

**PENGARUH PENAMBAHAN SILIKA PADA KITOSAN CANGKANG  
KEPITING SEBAGAI PELAPIS BAJA ASTM A36**

**SKRIPSI**

Oleh :  
**WARDAH MAULIDA SALDI**  
NIM. 19640062



**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2024**

**HALAMAN PENGANTAR**

**PENGARUH PENAMBAHAN SILIKA PADA KITOSAN CANGKANG  
KEPITING SEBAGAI PELAPIS BAJA ASTM A36**

**SKRIPSI**

**Diajukan kepada :**  
**Fakultas Sains dan Teknologi**  
**Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang**  
**Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam**  
**Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh :**  
**Wardah Maulida Saldi**  
**NIM. 19640062**

**PROGRAM STUDI FISIKA**  
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM**  
**MALANG**  
**2024**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**PENGARUH PENAMBAHAN SILIKA PADA KITOSAN CANGKANG  
KEPITING SEBAGAI PELAPIS BAJA ASTM A36**

**SKRIPSI**

Wardah Maulida Saldi  
NIM. 19640062

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji  
Pada tanggal, 26 Juni 2024

Pembimbing I



Dr. Erna Hastuti, M.Si  
NIP. 19811119 200801 2 009

Pembimbing II



Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd., M.Kes  
NIP. 19750808 199903 1 003

Mengetahui,  
Ketua Program Studi



Dr. Muhammad Tazi, M.Si  
NIP. 19740730 200312 1 002

## HALAMAN PENGESAHAN

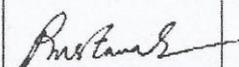
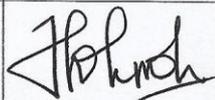
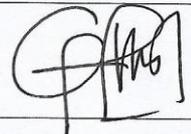
### PENGARUH PENAMBAHAN SILIKA PADA KITOSAN CANGKANG KEPITING SEBAGAI PELAPIS BAJA ASTM A36

#### SKRIPSI

Oleh :  
Wardah Maulida Saldi  
NIM. 19640062

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan Dinyatakan Diterima  
Sebagai Salah satu Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Pada Tanggal, 26 Juni 2024

<b>Penguji Utama</b>	<u>Drs. Cecep Rustana, B.Cs (Hons), P.Hd</u> NIP. 19590729 198602 1 001	
<b>Ketua Penguji</b>	<u>Utiya Hikmah, M.Si</u> NIP. 19880605 202321 2 054	
<b>Sekretaris Penguji</b>	<u>Dr. Erna Hastuti, M.Si</u> NIP. 19811119 200801 2 009	
<b>Anggota Penguji</b>	<u>Dr. H. Agus Mulyono, S.Si, M.Si</u> NIP. 19750808 199903 1 003	

Mengesahkan,  
Ketua Program Studi

  
  
Dr. Imam Tazi, M.Si  
NIP. 19740730 200312 1 002

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT dengan segala nikmat serta hidayah sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar.

Skripsi ini dipersembahkan kepada :

1. Almarhum Suhartono dan Ibu Lusi Widyastutik serta anggota keluarga penulis lainnya yang senantiasa memberi dukungan finansial dan moral sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi.
2. Bu Erna Hastuti dan Pak Agus Mulyono selaku pembimbing yang selalu menyediakan waktunya untuk menuntun peneliti menyelesaikan skripsi.
3. Rekan sejawat dan seperjuangan yang selalu memberi motivasi serta ikut berkontribusi membantu dalam penyusunan skripsi.
4. Wardah Maulida Saldi selaku penulis yang telah menyusun skripsi ini dalam keadaan senang maupun sedih, sakit maupun sehat.

Semoga harapan serta do'a yang telah diberikan kepada penulis kembali kepada yang memberi.

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Wardah Maulida Saldi

NIM : 19640062

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Pengaruh Penambahan Silika Pada Kitosan Cangkang Kepiting  
Sebagai Pelapis Baja ASTM A36

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi yang saya tulis merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil-alihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil contekan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 24 Juni 20224  
Yang Membuat Pernyataan



Wardah Maulida Saldi  
NIM. 196400

## KATA PENGANTAR

Puja dan puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas kehadiran, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat merampungkan penelitian skripsi. Adapun penulisan ini bertujuan untuk memenuhi syarat penyelesaian tugas akhir sarjana strata satu (S1). Pada penelitian ini, penulis mengambil judul **“Pengaruh Penambahan Silika pada Kitosan Cangkang Kepiting sebagai Pelapis Baja ASTM A36”**. Sholawat serta salam penulis panjatkan kepada baginda Rasulullah Muhammad saw yang telah menuntun manusia dari jaman jahiliyah menuju zaman yang penuh dengan pencerahan.

Atas selesainya penulisan skripsi ini, penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada :

1. Orang tua penulis, Alm. Suhartono, Lusi Widyastutik dan Massajo yang telah memberikan dukungan doa dan moral.
2. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Prof. Dr. Hj. Sri Harini, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Imam Tazi, M.Si, selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Dr. Erna Hastuti, M.Si dan Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd. M.Kes selaku Dosen Pembimbing Skripsi.
6. Drs. Cecep Rustana, B.Sc (Hons), Ph.D dan Utiya Hikmah, M.Si selaku Dewan Penguji Skripsi.

7. Ahmad Luthfin, M.Si selaku Wali Dosen yang selalu memberikan motivasi, bimbingan serta arahan.
8. Segenap dosen, laboran dan admin Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
9. Seluruh teman yang telah berkontribusi dalam penyelesaian skripsi.
10. Diri saya sendiri yang telah memperjuangkan kebijaksannya dalam pengerjaan dan waktu yang dihabiskan untuk penyelesaian skripsi. Pada saat sehat maupun sakit. Terima kasih sudah berjuang sangat keras.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dan kekeliruan. Untuk itu, penulis mengharapkan segala kritik serta saran. Demikian yang dapat penulis sampaikan, semoga skripsi yang telah rampung ini dapat bermanfaat dan menambah pengetahuan bagi pembacanya.

Malang, 13 Juni 2024

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>COVER</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGAJUAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xv</b>
<b>ملخص البحث</b> .....	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Batasan Masalah .....	5
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Korosi .....	6
2.2 Baja .....	10
2.3 Pelapisan .....	13
2.4 Kepiting .....	14
2.5 Silika .....	17
2.6 Metode Karakterisasi .....	19
2.6.1 FTIR (Fourier Transform Infra Red) .....	19
2.6.2 EIS (Electrochemical Impedance Spectroscopy) .....	22
<b>BAB III METODOLOGI</b> .....	<b>24</b>
3.1 Jenis Penelitian .....	24
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....	24
3.3 Alat, Bahan dan Alat Karakterisasi .....	24
3.3.1 Alat .....	24
3.3.2 Bahan .....	25
3.3.3 Alat Karakterisasi .....	25
3.4 Diagram Alir Penelitian .....	26
3.5 Prosedur Penelitian .....	27
3.5.1 Pembuatan Kitosan dari Cangkang Kepiting .....	27
3.5.2 Pembuatan Komposit Kitosan/Silika .....	28
3.5.3 Pelapisan Spesimen Baja ASTM A36 .....	29
3.5.4 Karakteristik Ekstrak Cangkang Kepiting dan Komposit Kitosan/Silika .....	30
3.6 Rencana Analisis Data .....	30
3.6.1 Analisis Gugus Fungsi Kitosan dan Komposit Kitosan/Silika menggunakan FTIR .....	30
3.6.2 Analisis Laju Korosi Menggunakan Metode <i>Weight Change</i> .....	30
3.6.3 Analisis Korosi menggunakan Metode EIS .....	31

3.6.4 Analisis Permukaan Baja.....	31
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>32</b>
4.1 Data Hasil Penelitian .....	32
4.1.2 Karakterisasi Pelapis Menggunakan Spektroskopi FTIR.....	32
4.1.2 Uji Korosi Baja Menggunakan Metode Perubahan Berat ( <i>Weight Change</i> ) ....	35
4.1.3 Uji Baja Menggunakan EIS.....	37
4.1.4 Uji Permukaan Baja.....	41
4.2 Pembahasan.....	43
4.3 Kajian Keislaman .....	47
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>52</b>
5.1 Kesimpulan .....	52
5.2 Saran.....	53
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>54</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>58</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Korosi Permukaan Besi Pada Lingkungan Berair (Adriana, 2018)....	7
Gambar 2. 2 Mekanisme korosi pada media korosif NaCl (Ismail, 2021) .....	8
Gambar 2. 3 Anatomi Kepiting (Husein,2016) .....	15
Gambar 2. 4 Struktur Molekul Kitin dan Kitosan (Elamri,2022).....	16
Gambar 2. 5 Struktur Kristal Silika (Alexander,2018) .....	18
Gambar 2. 6 Spektrum FTIR Kitosan, Silika dan Komposit Kitosan Silika (Susilowati & Mahatmanti, 2018) .....	20
Gambar 2. 7 Hasil Uji EIS (Syaarif dkk,2020) .....	22
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian .....	26
Gambar 3. 2 Diagram Alir Pembuatan Kitosan dari Cangkang Kepiting .....	27
Gambar 4. 1 Spektra FTIR (a) kitosan, (b) komposit kitosan/silika .....	33
Gambar 4. 2 Grafik (a) laju korosi, (b) efisiensi pelapisan .....	36
Gambar 4. 3 Plot Nyquist Baja ASTM A36 dengan pelapis (a) Tanpa Pelapis, (b) Kitosan, (c) Komposit Kitosan/Silika 2% .....	39
Gambar 4. 4 Equivalen Circuit (a) BB dan (b) BK dan (c) BKS2 .....	39

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Jenis Baja Karbon (Satria, t.t.) .....	11
Tabel 2. 2 Komposisi Material ASTM A36 Sheet Plate Carbon Steel (Sardjono & Diniardi, 2020).....	12
Tabel 2. 3 Gugus Fungsi Komposit Kitosan Silika, Kitosan dan Silika (Susilowati & Mahatmanti, 2018).....	20
Tabel 3. 1 Variasi Pelapisan.....	29
Tabel 3. 2 Hasil Analisis Gugus Fungsi Kitosan, Silika dan Komposit Kitosan/Silika .....	30
Tabel 3. 3 Hasil Analisa <i>Weight Change</i> .....	31
Tabel 3. 4 Hasil Analisa EIS.....	31
Tabel 4. 1 Yield Proses Pembuatan Kitosan .....	32
Tabel 4. 2 Kode Variasi Pelapisan .....	32
Tabel 4. 3 Gugus Fungsi Kitosan dan Komposit Kitosan/Silika .....	34
Tabel 4. 4 Perhitungan Laju Korosi .....	35
Tabel 4. 5 Parameter Elektrokimia Baja ASTM A36 dengan Pelapis Kitosan dan Kitosan/Silika .....	40
Tabel 4. 6 Permukaan Baja.....	41

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Uji FTIR .....	59
Lampiran 2. Hasil Output Origin Lab FTIR.....	60
Lampiran 3. Perhitungan Weight.....	61
Lampiran 4. Output data Zview EIS .....	62

## ABSTRAK

Saldi, Wardah Maulida. 2024. **Pengaruh Penambahan Silika Pada Kitosan Cangkang Kepiting Sebagai Pelapis Baja ASTM A36**. Skripsi. Jurusan Fisika. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang. Dosen Pembimbing : (I) Dr. Erna Hastuti, M.Si (II) Dr. Agus Mulyono, S.Si, M.Kes

---

### **Kata Kunci : Korosi, Kitosan, Cangkang Kepiting, Silika**

Penggunaan baja dalam dunia industri meningkat pesat dengan hal ini permasalahan korosi menjadi salah satu aspek kerugian yang sangat krusial. Korosi merupakan penurunan mutu logam yang diakibatkan oleh reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Pengurangan laju korosi dapat dilakukan dengan penggunaan pelapis berupa absorpsi lapisan. Kitosan menjadi salah satu bahan organik yang dapat digunakan untuk menekan laju korosi. Penambahan silika dapat memperkuat sifat antikorosi pada pelapis berbahan organik karena memiliki kelebihan kestabilan tinggi terhadap pengaruh mekanik, temperature serta kondisi keasaman. Metode pelapisan dilakukan dengan penggunaan kuas sederhana dengan beberapa variasi pelapisan. Berdasarkan hasil penelitian baja ASTM A36 yang telah direndam selama 7 hari menunjukkan sampel dengan lapisan komposit kitosan/silika 2% (BKS2) memiliki laju korosi yang paling rendah pada pengujian *weight change* yaitu 0,0014 mm/y dengan nilai Rp pada pengujian EIS sebesar 2207  $\Omega$ . Sedangkan sampel tanpa pelapis (BB) dengan laju korosi tertinggi yaitu 0,0136 mm/y dan nilai Rp 21,75  $\Omega$  sampel dengan pelapis kitosan (BK) memiliki laju korosi sebesar 0,0127 mm/y dan nilai Rp 56,24  $\Omega$ .

## ABSTRACT

Saldi, Wardah Maulida. 2024. **Effect of Addition Silica to Crab Shell Chitosan as an ASTM A36 Steel Coating**. Thesis. Department of Physics. Faculty of Science and Technology. Maulana Malik Ibrahim State Islamic University, Malang. Advisor : (1) Dr. Erna Hastuti, M.Si (II) Dr. Agus Mulyono, S.Si, M.Kes

---

**Keywords : Corrosion, Chitosan, Crab Shell, Silica**

The use of steel in the industrial world is increasing rapidly, with this the problem of corrosion becoming a very crucial aspect of loss. Corrosion is a decrease in the quality of metal caused by electrochemical reactions with its environment. Reducing the corrosion rate can be done by using a coating in the form of an absorption layer. Chitosan is an organic material that can be used to reduce the rate of corrosion. The addition of silica can strengthen the anti-corrosion properties of organic coatings because it has the advantage of high stability against mechanical influences, temperature and acidic conditions. The coating method is carried out using a simple brush with several coating variations. Based on research results, ASTM A36 steel which has been soaked for 7 days shows that the sample with a 2% chitosan/silica composite layer (BKS2) has the lowest corrosion rate in the test. *weight change* namely 0.0014 mm/y with an Rp value in the EIS test of 2207  $\Omega$ . Meanwhile, the sample without coating (BB) with the highest corrosion rate was 0.0136 mm/y and a value of Rp. 21.75  $\Omega$ . The sample with chitosan coating (BK) had a corrosion rate of 0,0127 mm/y and a value of Rp. 56.24  $\Omega$ .

## ملخص البحث

سالدي، وردة مولدة. 2024. تأثير إضافة السيليكا إلى قشرة السلطعون الشيتوزان كطلاء فولاذ ASTM A36. الأطروحة. قسم الفيزياء. كلية العلوم والتكنولوجيا. جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية، مالانج. المستشار: (1) د. إرنا هاستوتي، م. س. (2) د. أغوس موليونو، س. س. م. كيس

### الكلمات المفتاحية: التآكل، الكيتوسان، قشرة السلطعون، السيليكا

استخدام الفولاذ في العالم الصناعي يتزايد بسرعة، ومع ذلك تصبح مشكلة التآكل جانباً حيوياً من الخسائر. التآكل هو انخفاض في جودة المعدن بسبب التفاعلات الكهروكيميائية مع البيئة المحيطة به. يمكن تقليل معدل التآكل باستخدام طلاء على شكل طبقة امتصاص. الشيتوزان هو مادة عضوية يمكن استخدامها لتقليل معدل التآكل. يمكن أن يعزز إضافة السيليكا خصائص الطلاء العضوي المقاوم للتآكل لأنه يتمتع بميزة الثبات العالي ضد التأثيرات الميكانيكية، درجات الحرارة والظروف الحمضية. يتم تنفيذ طريقة الطلاء باستخدام فرشاة بسيطة مع عدة تنوعات للطلاء. بناءً على نتائج البحث، فإن الفولاذ الذي تم نعه لمدة 7 أيام يظهر أن العينة ذات طبقة مركبة من ASTM A36 على نتائج البحث، فإن الفولاذ لديها أقل معدل تآكل في الاختبار. فقدان الوزن وهو 1,237 مم/سنة مع قيمة (BKS2) الشيتوزان/السيليكا بنسبة 2 لديها أعلى معدل تآكل وهو 12,009 مم/سنة (BB) بينما العينة بدون طلاء.  $\Omega$  تبلغ 2207 في اختبار Rp لديها معدل تآكل قدره 11,208 مم/سنة وقيمة (BK) العينة مع طلاء الشيتوزان.  $\Omega$  21,75 وقيمة Rp.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Korosi merupakan penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya yang berhubungan langsung dengan udara terbuka (Ajiriyanto dkk., t.t.). Korosi pada logam mudah terjadi, terutama pengaplikasian baja karbon rendah pada lingkungan berair sehingga dapat menimbulkan korosi basah pada logam. Korosi tersebut sering ditemukan dalam bidang industri dan dapat membahayakan lingkungan. Lingkungan yang memiliki kadar garam tinggi seperti air laut menimbulkan korosifitas bernilai tinggi (Adriana, 2018). Masalah utama dalam penggunaan baja ringan dalam berbagai macam aplikasi industri adalah ketika baja mengalami kontak dengan benda cair terutama yang bersifat asam (Fardhyanti, 2004). Kondisi tersebut menjadikan sifat ketahanan baja melemah sehingga mengalami korosi.

Perkembangan dunia industri dalam penggunaan bahan jenis logam meningkat pesat. Baja ASTM A36 merupakan jenis logam karbon rendah yang banyak digunakan sebagai bahan baku peralatan industri. Dengan harga yang terjangkau serta sifat tarik yang baik memiliki nilai tersendiri dalam pemakaian baja ASTM A36 (Sidik dkk., 2022). Pemanfaatan baja ASTM A36 bergantung pada ketebalan plat dan juga tingkat ketahanan korosinya. Baja karbon rendah dapat diaplikasikan ke berbagai produk, seperti plat bahan pembuatan kapal laut atau pintu air. Selain itu baja jenis ini diaplikasikan seperti pada konstruksi bangunan, tangga maupun pipa air panas (Utomo, 2012).

Pengurangan laju korosi pada material baja dapat dilakukan dengan

dengan berbagai cara, yaitu dengan *spray coating*, *electroplating*, *dip coating* ataupun dengan kuas sederhana. Ketebalan lapisan bergantung pada berbagai parameter seperti viskositas larutan pelapis, waktu perendaman, kecepatan penarikan, laju penguapan dan lainnya. Pelapisan baja dapat dilakukan dengan bahan anorganik dan organik. Salah satu bahan organik yang dapat digunakan yaitu kitosan.

Kitosan merupakan senyawa yang didapatkan dari proses deasetilasi kitin. Kitosan dapat berasal dari hewan, seperti kepiting, ikan, udang maupun lobster. Kepiting merupakan salah satu komoditas dari hasil budidaya dan hasil laut Indonesia. Menurut Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) ekspor kepiting rajungan pada tahun 2022 mencapai 295,19 juta dollar AS dan memberi kontribusi terhadap nilai ekspor perikanan sebesar 10,97%. Memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi pada sektor perikanan membuat kepiting menjadi salah satu hewan yang sangat digemari masyarakat. Selain dagingnya yang lezat kepiting juga menimbulkan masalah dalam pengolahan limbahnya. Cangkang kepiting cenderung menjadi limbah, cangkang kepiting dapat diolah menjadi pupuk organik dan bahan dasar pakan ternak. Limbah tersebut mengakibatkan pencemaran lingkungan, karena mudah membusuk akibat aktivitas mikro organisme (Hakiem, 2019). Allah SWT menurunkan satu ayat dalam Surah Al-Jasyah [45] : 13 yang menyebutkan bahwa apa yang ada di bumi dapat dimanfaatkan bagi kaum yang berpikir,

وَسَخَّرَ لَكُمْ مَّا فِي السَّمٰوٰتِ وَمَا فِي الْاَرْضِ جَمِيعًا مِّنْهُۥ اِنَّ فِيْ ذٰلِكَ لَاٰيٰتٍ لِّقَوْمٍ يَّتَفَكَّرُوْنَ

*Artinya : “Dia telah menundukkan (pula) untukmu apa yang ada dilangit dan apa yang ada di bumi semuanya (sebagai Rahmat) dari-Nya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang berpikir.*

Pada ayat tersebut terdapat lafal *wamaa fii al-ardhi* artinya semua yang ada di bumi seperti tanah, udara, air, tanaman, dan sebagainya merupakan rahmat yang semata-mata bersumber dari-Nya. Allah dengan segala kuasanya menetapkan hal tersebut dan mengilhami manusia sebagai kaum yang berpikir agar memanfaatkan untuk kemaslahatan dan kenyamanan hidup manusia (Thobroni, 2017). Berdasarkan penafsiran tersebut, segala hal yang berada di bumi dapat dimanfaatkan termasuk limbah cangkang kepiting.

Cangkang kepiting memiliki bobot yang lebih besar jika dibandingkan dengan bagian lainnya yaitu sebesar 57% dari bobot tubuhnya. Produk samping dengan belum adanya pemanfaatan lebih lanjut pada cangkang (kulit dan kepala) dapat mencemari lingkungan (Arsyi dkk., 2018). Cangkang kepiting mempunyai kandungan kitin yang dapat diolah menjadi kitosan sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pelapis organik. Cangkang kepiting memiliki kandungan senyawa kimia, diantaranya protein 30-40%, mineral ( $\text{CaCO}_2$ ) 30-50% dan kitin sebesar 20-30%.

Penelitian tentang kitosan dari ekstraksi kitin menjadi kitosan pada cangkang kepiting telah dilakukan. Kitosan pada cangkang kepiting tertinggi dicapai pada konsentrasi pelarut NaOH 40% dan waktu pemanasan 2,5 jam menghasilkan rendaman kitosan sebesar 64,94% dengan kadar air 8% (Ari, 2017). Sedangkan kandungan kitosan pada sisik ikan dan kulit udang menurut penelitian terdahulu menunjukkan bahwa sisik ikan bandeng mengandung 17,5% kitosan dan kulit udang windhu mengandung 56,25% kitosan (Silvia, 2019)

Penambahan silika menjadi salah satu alternatif untuk memperkuat sifat antikorosi pada pelapis berbahan organik. Silika adalah salah satu bahan kimia yang dapat mencegah korosi karena dapat mengabsorpsi cairan atau kelembapan

yang dapat menyebabkan korosi pada besi. Silika dapat dimanfaatkan sebagai pelapis baja antikorosi. Penambahan nanopartikel silika dapat meningkatkan ketahanan korosi pada lapisan luar (Gani dkk., 2022).

Ekstraksi kitosan dari cangkang kepiting memiliki suatu potensi untuk dikembangkan sebagai pelapis organik untuk menekan laju korosi pada baja ASTM A36. Dengan penambahan silika diharapkan dapat meningkatkan efektivitas penekanan laju korosi dengan media korosif natrium klorida (NaCl) 10%. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan silika ke dalam pelapis organik kitosan dari cangkang kepiting sebagai penekan laju korosi pada baja ASTM A36.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana gugus fungsi komposit kitosan/silika?
2. Bagaimana pengaruh variasi penambahan silika pada pelapis berbahan dasar kitosan terhadap laju korosi baja ASTM A36?
3. Bagaimana karakteristik permukaan baja ASTM A36 sebelum dan setelah diberi pelapis berupa komposit kitosan/silika?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan masalah pada penelitian ini, yaitu :

1. Untuk mengetahui gugus fungsi komposit kitosan/silika.
2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan silika pada pelapis berbahan dasar kitosan terhadap laju korosi baja ASTM A36.
3. Untuk mengetahui karakteristik permukaan baja ASTM A36 sebelum dan sesudah diberi pelapis berupa komposit kitosan/silika.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini, yaitu :

1. Cangkang kepiting didapatkan dari limbah rumah makan *seafood*.
2. Material baja yang digunakan adalah ASTM A36.
3. Proses pelapisan menggunakan kuas sederhana.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Mengembangkan pengetahuan sains dan teknologi terhadap pemanfaatan cangkang kepiting yang di ekstrak kitosan sebagai pelapis baja ASTM A36 untuk mengurangi kerusakan lingkungan akibat limbah cangkang kepiting.
2. Mendapatkan pengetahuan terkait pengaruh penambahan silika pada pelapis berbahan dasar kitosan terhadap laju korosi baja.

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1 Korosi**

Korosi adalah suatu kerusakan (*destructive*) atau penurunan nilai guna dari material disebabkan oleh lingkungannya, secara kimia ataupun secara elektrokimia. Proses pembuatannya, logam di ekstrak dari biji logam yang didapatkan dari penambangan bersenyawa dengan unsur lain terutama oksigen. Untuk memperoleh logam, oksigen harus dipisahkan melalui proses metalurgi namun hal ini membutuhkan energi yang besar (A. Yunus, 2019)

Proses sebuah logam berkorosi merupakan kebalikan dari proses ekstraksi metalurgi. Sejumlah energi yang dibutuhkan pada proses pembuatan logam dilepas kembali untuk menghasilkan korosi, dimana logam kembali bersenyawa dengan oksigen. Sehingga proses korosi bisa dikatakan sebagai suatu proses pengembalian logam ke bentuk alamiahnya yaitu bersenyawa dengan logam (kembali menjadi senyawa besi oksida).

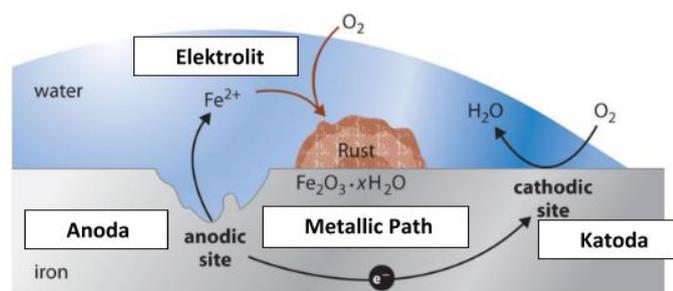
Syarat terjadinya korosi diantaranya adanya anoda, katoda, larutan/media dan rangkaian listrik. Anoda dan katoda terdapat pada daerah-daerah permukaan yang terkorosi. Anoda (kutub negatif) merupakan daerah yang teroksidasi dengan melepaskan elektron dari atom logam netral dan menjadi ion logam yang membentuk korosi yang tidak dapat larut dalam media, sedangkan daerah katoda (kutub positif) merupakan daerah yang tereduksi dengan menangkap elektron hasil dari logam (Utomo, 2012)

Korosi dapat terjadi karena adanya keadaan sekitar yang korosif pada lingkungan basah maupun lingkungan kering. Pada lingkungan basah korosi

berlangsung akibat lingkungan bersifat cair, uap dan kelembaban udara yang bercampur dengan gas-gas polusi. Korosi basah merupakan reaksi elektrokimia, karena adanya elektrolit dan medium yang menyebabkan timbulnya reaksi kimia dari perpindahan elektron. Sedangkan pada lingkungan kering korosi dapat terjadi karena senyawa kimia menyublim, mencair atau meleleh sehingga permukaan logam dapat terjadi keadaan fase logam dan cair atau leleh senyawa kimia.

Selain terjadi perubahan pada struktur permukaan sebuah logam, korosi juga membahayakan pada bidang konstruksi dan dapat menyebabkan tercemarnya lingkungan serta menimbulkan kerugian ekonomi. Selain itu pada logam dapat menurunkan sifat mekanik dan kegagalan struktural atau kerusakan komponen logam.

Secara umum mekanisme terjadinya korosi dikarenakan logam menjadi anoda yang teroksidasi, lingkungan menjadi katoda yang tereduksi lalu menghasilkan senyawa oksida atau karbonat berupa hidrat. Proses ini membuat besi menjadi karat berwujud zat yang berwarna coklat. Karat atau oksida menyebabkan permukaan logam mengelupas sehingga menyebabkan korosi secara kontinu. Proses terjadinya korosi pada besi dapat kita lihat pada Gambar 2.1.

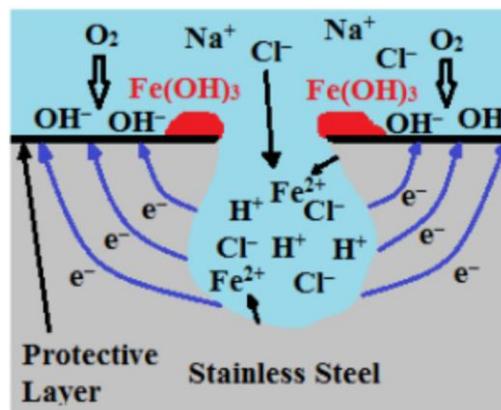


Gambar 2. 1 Korosi Permukaan Besi Pada Lingkungan Berair (Adriana, 2018)

Saat korosi terjadi, salah satu bagian besi berlaku sebagai anoda, dimana pada daerah ini mengalami reaksi oksidasi, ditunjukkan pada Persamaan 2.1 dan 2.2 (Adriana, 2018)



Ion besi (II) yang terjadi di daerah anoda kemudian mengalami oksidasi akhirnya menjadi ion besi (III) dan selanjutnya menjadi senyawa yang terhidrasi  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  (A. Yunus, 2019)



Gambar 2. 2 Mekanisme korosi pada media korosif NaCl (Ismail, 2021)

Sedangkan besi yang direndam dengan larutan NaCl lebih cepat mengalami korosi dibandingkan dengan besi yang direndam dengan aquades. Untuk reaksi kimia pada baja dengan larutan NaCl dapat dilihat pada gambar 2.2 terdapat  $\text{Fe} + \text{NaCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{Na}^+$ . Dimana  $\text{Fe}^{2+}$  dan NaCl bereaksi sehingga menghasilkan ikatan  $\text{FeCl}_2$  yang terlarut, namun menghasilkan reaksi samping yang merupakan endapan Na (Syarief & Rahmatuloh, 2020).

Kecepatan penurunan kualitas bahan terhadap waktu dapat disebut dengan laju korosi. Korosi dapat diketahui laju kecepatannya melalui perhitungan perubahan berat (*weight change*). Menghitung dengan metode perubahan berat dilakukan dengan mengukur berat logam atau baja yang sudah dibersihkan

terlebih dahulu permukaannya dan dinyatakan sebagai massa awal, pembersihan dapat dilakukan dengan mengamplas permukaan logam yang akan diuji. Kemudian diberlakukan perlakuan yang diinginkan sehingga terjadi perubahan pada logam yang akan diuji. Seperti diletakkan pada lingkungan berair yang dapat menimbulkan korosi. Kemudian dilakukan perhitungan kembali setelah perlakuan dan dinyatakan sebagai massa akhir. Untuk menentukan hasil laju korosi maka dilakukan dengan pengambilan beberapa data seperti luas permukaan, waktu, massa jenis logam yang diuji.

Laju korosi (*corrosion rate*) dapat diketahui dengan menghitung perubahan berat (*weight change*) menerapkan persamaan 2.3 (Callister & Rethwisch, 2013).

$$\text{Corrosion Rate} = \frac{K \times \Delta W}{A \times t \times \rho} \quad (2.3)$$

Keterangan : CR = Laju Korosi ( $\text{mm} \cdot \text{y}^{-1}$ )

$\Delta W$  = Selisih massa (mg)

$\rho$  = Massa jenis baja ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ) = 7,85  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$

A = Luas permukaan ( $\text{cm}^2$ )

t = Waktu perendaman (h)

K = Konstanta laju korosi = 87,6

Setelah dilakukan perhitungan laju korosi baja didapatkan, dihitung efisiensi pelapisan terhadap laju korosi. Efisiensi pelapis mengacu terhadap kemampuan suatu lapisan pelindung untuk mencegah atau mengurangi laju korosi dari substrat logam. Semakin tinggi presentase efisiensi, semakin baik pelapisan tersebut mengurangi laju korosi. Perhitungan persen efisiensi pelapis menerapkan persamaan 2.4 (Roberge, 2000).

$$E_{coat} = \frac{CR_0 - CR_n}{CR_0} \times 100\% \quad (2.4)$$

Keterangan :  $E_{coat}$  = Efisiensi Pelapis (%)

$CR_0$  = Laju korosi tanpa pelapis (mm/y)

$CR_n$  = Laju korosi dengan pelapis (mm/y)

Beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah atau pun mengurangi laju korosi, diantaranya (Saktisahdan, 2021):

1. Memilih logam yang tepat untuk lingkungan yang dengan kondisi tertentu.
2. Memberi lapisan pelindung pada logam (*coating*).
3. Melakukan pengendalian lingkungan (inhibitor).
4. Penerapan sistem proteksi katodik dan anodik.

## 2.2 Baja

Baja merupakan logam besi yang berfungsi sebagai dasar unsur yang dicampur dengan beberapa elemen yang lain, termasuk karbon. Besi dapat terbentuk menjadi dua kristal yaitu *face center cubic* (FCC) dan *body center cubic* (BCC). Hal ini bergantung dari temperatur ketika ditempa. Unsur karbon yang terkandung dalam baja antara 0,2% sampai 2,1% dari keseluruhan berat baja tersebut. Didalam baja elemen yang sering ditemukan karbon, Mn, P, S, oksigen Sebagian kecil nitrogen dan alumunium (Nasution, 2018).

Baja memiliki beberapa sifat mekanik, diantaranya kekuatan, kekerasan, kekenyalan, kekakuan, plastisitas, ketangguhan, kelelahan dan keretakan. Secara garis besar ada dua jenis baja, baja karbon dan baja paduan. Kadar karbon sangat mempengaruhi sifat baja. Baja karbon rendah mengandung karbon kurang dari 0,3%, bersifat Tangguh, ulet serta mudah dibentuk. Aplikasi baja jenis ini sering

digunakan pada bidang konstruksi. Baja paduan didefinisikan sebagai suatu baja yang dicampur dengan satu atau lebih unsur campuran. Seperti nikel, kromium, molibden, vanadium, mangan atau wolfram untuk meningkatkan sifat kuat, keras dan liat.

*Tabel 2. 1 Jenis Baja Karbon (Satria, t.t.)*

No.	Jenis Baja Karbon	Karakteristik
1.	Baja karbon rendah	Baja yang mengandung kurang dari 0,3% C sehingga baja ini tidak termasuk baja yang keras.
2.	Baja karbon sedang	Baja yang mengandung 0,3 – 0,6% C. Memiliki beberapa sifat yaitu tidak mudah dibentuk dengan mesin, lebih sulit dilakukan pengelasan dan dapat dikeraskan dengan baik.
3.	Baja karbon tinggi	Baja yang mengandung 0,6 – 1,7 % C dan memiliki kekerasan yang tinggi namun keuletannya lebih rendah. Sulit dibentuk dengan mesin, mengandung sulfur (S) dan fosfor (P).

Salah satu baja karbon rendah yaitu baja ASTM A36. Dikembangkan oleh *American Society for Testing and Materials* (ASTM), standar baja ASTM A36 memiliki kerapatan  $7.800\text{kg/cm}^3$ . Karena termasuk dalam jenis baja karbon rendah, ASTM A36 memiliki sifat mudah diolah, mudah dilas dan dibentuk. Karena kandungan karbon yang rendah, perlakuan panas tidak terlalu efektif pada baja ini. Baja ASTM A36 tidak mengandung nikel atau kromium dalam jumlah besar oleh karena itu memiliki ketahanan korosi yang rendah.

Baja ASTM A36 memiliki komposisi material seperti yang ditunjukkan pada

Tabel 2.2 :

*Tabel 2. 2 Komposisi Material ASTM A36 Sheet Plate Carbon Steel (Sardjono & Diniardi, 2020)*

<b>Kandungan</b>	<b>Komposisi (%)</b>
Karbon (C)	0,25 – 0,29
Besi (Fe)	98
Mangan (Mn)	1.03
Fosfor (P)	0,040
Sulfur (S)	0,050
Silicon (Si)	0,28
Tembaga	0,20

Berdasarkan tabel 2.2 diketahui bahwa kandungan karbon pada baja ASTM A36 adalah 0,25 – 0,29 %, sehingga termasuk ke dalam jenis baja karbon rendah. Baja jenis ini relatif lunak dan lemah tetapi mempunyai keuletan dan ketangguhan yang baik. Sifat mudah ditempa, dibentuk dan di las juga dimiliki oleh baja jenis ini (Satria, 2016).

Besi mengandung kekuatan yang amat besar menurut para pakar kimia, besi merupakan logam paling kuat dilihat dari kekuatan, kelenturan, ketebalan serta sifat istimewa lainnya. Tanpa besi bumi tidak akan memiliki medan magnet yang dapat menahan gas dan benda cair dengan lapisan gas dan lapisan airnya. Serta juga tidak dapat menahan segala bentuk kehidupan dipermukaan bumi (Silvia, 2019).

Dalam Bahasa Arab besi disebut dengan kata *alhadid*. Besi merupakan satu-satunya mineral yang disebut oleh Allah SWT dalam Al-Qur'an, baik dengan kata *alhadid* atau *hadiid* (Sudiarti dkk., 2018). Dalam Al-Qur'an surah al-Hadid [57] ; 25, Allah berfirman :

لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنَاتِ وَأَنْزَلْنَا مَعَهُمُ الْكِتَابَ وَالْمِيزَانَ لِيُقُومَ النَّاسُ بِالْقِسْطِ وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنَافِعٌ لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ اللَّهُ مَنْ يَنْصُرُهُ وَرُسُلَهُ بِالْغَيْبِ إِنَّ اللَّهَ قَوِيٌّ عَزِيزٌ

*Artinya : “Sungguh, Kami benar-benar telah mengutus rasul-rasul Kami dengan bukti-bukti yang nyata dan Kami menurunkan Bersama mereka kitab dan neraca (keadilan) agar manusia dapat berlaku adil. Kami menurunkan besi yang mempunyai kekuatan hebat dan berbagai manfaat bagi manusia agar Allah mengetahui siapa yang menolong (agama)-Nya dan rasul-rasul-Nya walaupun (Allah) tidak dilihatnya. Sesungguhnya Allah Mahakuat lagi Mahaperkasa.”*

Surat besi (al-Hadid) diturunkan oleh Allah kepada nabi Muhammad saw pada masa terjadinya perang Uhud, pada awal terbentuknya pemerintah Islam di Madinah (Umami dkk., 2023). Kitab Tafsir Yusuf Ali menjelaskan bahwa besi merupakan logam yang memiliki berbagai manfaat bagi manusia. Besi dapat dibuat menjadi baja, lalu dibuat menjadi peralatan perang, seperti tombak, senapan dan lain sebagainya. Pada kehidupan sekarang manusia memiliki akal dan kemampuan untuk mengolah besi dan bahan alam lainnya yang telah disediakan oleh Allah SWT yang disebut sebagai *an-naas*. Besi tidak hanya dapat di olah dalam bentuk murni, namun juga sebagai campuran bahan material lainnya. Dapat dibuktikan manfaat daripada besi tersebut dalam kehidupan masa kini manusia telah mengolah besi, tidak hanya sebagai alat tempura tau perang. Namun, manusia telah mengolahnya dengan berbagai manfaat dalam berbagai jenis produksi, pekerjaan, perabotan, bangunan bahkan alat bercocok tanam masa kini Sebagian besar memerlukan besi sebagai bahan baku.

### **2.3 Pelapisan**

Pelapisan merupakan proses penambahan atau penumpukan suatu material kepada suatu permukaan material lain atau material yang sama. Tujuan dari pelapisan yang diterapkan untuk melindungi permukaan material, sehingga

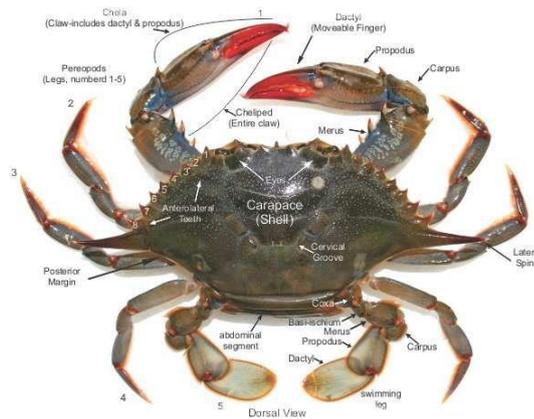
mengurangi interaksi antara material dengan lingkungan yang menyebabkan korosi atau *deterioratif* (merusak), menambah penampilan permukaan ataupun untuk memperbaiki permukaan atau bentuk suatu material tertentu. Melapisi permukaan logam dengan bahan pelindung seperti cat, *epoxy*, *chrome*, *coating powder* atau adalah cara efektif untuk melindungi permukaan logam dari paparan lingkungan. Pelapisan ini membentuk penghalang fisik antara logam dan pereaksi korosif (Saktisahdan, 2021).

Pelapis yang digunakan juga ditinjau dari jenis material pelapis, pelapis organik, inorganik dan metalik. Pelapis organik seperti pelapis dengan car, lacquer dan vernis. Pelapis inorganik adalah pelapisan yang dilakukan dengan menggunakan gelas porcelain dan enerael. Sedangkan pelapisan metalik yang menggunakan jenis logam lain yang dilakukan secara sengaja untuk satu tujuan (Erna dkk., 2017).

Teknik pelapisan logam dapat dilakukan dengan modern ataupun manual. Pelapisan logam modern biasanya dilakukan dengan bantuan listrik dan juga panas. Pelapisan logam dengan bantuan listrik dilakukan dengan teknik *electroplating*. Pelapisan dengan bantuan panas dilakukan dengan teknik penyemprotan termal dan *Hot Diping*. Sedangkan pada pelapisan manual dapat dilakukan dengan teknik pencelupan, pengolesan (pengecatan) dan penyemprotan.

#### **2.4 Kepiting**

Kepiting (*Brachyura*) merupakan hewan laut yang dapat dikenal dari bentuknya yang melebar melintang. Kepiting memiliki bentuk yang unik dengan 8 kaki dan dua capit di kanan dan kiri. Anatomi kepiting dapat dilihat pada gambar 2.3.



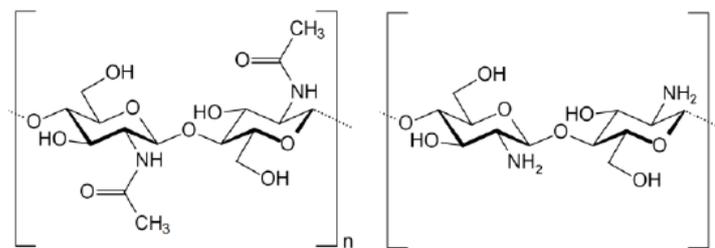
Gambar 2. 3 Anatomi Kepiting (Husein,2016)

Kepiting memiliki beraneka ragam ukuran, dari kepiting kacang yang lebarnya hanya beberapa milimeter, hingga kepiting laba-laba Jepang, dengan rentang kaki hingga 4 m. Hewan berkaki banyak ini memiliki lima pasang kaki, sepasang kaki yang pertama dimodifikasi menjadi sepasang capit digunakan untuk bertarung dan mencari makanan (Hakiem, 2019).

Cangkang kepiting memiliki bobot 57% dari keseluruhan total bobot tubuhnya. Hampir seluruh tubuh kepiting diselimuti cangkang, mulai dari capit, kaki, hingga kepala. Cangkang kepiting mengandung senyawa kimia, diantaranya proterin 30%-40%, mineral ( $\text{CaCO}_3$ ) 30-50% dan kitin sebesar 20-30% (Arsyik dkk., 2018).

Pada cangkang kepiting yang keras ditemukan zat yang mampu berfungsi sebagai kitin terdeasetilasi yaitu kitin dan kitosan. Kitin dan kitosan merupakan biopolymer yang secara komersial berpotensi dalam berbagai bidang industri. Zat ini tidak beracun dan dapat terurai di alam. Menurut penelitian Helma dkk (2020), kitin yang terdeasetilasi menjadi kitosan dapat menjadi pelapis yang baik. Kitosan sebagai *chelating agent* dapat menyerap logam beracun seperti merkuri, timah, tembaga dan kobalt dalam perairan dan untuk mengikat zat warna tekstil dalam air limbah (Mashuni dkk., 2021).

Kitin dan kitosan memiliki perbedaan yang didasarkan pada kandungan nitrogennya. Bila nitrogen kurang dari 7% maka polimer disebut kitin dan apabila kandungan nitrogen melebihi angka 7% maka disebut kitosan. Gugus fungsi yang terdapat pada kitosan memungkinkan juga untuk memodifikasi kimia yang beraneka ragam termasuk reaksi-reaksi dengan zat perantara ikatan silang. Jika sebagian besar gugus asetil pada kitin disubstitusikan oleh hidrogen menjadi gugus amino dengan penambahan basa konsentrasi tinggi, maka hasilnya dinamakan kitosan atau kitin terdeasetilasi. Kitosan bukan merupakan senyawa tunggal, tetapi merupakan kelompok terdeasetilasi sebagian dengan derajat deasetilasi beragam. Kitin N-asetil glukosamin yang terdeasetilasi sedikit, sedangkan kitosan adalah kitin yang terdeasetilasi dalam jumlah yang besar tetapi tidak cukup untuk dinamakan poliglukosamin (Mashuni dkk., 2021). Kitosan dan kitin memiliki struktur molekul ditunjukkan pada gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Struktur Molekul Kitin dan Kitosan (Elamri,2022)

Kitosan juga dapat disebut dengan  $\beta$ -1, 4-2 amino-2-dioksi-D-glukosa yang merupakan senyawa tidak larut dalam airdan  $H_2SO_4$ , sedikit larut dalam HCL,  $CH_3COOH$ ,  $HNO_3$ , dan  $H_3PO_4$ . Kitosan tidak beracun, mudah mengalami biodegradasi dan bersifat polielektrolitik, yang artinya memiliki muatan elektron yaitu muatan negatif sehingga mampu berikatan dengan logam berat yang bermuatan positif, disamping itu kitosan dapat dengan mudah berinteraksi dengan zat-zat anorganik lainnya seperti protein, oleh karena itu kitosan relatif lebih

banyak digunakan pada berbagai bidang industri terapan dan industri kesehatan (Marieta & Musfiroh, 2018)

Kepiting merupakan salah satu jenis hewan yang diciptakan dengan kelezatan yang dapat dinikmati oleh manusia. Kepiting juga merupakan sumber daya alam yang telah disediakan Allah SWT harus dimaksimalkan sebaik-baiknya. Setelah memanfaatkan bahan yang berada di alam tidak sedikit menimbulkan sampah yang dapat merusak lingkungan itu sendiri. Kita sebagai manusia yang “*an-nass*” harus dapat mengelola bahkan mengolah sampah tersebut dengan lebih baik.

Allah berfirman sebagaimana dalam Al-Qur’an surah ar-Rum [30] ; 41

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

*Artinya : “Telah tampak kerusakan di darat dan dilaut disebabkan perbuatan tangan manusia. (Melalui hal itu) Allah membuat mereka merasakan Sebagian dari (akibat) perbuatan mereka agar Kembali (ke jalan yang benar).”*

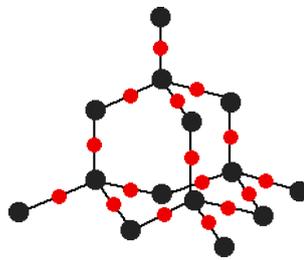
Kata “*al-fasad*” menurut al-Ashfahani adalah keluarnya sesuatu dari keseimbangan, baik sedikit maupun banyak. Sedangkan kata “*as-shalhdh*” merupakan lawan kata dari kehancuran yang berarti manfaat atau berguna. Beberapa ulama memahaminya dalam arti kerusakan lingkungan karena ayat diatas mengartikan “*fasad*” sebagai darat dan laut (Thobroni, 2017).

## 2.5 Silika

Silikon dioksida (SiO<sub>2</sub>) atau lebih dikenal dengan silika merupakan senyawa logam oksida yang banyak terdapat di alam, namun keberadaan di alam tidak dalam kondisi bebas, melainkan senyawa lain baik fisik namun kimia. Silika disusun oleh silicon (Si) dan oksigen (O<sub>2</sub>) dimana keduanya merupakan unsur yang paling banyak di alam. Diperkirakan 60% dari kerak bumi ini tersusun dari

silika. Silika yang ada di bumi ini biasanya ditemukan dalam bentuk silikat (Saktisahdan, 2021).

Bentuk silika ada berbagai macam, yaitu : silika kristalin, silika mikrokristalin, silika vitreous (*supercooled liquid glasses*), dan silika amorf. Berdasarkan struktur molekulnya silika dibagi menjadi dua bagian, yaitu : silika kristalin dan silika amorf. Silika kristalin adalah silika yang susunan molekulnya berbentuk pola tertentu (kristal) sedangkan silika amorf adalah silika yang susunan molekulnya tidak beraturan.



Gambar 2. 5 Struktur Kristal Silika (Alexander,2018)

Bahan anorganik ini memiliki beberapa kelebihan sifat yaitu memiliki kestabilan tinggi pengaruh mekanik, temperature dan kondisi keasaman. Silika merupakan bahan kimia yang pemanfaatan dan aplikasinya pada bidang elektronik, mekanik, dan medis (Tetuko dkk., 2016).

Silika memiliki sifat unik yang tidak dimiliki senyawa anorganik lainnya seperti, sifat adsorpsi dan pertukaran ion yang baik, kestabilan mekanik dan termal yang tinggi, mudah dimodifikasi dengan senyawa kimia tertentu untuk meningkatkan kinerjanya. Silika mampu digunakan sebagai adsorben karena memiliki gugus fungsi silanol (Si-OH) dan gugus fungsi siloksan (Si-O-Si) serta memiliki pori-pori yang luas. Selain itu silika juga memiliki sifat kimia yang bersifat stabil terhadap hydrogen dan basa pekat misalnya NaOH dalam kondisi panas secara perlahan dapat mengubah silika menjadi silikat yang larut dalam air.

## 2.6 Metode Karakterisasi

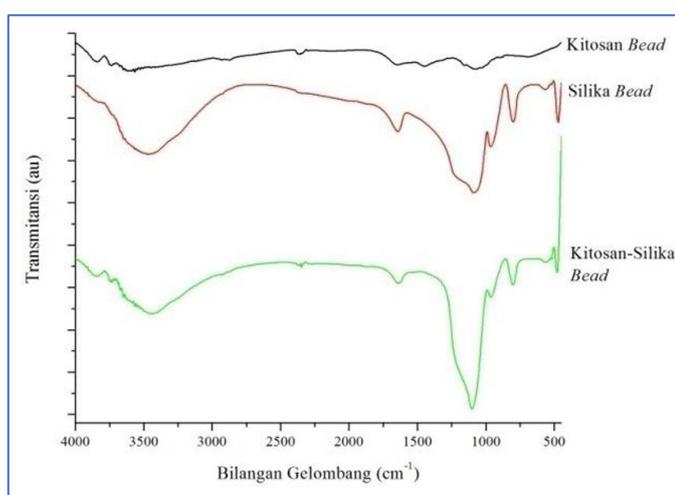
### 2.6.1 FTIR (Fourier Transform Infra Red)

Spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) atau yang dapat disebut dengan spektroskopi inframerah adalah suatu metode analisis berdasarkan prinsip interaksi suatu senyawa kimia dengan radiasi elektromagnetik yang akan menghasilkan suatu getaran (vibrasi) dari suatu ikatan poliatomik atau gugus fungsional senyawa kimia. Teknik ini juga disebut dengan spektroskopi vibrasional (Moros, dkk., 2010). Memiliki kemampuan yang cepat dalam menganalisis, bersifat tidak merusak dan hanya dibutuhkan preparasi sampel yang sederhana menjadi suatu keunggulan dari FTIR (Subamia dkk., 2023)

Radiasi inframerah dilewatkan melewati sampel, panjang gelombang spesifik diserap karena ikatan kimia pada material (*contracting*) dan pembengkokan (*bending*). Gugus fungsi yang ada dalam suatu molekul cenderung menyerap radiasi inframerah pada kisaran bilangan gelombang yang sama terlepas dari absorbsi perubahan energi vibrasi pada daerah inframerah. Hal ini berhubungan antara posisi pita inframerah dan struktur kimia dalam molekul (Fithri & Yanuarti, 2022).

Komponen dasar spektroskopi FTIR adalah sumber sinar, interferometer, sampel, detector penguat (amplifier), pengubah analog ke digital dan komputer. Mekanisme yang terjadi yaitu sinar datang dari sumber sinar yang kemudian diteruskan, lalu akan dipecah oleh pemecah sinar yang saling tegak lurus. Sinar ini kemudian dipantulkan oleh dua cermin yaitu cermin diam dan cermin bergerak. Kemudian sinar hasil dari pantulan dari kedua cermin tersebut akan dipantulkan kembali menuju pemecah sinar untuk saling berinteraksi. Dari pemecah sinar

sebagian sinar akan diarahkan menuju cuplikan dan sebagian menuju sumber. Gerakan cermin yang maju mundur akan menyebabkan sinar pada detektor berfluktuasi. Sinar akan saling menguatkan ketika dua cermin memiliki jarak yang berbeda. Fluktuasi sinar sampai pada detektor akan menghasilkan sinyal pada detektor yang terdapat pada interferometer (Saputri dkk., 2023). Interferometer berfungsi untuk mengatur intensitas sumber sinar inframerah dengan mengubah dari posisi cermin pemantul yang memantulkan sinar dari sumber sinar ke sampel.



Gambar 2. 6 Spektrum FTIR Kitosan, Silika dan Komposit Kitosan Silika (Susilowati & Mahatmanti, 2018)

Tabel 2. 3 Gugus Fungsi Komposit Kitosan Silika, Kitosan dan Silika (Susilowati & Mahatmanti, 2018)

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )		
	Komposit Kitosan Silika	Kitosan	Silika
OH	3444,36	3526,36	3467,83
NH	3649,97	3567,94	-
NH <sub>2</sub>	1639,09	1647,59	-
Si-O pada Si O-Si	1102,86	-	1087,7
Si-O pada Si-OH	963,54	-	963,99
Si-O pada Si-O-Si	800,09	-	800,11
Si-O pada Si-O-C	568,18	-	567,05

Si-O-Si	478,95	-	470,95
C-H alifatik	-	2875,19	-
C-H pada CH <sub>3</sub>	-	1448,92	-
C-O pada CH-OH	-	1071,97	-

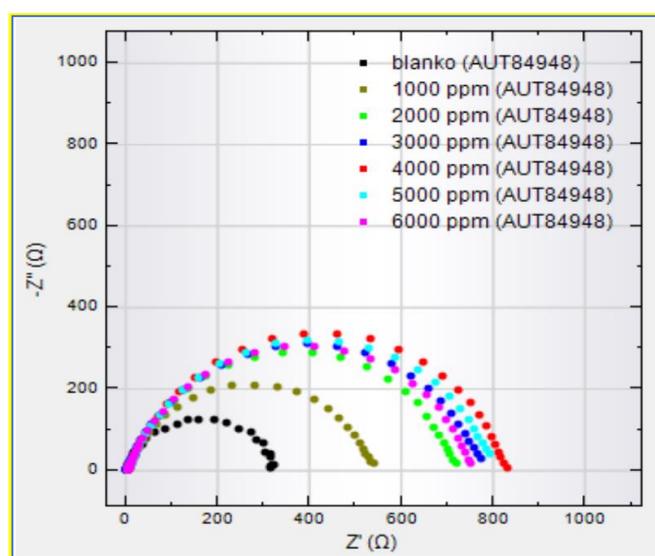
Berdasarkan Gambar 2.5 spektrum kitosan *bead* di atas menunjukkan adanya uluran -NH di daerah bilangan gelombang 3567,94 cm<sup>-1</sup>. Hal ini dibuktikan pada bilangan gelombang 1647,59 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya gugus -NH<sub>2</sub> yang merupakan situs aktif kitosan *bead*. Gugus amina (NH<sub>2</sub>) yang berfungsi untuk membantu kitosan untuk mengadsorpsi logam-logam berat (Rifai, 2010). Puncak melebar pada bilangan gelombang 3526,36 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya vibrasi ulur OH dari ikatan gugus hidroksil dengan atom karbon. Hasil FT-IR Kitosan Bead menunjukkan adanya gugus -NH<sub>2</sub>, -OH, C-H, dan C-O pada CH-OH.

Sedangkan pada hasil FTIR kitosan-silika *bead* menunjukkan adanya gugus fungsi -NH<sub>2</sub>, OH, Si-O-Si, Si-OH dan Si-O-C. Serapan dengan pita lebar pada daerah 3000-4000 cm<sup>-1</sup> merupakan puncak yang khas untuk vibrasi ulur gugus -OH (gugus hidroksil). Gugus hidroksil pada kitosan-silika bead ini berasal dari ikatan gugus Si-OH atau gugus silanol, meskipun sumbangan gugus OH dari air juga tidak dapat diabaikan (Daifullah et al., 2003). Pita serapan 3649,97 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya ikatan -NH. Hal ini diperkuat dengan adanya serapan pada bilangan gelombang 1639,09 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan adanya gugus amina (NH<sub>2</sub>) pada kitosan-silika bead. Gugus amina pada kitosan-silika bead ini berasal dari kitosan (Susilowati & Mahatmanti, 2018)

### 2.6.2 EIS (Electrochemical Impedance Spectroscopy)

*Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS) adalah suatu metode yang digunakan dalam bidang elektrokimia untuk menganalisis perilaku elektrik dari suatu sistem elektrokimia. Teknik ini melibatkan pengukuran dengan sistem impedansi sebagai fungsi frekuensi. Ada dua metode dalam EIS yaitu, EIS Galvanostik dan EIS Potensiostatik. Analisa dengan metode galvanostik digunakan dalam pengembangan dan penelitian perangkat berdaya besar seperti baterai, dimana arus dimasukkan ke dalam sampe dan sinyal voltase diukur (Carboni,2019). Sedangkan analisa dengan metode potensiostatik adalah metode yang digunakan untuk memantau korosi sebuah logam (Macdonald, 2005).

Metode karakterisasi ini berguna dalam menganalisa korosi pada material logam. EIS dapat memberikan informasi tentang kinetika reaksi korosi dan sifat-sifat elektrokimia logam yang terkorosi. Elektroda material terkorosi yang akan diuji dan elektroda referensi dihubungkan dengan elektrolit yang mengandung agen korosi. Sinyal AC kecil diterapkan pada sistem dan impedansi sistem ukur pada masing-masing frekuensi (Sharma,2019)



Gambar 2. 7 Hasil Uji EIS (Syaarif dkk,2020)

Hasil penelitian Syarif dkk (2020) menunjukkan bahwa pemakaian kitosan pada baja ASTM A36 menurunkan laju korosi seiring dengan penambahan konsentrasi kitosan. Informasi yang didapatkan dari metode ini yaitu berapa lama lapisan dapat melindungi substrat dan bagaimana kinerja dari lapisan tersebut. Hasil plot Nyquist dari besi ASTM A36 dengan variasi penambahan inhibitor korosi 1000 ppm sampai 6000 ppm memiliki kurva dengan diameter setengah lingkaran yang lebih besar dibandingkan dengan diameter setengah lingkaran dari specimen tanpa inhibitor (blanko). Yang mana diameter kapasitas setengah lingkaran meningkat tajam seiring dengan adanya penambahan atau peningkatan konsentrasi inhibitor korosi, sehingga dapat dikaitkan bahwa proses tahanan transfer memainkan peran utama dalam terjadinya peningkatan cakupan permukaan adsorpsi. EIS memungkinkan pengujian sampel tanpa menghancurkan sampel. Pengujian dengan metode EIS tidak memakan waktu banyak, dibandingkan dengan pengujian dengan metode lainnya.

## **BAB III**

### **METODOLOGI**

#### **3.1 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian ini adalah eksperimen, dilakukan penambahan silika terhadap kitosan hasil ekstraksi kitin dari cangkang kepiting. Cangkang kepiting dikeringkan lalu dihaluskan dan diayak dengan ukuran saringan 200 mesh. Serbuk tersebut di ekstraksi kitin melalui proses deproteinasi dan demineralisasi. Lalu kitin yang diperoleh diekstraksi kembali untuk menjadi kitosan melalui proses diasetilasi. Komposit kitosan/silika diaplikasikan pada baja ASTM A36 dengan metode pengolesan memakai kuas sederhana sebagai penekan laju korosi. Komposit kitosan/silika yang dihasilkan dianalisis gugus fungsi. Serta komposit kitosan/silika dianalisis pengaruhnya terhadap baja ASTM A36 dalam menekan laju korosi dengan metode *weight change*, Uji FTIR dan Uji EIS.

#### **3.2 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dimulai pada bulan September 2023. Tempat Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Riset Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

#### **3.3 Alat, Bahan dan Alat Karakterisasi**

##### **3.3.1 Alat**

Alat yang digunakan pada penelitian ini, sebagai berikut :

1. Gelas Beaker
2. Gelas Ukur
3. Kertas Saring
4. Timbangan Digital

5. Spatula
6. Oven
7. pH Meter
8. *Buncher*
9. *Magnetic Stirer*
10. Inkubator
11. Ayakan 200 mesh
12. Kertas Saring
13. Alluminium Foil
14. Corong Kaca
15. Erlenmeyer

### **3.3.2 Bahan**

Bahan yang digunakan pada penelitian ini, sebagai berikut :

1. Cangkang Kepiting
2. Silika
3. Baja ASTM A36
4. NaOH
5. HCl
6. NaCl
7. Aquades
8. Asam Asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )

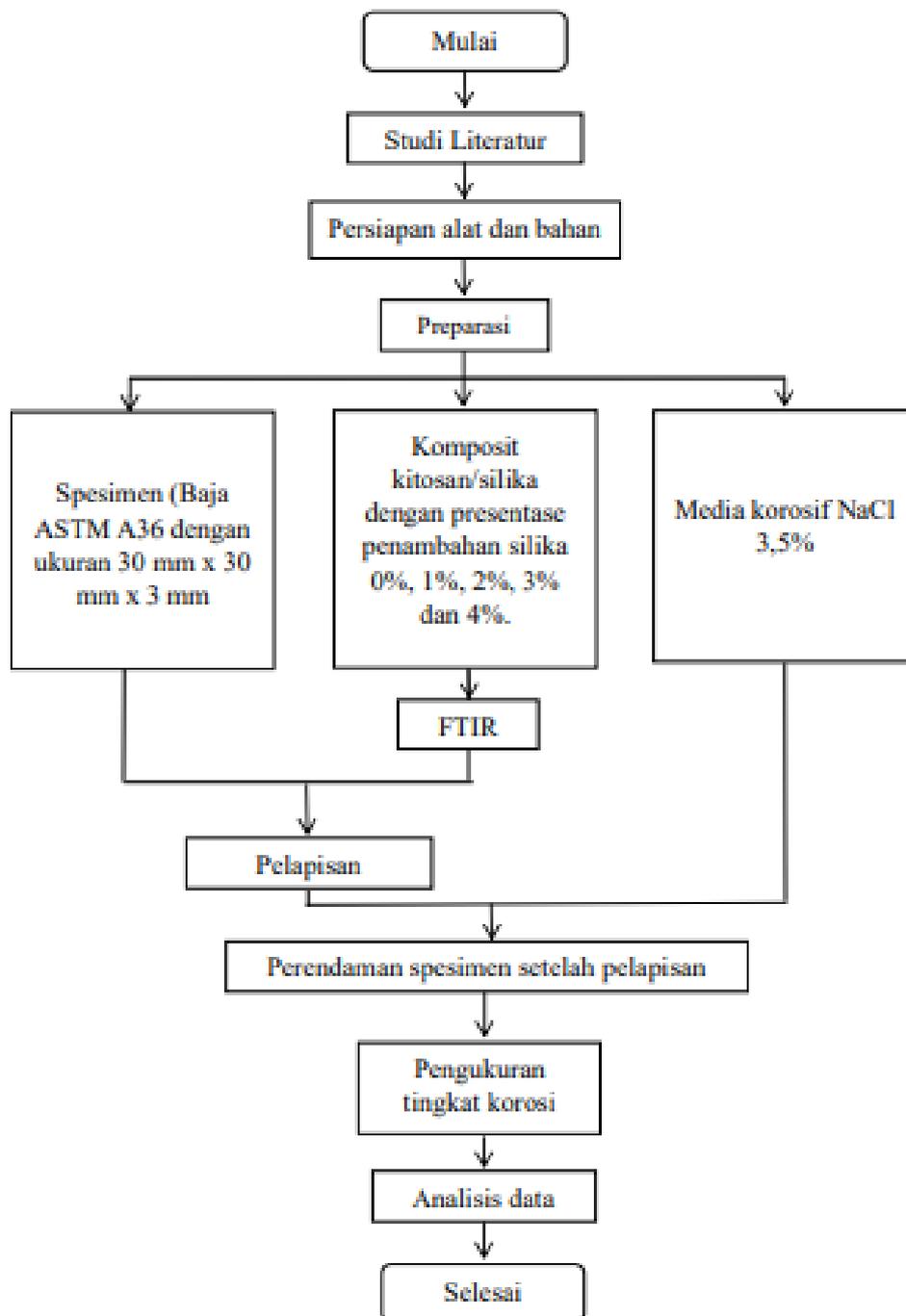
### **3.3.3 Alat Karakterisasi**

Jenis alat untuk karakterisasi pada penelitian ini, sebagai berikut :

1. *Fouriers Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)*

2. *Weight Change*
3. *Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)*
4. Kamera Makro

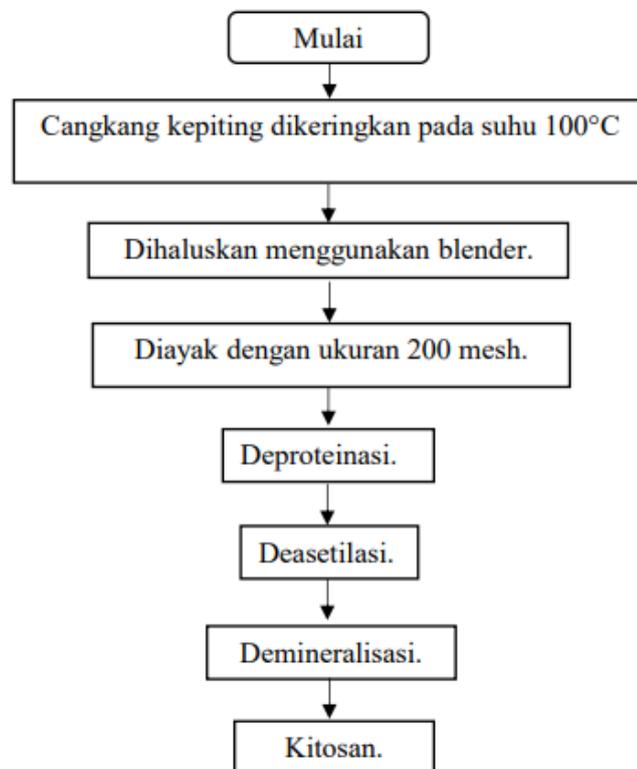
### 3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

### 3.5 Prosedur Penelitian

#### 3.5.1 Pembuatan Kitosan dari Cangkang Kepiting



Gambar 3. 2 Diagram Alir Pembuatan Kitosan dari Cangkang Kepiting

Penelitian ini menggunakan kitosan yang berasal dari cangkang kepiting. Preparasi kitosan dalam penelitian ini dilakukan dengan pembentukan serbuk cangkang kepiting terlebih dahulu.

Pembuatan kitosan cangkang kepiting melalui beberapa tahap menurut Amri Aji dan Meriatna (2012), yaitu :

1. Deproteinasi

Deproteinasi merupakan proses penghilangan protein yang terdapat pada cangkang kepiting dengan menggunakan larutan NaOH. Serbuk cangkang kepiting sebanyak 50 gram ditambahkan dengan 500 ml NaOH 3,5% di

microwave selama 15 menit dengan daya 100 W. Kemudian disaring dengan kertas saring, dicuci dengan aquades hingga pH netral untuk diambil endapannya.

## 2. Demineralisasi

Proses demineralisasi bertujuan untuk menghilangkan kandungan mineral pada serbuk cangkang kepiting. 50 gram dari hasil deproteinasi ditambahkan dengan 750 ml HCl 1 N diaduk dengan kamar selama 60 menit. Kemudian disaring dengan kertas saring, dicuci dengan aquades hingga pH netral lalu dikeringkan. Proses ini menghasilkan kitin.

## 3. Diasetilasi

Proses penghilangan gugus fungsi asetil pada kitin untuk mentransformasikan (mengubah) kitin menjadi kitosan disebut diasetilasi. Diasetilasi dengan metode microwave menurut penelitian Robby dkk (2020) menggunakan perbandingan kitin dan larutan NaOH 40% yaitu 1:20 (b/v). Diekstraksi selama 40 menit dan 1200 W. Endapan yang terbentuk dicuci menggunakan aquades hingga pH netral dan dikeringkan.

### **3.5.2 Pembuatan Komposit Kitosan/Silika**

Kitosan yang telah didapatkan kemudian diproses kembali agar dapat diaplikasikan sebagai pelapis. Untuk memperkuat kualitas pelapisannya, dilakukan penambahan silika sebagai adsorben air. Penambahan silika dengan presentase penambahan 1%, 2%, 3% dan 4% menjadi variable dalam penelitian ini.

Sintetis komposit dari material utama kitosan dan partikel silika yang ditambahkan 5 gram dilarutkan dengan 100 ml asam asetat 2%.

Ditambahkan silika dengan presentase tertentu. Dilakukan pengadukan selama 3 jam pada suhu ruang sampai dihasilkan larutan yang homogen. Setelah larutan homogen, larutan diaplikasikan pada baja spesimen baja ASTM A36.

Tabel 3. 1 Variasi Pelapisan

<b>Kode</b>	<b>Kandungan Lapisan</b>
BB	Tanpa Pelapis
BK	Kitosan
BKS1	Kitosan + Silika 1%
BKS2	Kitosan + Silika 2%
BKS3	Kitosan + Silika 3%
BKS4	Kitosan + Silika 4%

### 3.5.3 Pelapisan Spesimen Baja ASTM A36

Spesimen baja ASTM (American Society Testing and Material) A36 yang digunakan berukuran 2 cm x 2 cm x 2 mm sebanyak 10 sampel. Sebelum spesimen digunakan, dilakukan pembersihan menggunakan sikat. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan lapisan *coating* dan lapisan oksida yang ada pada permukaan spesimen.

Spesimen yang telah dibersihkan lalu direndam menggunakan larutan HCl 3,5%, selama 20 menit. Setelah perendaman dibersihkan dengan penyikatan dan air mengalir untuk membuang sisa HCl pada baja.

Media korosi yang digunakan yaitu campuran larutan NaCl 10% dan pembuatan NaCl 10% membutuhkan 100 gram natrium klorida (NaCl) dan aquadest 1.000 ml. Selanjutnya, larutan NaCl 10% dimasukkan ke dalam gelas plastik masing-masing sebanyak 200 ml. Lalu baja ASTM

A36 yang telah dilapisi komposit kitosan/silika di masukkan dan didiamkan selama 7 hari.

### 3.5.4 Karakteristik Ekstrak Cangkang Kepiting dan Komposit

#### Kitosan/Silika

FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi kitosan yang terdapat pada ekstrak cangkang kepiting dan komposit kitosan/silika. Preparasi dilakukan dengan mengambil 5-10 ml sampel pelapis kitosan dan komposit kitosan/silika.

### 3.6 Rencana Analisis Data

#### 3.6.1 Analisis Gugus Fungsi Kitosan dan Komposit Kitosan/Silika

##### meggunakan FTIR

Analisa gugus fungsi pada penelitian ini terpusat pada kandungan kitosan dari cangkang kepiting dan komposit kitosan/silika dengan menggunakan FTIR. Gugus fungsi dari sampel ekstraksi akan diolah menggunakan software origin sehingga diperoleh grafik. Hasil yang didapatkan selanjutnya akan dibandingkan dengan literatur.

*Tabel 3. 2 Hasil Analisis Gugus Fungsi Kitosan, Silika dan Komposit Kitosan/Silika*

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang	
	Kitosan (BK)	Kitosan/Silika (BKS2)

#### 3.6.2 Analisis Laju Korosi Menggunakan Metode *Weight Change*

Korosi yang ditimbulkan setelah pelapisan dengan masing-masing variable akan dihitung menggunakan metode *weight change*. Sampel baja yang telah dilapisi akan ditimbang dan berperan sebagai massa awal. Sampel direndam pada media korosi selama 7 hari. Setelah proses

perendaman sampel akan diangkat dan dikeringkan lalu ditimbang untuk mendapatkan massa akhir.

*Tabel 3. 3 Hasil Analisa Weight Change*

Kode Sampel	Massa Awal (g)	Massa Akhir (g)	Selisih Massa (g)	Laju Korosi (mmy)
BB				
BK				
BKS1				
BKS2				
BKS3				
BKS4				

### 3.6.3 Analisis Korosi menggunakan Metode EIS

*Electrochemical Impedence Spectroscopy* adalah suatu metode untuk menganalisis respon suatu elektroda yang terkorosi dengan fungsi frekuensi yaitu sinyal potensial AC. Pada prinsipnya metode EIS digunakan untuk menentukan parameter kinetika elektrokimia yang berkaitan dengan elemen listrik, seperti hambatan larutan ( $R_s$ ), hambatan polarisasi ( $R_p$ ) serta *constant phase element* (CPE).

*Tabel 3. 4 Hasil Analisa EIS*

Kode Sampel	$R_p$ ( $\Omega$ )	CPE - T	CPE - P	$R_s$ ( $\Omega$ )
<u>BB</u>				
<u>BK</u>				
<u>BKS2</u>				

### 3.6.4 Analisis Permukaan Baja

Analisa permukaan baja dengan atau tanpa pelapis dilakukan pada sebelum dan sesudah perendaman dalam medium korosif. Kemudian dianalisis permukaan baja dengan melihat perubahan warna menggunakan kamera makro.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Data Hasil Penelitian

##### 4.1.2 Karakterisasi Pelapis Menggunakan Spektroskopi FTIR

Pembuatan kitosan melalui beberapa tahapan ekstraksi yaitu, deproteinasi, deasetilasi serta demineralisasi. Ekstraksi yang dilakukan pada cangkang kepiting yang telah dikeringkan menghasilkan kitosan. Yield pembuatan kitosan dapat dilihat pada tabel 4.1.

*Tabel 4. 1 Yield Proses Pembuatan Kitosan*

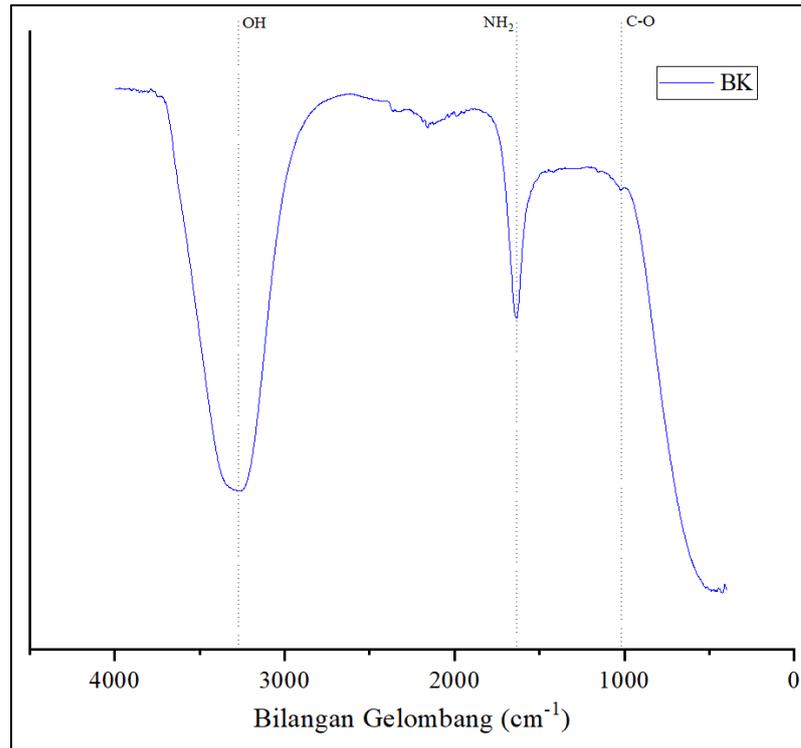
Proses	Bobot Serbuk (gram)
Cangkang Kepiting	500
Deproteinasi	421
Demineralisasi	398
Deasetilasi	237

Kitosan yang telah didapatkan dilarutkan dengan  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .

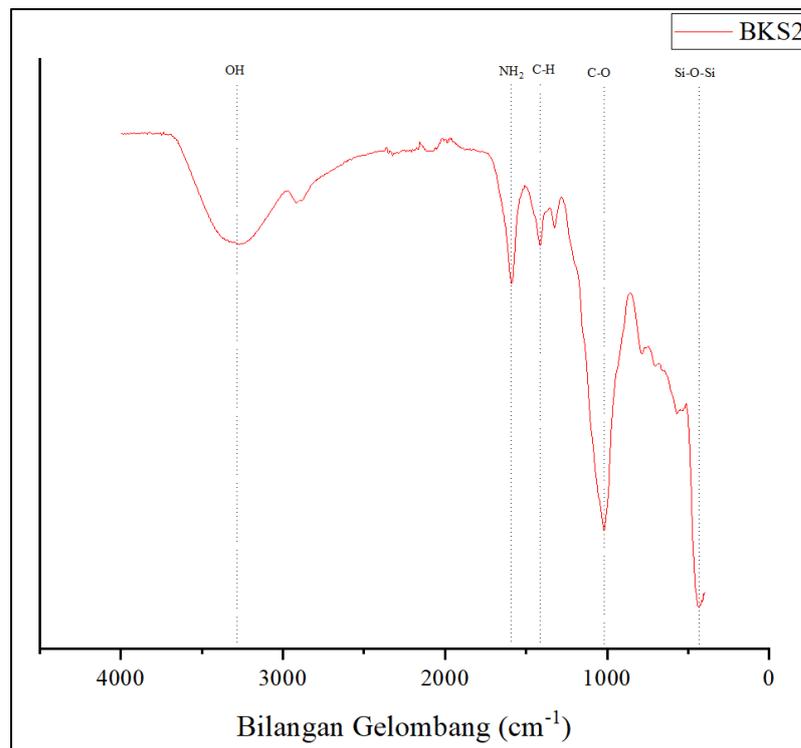
Untuk penambahan silika dilakukan dengan beberapa variasi. Setelah itu dilakukan pengujian karakterisasi menggunakan FTIR yang bertujuan untuk mengetahui kandungan dalam sampel pelapis. Uji sampel dilakukan pada dua sampel yaitu BK dan BKS2. Hasil pengujian ditampilkan pada gambar 4.1.

*Tabel 4. 2 Kode Variasi Pelapisan*

Kode	Kandungan Lapisan
BB	Tanpa Pelapis
BK	Kitosan
BKS1	Kitosan + Silika 1%
BKS2	Kitosan + Silika 2%
BKS3	Kitosan + Silika 3%
BKS4	Kitosan + Silika 4%



(a)



(b)

Gambar 4. 1 Spektra FTIR (a) kitosan, (b) komposit kitosasn/silika

Gambar 4.1 menunjukkan puncak-puncak spektra FTIR kitosan dan komposit kitosan silika. Kedua gambar memiliki perbedaan peak yang dihasilkan dengan panjang gelombang yang berbeda pula. Data gugus fungsi dengan bilangan gelombang dapat dilihat pada Tabel 4.3.

*Tabel 4. 3 Gugus Fungsi Kitosan dan Komposit Kitosan/Silika*

Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )		Gugus Fungsi
Kitosan	Komposit Kitosan/ Silika	
3298,83	3269,05	OH
1637,29	1588,94	NH <sub>2</sub>
-	1413,76	C-H
1019,74	1018,41	C-O
-	433,36	Si-O-Si

Pada tabel 4.3 dapat dilihat bilangan gelombang dari setiap gugus fungsi. Daerah serapan dengan pita lebar pada daerah 3000 – 4000 cm<sup>-1</sup> merupakan puncak yang khas untuk vibrasi ulur gugus -OH (gugus hidroksil). Pita serapan 1637,29 cm<sup>-1</sup> dan 1588,94 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya gugus amina (NH<sub>2</sub>) pada kitosan dan komposit kitosan/silika. Gugus amina yang didapatkan pada uji FTIR ini berasal dari kitosan.

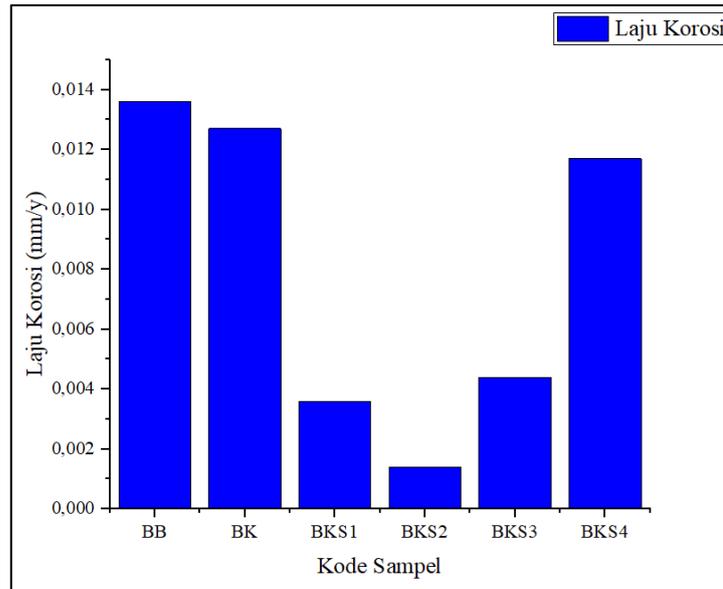
Serapan dengan pita 1019,74 cm<sup>-1</sup> dan 1018,41 cm<sup>-1</sup> pada kedua sampel menunjukkan adanya ikatan Tunggal C dan O (C-O). Gugus fungsi yang terdapat pada komposit kitosan/silika salah satunya menunjukkan adanya Si-O-Si. Hal ini ditandai pada bilangan gelombang 433,36 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan adanya serapan vibrasi ulur asimetri Si-O-Si (gugus siloksan).

#### 4.1.2 Uji Korosi Baja Menggunakan Metode Perubahan Berat (*Weight Change*)

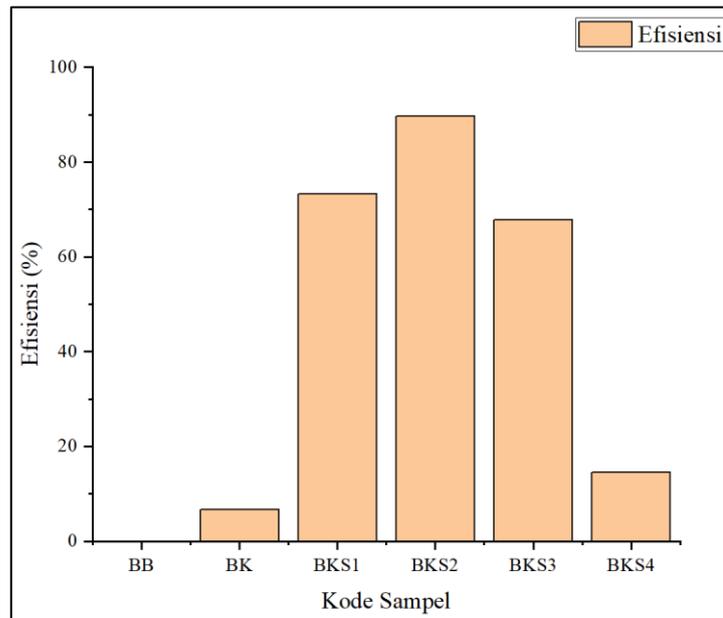
Uji korosi baja menggunakan *weight change* dilakukan untuk mengetahui laju korosi dari suatu sampel. Pengukuran berat spesimen dilakukan sebelum dan sesudah perendaman pada larutan korosif, baik dengan pelapis ataupun tanpa menggunakan pelapis. Pengukuran berat bertujuan untuk mengetahui selisih berat pada tiap spesimen uji. Selanjutnya akan dihitung dengan rumus *weight change* untuk mengetahui laju korosi yang dihasilkan pada setiap spesimen. Hasil Pengukuran berat specimen dan laju korosi ditunjukkan pada tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Perhitungan Laju Korosi

Kode Sampel	Massa Awal (g)	Massa Akhir (g)	Selisih (mg)	Laju Korosi (mm/y)	Rata-Rata Laju Korosi (mm/y)	Efisiensi (%)
BB	4,27	4,98	7,1	0,0118	0,0136	0
	4,29	5,23	9,4	0,0156		
BK	4,37	5,08	7,1	0,0117	0,0127	6,67
	4,4	5,23	8,3	0,01378		
BKS1	4,36	4,57	2,1	0,00348	0,0036	73,33
	4,41	4,64	2,3	0,00381		
BKS2	4,43	4,54	1,1	0,00182	0,0014	89,67
	4,45	4,51	0,6	0,00099		
BKS3	4,48	4,73	2,5	0,00415	0,0044	67,87
	4,39	4,67	2,8	0,00464		
BKS4	4,42	5,16	7,4	0,01228	0,0117	14,54
	4,38	5,05	6,7	0,011126		



(a)



(b)

Gambar 4. 2 Grafik (a) laju korosi, (b) efisiensi pelapisan

Perhitungan laju korosi melalui uji korosi *weight change* menunjukkan adanya penurunan laju korosi dengan penambahan pelapis. Penambahan silika pada bahan pelapis juga mempengaruhi nilai laju korosi yang dihasilkan. Untuk mendapatkan selisih massa berat setiap

sampelnya, dilakukan perhitungan massa awal dan massa akhir pada setiap sampel, sehingga diperoleh data *weight change*.

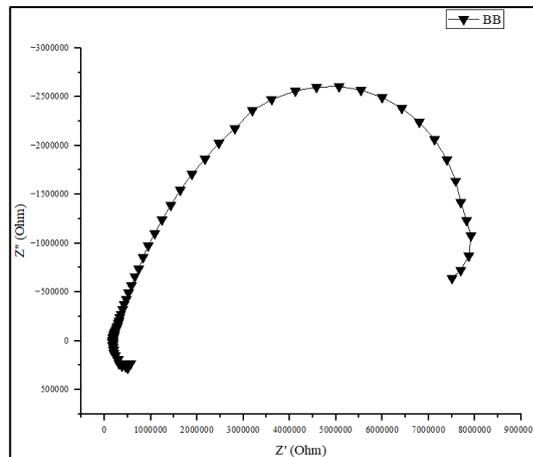
Data hasil penelitian menyatakan laju korosi terkecil dengan nilai 0,0014 mm/y setelah penambahan silika pada pelapis kitosan sebanyak 2%. Sedangkan, pada baja terlapis kitosan tanpa silika memiliki nilai laju korosi sebesar 0,0127 mm/y nilai ini lebih besar jika dibandingkan dengan pelapis komposit kitosan/silika namun lebih kecil jika dibandingkan dengan baja tanpa pelapis yang menunjukkan nilai 0,0136 mm/y.

Berdasarkan gambar 4.2 (a) terlihat penurunan laju korosi pada sampel baja yang telah diberi pelapis kitosan. Penambahan silika pada pelapis kitosan juga menunjukkan penurunan laju korosi pada grafik. Laju korosi terkecil terdeteksi pada kode BKS2 dengan penambahan silika 2%. Sedangkan gambar 4.2 (b) menunjukkan efisiensi penurunan penggunaan pelapis pada baja ASTM A36. Grafik menunjukkan tingginya efisiensi penambahan silika untuk menurunkan laju korosi pada baja ASTM A36. Efisiensi tertinggi didapatkan pada kode BKS2.

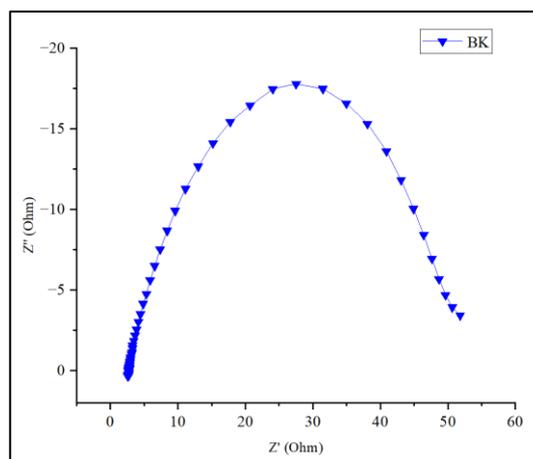
#### **4.1.3 Uji Baja Menggunakan EIS**

Pengujian dilakukan untuk mengetahui pengaruh pelapisan terhadap penambahan hambatan maupun daya tahan interaksi antara permukaan baja ASTM A36 pada media NaCl 10% menggunakan komposit kitosan/silika dengan beberapa variasi penambahan silika mulai dari 1-4 %. Untuk mengujian *Electrochemical Impedance Spectroscopy* dilakukan pada 2 variasi yaitu BK dengan pelapis kitosan dan BKS2

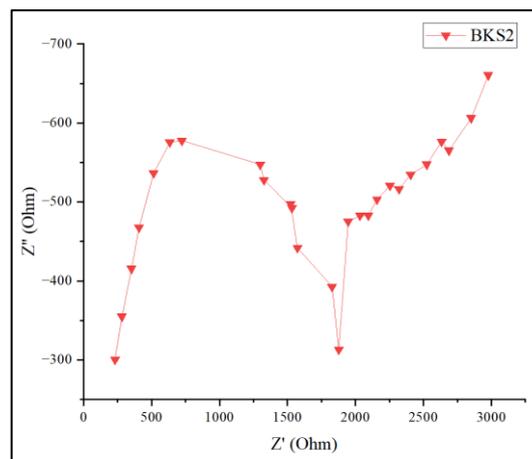
dengan pelapis komposit kitosan/silika 2%. Hasil pengujian EIS ditunjukkan pada gambar 4.3 (a) dan (b).



(a)



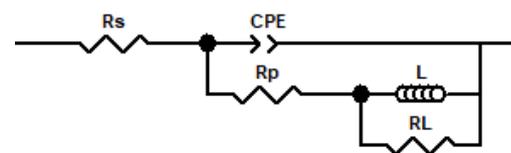
(b)



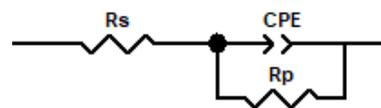
(c)

Gambar 4. 3 Plot Nyquist Baja ASTM A36 dengan pelapis (a) Tanpa Pelapis, (b) Kitosan, (c) Komposit Kitosan/Silika 2%

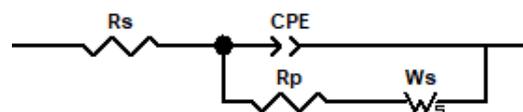
Selain plot Nyquist, pengujian EIS juga menghasilkan equivalent circuit.  $R_p$ ,  $R_s$ , CPE.  $R_p$  (*Resistance Polarization*) merupakan tahanan polarisasi yang menyatakan nilai resistansi pelapis terhadap korosi yang berlangsung. Sedangkan  $R_s$  (*Solution Resistance*) merupakan tahanan lautan, peningkatan tiba-tiba dalam  $R_s$  dapat menunjukkan adanya kontaminasi atau pembentukan produksi korosi dalam larutan. CPE (*Constant Phase Element*) dibagi menjadi dua jenis utama yaitu CPE T (*Time*) merupakan parameter yang menggambarkan karakteristik waktu dari elemen CPE dan CPE P (*Phase*) merupakan parameter yang menentukan sudut fase konstan dari elemen CPE. L menyatakan induksi. Dan RL merupakan resistor dalam inductor. W merupakan Warburg yaitu terkait dengan kontrol difusi yang terjadi akibat adanya interaksi senyawa aktif secara elektrokimia dengan perubahan siklus ekstrim (Hernández dkk., 2020)



(a)



(b)



(c)

Gambar 4. 4 Equivalen Circuit (a) BB dan (b) BK dan (c) BKS2

Dari pengujian EIS pada material baja ASTM A36 dengan variasi pelapisan, maka didapatkan beberapa parameter hasil pengujian yang dapat dilihat pada tabel 4.5.

*Tabel 4. 5 Parameter Elektrokimia Baja ASTM A36 dengan Pelapis Kitosan dan Kitosan/Silika*

<b>Kode Sampel</b>	<b>Rp (<math>\Omega</math>)</b>	<b>CPE-T</b>	<b>CPE-P</b>	<b>Rs (<math>\Omega</math>)</b>
BB	21,75	0,00380	0,90429	2,692
BK	56,24	0,01060	0,73916	2,703
BKS2	2207	0,00002	0,65418	-74,11

Hasil pengujian EIS menampilkan alunan Nyquist berupa diagram berbentuk setengah lingkaran yang merupakan plot impedansi nyata terhadap impedansi imajiner. Parameter listrik yang dihasilkan yaitu Rp, Rs dan CPE. Besaran Rp menyatakan tahanan transfer muatan, besaran Rs menyatakan tahanan lantan yang tergantung dari konsentrasi ion, jenis ion dan geometri area penghantar arus. Sedangkan CPE merupakan tahanan transfer yang dibentuk oleh reaksi elektrokimia tunggal pada secara kinetika. Secara umum penambahan pelapis akan menaikkan tahanan transfer muatan (Rp).

Gambar 4.3 (a) menunjukkan plot Nyquist berbentuk setengah lingkaran dengan pelapis berbahan kitosan. Sedangkan pada gambar 4.3 (b) Hasil pengujian EIS pada baja yang dilapisi dengan komposit kitosan/silika 2% menunjukkan bentuk plot Nyquist setengah lingkaran ditambah dengan plot keatas. Pada tabel 4.3 menyatakan data Rp dan Rs. Laju korosi pada EIS dapat dilihat dari nilai Rp. Semakin besar nilai Rp, semakin kecil laju korosinya. Nilai Rp yang didapatkan pada BB yaitu

21,75  $\Omega$  sedangkan pada sampel BK yaitu 56,24  $\Omega$  dan pada BKS2 sebesar 2207  $\Omega$ . Hal ini menyatakan bahwa laju korosi sampel BKS2 lebih kecil dibandingkan laju korosi sampe BK dan BB.

#### 4.1.4 Uji Permukaan Baja

Pengamatan permukaan baja dilakukan untuk melihat perbedaan tingkat korosi secara visual sebelum dan setelah perendaman dengan variasi pemakaian pelapis dan penambahan silika. Pengujian ini dilakukan menggunakan kamera makro yang dapat diamati pada tabel 4.6.

*Tabel 4. 6 Permukaan Baja*

Kode Sampel	Baja Terlapis	Baja Setelah Perendaman	
		Tampak Setelah Perendaman	Tampak Setelah Pembersihan
BB			
BK			
BKS1			
BKS2			



Berdasarkan hasil pengamatan sebelum dan setelah perendaman dengan NaCl 10% tampak permukaan baja mengalami korosi yang berbeda. Tampak setelah perendaman mengalami pelapisan korosi yang terlihat berwarna oranye dengan kepekatan hampir sama sebelum dibersihkan. Tujuan membersihkan bercak berwarna oranye untuk melihat bercak korosi lebih jelas. Selaput putih terlihat pada baja terlapis merupakan serbuk silika yang ditambahkan pada cairan pelapis dengan beberapa variasi penambahan silika yaitu 1%, 2%, 3% dan 4%. Bercak putih menandakan adanya silika dalam sampel pelapisan, semakin banyak persen silika yang ditambahkan semakin terlihat bercak putih pada permukaan baja.

Hasil pengamatan menunjukkan luas permukaan terkorosi yang terlihat pada sampel BB tanpa pelapis muncul bercak hitam pekat dan meluas serta adanya bercak kecoklatan yang menandakan pengkaratan akibat adanya reaksi permukaan dengan media perendaman dapat dilihat gambar pada tabel 4.6. Sedangkan pada sampel BK yang dilapisi dengan kitosan terlihat luas permukaan terkorosi lebih sedikit jika dibandingkan dengan sampel BB. Luas permukaan terkosi paling sedikit terlihat pada

sampel BKS2 dengan penambahan silika 2%, terlihat penurunan bercak hitam dan coklat jika dibandingkan dengan sampel lainnya.

#### **4.2 Pembahasan**

Komposit dibuat dengan bahan dasar kitosan yang diisolasi dari cangkang kepiting melalui beberapa tahap yaitu deproteinasi, demineralisasi lalu deasetilasi. Proses deproteinasi bertujuan untuk memecah senyawa protein yang terkandung dalam cangkang. Demineralisasi bertujuan untuk memecah senyawa mineral yang terkandung dalam cangkang setelah proses deproteinasi. Hasil akhir setelah melalui proses demineralisasi dapat disebut kitin. Selanjutnya, kitin yang telah diperoleh, diekstraksi kembali melalui proses deasetilasi untuk menghasilkan kitosan.

Proses ekstraksi kitosan dari cangkang kepiting yang dibersihkan lalu dikeringkan. Cangkang kepiting mengandung lebih besar kandungan kitosan jika dibandingkan dengan udang dan sisik ikan, hal ini didukung pada penelitian sebelumnya menyatakan kandungan kitosan dari sisik ikan bandeng sebesar 31,81% dan pada kulit udang sebesar 67,16% (Silvia, 2019). Sedangkan pada cangkang kepiting mengandung sebanyak 78,84% (Aji, 2012). Cangkang kepiting dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 100°C selama 1 jam (C. E. Yunus dkk., 2020).

Komposit dibuat dengan menambahkan silika pada kitosan yang telah dilarutkan dengan asam asetat 2% ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ). Kitosan merupakan polimer rantai lurus yang memiliki banyak gugus amina dalam unit glukosa sehingga terdapat backbone dalam unit polimer tersebut, melarut dalam asam organik encer dan tidak larut dalam air ataupun dalam pelarut organik. Hal ini didukung pada

penelitian sebelumnya yang menyatakan kitosan tidak larut pada air, etanol dan n-heksana (Wahyuni, 2018).

Kitosan yang dipakai sebanyak 5 gram dilarutkan dengan asam asetat 2% 100 ml. Lalu di stirrer selama 3 jam hingga larutan homogen. Penambahan silika dilakukan dengan beberapa variasi penambahan berat yaitu 1%, 2%, 3% dan 4%. Setelah pembuatan komposit, dilakukan uji FTIR untuk mengetahui kandungan senyawa yang terkandung dalam sampel pelapis. Kode sampel yang digunakan pada baja terlapis yaitu tanpa pelapis (BB), pelapis kitosan (BK), pelapis komposit kitosan/silika 1% (BKS1), pelapis komposit kitosan/silika 2% (BKS2), pelapis komposit kitosan/silika 3% (BKS3) dan pelapis komposit kitosan/silika 4% (BKS4).

Hasil pengujian FTIR menyatakan bahwa sampel pelapis BK mengandung gugus fungsi OH, NH<sub>2</sub> dan C-O dan sampel pelapis BKS2 mengandung OH, NH<sub>2</sub>, C-H, C-O dan Si-O dari Si-O-Si. Pada bilangan gelombang 3000 – 4000 cm<sup>-1</sup> merupakan puncak khas untuk gugus hidroksil. Pada bilangan gelombang 1637.29 cm<sup>-1</sup> dan 1588,94 cm<sup>-1</sup> menunjukkan gugus amina (NH<sub>2</sub>). Gugus fungsi C-O berada bilangan gelombang 1019.74 cm<sup>-1</sup> dan pada BKS2 berada pada bilangan gelombang 1018,41 cm<sup>-1</sup>. Keberadaan silika dibuktikan pada bilangan gelombang 433,36 cm<sup>-1</sup> yang menyatakan Si-O-Si bilangan gelombang yang muncul sedikit lebih kecil jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yaitu 470,95 cm<sup>-1</sup> (Susilowati & Mahatmanti, 2018). Setelah diketahui sampel pelapisan mengandung kitosan dan silika, dilakukan pengaplikasian pelapisan pada baja.

Baja ASTM A36 dengan ukuran 2 cm x 2 cm dan ketebalan 2 mm yang telah dilapisi dengan variasi sesuai sampel direndam pada larutan NaCl 10% . Setelah

perendaman selama 7 hari dilakukan pengujian pada baja disetiap sampel untuk mengetahui pengaruh pelapisan. Pengujian dilakukan dengan beberapa metode, yaitu, uji *weight change*, uji EIS untuk mengetahui laju korosi pada baja serta uji permukaan baja untuk melihat perubahan permukaan baja

Laju korosi tertinggi terjadi pada sampel baja yang tidak terlapsi dengan nilai 0,0136 mpy dengan kode BB dan dapat dilihat gambar permukaan setelah perendaman pada tabel 4.4. Terlihat bercak hitam dan coklat yang cukup luas pada permukaannya yang menandakan terjadinya korosi. Reaksi antara baja bersenyawa Fe dengan media perendaman yang NaCl menyebabkan korosi yang terjadi pada permukaan baja. Sedangkan untuk baja berkode BK yang dilapsi dengan kitosan menyentuh nilai laju korosi 0,0127 mpy lebih kecil dibandingkan dengan tanpa pelapis. Penambahan silika sebesar 1%wt menurunkan nilai laju korosi sebanyak 71% di nilai 0,0036 mpy. Nilai korosi terendah dengan nilai 0,0014 mpy pada sampel baja BKS2, didukung dengan gambar permukaan pada tabel 4.2. Namun, dengan penambahan silika lebih banyak tidak menunjukkan adanya penurunan laju korosi. Hal ini dikarenakan, penambahan silika dengan jumlah tertentu dapat meningkatkan reaksi oksidasi antara baja dengan media larutan.

Efisiensi pengaplikasian pelapisan tertinggi menurut pengukuran *weight change* terjadi pada sampel BKS2 89,67% sedangkan efisiensi pelapisan terendah ditunjukkan pada sampel BK dengan nilai 6,67%. Pada sampel BKS4 dengan penambahan silika sebanyak 4% menunjukkan efisiensi 14,34%. Hal ini dikarenakan semakin tinggi penambahan silika dapat mengurangi konsentrasi adsorpsi karena adsorben telah mengalami penggumpalan (aglomerasi), yang

mengakibatkan konsentrasi adsorbat yang terserap semakin berkurang (Putra dkk., 2022)

Hasil pengujian *Electrochemical Impedance Spectroscopy* menampilkan plot Nyquist berupa diagram berbentuk setengah lingkaran yang merupakan plot impedansi nyata (real) terhadap impedansi imajiner (imaginer). Parameter listrik yang dihasilkan yaitu  $R_{ct}/R_p$ ,  $R_s$  dan CPE.  $R_{ct}$  atau  $R_p$  merupakan tahanan transfer muatan yang dibentuk oleh reaksi elektrokimia Tunggal pada permukaan logam yang dikendalikan secara kinetika.

Gambar grafik 4.3 plot Nyquist pada sampel BB (a) tanpa pelapis membentuk satu setengah lingkaran serta lengkungan satu setengah lingkaran kecil yang terbalik, Dimana hal ini menandakan bahwa pada sampel BB terjadi reson induktansi kedua pada frekuensi rendah, yang berarti adanya mekanisme adsorpsi ion. Sedangkan untuk plot Nyquist pada sampel BK (b) dengan pelapis berbahan dasar kitosan membentuk setengah lingkaran hal ini menandakan bahwasannya dimungkinkan untuk memperoleh nilai frekuensi yang sesuatu dengan resistansi larutan, resistansi tahanan muatan dan kapasitansinya. Plot Nyquist pada sampel BKS2 dengan pelapis kitosan ditambahkan dengan silika 2% membentuk setengah lingkaran tidak sempurna dan difusi tidak terhitung yang umumnya membentuk sudut  $45^\circ$ . Bentuk setengah lingkaran tidak sempurna dapat disebabkan oleh penyebaran frekuensi pada permukaan baja yang heterogeny saat adsorption process. Keadaan ini biasanya terjadi akibat kekasaran permukaan, impuritas, dislokasi, adsorption pelapis dan proulayer (Ambarwasih dkk., 2019). Garis difusi pada plot Nyquist menunjukkan kemungkinan adanya impedansi

reaksi katodik, seperti reduksi oksigen yang umum terjadi pada korosi (Hernández dkk., 2020)

Secara umum penambahan pelapisan pada baja akan menghambat transfer muatan atau electron dari permukaan logam ke media larutan sehingga reaksi oksidasi yang terjadi pada atom-atom besi dan reduksi ion dalam larutan menurun (Ajiriyanto dkk., t.t.). Dari hasil pengujian didapatkan bahwa penambahan silika dapat menaikkan nilai tahanan transfer muatan sehingga membuat laju korosi yang terjadi semakin kecil. Nilai  $R_{ct}$  terendah terdapat pada sampel BB tanpa pelapis yaitu sebesar  $21,75 \Omega$ . Nilai  $R_{ct}$  terus mengalami kenaikan setelah diberikannya pelapis BK dengan kitosan dan BKS2 dengan kitosan yang ditambahkan 2% silika. Pada tabel 4.5 sampel BK nilai  $R_{ct}$  berada pada  $56,24 \Omega$  dan pada sampel BKS2 berada pada  $2207 \Omega$ . Hal ini didukung dengan hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa penambahan silika mempengaruhi penurunan laju korosi (Bahari dkk., 2020). Dari hasil pengujian tersebut menandakan bahwa adanya pelapis dan penambahan silika dapat mempengaruhi nilai laju korosi.

### **4.3 Kajian Keislaman**

Allah SWT menciptakan manusia dengan sebaik-baiknya akal. Melalui akal manusia dapat memperhatikan, menganalisa dan menghasilkan pengetahuan serta mengamalkan apa yang telah diketahui. Allah SWT juga telah menciptakan nikmat yang sangat luar biasa kepada hambanya. Dengan akal yang telah diberikan, manusia bahkan mampu merubah atau memanfaatkan alam dan lingkungannya untuk hidup yang lebih baik (Abi Husni, 2022). Dalam surah Al-Imran [3] : 191 berbunyi :

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ  
رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ

*Artinya : “(yaitu) orang-orang yang mengingatkan Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata) : “Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka.”*

Dalam ayat tersebut mengandung istilah *ulūl-albāb* terdiri dari dua kata, yaitu *ulūdan al-albāb*. *Ulūl-albāb* adalah orang-orang yang memiliki akal murni, yang tidak diselubungi oleh kulit, yakni kabut ide, yang dapat melahirkan kerancuan dalam berpikir. Allah SWT menguraikan sekelumit dari penciptaan-Nya serta memerintahkan agar memikirkannya. Seperti yang dikemukakan di awal surat bahwa tujuan surat Al-Imran adalah membuktikan adanya tauhid, keesaan, dan kekuasaan Allah SWT (Sofia, 2021).

Sebaik-baiknya akal manusia untuk memanfaatkan apa yang sudah disediakan oleh Allah SWT juga harus memikirkan dampak yang terjadi akibat ide-ide cemerlang yang terbentuk. Termasuk bagaimana cara pengolahan dan pembuangan limbah setelah melakukan berbagai eksperimen. Selain menciptakan penemuan baru, manusia dengan akal yang luar biasa juga harus menciptakan solusi untuk limbah yang dihasilkan agar tidak menyebabkan permasalahan lingkungan.

Permasalahan lingkungan merupakan kondisi-kondisi dalam lingkungan yang menghalangi pemenuhan kebutuhan. Secara umum, terjadinya permasalahan lingkungan disebabkan oleh dua penyebab, yaitu : pertama, faktor penyebab tidak langsung, yaitu rusaknya lingkungan tidak disebabkan campur tangan manusia (bencana alam). Kedua, faktor penyebab langsung, yaitu oleh ulah manusia yang

mengeksploitasi lingkungan secara berlebihan karena kurangnya kesadaran akan pentingnya menjaga lingkungan, misalnya menebang hutan secara illegal, membendung aliran sungai dan membuang sampah sembarangan (Riskanita & Widowaty, 2019).

Limbah pangan menimbulkan beberapa masalah seperti bau tidak sedap, menjadi tempat bagi kuman dan sarang penyakit. Pemanfaatan limbah cangkang kepiting yang digunakan untuk menambah nilai pada limbah yang telah dibuang. Cangkang kepiting mengandung kitosan, mineral dan protein. Penelitian ini memanfaatkan kitosan sebagai bahan utama pembuatan pelapis. Pembuatan pelapis bertujuan untuk mengurangi terjadinya korosi pada baja. Dalam Surah Al-A'raf [7] : 56 berbunyi :

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ  
مِّنَ الْمُحْسِنِينَ

*Artinya : “Dan janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi setelah (diciptakan) dengan baik. Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya Rahmat Allah sangat dekat kepada orang yang berbuat kebaikan.”*

Ayat ini melarang perbuatan yang merusak lingkungan (bumi). Alam raya diciptakan oleh Allah SWT dalam keadaan yang harmonis, serasi dan memenuhi kebutuhan makhluk hidup. Allah SWT telah menjadikannya dalam keadaan baik, serta memerintahkan hamba-hambanya untuk memperbaikinya. Dalam ayat tersebut dimaksudkan agar kita senantiasa menjadi pribadi yang peduli akan sekitar. Termasuk dengan menaruh perhatian terhadap persoalan sampah adalah termasuk perusakan bumi, dengannya lingkungan akan tercemar, Kesehatan manusia juga terancam (Shihab, 2018)

Tafsir al-Misbah menjelaskan bahwa larangan bertindak penghancuran yang ditegaskan dalam Surah Al-A'raf ayat 56 merupakan salah satu bentuk *isyraf*. Larangan berbuat penghancuran meliputi segala bidang. Seperti: merusak pergaulan, jasmani dan Rohani orang lain, kehidupan dan juga sumber pencaharian (pertanian, perdagangan dll) dan juga merusak lingkungan (Mubarok, 2022).

Namun dalam penelitian ini, menimbulkan limbah yang lebih membahayakan untuk lingkungan. Limbah cairan sisa ekstraksi yang dihasilkan berupa senyawa kimia berbahaya yang sukar diurai dan dapat mencemari lingkungan jika tidak diolah dan dibuang pada tempat khusus. Sisa senyawa kimia cair yang dibuang dapat menyebabkan pencemaran air yang berakibat menurunnya kualitas air dan terganggunya fungsi air (Suyasa, 2015)

Pencemaran air dapat mengganggu ekosistem perairan dan mengganggu kehidupan biota air didalamnya. Biota air, termasuk ikan, makhluk renik dan tanaman air, bisa terpapar bahan kimia berbahaya, menyebabkan kematian massal atau pengurangan populasi yang signifikan. Hal ini dapat mempengaruhi rantai makanan dan mengurangi keanekaragaman hayati perairan.

Air yang bercampur dengan limbah senyawa kimia berbahaya dapat merusak kesuburan tanah. Ketika tanah sudah tidak stabil unsur haranya oleh pencemaran air, dampaknya adalah tanaman sulit berkembang. Hal ini dapat mempengaruhi hasil bumi yang akhirnya merusak stok pangan bagi manusia ataupun makhluk hidup lainnya.

Limbah senyawa berbahaya yang dihasilkan pada penelitian ini diantaranya HCl dan NaOH. HCl merupakan zat kimia berbahaya yang memiliki bau

menyengat, tidak berwarna serta cairannya menimbulkan asap. Sedangkan NaOH memiliki warna putih jernih. Kedua senyawa ini juga termasuk pada limbah B3. Jika terhirup akan menyebabkan batuk, tersedak, radang tenggorokan, hidung dan infeksi saluran pernapasan. Jika tertelan, zat ini dapat menyebabkan luka bakar pada mulut, dan kerongkongan dan saluran pencernaan, mual, muntah, dan diare. Jika kontak dengan kulit, zat ini dapat menyebabkan iritasi, kemerahan, nyeri dan luka bakar. Jika kontak dengan mata, zat ini dapat menyebabkan iritasi, kebutaan dan luka bakar pada mata. Pada lingkungan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan mengganggu ekosistem air, dan jika terkontaminasi udara dapat bereaksi dengan air dan membentuk asam sulfat yang dapat merusak tanaman dan vegetasi. Sifat korosif yang cukup kuat dari HCl juga merusak struktur bangunan dan infrastruktur (Basuki & Sanjaya, 2009).

Limbah senyawa kimia yang dihasilkan setelah ekstraksi lebih membahayakan lingkungan dan makhluk hidup jika dibandingkan dengan limbah cangkang kepiting. Limbah cangkang kepiting yang berasal dari rumah makan mengalami pembusukan. Pembusukan ini dapat menjadi masalah bagi lingkungan dikarenakan selama proses pembusukan menimbulkan gas metana yang merupakan gas rumah kaca yang kuat. Selain itu jika limbah makanan terbuang di sungai atau laut dapat mengganggu ekosistem air dan mengancam kehidupan laut. Namun, limbah makanan dapat dikelola lebih mudah dengan memanfaatkannya sebagai pupuk kompos. Oleh karena itu, untuk bahan pelapisan baja ASTM A36 disarankan untuk memakai bahan lain yang ramah lingkungan, untuk meminimalisir kerugian lingkungan akibat residu yang dihasilkan dari proses ekstraksi.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. Gugus fungsi komposit kitosan/silika yang didapatkan dari pengujian FTIR. Dari pengujian tersebut didapatkan gugus fungsi OH, NH<sub>2</sub>, C-H, C-O dan Si-O-Si. Gugus fungsi NH<sub>2</sub> pada bilangan gelombang 1588,94 cm<sup>-1</sup> menandakan adanya kitosan, sedangkan gugus fungsi Si-O-Si pada bilangan gelombang 433,36 cm<sup>-1</sup> menandakan adanya silika pada komposit kitosan/silika pada sampel BKS2.
2. Pengaruh variasi penambahan silika pada laju korosi baja ditunjukkan oleh uji *weight change* menyatakan bahwa penambahan silika pada pelapisan baja ASTM A36 dapat menurunkan nilai laju korosi. Laju korosi terendah terjadi pada sampel komposit kitosan/silika 2% (BKS2) dengan nilai 0,0014 mm/y. Sedangkan laju korosi tertinggi terjadi pada sampel komposit kitosan/silika 4% (BKS4) dengan nilai 0,0117 mm/y. Hal ini dikarenakan penambahan silika dengan jumlah tertentu dapat meningkatkan reaksi oksidasi antara baja dengan media larutan.
3. Permukaan baja ASTM A36 setelah dilapiskan dengan sampel pelapis bervariasi menunjukkan adanya bercak putih yang semakin pekat seiring bertambahnya persen silika yang ditambahkan. Selanjutnya, setelah baja terlapis dilakukan perendaman selama 7 hari pada media korosi. Hal ini mengakibatkan terbentuknya korosi pada permukaan baja, yang menimbulkan bercak merah kecoklatan pada setiap sampel. Namun, luas permukaan yang terkorosi berbeda-beda tergantung dengan sampel pelapisnya.

## **5.2 Saran**

Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut pada setiap sampel yang terlapisi dengan menguji ketebalan setiap sampelnya agar semakin akurat. Serta pengujian EIS dapat dilakukan pada seluruh sampel yang digunakan, agar data yang didapatkan semakin bervariasi dan akurat. Serta menggunakan bahan utama yang tidak menimbulkan limbah yang berbahaya atau memilih bahan ramah lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abi Husni, S. (2022). AKAL DALAM PERSPEKTIF AL-QUR'AN. *ANSIRU PAI: Pengembangan Profesi Guru Pendidikan Agama Islam*, 6(2), 14. <https://doi.org/10.30821/ansiru.v6i2.13698>
- Adriana, A. A. T. (2018). *PENGENDALIAN LAJU KOROSI BAJA DALAM AIR LAUT DENGAN MENGGUNAKAN PROTEKSI KATODIK METODA ANODA KORBAN*. 5.
- Aji, A. (2012). *PEMBUATAN KITOSAN DARI LIMBAH CANGKANG KEPITING*.
- Ajiriyanto, M. K., Kriswarini, R., & Lestari, D. E. (t.t.). *ANALISIS KOROSI PIPA PENDINGIN SEKUNDER RSG-GAS DENGAN TEKNIK ELECTROCHEMICAL IMPEDANCE SPECTROSCOPY*. 24.
- Ambarwasih, R., Pratiwi, V. M., & Mt, S. (2019). *ANALISA PENGARUH VARIASI KONSENTRASI, TEMPERATUR ,DAN WAKTU PERENDAMAN EKSTRAK BIJI JUWET (SYZYGIUM CUMINI) SEBAGAI INHIBITOR BAJA API 5L GRADE B DENGAN MEDIA HCL 1M*.
- Arsyi, N. Z., Nurjannah, E., Ahlina, D. N., & Budiyati, E. (2018). *KARAKTERISASI NANO KITOSAN DARI CANGKANG KERANG HIJAU DENGAN METODE GELASI IONIK*. 2.
- Bahari, H. S., Ye, F., Carrillo, E. A. T., Leliopoulos, C., Savaloni, H., & Dutta, J. (2020). Chitosan nanocomposite coatings with enhanced corrosion inhibition effects for copper. *International Journal of Biological Macromolecules*, 162, 1566–1577. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.08.035>
- Basuki, B. R., & Sanjaya, I. G. M. (2009). *Sintesis Ikat Silang Kitosan dengan Glutaraldehyd serta Identifikasi Gugus Fungsi dan Derajat Deasetilasinya*. 10(1).
- Callister, W. D., & Rethwisch, Jr. D. G. (2013). *Materials Science and Engineering: An Introduction, 9th Edition*. Wiley Global Education.
- Erna, M., Linda, R., Auliyani, Z. F., & Dharma, E. S. (2017). *EFEKTIVITAS KITOSAN SEBAGAI PELAPIS (COATING) KOROSI PADA LOGAM Zn, Fe, Al DALAM MEDIA HCl DAN H2SO4*.
- Fardhyanti, D. S. (2004). Uji Efektivitas Natrium Fosfat sebagai Inhibitor pada Korosi Baja Tulangan Beton. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 7(2), 28–34. <https://doi.org/10.14710/jksa.7.2.28-34>
- Fithri, N. A., & Yanuarti, R. (2022). *PETAI (Parkia speciosa Hassk) DENGAN POLIMER HPMC-K4M DAN*. 03.

- Gani, A., Yulianty, R., Supiaty, S., Rusdy, M., Dwipa Asri, G., Eka Satya, D., Rahayu Feblina, A., & Achmad, H. (2022). Effectiveness of Combination of Chitosan Gel and Hydroxyapatite from Crabs Shells (*Portunus pelagicus*) Waste as Bonegraft on Periodontal Network Regeneration through IL-1 and BMP-2 Analysis. *International Journal of Biomaterials*, 2022, 1817236. <https://doi.org/10.1155/2022/1817236>
- Hakim, S. P. N. (2019). *PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG KEPITING TERHADAP PENINGKATAN NILAI CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DESA PANEMPAN KABUPATEN PAMEKASAN MADURA*.
- Hernández, H. H., Reynoso, A. M. R., González, J. C. T., Morán, C. O. G., Hernández, J. G. M., Ruiz, A. M., Hernández, J. M., & Cruz, R. O. (2020). Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS): A Review Study of Basic Aspects of the Corrosion Mechanism Applied to Steels. Dalam M. El-Azazy, M. Min, & P. Annus (Ed.), *Electrochemical Impedance Spectroscopy*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.94470>
- Ismail, R. (2021). *STUDI PENGAMATAN PITTING KOROSI #) \$ STAINLESS STEEL PADA JALUR GESEK SETELAH UJI TRIBOCORROSION*. <https://doi.org/Vol.003, No.002>,
- Marieta, A., & Musfiroh, I. (2018). *REVIEW ARTIKEL : BERBAGAI AKTIVITAS FARMAKOLOGI DARI SENYAWA KITOSAN*. 17.
- Mashuni, M., Natsir, M., Lestari, W. M., Hamid, F. H., & Jahiding, M. (2021). Pemanfaatan Kitosan dari Cangkang Kepiting Bakau (*Scylla serrata*) dengan Metode Microwave sebagai Bahan Dasar Kapsul Obat. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 17(1), 74. <https://doi.org/10.20961/alchemy.17.1.42038.74-82>
- Mubarok, A. (2022). *KELESTARIAN LINGKUNGAN DALAM AL-QUR'AN: Analisis Pemikiran M. Quraish Shihab dalam Tafsir Al-Misbah*. 19(2).
- Nasution, M. (2018). *KARAKTERISTIK BAJA KARBON TERKOROSI OLEH AIR LAUT*. 14(1).
- Putra, R., Elvia, R., & Amir, H. (2022). SINTESIS SILIKA-KITOSAN UNTUK MENURUNKAN KADAR ION BESI DALAM AIR PERMUKAAN. *ALOTROP*, 6(1), 15–27. <https://doi.org/10.33369/atp.v6i1.20318>
- Riskanita, D., & Widowaty, Y. (2019). UPAYA PEMERINTAH DAERAH MENGATASI KERUSAKAN LINGKUNGAN AKIBAT ALIH FUNGSI LAHAN BERDASARKAN KONSEP NEGARA KESEJAHTERAAN. *Supremasi Hukum: Jurnal Penelitian Hukum*, 28(2), 123–135. <https://doi.org/10.33369/jsh.28.2.123-135>

- Roberge, P. R. (2000). *Handbook of corrosion engineering*. McGraw-Hill.
- Saktisahdan, T. J. (2021). *PELAPISAN BAJA DENGAN SILIKA SEBAGAI PENCEGAH KOROSI*. 3(1).
- Saputri, M. A., Pratiwi, G., Shiyan, S., Arina, Y., & Trisakti, I. (2023). *PROFIL SPEKTRA FTIR (FOURIER TRANSFORM INFRARED SPECTROPHOTOMETRY) SARI IKAN GABUS (Channa striata) DENGAN VARIASI METODE EKSTRAKSI*. 15(2).
- Satria, D. (2016). *KAJI EKSPERIMENTAL LAJU KOROSI MATERIAL BAJA ASTM A36 DALAM ALIRAN AIR LAUT*.
- Shihab, K. M. Q. (2018). *PENDIDIKAN LINGKUNGAN HIDUP DAN IMPLEMENTASINYA DALAM PENDIDIKAN ISLAM*.
- Sidik, G., Marsigit, W., & Syafnil. (2022). PENGARUH KITOSAN SEBAGAI EDIBLE COATING TERHADAP MUTU FISIK DAN KIMIA JERUK RIMAU GERGA LEBONG SELAMA PENYIMPANAN. *Jurnal Agroindustri*, 12(2), 72–85. <https://doi.org/10.31186/jagroindustri.12.2.72-85>
- Silvia, C. (2019). *PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA*.
- Sofia, W. N. (2021). Interpretasi Imam Al-Maraghi dan Ibnu Katsir Terhadap Qs. Ali Imran Ayat 190-191: Imam Al-Maraghi and Ibn Kathir's Interpretation of Qs. Ali Imran Verses 190-191. *Tafkir: Interdisciplinary Journal of Islamic Education*, 2(1), 41–57. <https://doi.org/10.31538/tijie.v2i1.16>
- Subamia, I. D. P., Widiasih, N. N., Sri Wahyuni, I. G. A. N., & Pratami Kristiyanti, P. L. (2023). Optimasi Kinerja Alat Fourier Transform Infrared (FTIR) Melalui Studi Perbandingan Komposisi dan Ketebalan Sampel-KBr. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, 5(2), 58–69. <https://doi.org/10.14710/jplp.5.2.58-69>
- Sudiarti, T., Delilah, G. G. A., & Aziz, R. (2018). *BESI DALAM AL QUR'AN DAN SAINS KIMIA (ANALISIS TEORITIS DAN PRAKTIS MENGENAI BESI DAN UPAYA MENGATASI KOROSI PADA BESI)*. 5(1).
- Susilowati, E., & Mahatmanti, F. W. (2018). *Sintesis Kitosan-Silika Bead sebagai Pengadsorpsi Ion Logam Pb(II) pada Limbah Cair Batik*.
- Suyasa, W. B. (2015). *Pencemaran Air dan Pengolahan Air Limbah*. UDAYANA UNIVERSITY PRESS.
- Syarief, A., & Rahmatuloh, A. A. (2020). EFFECT OF AIR AND SOAKING OF NaCl SOLUTION ON CORROSION RATE OF S45C STEEL WELDS.

*Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 5(1), 67–74.  
<https://doi.org/10.20527/sjme kinematika.v5i1.140>

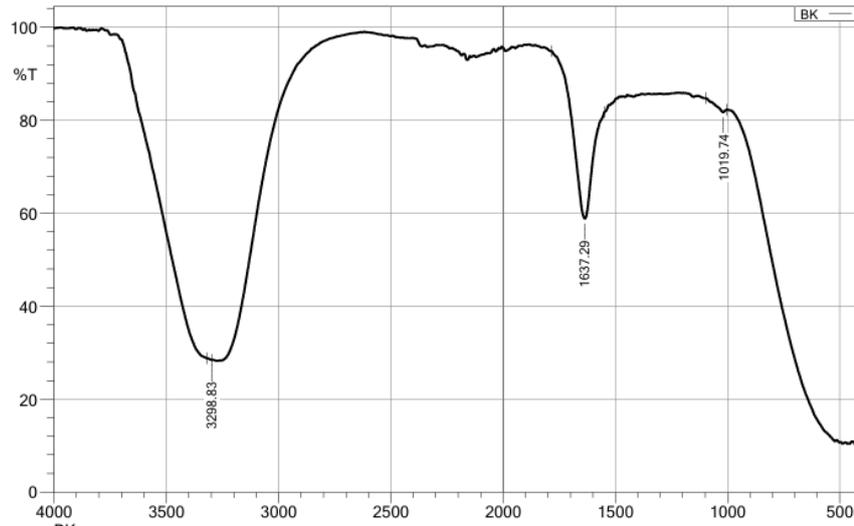
- Tetuko, A., Murharyanti, R., Sugiyo, W., & Farmasi, P. (2016). *SINTESIS KOMPOSIT KITOSAN: SILIKA DAN APLIKASINYA SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA TEKSTIL*.
- Thobroni, A. Y. (2017). FIKIH KELAUTAN PERSPEKTIF ALQURAN TENTANG PENGELOLAAN POTENSI LAUT. *Al-Fikra: Jurnal Ilmiah Keislaman*, 4(2), 130. <https://doi.org/10.24014/af.v4i2.3759>
- Ummi, Z., Hadi, E. Y. A., & Widiyanti, R. Y. Z. (2023). *Produksi dalam Perspektif Al-Qur'an dengan Referensi Khusus pada Tafsir Al- Azhar dan Ibnu Katsir*. 2(3).
- Utomo, B. (2012). JENIS KOROSI DAN PENANGGULANGANNYA. *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, 6(2), 138–141. <https://doi.org/10.14710/kpl.v6i2.2731>
- Wahyuni, S. (2018). *Karakteristik Kitosan dari Kulit Kepiting Bakau (Scylla serrata), Kepiting Rajungan (Portunus pelagicus), dan Udang Windu (Penaeus monodon)*.
- Yunus, A. (2019). Korosi Logam dan Pengendaliannya; Artikel Review. *Jurnal POLIMESIN*, 9(1), 847. <https://doi.org/10.30811/jpl.v9i1.1>
- Yunus, C. E., Setiawan, A., & Mayangsari, N. E. (2020). *Analisis Pengaruh Waktu Deasetilasi terhadap Karakteristik Kitosan dari Cangkang Kepiting*. 2623.
-

# LAMPIRAN

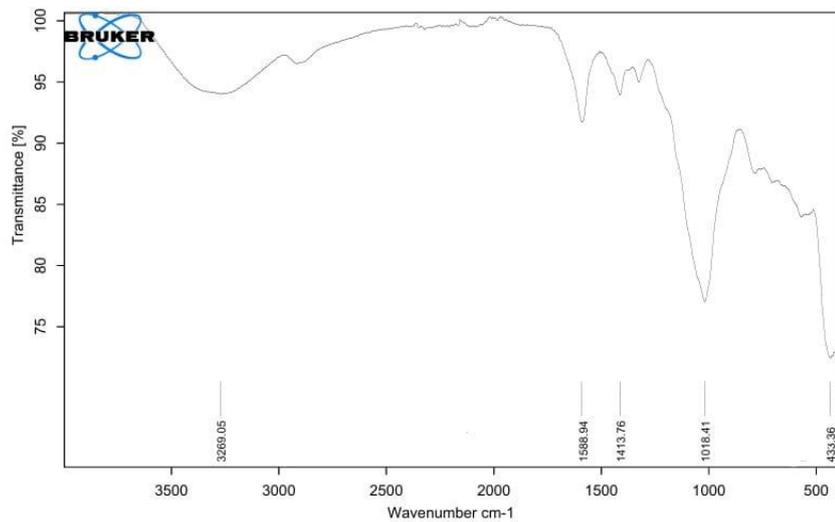
## Lampiran 1. Hasil Uji FTIR

### Hasil Uji FTIR sampel Kitosan (BK)

Item	Value
Acquired Date&Time	23/02/2024 07:56:35
Filename	G:\FILES 2023\Analisa\L-9\Wardah M - Fisika FSaintek UIN Mlg 2 (ATR)\BK1.ispd
Sample name	BK
Sample ID	BK
Comment	BK
No. of Scans	10
Resolution	4 [cm <sup>-1</sup> ]
Apodization	Happ-Genzel



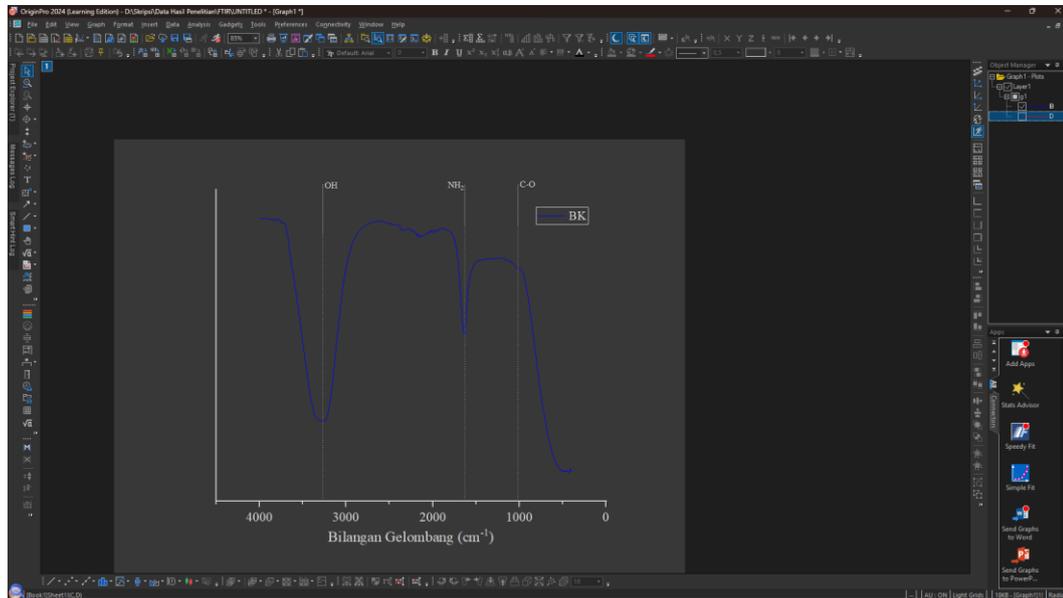
### Hasil uji FTIR komposit kitosan/silika 2% (BKS2)



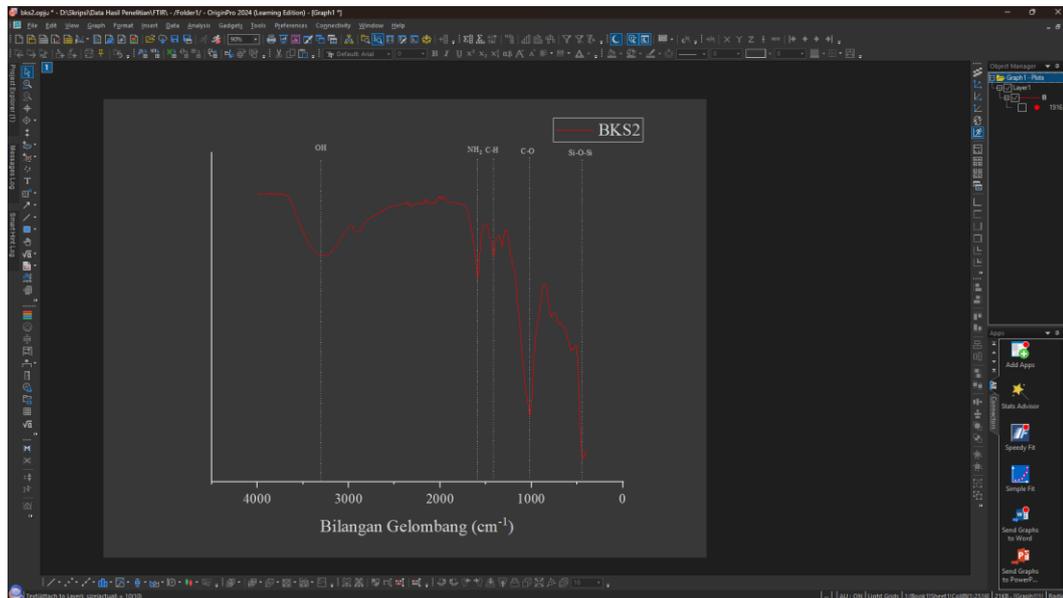
C:\Users\Public\Documents\Bruker\OPUS\_7.5.18\MEAS\ANALIS\2024\05-MEI\SAMPEL EKSTERNAL BKS2.0 SAMPEL EKSTERNAL BKS2 T II\_SN.822 ; ATR

## Lampiran 2. Hasil Output Origin Lab FTIR

### Origin Lab Output Sampel Pelapis Kitosn (BK)



### Origin Lab Output Sampel Pelapis Komposit Kitosan/Silika 2% (BKS2)



### Lampiran 3. Perhitungan *Weight Change*

#### RUMUS LAJU KOROSI

$$\text{Corrosion Rate} = \frac{K \times \Delta W}{A \times t \times \rho}$$

Keterangan : CR = Laju Korosi (mm<sup>y</sup><sup>-1</sup>)

$\Delta W$  = Selisih massa (mg)

$\rho$  = Massa jenis baja (gcm<sup>-3</sup>) = 7,85 gcm<sup>-3</sup>

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

t = Waktu perendaman (h)

K = Konstanta laju korosi = 87,6

#### RUMUS EFISIENSI

$$E_{coat} = \frac{CR_0 - CR_n}{CR_0} \times 100\%$$

Keterangan : E<sub>coat</sub> = Efisiensi Pelapis (%)

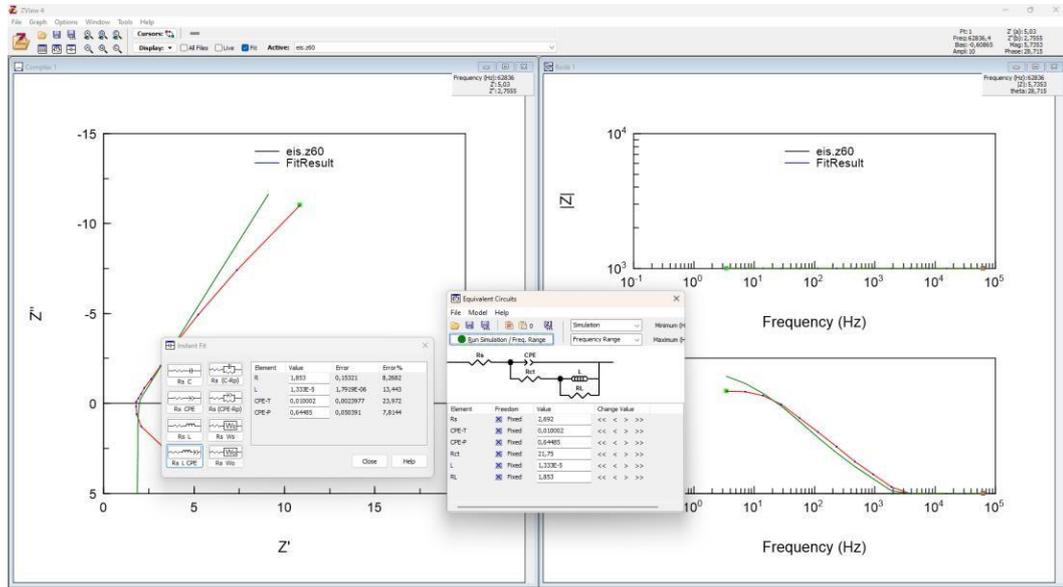
CR<sub>0</sub> = Laju korosi tanpa pelapis (mm/y)

CR<sub>n</sub> = Laju korosi dengan pelapis (mm/y)

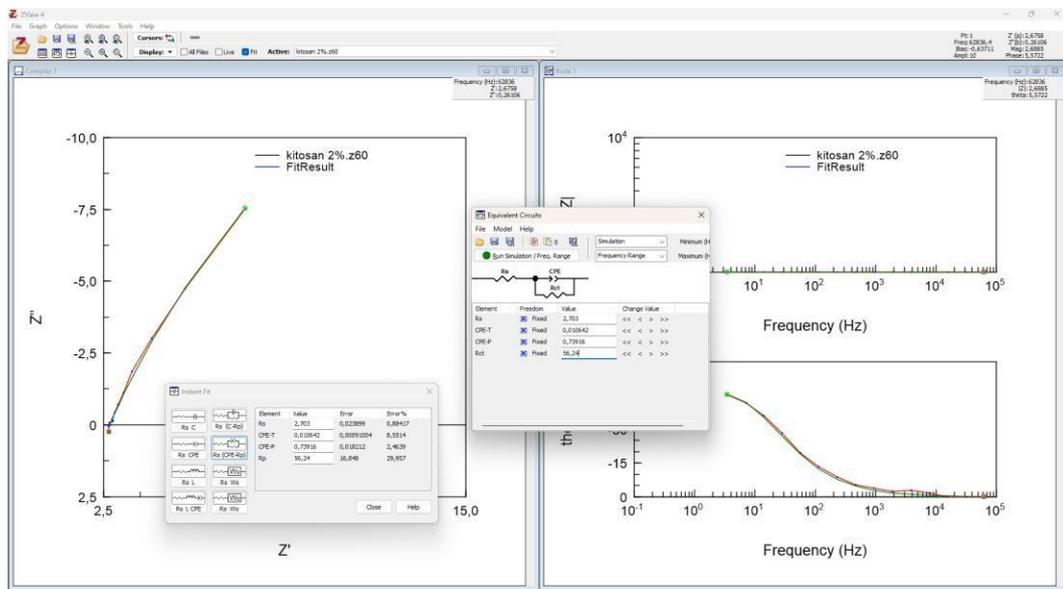
Kode Sampel	rendaman (ha)	Massa Awal (g)	Massa Akhir (g)	Selisih (g)	laju Korosi (mm/y)	rata Laju Korosi (m)	Efisiensi
BKS1	7	4,38	5,05	0,67	7,00	0,023270414	0,960567702
BB	7	4,27	4,98	7,1	0,011790264	0,013699955	0
BK	7	4,29	5,23	9,4	0,015609645	0,012786624	0,066666667
		4,37	5,08	7,1	0,011790264		
BKS1	7	4,4	5,23	8,3	0,013782985	0,003653321	0,733333333
		4,36	4,57	2,1	0,003487261		
BKS2	7	4,41	4,64	2,3	0,003819381	0,001826661	0,00141151
		4,43	4,54	1,1	0,001826661		
BKS3	7	4,45	4,51	0,6	0,00099636	0,004151501	0,678787879
		4,48	4,73	2,5	0,004151501		
BKS4	7	4,39	4,67	2,8	0,004649682	0,012288444	0,145454545
		4,42	5,16	7,4	0,012288444		
BKS4	7	4,38	5,05	6,7	0,011126024	0,011707234	

## Lampiran 4. Output data Zview EIS

### Sampel Tanpa Pelapis (BB)



### Sampel dengan pelapis kitosan (BK)



## Sampel dengan pelapis komposit kitosan/silika 2% (BKS2)

