penurunan pH tersebut maka efisiensi akan semakin meningkat.

4.3 Kinerja Natrium Silikat sebagai Inhibitor dalam Larutan Air Laut + Lumpur

Air laut + lumpur juga digunakan sebagai larutan uji untuk mengetahui laju korosi dari masing-masing sampel setelah penambahan inhibitor komersil, inhibitor sintesis 1 dan inhibitor sintes 2. Hasil pengujian korosi pengaruh pH terhadap laju korosi seperi pada tabel 4.4 sampai tabel 4.6.

Tabel 4.4 Kinerja Natrium Silikat Komersil sebagai Inhibitor Korosi pada Larutan Uji Air Laut + Lumpur

Volum Inhibitor (ml)	pH	Laju Korosi (mpy)	Efisiensi (%)
0	7,72	3,632	0
2	11,41	2,654	26,937
4	11,61	1,812	50,123
6	12,73	1,403	61,368
8	12,82	1,757	51,619
10	12,96	1,084	70,169
12	11,56	1,172	67,742
14	11,58	0,802	77,917

Tabel 4.5 Kinerja Natrium Silikat Sintesis 1 sebagai Inhibitor Korosi pada Larutan Uji Air Laut + Lumpur

Volum Inhibitor (ml)	pH	Laju Korosi (mpy)	Efisiensi (%)
0	7,54	6,928	0
2	9,87	3,284	52,587
4	10,79	1,893	72,669
6	11,49	1,281	81,514
8	11,97	1,234	82,163
10	12,15	1,159	83,26

Tabel 4.6 Kinerja Natrium Silikat Sintesis 2 sebagai Inhibitor Korosi pada Larutan Uji Air Laut + Lumpur

Volum Inhibitor (ml)	pH	Laju Korosi (mpy)	Efisiensi (%)
0	7,82	7,122	0
2	10,68	3,028	57,475
4	11,49	2,402	66,266
6	10,98	1,801	74,705
8	11,73	1,661	76,676
10	11,96	1,308	81,627

Seperti yang terjadi pada larutan uji air laut, maka pada larutan uji air laut + lumpur dengan penambahan volume inhibitor juga akan mempengaruhi pH pada larutan akan semakin naik, sehingga laju korosi yang terjadi akan semakin berkurang dan efisiensi inhibitor akan semakin meningkat.

4.4 Interpretasi Hasil Pengujian Korosi

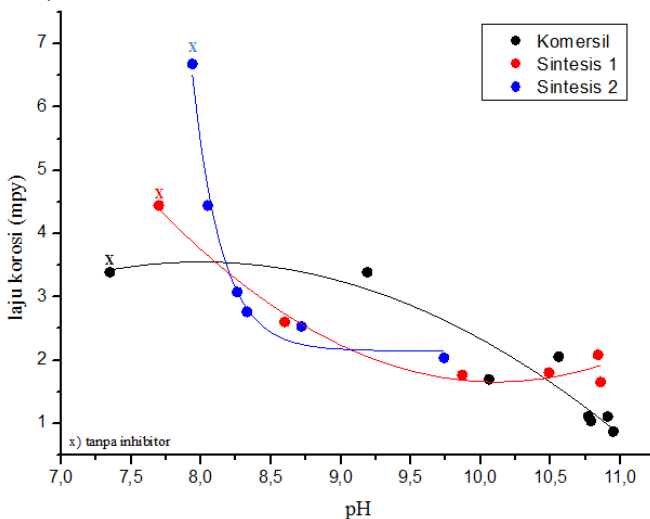
Berdasarkan tabel 4.1 sampai tabel 4.6 dapat dilihat hasil pengujian korosi yang dilakukan yaitu kinerja inhibitor natrium silikat (Na_2SiO_3) terhadap perubahan pH, laju korosi dan efisiensi.

4.4.1 Pengaruh volume inhibitor natrium silikat terhadap laju korosi dan efisiensi pada larutan air laut

Tabel 4.1 sampai tabel 4.3 menunjukkan pengaruh kinerja inhibitor natrium silikat terhadap laju korosi yang dilakukan pada larutan uji air laut, dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa pH larutan akan semakin bertambah seiring dengan pertambahan volume inhibitor. Hal ini disebabkan oleh sifat dari natrium silikat yang bersifat basa. Dari tabel 4.1 hingga tabel 4.3 pH awal dari larutan air laut berada disekitar 7,35 sampai 7,42 setelah ditambahkan dengan 2 ml inhibitor natrium silikat baik yang komersil maupun hasil sintesis langsung mengalami kenaikan pH secara signifikan, kenaikan yang paling signifikan yaitu terjadi

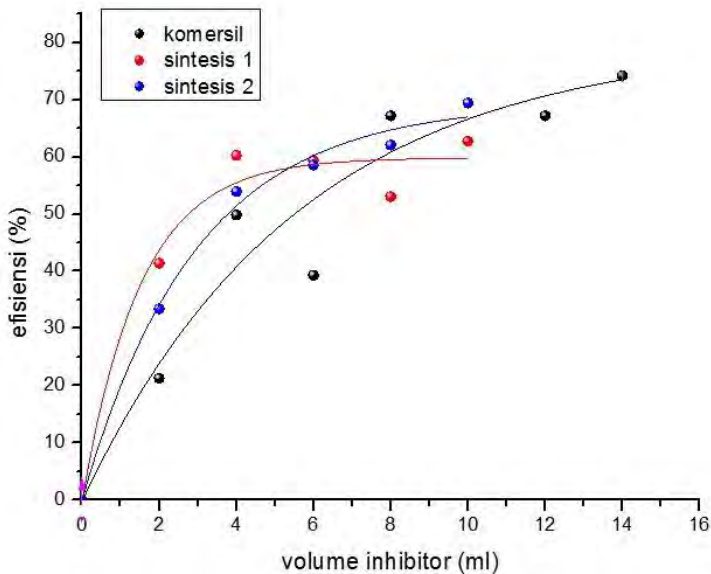
pada penambahan inhibitor komersil dari 7,35 menjadi 9,19. Hal ini disebabkan karena inhibitor komersil lebih mudah larut dengan larutan uji sehingga dapat tercampur dengan baik.

Pada tabel 4.1 sampai tabel 4.3 juga menunjukkan kinerja natrium silikat terhadap laju korosi dan efisiensi pada larutan uji air laut. Dari tabel tersebut didapatkan hasil bahwa dengan penambahan volume inhibitor maka laju korosi akan semakin rendah. Dengan hanya penambahan 2 ml sudah dapat menurunkan laju korosi secara signifikan, penurunan laju korosi yang paling signifikan terjadi pada inhibitor sintesis 1 yaitu dari laju korosi awal 4,445 mpy dengan penambahan 2 ml inhibitor sintesis 1 menjadi 2,605 mpy sehingga didapatkan efisiensi sebesar 41,398%. Dengan penambahan volume inhibitor maka laju korosi akan semakin menurun dan penurunan yang paling besar yaitu terjadi dengan penambahan 10 ml inhibitor dengan laju korosi inhibitor komersil 1,0367 mpy, laju korosi inhibitor sintesis1 sebesar 1,656 mpy dan laju korosi inhibitor sintesis2 sebesar 2,03913.



Gambar 4.3 Pengaruh perubahan pH terhadap laju korosi pada larutan air laut

Dari gambar 4.3 dapat dilihat bahwa seiring dengan penambahan volume inhibitor laju korosi turun secara efektif.. Dari gambar 4.3 nilai laju korosi yang paling rendah diperoleh dengan penambahan inhibitor komersil dengan nilai pH yang berada di sekitar 10,5 sampai pH 11. Nilai laju korosi yang paling rendah yaitu dengan penambahan 14 ml inhibitor komersil dengan nilai pH 10,95 dengan laju korosi sebesar 0,875. Nilai laju korosi tersebut berpengaruh terhadap efisiensi inhibitor tersebut dimana semakin kecil nilai laju korosi maka efisiensi inhibitornya akan semakin besar. Nilai efisiensi dari penambahan masing-masing volume inhibitor dapat dilihat seperti pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Pengaruh penambahan volume inhibitor terhadap efisiensi pada larutan air laut

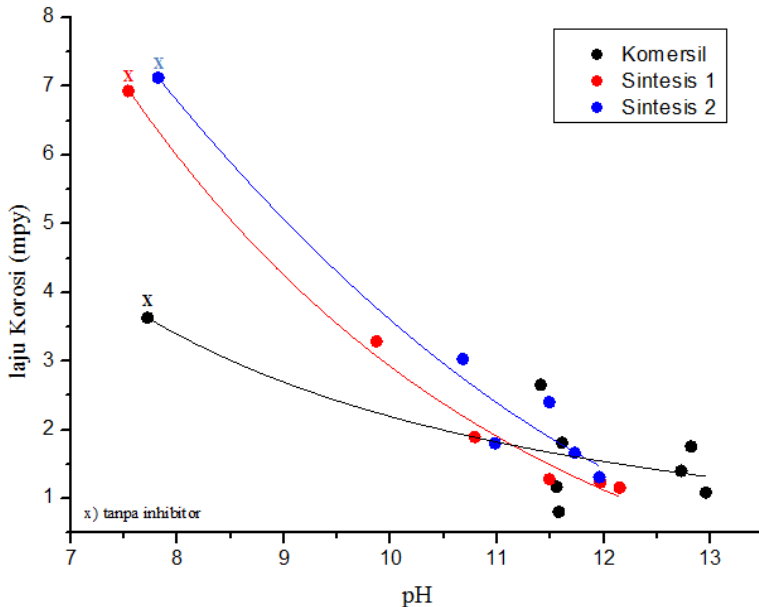
Berdasarkan pada gambar 4.4 hasil eksperimen yang telah dilakukan menunjukkan penambahan volume inhibitor sudah dapat menaikkan efisiensi dari inhibitor tersebut. Dari gambar tersebut menunjukkan dengan penambahan inhibitor semakin banyak, maka efisiensi akan semakin tinggi, terlihat pula pada

inhibitor hasil sintesis dapat menghambat laju korosi lebih cepat jika dibandingkan dengan inhibitor komersil. Untuk inhibitor komersil laju penghambatan laju korosinya lambat namun efisiensinya terus naik seiring dengan penambahan volume inhibitor, hal ini disebabkan karena inhibitor komersil dapat larut dengan baik di dalam larutan.

Dari eksperimen ini dapat dikatakan bahwa korosi mengalami keadaan saturasi pada saat penambahan inhibitor 4 ml dengan pH saturasinya adalah 9,5. Keadaan saturasi tersebut maksudnya dengan penambahan volum inhibitor di atas 4 ml maka penurunan laju korosi dan kenaikan efisiensinya tidak begitu tinggi, hal ini terjadi pada inhibitor sintesis 1 dan inhibitor sintesis 2. Namun mpada inhibitor komersil seiring dengan penambhan inhibitor maka efisiensi cenderung naik terus.

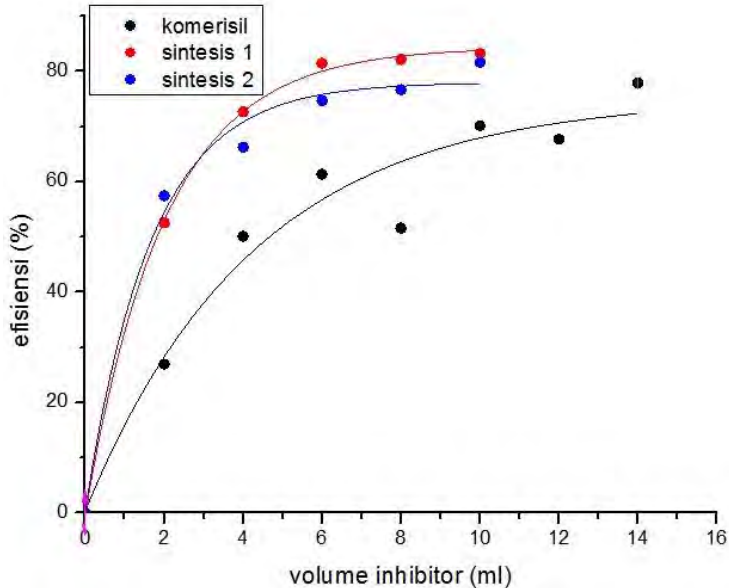
4.4.2 pengaruh volume inhibitor natrium silikat terhadap laju korosi dan efisiensi pada larutan air laut + lumpur

Pada larutan air laut + lumpur lapindo inhibitor bekerja dengan sangat baik dengan nilai laju korosi yang rendah dan efisiensi yang sangat tinggi seperti pada gambar 4.4 dan gambar 4.5 yang menunjukkan pengaruh pH terhadap laju korosi dan pengaruh penambahan volume inhibitor terhadap efisiensi. Penambahan volume inhibitor tersebut sangat berpengaruh terhadap pH larutan air laut + lumpur. Dari hasil eksperimen pH larutan tanpa inhibitor sebesar 8,16 dengan penambahan 2 ml inhibitor komersil pH naik menjadi 11,03 dan dengan penambahan 2 ml inhibitor sintesis 1 pH larutan naik menjadi 10,82 dan dengan penambahan 2 ml inhibitor sintesis 2 pH larutan naik menjadi 9,26. Setelah penambahan 4 ml sampai 10 ml volume inhibitor tidak terlalu mempengaruhi besar pH. Seperti pada gambar 4.5 dengan penambahan volume inhibitor akan menaikkan pH sehingga laju korosi akan semakin kecil.



Gambar 4.5 Pengaruh perubahan pH terhadap laju korosi pada larutan air laut + lumpur

Dari hasil eksperimen didapatkan bahwa dengan penambahan volume inhibitor akan menurunkan laju korosi sehingga efisiensi akan semakin besar. Untuk inhibitor komersil nilai efisiensi tertinggi didapatkan dengan penambahan 14 ml inhibitor dengan nilai efisiensi 77,916%. Untuk inhibitor sintesis 1 efisiensi terbesar 83,26% dengan penambahan inhibitor 10 ml dan untuk inhibitor sintesis 2 nilai efisiensi tertinggi 81,627% dengan penambahan 10 ml inhibitor. Sedangkan untuk efisiensi terkecil pada inhibitor komersil yaitu sebesar 26,937% dengan penambahan 2 ml inhibitor. Dari data ini dapat disimpulkan bahwa inhibitor sintesis nilai efisiensinya lebih tinggi dari pada komersil jika diujikan pada larutan air laut + lumpur

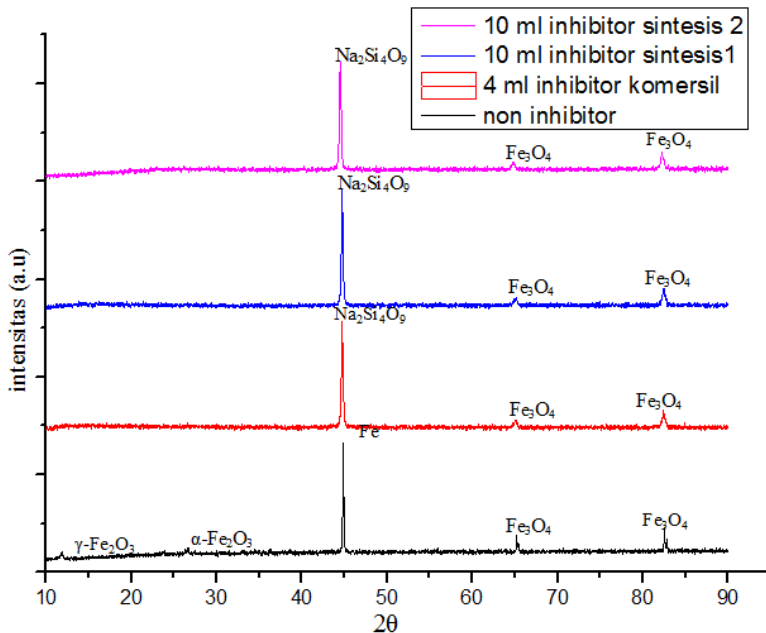


Gambar 4.6 Pengaruh penambahan volume inhibitor terhadap efisiensi pada larutan air laut + lumpur

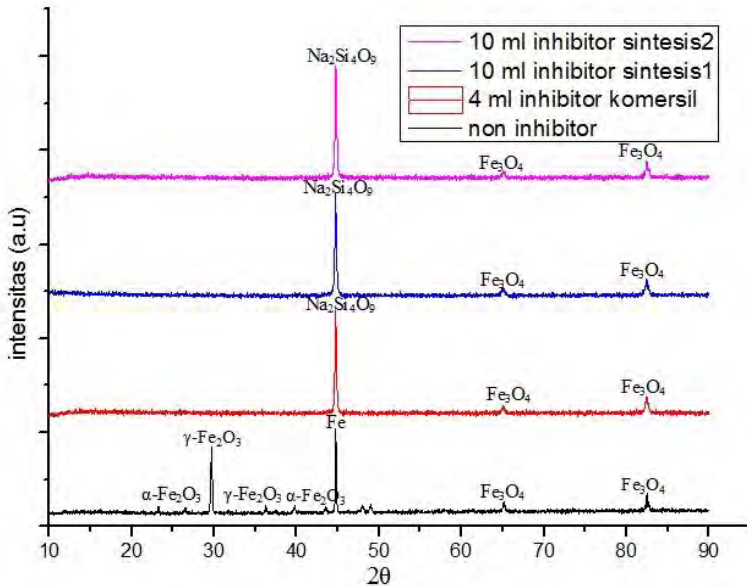
Pada gambar 4.6 di atas didapatkan bahwa nilai efisiensi tertinggi dimiliki oleh inhibitor sintesis 1 dengan efisiensi 83,26% selanjutnya inhibitor sintesis 2 dengan efisiensi 81,62% dan inhibitor komersil dengan efisiensi 77,92%. Hal ini disebabkan karena pada larutan air laut + lumpur terdapat unsur silika yang dapat bereaksi dengan inhibitor sintesis dan akan membentuk lapisan endapan sehingga serangan korosi dapat dicegah. Dari gambar 4.6 juga dapat dilihat bahwa inhibitor hasil sintesis lebih cepat menurunkan laju korosi sehingga efisiensinya akan cepat naik. Korosi akan mengalami keadaan saturasi pada penambahan pH 6 ml, maksudnya dengan penambahan pH diatas 6 ml perubahan laju korosi dan efisiensi tidak begitu besar.

4.5 Hasil Uji Komposisi Produk Korosi

Untuk mengetahui produk korosi yang terjadi pada sampel yang sudah direndam pada larutan uji air laut maupun air laut + lumpur selama 5 hari maka dilakukan pengujian XRD. Secara umum dari hasil pengujian korosi dapat dilihat seperti pada gambar 4.7 dan gambar 4.8. uji XRD yang dilakukan yaitu pada sampel non inhibitor, penambahan 4 ml inhibitor komersil, penambahan 10 ml inhibitor sintesis 1 dan penambahan 10 ml inhibitor sintesis 2.



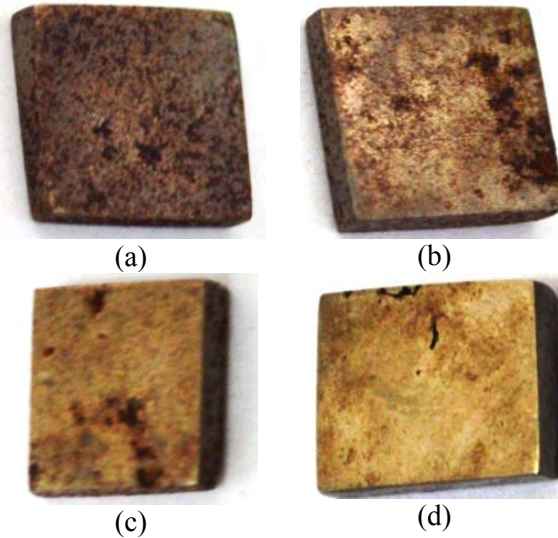
Gambar 4.7 Produk korosi yang terjadi pada larutan air laut



Gambar 4.8 Produk korosi yang terjadi pada larutan air laut + lumpur

Senyawa yang terbentuk pada sampel setelah pengujian korosi selama 5 hari yaitu $\text{Na}_2\text{Si}_3\text{O}_4$ (ertixiite), Fe_3C , $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ dan Fe_3O_4 (magnetite). Adanya senyawa besi oksida yaitu Fe_3C dan Fe_3O_4 menunjukkan bahwa produk korosi merupakan reaksi elektrokimia antara ion – ion pada logam dengan ion oksida di lingkungan sekitar logam. Sedangkan $\text{Na}_2\text{Si}_3\text{O}_4$ menunjukkan senyawa silikat yang terbentuk dari hasil reaksi antara ion Na^+ pada larutan garam dengan silikat pada inhibitor natrium silikat yang terbentuk selama proses uji korosi. Dari hasil eksperimen tersebut dapat diketahui bahwa inhibitor natrium silikat membentuk lapisan endapat pada logam. Dari gambar 4.7 dan gambar 4.8 didapatkan bahwa produk korosi yang terjadi baik pada larutan uji air laut dan larutan uji air laut + lumpur produk korosi yang dihasilkan hampir sama, namun pada larutan uji air laut + lumpur puncak dari $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ sangat tinggi jika dibandingkan dengan yang terjadi pada larutan uji air laut, hal ini

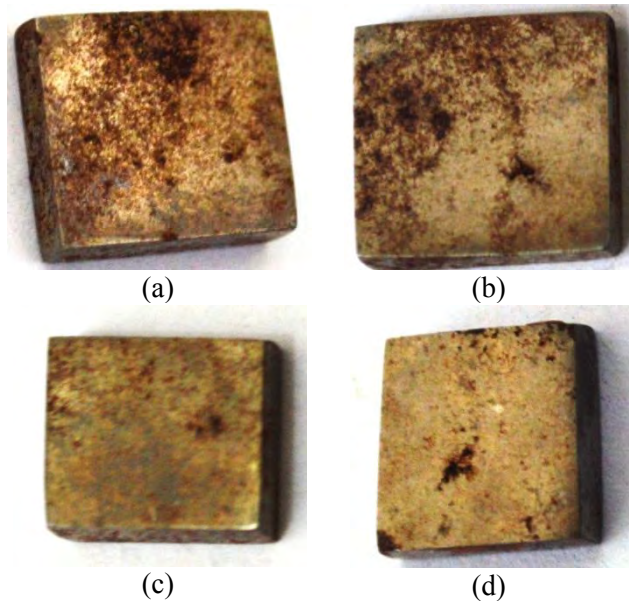
mengidentifikasi bahwa senyawa $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ yang ada pada sampel yang diuji pada larutan air laut + lumpur lebih banyak.



Gambar 4.9 Kondisi sampel pasca perendaman pada larutan air laut dengan penambahan 10 ml (a) tanpa inhibitor (b) inhibitor komersil (c) inhibitor sintesis 1 (d) inhibitor sintesis 2

Produk korosi yang terbentuk juga diamati secara fisik dengan melakukan pengujian dengan mikroskop optik terhadap material yang mengalami laju korosi yang paling tinggi dan material yang mengalami laju korosi yang paling rendah dari masing – masing penambahan inhibitor. Secara visual korosi yang terjadi pada larutan air laut tidak terlalu merusak sampel, korosi yang terjadi hanya berupa warna hitam dan warna merah coklat yang menyerang pada permukaan sampel, dimana warna hitam mengidentifikasi adanya senyawa FeC dan warna merah coklat Fe_2O_3 . Pada gambar 4.9 dapat dilihat bahwa korosi hanya terjadi pada beberapa permukaan yaitu pada bagian yang tidak merata, karena kecenderungan korosi memang akan dengan cepat

menyerang permukaan sampel yang sudah cacat seperti berlobang.

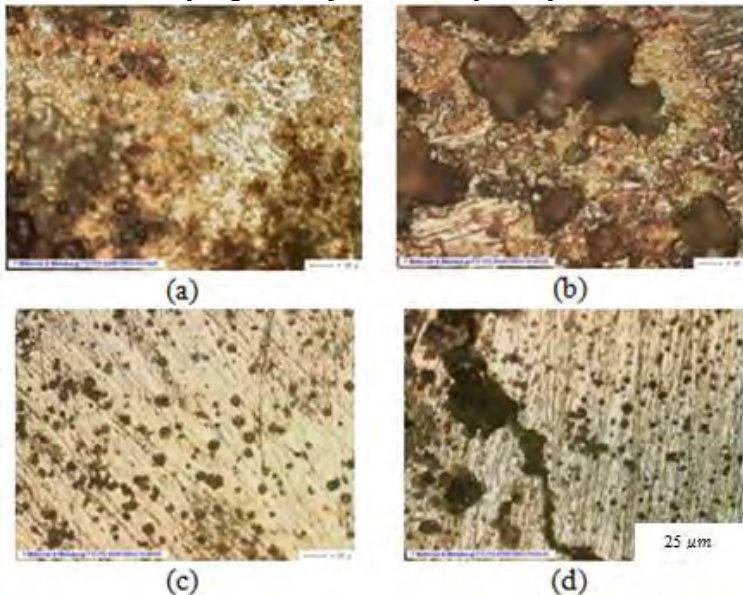


Gambar 4.10 Kondisi sampel pasca perendaman pada larutan air laut + lumpur dengan penambahan 10 ml (a) tanpa inhibitor (b) inhibitor komersil (c) inhibitor sintesis 1 (d) inhibitor sintesis 2

Sementara produk korosi pada larutan uji air laut + lumpur serangan korosinya lebih merata dan berwarna hitam dan merah coklat. Warna merah coklat tersebut menunjukkan adanya senyawa Fe_2O_3 dan warna hitam menunjukkan adanya senyawa FeC .

Pengamatan pada sampel juga dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik yang memiliki perbesaran sampai 100 kali. Sampel yang diamati menggunakan mikroskop optik untuk masing-masing larutan yaitu sampel tanpa inhibitor,

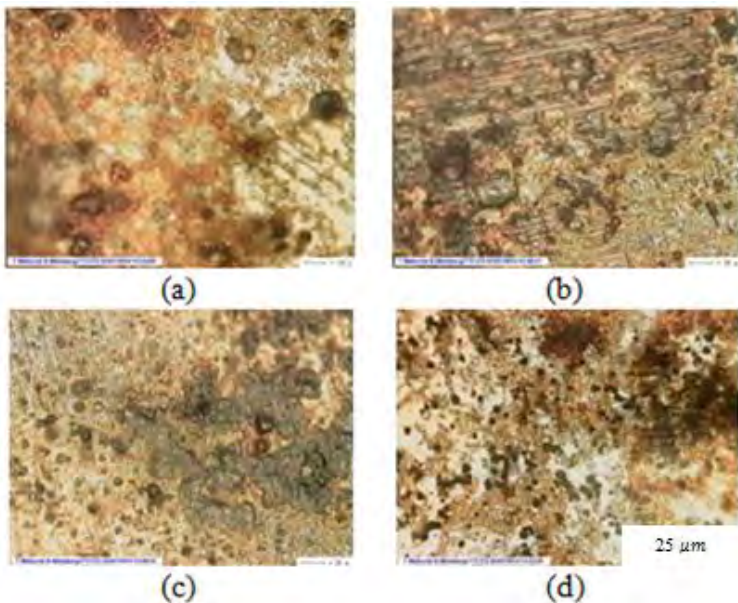
penambahan 10 ml inhibitor komersil, penambahan inhibitor sintesis 1 dan penambahan inhibitor sintesis 2. Dari hasil pengamatan seperti pada gambar 4.11 yaitu korosi yang terjadi pada larutan uji air laut. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa sampel non inhibitor korosinya lebih merata jika dibandingkan dengan korosi yang terjadi pada sampel yang ditambahkan inhibitor. Dari gambar tersebut korosi yang terjadi berupa warna merah coklat yang menunjukkan adanya senyawa Fe_2O_3 dan berwarna hitam yang menunjukkan adanya senyawa FeC



Gambar 4.11 Perbesaran permukaan sampel pasca korosi pada air laut dengan penambahan 10 ml (a) tanpa inhibitor (b) inhibitor komersil (c) inhibitor sintesis 1 (d) inhibitor sintesis 2

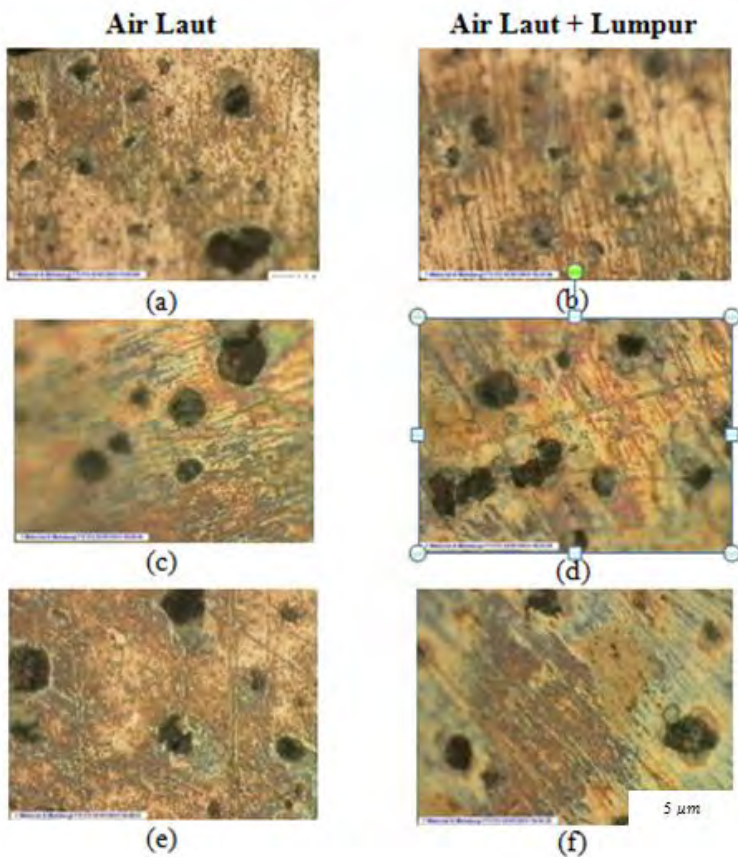
Untuk hasil pengamatan sampel menggunakan mikroskop optik pada larutan air laut + lumpur seperti pada gambar 4.12. dimana sampel yang diujikan yaitu sampel tanpa inhibitor, sampel dengan penambahan 10 ml inhibitor komersil, sampel dengan penambahan 10 ml inhibitor sintesis 1 dan sampel dengan

penambahan 10 ml inhibitor sintesis 2. Dari hasil pengamatan didapatkan bahwa sampel tanpa inhibitor mengalami serangan korosi yang hampir merata pada gambar 4.12 (a) korosi yang terjadi berupa warna hitam dan merah kecoklata yang hampir merata pada semua bagian sampel, sedangkan pada sampel dengan penambahan 10 ml inhibitor komersil serangan korosi yang terjadi berupa warna hitam kecil yang hanya terjadi di beberapa permukaan sampel, sedangkan pada sampel dengan penambahan 10 ml inhibitor sintesis 1 serangan korosi yang terjadi berupa warna hitam kecil yang hanya terjadi di beberapa permukaan sampel dan pada sampel dengan penambahan 10 ml inhibitor sintesis 2 serangan korosi yang terjadi sama dengan penambahan 10 ml inhibitor sintesis 1



Gambar 4.12 Perbesaran permukaan sampel pasca korosi pada air laut + lumpu dengan penambahan 10 ml (a) tanpa inhibitor (b) inhibitor komrsil (c) inhibitor sintesis1 (d) inhibitor sintesis 2

Untuk mengetahui jenis sampel yang digunakan maka juga dilakukan pengujian dengan melihat struktur mikro yang ada pada sampel yaitu dengan mengetsa sampel terlebih dahulu dengan nital dan selanjutnya diamati strukturnya menggunakan mikroskop optik, hasil dari pengamatan seperti pada gambar 4.13



Gambar 4.13 Pengamatan hasil etsa dengan nital dengan penambahan 4 ml (a) dan (b) inhibitor komersil (c) dan (d) inhibitor sintesis 1 (e) dan (f) inhibitor sintesis 2

Dari gambar 4.13 tersebut dapat dilihat bahwa struktur dari sampel terdapat bulatan–bulatan kecil berwarna hitam, bulatan hitam tersebut merupakan kabrida besi Fe_3C yang ada pada logam. Adanya kabrida tersebut menjelaskan bahwa jenis sampel merupakan *ductile cast iron*. Dari gambar 4.13 dapat dilihat bahwa korosi yang terjadi pada sampel cenderung menyerang pada bagian kabrida (Fe_3C), karena senyawa Fe_3C memang cenderung mudah terserang oleh korosi (Crolet, dkk. 1998). Dimana Fe_3C berperan sebagai katoda dan Fe sebagai anoda.

Halaman ini memang dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN

Dari penelitian ini telah dibuat inhibitor natrium silikat dari lumpur lapindo untuk mencegah laju korosi di lingkungan air laut, dari pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

- Sebagai inhibitor natrium silikat hasil sintesis 1 dan sintesis 2 bekerja cukup efektif pada lingkungan air laut + lumpur dibandingkan inhibitor komersil, akan tetapi pada lingkungan air laut inhibitor komersil memiliki efisiensi yang hampir sama dengan inhibitor hasil sintesis.
- Penambahan inhibitor 10 ml pada media uji air laut + lumpur, natrium silikat hasil sintesis 1 memberikan perlindungan terbaik dengan efisiensi sebesar 83,26%.
- Produk korosi akibat lingkungan air laut maupun air laut + lumpur hampir tidak ada perbedaan yaitu $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ dan Fe_3O_4 .

Halaman ini memang dikosongkan

LAMPIRAN A

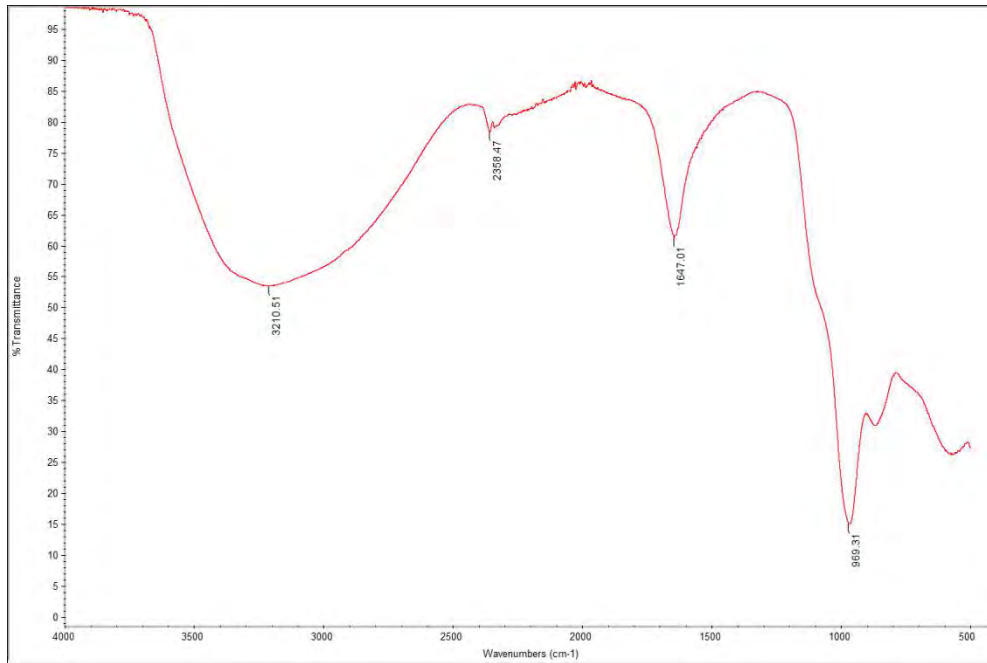
HASIL UJI FTIR NATRIUM SILIKAT

Daerah Puncak Bilangan Gelombang pada Analisis FTIR Natrium Silikat Komersial dan Sintesis

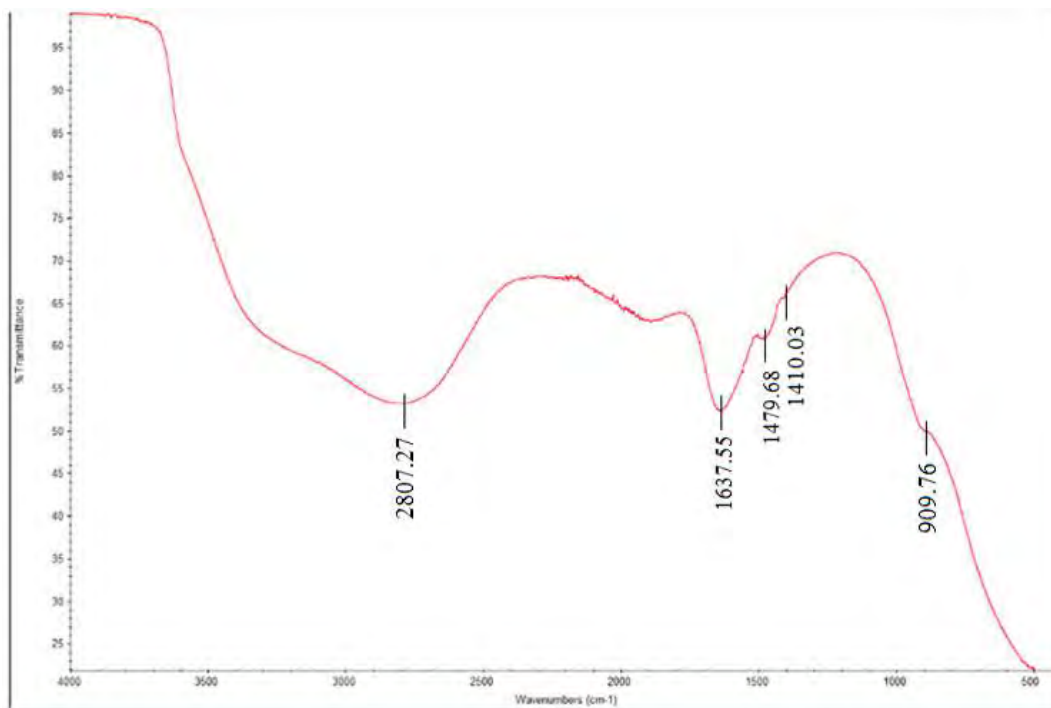
Nomor Puncak	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi Teramati	Transmitansi (%)
1	3210.51	-OH <i>stretching</i>	53.324
2	1647.01	C-O <i>bending</i>	61.295
3	969.31	Si-O(Na) <i>stretching</i>	14.852
4	571,81	O-Si-O	26,064
5	3572.80	-OH <i>stretching</i>	88.821
6	2847.40	Si-OCH ₃	88.350
7	2360.91	Si-C <i>stretching</i>	89.087
8	1428.59	C-O <i>bending</i>	78.059
9	877.13	Si-O(Na) <i>stretching</i>	73.360
10	775.64	(H)O-Si-O(H)	71.760
11	611.19	(H)O-Si-O(Na)	74.072
12	2799.44	Si-OCH ₃	52.413
13	1638.18	C-O <i>bending</i>	51.618
14	2490.39	Si-C <i>stretching</i>	110.527
15	1773.71	C-O <i>bending</i>	114.092
16	1420.58	C-O <i>bending</i>	43.235
17	875.35	O-Si-O	54.053
18	2790.68	Si-OCH ₃	52.196
19	1618.09	C-O <i>bending</i>	50.922
20	903.43	Si-O(Na) <i>stretching</i>	38.761

LAMPIRAN B HASIL UJI FTIR

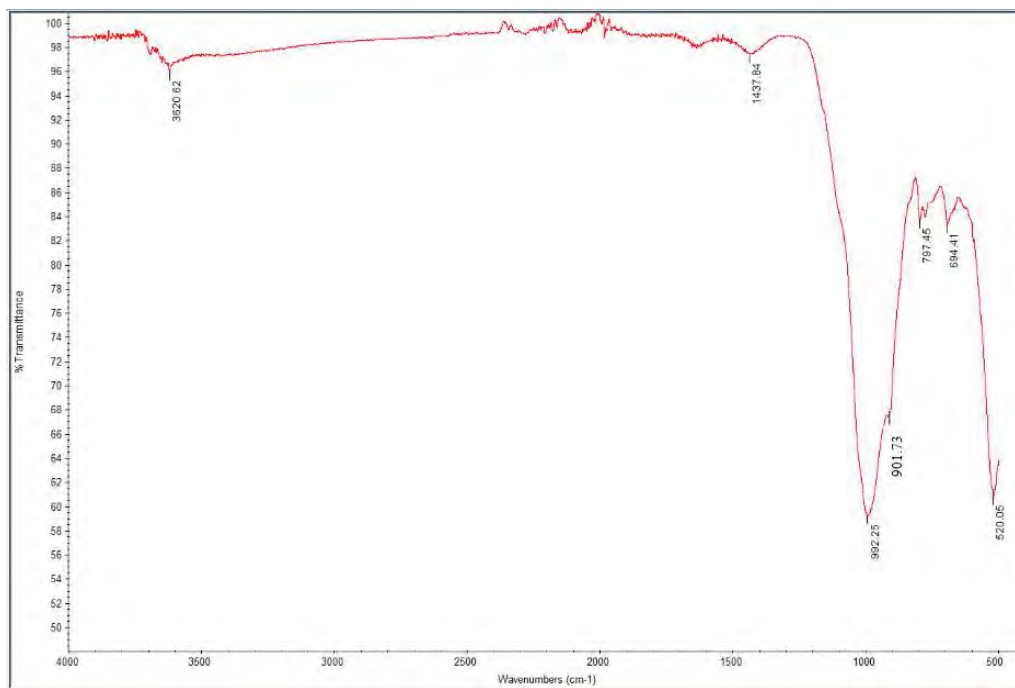
- Inhibitor Komersil



- Inhibitor Sintesis 1



- Inhibitor Sintesis 2



LAMPIRAN C
PERHITUNGAN LAJU KOROSI PADA LARUTAN UJI AIR LAUT

Tabel B – 1 Laju Korosi dengan Penambahan Inhibitor Komersil

No	Berat awal	berat akhir	W (g)	K	D (g/cm ³)	T (jam)	A (cm ²)	CR (MPY)	Efisiensi (%)
AX0	1,6921	1,6897	0,0024	3450000	7,470249	120	2,72289	3,392219	0
AX2	1,8046	1,8027	0,0019	3450000	6,315923	120	3,239632	2,669678	0,212999481
AX4	2,4312	2,4298	0,0014	3450000	6,502068	120	3,639532	1,700861	0,498599327
AX6	2,1264	2,1248	0,0016	3450000	6,651011	120	3,360322	2,058208	0,393256231
AX8	2,0244	2,0235	0,0009	3450000	6,818755	120	3,41085	1,112532	0,672034076
AX10	2,0217	2,0209	0,0008	3450000	6,481553	120	3,42272	1,036758	0,694371772
AX12	1,3812	1,3805	0,0007	3450000	7,220422	120	2,507958	1,111356	0,67238096
AX14	1,9439	1,9433	0,0006	3450000	5,800995	120	3,398332	0,875026	0,742049221

Tabel B – 2 Perhitungan Laju Korosi dengan Penambahan Inhibitor Sintesis 1

No	Berat awal	Berat akhir	W (g)	K	D (g/cm ³)	T (jam)	A (cm ²)	CR (MPY)	Efisiensi (%)
BX0	1,6911	1,6883	0,0028	3450000	6,134584	120	2,95227	4,444825	0
BX2	2,0181	2,0162	0,0019	3450000	6,915127	120	3,032672	2,604749	0,413981738
BX4	1,9877	1,9863	0,0014	3450000	6,870804	120	3,317208	1,765979	0,602688688
BX6	2,0974	2,0960	0,0014	3450000	6,635586	120	3,359364	1,805633	0,593767361
BX8	2,0322	2,0307	0,0015	3450000	6,784227	120	3,046732	2,086385	0,530603563
BX10	1,7069	1,7058	0,0011	3450000	6,820832	120	2,80011	1,655839	0,627468165

Tabel B – 3 Perhitungan Laju Korosi dengan Penambahan Inhibitor Sintesis 1

No	Berat awal	Berat akhir	W (g)	K	D (g/cm ³)	T (jam)	A (cm ²)	CR (MPY)	Efisiensi (%)
CX0	1,5247	1,5209	0,0038	3450000	4,765834	120	3,433002	6,677416	0
CX2	1,7842	1,7813	0,0029	3450000	5,7157	120	3,281576	4,445125	0,334304685
CX4	2,1335	2,1312	0,0023	3450000	6,255369	120	3,436992	3,075631	0,539398025
CX6	2,0916	2,0895	0,0021	3450000	6,83886	120	3,191854	2,765861	0,585788696
CX8	1,6618	1,6602	0,0016	3450000	6,357042	120	2,857054	2,532703	0,620706094
CX10	1,9931	1,9916	0,0015	3450000	6,251187	120	3,383154	2,03913	0,694622955

LAMPIRAN D
PERHITUNGAN LAJU KOROSI PADA LARUTAN UJI AIR LAUT + LUMPUR

Tabel C – 1 Laju Korosi dengan Penambahan Inhibitor Komersil

No	Berat awal	Berat akhir	W (g)	K	D (g/cm ³)	T (jam)	A (cm ²)	CR (MPY)	Efisiensi (%)
AY0	2,0058	2,0030	0,0028	3450000	6,879472	120	3,221662	3,632125	0
AY2	1,8257	1,8238	0,0019	3450000	6,765345	120	3,042602	2,653728	0,269373234
AY4	1,6973	1,6961	0,0012	3450000	6,619273	120	2,877072	1,811582	0,501233522
AY6	2,0515	2,0505	0,0010	3450000	6,485175	120	3,15944	1,403156	0,61368171
AY8	2,6321	2,6305	0,0016	3450000	6,796495	120	3,851608	1,757239	0,516195415
AY10	2,1136	2,1127	0,0009	3450000	7,076798	120	3,374514	1,083508	0,701687464
AY12	2,0590	2,0581	0,0009	3450000	6,694676	120	3,298806	1,171639	0,677423147
AY14	2,0412	2,0406	0,0006	3450000	6,768712	120	3,177272	0,8021	0,779165008

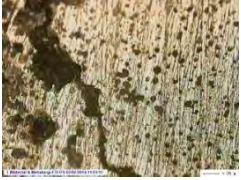
Tabel C – 2 Perhitungan Laju Korosi dengan Penambahan Inhibitor Sintesis 1

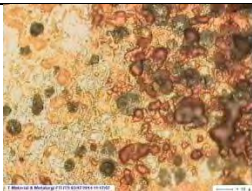
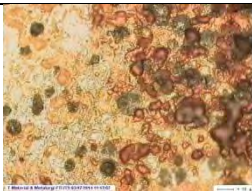
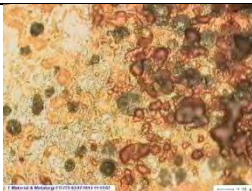
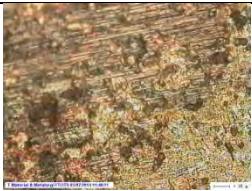
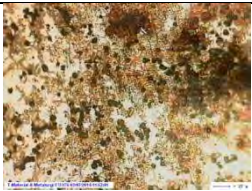
No	Berat awal	Berat akhir	W (g)	K	D (g/cm ³)	T (jam)	A (cm ²)	CR (MPY)	Efisiensi (%)
BY0	1,7223	1,7178	0,0045	3450000	5,85363	120	3,190342	6,92768	0
BY2	2,0117	2,0094	0,0023	3450000	6,659671	120	3,022942	3,284604	0,525872389
BY4	1,8565	1,8551	0,0014	3450000	6,494911	120	3,273022	1,893406	0,72668974
BY6	1,9620	1,9611	0,0009	3450000	6,558165	120	3,080882	1,280628	0,815143344
BY8	2,2458	2,2448	0,0010	3450000	6,416913	120	3,625734	1,235708	0,821627493
BY10	2,1129	2,1120	0,0009	3450000	6,830925	120	3,266402	1,159661	0,832604644

Tabel C – 3 Perhitungan Laju Korosi dengan Penambahan Inhibitor Sintesis 1

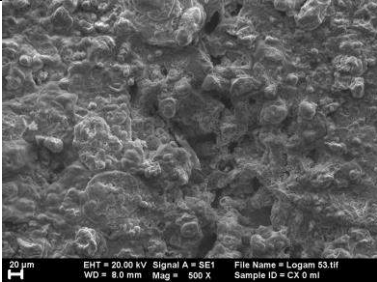
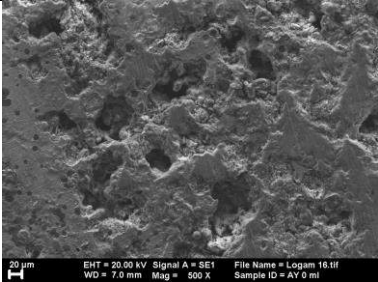
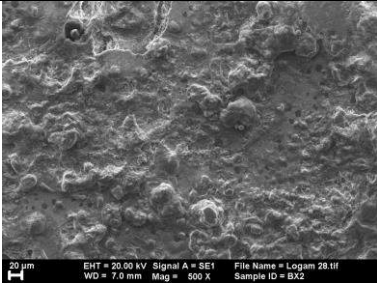
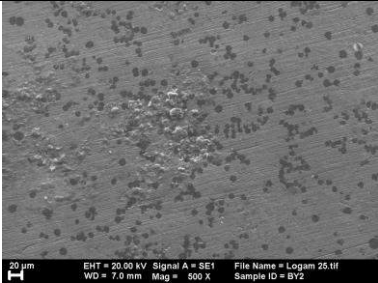
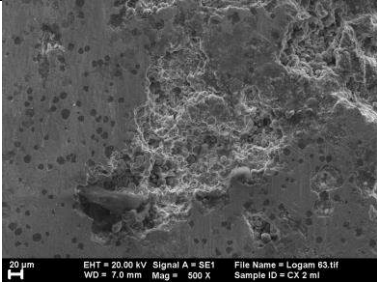
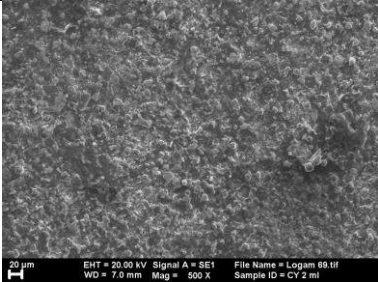
No	Berat awal	Berat akhir	W (g)	K	D (g/cm ³)	T (jam)	A (cm ²)	CR (MPY)	Efisiensi (%)
CY0	1,7760	1,7712	0,0048	3450000	5,95725	120	3,252808	7,121554	0
CY2	1,8936	1,8915	0,0021	3450000	5,724123	120	3,482802	3,028443	0,574749753
CY4	1,6786	1,6771	0,0015	3450000	6,248258	120	2,872952	2,40238	0,662660682
CY6	1,9972	1,9959	0,0013	3450000	6,838387	120	3,034022	1,801394	0,747050408
CY8	1,9248	1,9236	0,0012	3450000	6,911014	120	3,005338	1,661055	0,766756689
CY10	1,8913	1,8904	0,0009	3450000	6,282266	120	3,147792	1,308453	0,81626868

LAMPIRAN E PRODUK KOROSI

Gambar Produk Korosi pada Air Laut		
Inhibitor Komersil	Inhibitor Sintesis 1	Inhibitor Sintesis 2
 0 ml	 0 ml	 0 ml
 2 ml	 2 ml	 2 ml
 10 ml	 10 ml	 10 ml

Gambar Produk Korosi Pada Air Laut + Lumpur		
Inhibitor Komersil	Inhibitor Sintesis 1	Inhibitor Sintesis 2
 0 ml	 0 ml	 0 ml
 2 ml	 2 ml	 2 ml
 10 ml	 10 ml	 10 ml

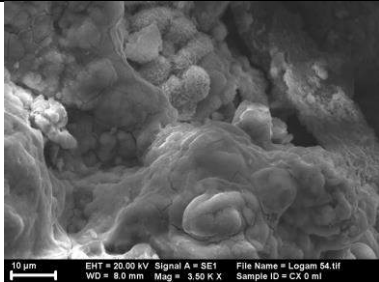
LAMPIRAN F HASIL UJI SEM

Hasil Uji SEM Perbesaran 500 X	
Larutan Uji Air Laut	Larutan Uji Air Laut + Lumpur
 0 ml	 0 ml
 2 ml Sintesis 1	 2 ml sintesis 1
 2 ml Sintesis 2	 2 ml Sintesis 2

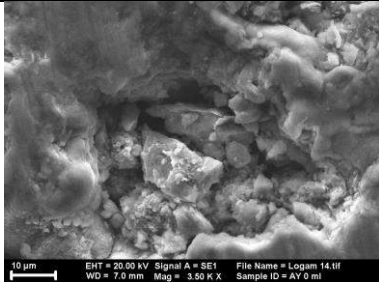
Hasil Uji SEM perbesaran 3500 X

Larutan Uji Air Laut

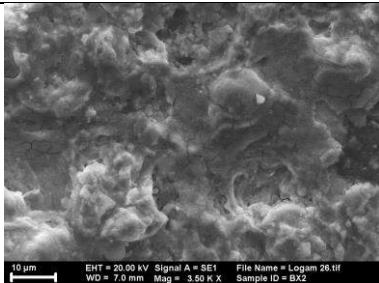
Larutan Uji Air Laut + Lumpur



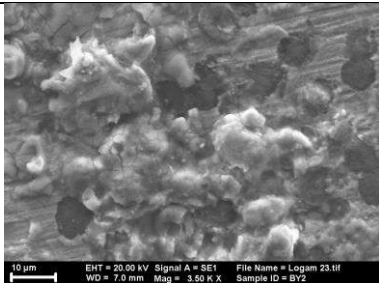
0 ml



0 ml



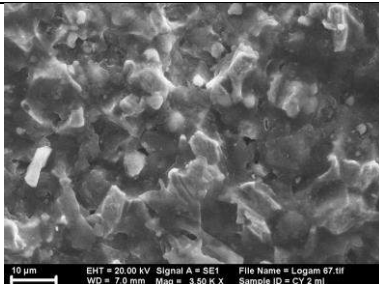
2 ml Sintesis 1



2 ml Sintesis 1



2 ml Sintesis 2



2 ml Sintesis 2