KITOSAN DARI LIMBAH SISIK IKAN BANDENG (*Chanos chanos*) DAN KULIT UDANG WINDU (*Panaeus monodon*) SEBAGAI INHIBITOR KOROSI PADA BAJA ASTM A36

SKRIPSI

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Disusun Oleh :

CHANDRA SILVIA

H74216053

PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL

SURABAYA

2021

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : CHANDRA SILVIA

NIM : H74216053

Program Studi : ILMU KELAUTAN

Angkatan : 2016

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul : "KITOSAN DARI LIMBAH SISIK IKAN BANDENG (*Chanos chanos*) DAN KULIT UDANG WINDU (*Panaeus monodon*) SEBAGAI INHIBITOR KOROSI PADA BAJA ASTM A36". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah di tetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 8 Februari 2021

Yang menyatakan,

(CHANDRA SILVIA)
NIM. H74216053

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh :

NAMA : CHANDRA SILVIA

NIM : H74216053

JUDUL : **KITOSAN DARI LIMBAH SISIK IKAN BANDENG (*Chanos chanos*) DAN KULIT UDANG WINDU (*Panaeus monodon*) SEBAGAI INHIBITOR KOROSI PADA BAJA ASTM A36**

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 06 Januari 2021

Dosen Pembimbing I	**Dosen Pembimbing II**
Misbakhul Munir, S.Si, M.Kes	Dian Sari Maisaroh, M.Si
NIP. 198107252014031002	NIP. 198908242018012001

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi CHANDRA SILVIA ini telah dipertahankan
di depan tim penguji skripsi
di Surabaya, 11 Januari 2021

Mengesahkan,
Dewan Penguji

Penguji I	Penguji II
(Misbakhul Munir, S.Si, M.Kes)	(Dian Sari Maisaroh, M.Si)
NIP. 198107252014031002	NIP. 198908242018012001

Penguji III	Penguji IV
(Asri Sawiji, M.T)	(Wiga Alif Violando, M.P)
NIP. 198706262014032003	NIP. 199203292019031012

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Tekhnologi
UIN Sunan Ampel Surabaya

Dr. Hj. Evi Fatimatur Rusydiyah, M.Ag.
NIP. 197312272005012003

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN
Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama	:	CHANDRA SILVIA
NIM	:	H74216053
Fakultas/Jurusan	:	SAINS DAN TEKNOLOGI/ ILMU KELAUTAN
E-mail address	:	chandrasilvia9@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (……)

yang berjudul :

KITOSAN DARI LIMBAH SISIK IKAN BANDENG (*Chanos chanos*) DAN KULIT UDANG WINDU (*Panaeus monodon*) SEBAGAI INHIBITOR KOROSI PADA BAJA ASTM A36

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Ekslusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara ***fulltext*** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 08 Februari 2021
Penulis

(CHANDRA SILVIA)

ABSTRAK

Kitosan yang disintesis dari limbah sisik ikan bandeng (*Chanos chanos*) dan kulit udang windu (*Panaeus monodon*) dimanfaatkan sebagai inhibitor korosi pada baja ASTM A36. Limbah sisik ikan bandeng dan kulit udang windu diekstrak menjadi kitosan melalui proses deproteinasi, demineralisasi dan deasetilasi. Rendemen kitosan sisik ikan bandeng adalah 31,81% sedangkan rendemen kitosan kulit udang windu sebesar 67,16%. Pengujian laju korosi menggunakan metode kehilangan berat (*weight loss*) kemudian dilakukan perhitungan efisiensi inhibisi. Perendaman spesimen uji dilakukan selama empat minggu dengan pengukuran berat disetiap minggunya. Konsentrasi yang digunakan adalah 0 ppm sebagai kontrol negatif, 60 ppm, 500 ppm dan 1000 ppm untuk inhibitor kitosan serta 1000 ppm sodium nitrit sebagai kontrol positif. Nilai efisiensi inhibisi yang dihasilkan kitosan sisik ikan bandeng berturut-turut mulai dari perendaman minggu pertama hingga minggu keempat adalah untuk konsentrasi 60 ppm 43,9%; 46,8%; 48,9%; 40,8%; 500 ppm 43,6%; 43,3%; 37,8%; 17,8% dan 1000 ppm 37,5%; 44,9%; 39%; 21,8% sedangkan untuk kitosan kulit udang windu adalah pada konsentrasi 60 ppm 37,6%; 51%; 34,6%; 28,5%; 500 ppm 57,7%; 38,2%; 37,7%; 19,6% dan 1000 ppm 48,6%; 41,2%; 37%; 21,3%. Perbandingan efisiensi inhibisi antara kitosan sisik ikan bandeng dan kulit udang windu berdasarkan hasil analisis statistik *One Way* ANOVA menghasilkan nilai sig > 0,05 yang menunjukkan adanya kesamaan dalam nilai efisiensinya dan nilai rata-rata keseluruhan antara kitosan sisik ikan bandeng (38,8%) dengan kulit udang windu (37,75%) memiliki nilai yang hampir sama hanya selisih 1,05%.

Kata kunci*:* Kitosan sisik ikan bandeng, kitosan kulit udang windu, ASTM A36, *weight loss*, efisiensi inhibisi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ABSTRACT

Chitosan synthesized from the waste of milkfish (*Chanos chanos*) scales and tiger shrimp (*Panaeus monodon*) shells is used as a corrosion inhibitor on ASTM A36 steel. The waste of milkfish scales and tiger shrimp shells is extracted into chitosan through deproteination, demineralization and deacetylation processes. The yield of chitosan from milkfish scales was 31.81%, while the yield of chitosan from tiger shrimp was 67.16%. Testing the corrosion rate using the method to weight loss then calculate the inhibition efficiency. Soaking the test specimens was carried out for four weeks with weight measurements every week. The concentrations used were 0 ppm as negative control, 60 ppm, 500 ppm and 1000 ppm for chitosan inhibitor and 1000 ppm sodium nitrite as positive control. Inhibition efficiency values produced by chitosan from milkfish scales, starting from the first week of immersion to the fourth week, were for a concentration of 60 ppm 43.9%; 46.8%; 48.9%; 40.8%; 500 ppm 43.6%; 43.3%; 37.8%; 17.8% and 1000 ppm 37.5%; 44.9%; 39%; 21.8% while for chitosan from tiger shrimp shells was at a concentration of 60 ppm 37.6%; 51%; 34.6%; 28.5%; 500 ppm 57.7%; 38.2%; 37.7%; 19.6% and 1000 ppm 48.6%; 41.2%; 37%; 21.3%. Comparison of inhibition efficiency between milkfish scales chitosan and tiger shrimp shells based on the results of statistical analysis *One Way* ANOVA resulted in a sig> 0.05 which indicates a similarity in the efficiency value and the overall average value between chitosan from milkfish scales (38.8%) with tiger shrimp shells (37.75%) has almost the same value, only a difference of 1.05%.

Keywords*:* Milkfish scales chitosan, tiger shrimp shells chitosan, ASTM A36, weight loss, inhibition efficiency

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING iii
PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI v
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI vii
ABSTRAK ix
ABSTRACT xi
KATA PENGANTAR xiii
DAFTAR ISI xv
DAFTAR GAMBAR xix
DAFTAR TABEL xxi
DAFTAR LAMPIRAN xxiii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan 3
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Batasan Masalah 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) 5
2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi Ikan Bandeng 5
2.1.2 Persebaran dan Produksi Ikan Bandeng 5
2.1.3 Sisik Ikan Bandeng 6
2.2 Udang Windu (*Panaeus monodon*) 6
2.2.1 Klasifikasi dan Morfologi Udang Windu 6
2.2.2 Persebaran dan Produksi Udang Windu 7
2.2.3 Kulit Udang Windu 7
2.3 Kitosan 7
2.4 Baja ASTM A36 8
2.5 Korosi 9
2.2.1 Jenis-Jenis Korosi 9

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.6 Pengendalian Korosi 11
2.3.1 Proteksi Katodik 11
2.3.2 *Coating* (Pelapisan) 11
2.3.3 Pemilihan Material (*Material Selection*) 11
2.3.4 Penambahan Inhibitor 12
2.7 Metode Analisis Laju Korosi 13
2.7.1 Metode Kehilangan Berat (*Weight loss*) 13
2.7.2 Metode Polarisasi Potensiodinamik 13
2.8 Penelitian Terdahulu 15
2.9 Integrasi Keislaman 22
BAB III METODOLOGI 25
3.1 Waktu dan Tempat 25
3.2 Alat dan Bahan 25
3.3 Variabel Penelitian 27
3.4 Metode Penelitian 28
3.5 Tahapan Penelitian 29
3.5.2 Persiapan Alat dan Bahan 30
3.5.3 Preparasi Spesimen Besi ASTM A36 30
3.5.4 Preparasi Media Korosi 32
3.5.5 Preparasi Inhibitor 33
3.5.6 Langkah Kerja Perendaman Spesimen 35
3.5.7 Pengujian Laju Korosi dengan Metode *Weight Loss* 36
3.5.8 Analisis Data 36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 39
4.1 Hasil Penelitian 39
4.1.1 Kitosan dari Sisik Ikan Bandeng dan Kulit Udang Windu 39
4.1.2 Perhitungan Luas Area Spesimen Uji 39
4.1.3 Data Selisih Berat (*Weight loss*) 43
4.1.4 Perhitungan Laju Korosi 45
4.1.5 Data Salinitas dan pH pada Media Korosif 47
4.1.6 Hasil Perhitungan Efisiensi Inhibitor 48
4.2 Pembahasan 50

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.2.1 Kitosan dari Sisik Ikan Bandeng dan Kulit Udang Windu 50
4.2.2 Pengaruh Penambahan Inhibitor terhadap Laju Korosi pada Baja ASTM A36 52
4.2.3 Efisiensi Inhibisi Kitosan Sisik Ikan Bandeng..... 56
4.2.4 Efisiensi Inhibisi Kitosan Kulit Udang Windu 57
4.2.5 Perbandingan Efisiensi Inhibisi Kitosan Sisik Ikan Bandeng dengan Kitosan Kulit Udang Windu 59
4.2.6 Mekanisme Kitosan sebagai Inhibitor Korosi..... 61
BAB V PENUTUP..... 65
5.1 Kesimpulan..... 65
5.2 Saran 65
DAFTAR PUSTAKA 67

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) 5
Gambar 2. 2 Udang windu (*Panaeus monodon*)..... 6

Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian 29
Gambar 3. 2 Bentuk Spesimen Uji..... 30
Gambar 3. 3 Proses Scrubbing spesimen 31
Gambar 3. 4 Proses Pickling Spesimen Uji 31
Gambar 3. 5 Spesimen Uji *Weight Loss*..... 32
Gambar 3. 6 Proses Penimbangan Spesimen Uji 32
Gambar 3. 7 Proses Pembuatan Larutan Korosif 33
Gambar 3. 8 Kitosan Kulit Udang Windu dengan Konsentrasi 60 ppm, 500 ppm dan 1000 ppm..... 34
Gambar 3. 9 Proses Perendaman Spesimen Uji 36

Gambar 4. 1 Kitosan Sisik Ikan Bandeng dan Kitosan Kulit Udang Windu 51
Gambar 4. 2 Spesimen Uji ASTM A36 sebelum dan sesudah perendaman..... 52
Gambar 4. 3 Grafik Pengaruh Penambahan Inhibitor terhadap Laju Korosi Baja ASTM A36 53
Gambar 4. 4 Kurva Konsentrasi Kitosan (ppm) Kitosan Sisik Ikan Bandeng terhadap EI (%) 57
Gambar 4. 5 Kurva Konsentrasi Kitosan (ppm) Kitosan Kulit Udang Windu terhadap EI (%) 58
Gambar 4. 6 Perbandingan Efisiensi Inhibisi..... 60
Gambar 4. 7 Mekanisme protonasi atom N pada molekul kitosan dengan ion H^+ yang ada pada media korosi..... 63
Gambar 4. 8 Mekanisme penggantian kation H^+ dengan molekul kitosan (fisisorpsi) 63
Gambar 4. 9 Proses terjadinya kemisorpsi molekul kitosan pada permukaan logam baja..... 64

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik Material ASTM A36 *Sheet Plate Carbon Steel* 8
Tabel 2. 2 Penelitian terdahulu..... 15

Tabel 3. 1 Alat yang digunakan pada saat penelitian..... 25
Tabel 3. 2 Bahan yang digunakan pada saat penelitian 26

Tabel 4. 1 Data Persentase Kitin dari Sisik Ikan Bandeng dan Kulit Udang Windu 39
Tabel 4. 2 Data Persentase Kitosan dari Sisik Ikan Bandeng dan Kulit Udang Windu 39
Tabel 4. 3 Data Perhitungan Luas Area Spesimen Uji..... 40
Tabel 4. 4 Data Selisih Berat (*Weight Loss*) 43
Tabel 4. 5 Perhitungan Laju Korosi 45
Tabel 4. 6 Salinitas dan pH Minggu 1 47
Tabel 4. 7 Salinitas dan pH Minggu 2 47
Tabel 4. 8 Salinitas dan pH Minggu 3 47
Tabel 4. 9 Salinitas dan pH Minggu 4 48
Tabel 4. 10 Nilai Rata-rata Laju Korosi dan Efisiensi Inhibisi..... 48

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Alat yang digunakan selama penelitian 1
Lampiran 2 Bahan yang digunakan selama penelitian..... 4
Lampiran 3 Perhitungan Persentase Rendemen Kitin dan Kitosan 6
Lampiran 4 Pembuatan Larutan NaCl 3,5% 6
Lampiran 5 Pembuatan Larutan CH3COOH 3%..... 6
Lampiran 6 Perhitungan ppm Inhibitor..... 7
Lampiran 7 Rincian Jumlah Spesimen Uji..... 7
Lampiran 8 Perhitungan Luas Spesimen..... 9
Lampiran 9 Tabel Rancangan Hasil Uji *Weight Loss* dan Efisiensi Inhibisi 11
Lampiran 10 Perhitungan Laju Korosi dengan Metode Weight Loss..... 13
Lampiran 11 Perhitungan Efisiensi Inhibisi..... 13
Lampiran 12 Dokumentasi Penelitian..... 14
Lampiran 13 Analisis Statistik 15
Lampiran 14 Hasil Cek Plagiasi Turnitin 21

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri pengolahan perikanan pada umumnya tidak memanfaatkan seluruh bagian dari hasil perikanan tersebut. Pengolahan hasil perikanan seperti produk bandeng tanpa duri memiliki tata cara pengolahan yaitu pembuangan sisik, pembelahan dan pencucian (Hasnidar & Tamsil, 2019). Hasil perikanan berupa udang juga memiliki tata cara pengolahan agar kualitas produk tetap terjaga. Udang yang akan diekspor umumnya akan melewati serangkaian proses terlebih dahulu, seperti proses pencucian (*washing*), potong kepala (*de-heading*), sortasi ukuran (*grading*), pengupasan *(peeling, tail off / undevined*), perendaman dengan larutan (*soaking*), pembekuan (*cold storage*) dan pengecekan disetiap prosesnya (Rahmat, *et al*., 2019). Hal tersebut mengakibatkan adanya limbah berupa sisik ikan dan kulit udang, oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan limbah.

Perkembangan teknologi yang terjadi di Indonesia mengakibatkan meningkatnya penggunaan berbagai jenis logam. Jenis logam tersebut berupa besi, baja, alumunium dan lain sebagainya. Baja ASTM A36 (jenis baja karbon rendah) adalah salah satu jenis material yang sering digunakan sebagai bahan baku peralatan yang ada diberbagai industri. Kelebihan dari jenis material tersebut adalah harganya yang relatif murah serta memiliki sifat tarik yang baik (Verma, *et al*., 2017). Baja karbon rendah dapat diaplikasikan menjadi berbagai macam produk, seperti sebagai plat bahan pembuatan kapal laut dan pintu air. Pembuatan kapal laut biasanya menggunakan plat *mild steel* A36 (Sabyantoro, *et al*., 2019).

Masalah utama dalam penggunaan baja ringan dalam berbagai macam aplikasi di industri adalah ketika baja mengalami kontak dengan lingkungan yang berair, terutama pada media (larutan) yang bersifat asam (Verma, *et al*., 2017). Lingkungan yang memiliki kadar garam tinggi seperti air laut juga memiliki tingkat korosifitas yang tinggi (Afriyani, 2016). Kondisi tersebut

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

menjadikan sifat ketahanan baja ringan menjadi lemah sehingga mudah mengalami korosi.

Upaya untuk memaksimalkan efektivitas penggunaan baja adalah dengan cara pencegahan atau pengurangan laju korosi. Salah satu metode untuk mengurangi laju korosi yaitu dengan penggunaan inhibitor korosi. Inhibitor korosi adalah zat kimia yang ditambahkan ke dalam suatu lingkungan dengan tujuan untuk menurunkan laju korosi pada logam (Yanuar, *et al*., 2016). Penggunaan inhibitor sintetis dari senyawa yang mengandung kromat, silikat, borat dan arsenat umumnya beracun, tidak ramah lingkungan, harga beli dan biaya preparasi yang mahal (Akbar, 2019). Perlu adanya pengembangan penelitian mengenai bahan alam sebagai inhibitor alami pada logam yang korosif untuk meminimalisir dampak negatif yang ditimbulkan oleh inhibitor sintesis.

Salah satu bahan alami yang dapat digunakan sebagai inhibitor alami adalah kitosan (Sangeetha, *et al*., 2016). Kandungan kitosan sendiri terdapat dalam cangkang golongan *Crustacea* seperti udang, kepiting, kulit ari serangga dan dinding sel fungi (Riszki & Harmami, 2015). Cangkang dari golongan *Crustacea* yang telah melalui berbagai tahap pengerjaan akan menghasilkan kitosan. Penggunaan kitosan yang memanfaatkan bahan-bahan tersebut dapat menjadi inovasi dalam dunia perikanan di Indonesia. Hal ini terkait dengan konsep *blue economy* yang mulai diterapkan oleh industri-industri, termasuk dibidang budidaya perikanan. Konsep *blue economy* ini didasarkan pada prinsip efisiensi di alam, tanpa adanya limbah yang terbuang (*zero waste*) (Judhaswati & Damayanti, 2019).

Kitosan merupakan produk hasil deasetilasi dari kitin yang memiliki tingkat toksisitas rendah serta memiliki kemampuan adsorpsi yang baik. Kitosan memiliki gugus hidroksil (OH) dan gugus amino (NH_2) yang dapat berikatan secara kovalen ataupun elektrostatik dengan besi (El-Haddad & Mahmoud, 2013). Gugus fungsi berupa –OH dan –NH_2 yang kemudian berikatan dengan permukaan logam, sehingga kitosan dapat digunakan sebagai inhibitor korosi.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Peneliti melihat konsumsi ikan bandeng dan udang windu di kalangan masyarakat cukup besar, sehingga menghasilkan limbah yang tidak dimanfaatkan secara optimal. Limbah berupa sisik ikan bandeng maupun kulit udang windu dapat dimanfaatkan menjadi produk yang bermanfaat. Penelitian yang dilakukan oleh Bangngalino & Akbar (2017), didapat hasil bahwa sisik ikan bandeng merupakan sumber kitin dan kitosan. Harmami, *et al*. (2019) menyatakan bahwa kulit udang mengandung kitosan yang dapat menghambat laju korosi. Hal tersebut mendorong peneliti untuk melakukan penelitian mengenai potensi sisik ikan bandeng dan kulit udang windu sebagai kitosan bahan inhibitor alami penghambat laju korosi pada baja ASTM A36 dalam media korosif berupa campuran larutan natrium klorida (NaCl) 3,5% dan asam asetat (CH_3COOH) 3%. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai laju korosi, efisiensi inhibisi dan keefektivitasan dari kitosan sisik ikan bandeng dengan kitosan kulit udang windu sebagai inhibitor korosi pada baja ASTM A36 dalam media korosif. Metode perhitungan nilai laju korosi yang digunakan adalah metode kehilangan berat (*weight loss*).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka perumusan masalah pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut :

1. Berapa nilai efisiensi inhibisi yang dihasilkan oleh kitosan sisik ikan bandeng (*Chanos chanos*) sebagai inhibitor laju korosi pada baja ASTM A36?
2. Berapa nilai efisiensi inhibisi yang dihasilkan oleh kitosan kulit udang windu (*Panaeus monodon*) sebagai inhibitor laju korosi pada baja ASTM A36?
3. Bagaimana perbandingan efisiensi inhibisi antara kitosan sisik ikan bandeng (*Chanos chanos*) dengan kitosan kulit udang windu (*Panaeus monodon*) sebagai inhibitor laju korosi pada baja ASTM A36?

1.3 Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

1. Mengetahui nilai efisiensi inhibisi yang dihasilkan oleh kitosan sisik ikan bandeng (*Chanos chanos*) sebagai inhibitor laju korosi pada baja ASTM A36.
2. Mengetahui nilai efisiensi inhibisi yang dihasilkan oleh kitosan kulit udang windu (*Panaeus monodon*) sebagai inhibitor laju korosi pada baja ASTM A36.
3. Mengetahui perbandingan efisiensi inhibisi antara kitosan sisik ikan bandeng (*Chanos chanos*) dengan kitosan kulit udang windu (*Panaeus monodon*) sebagai inhibitor laju korosi pada baja ASTM A36.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain :

1. Sebagai sumber informasi dan sebagai bahan referensi dalam menambah pengetahuan tentang pemanfaatan kitosan dari sisik ikan bandeng (*Chanos chanos*) dan kulit udang windu (*Panaeus monodon*) untuk inhibitor korosi pada baja ASTM A36.
2. Dapat menunjukkan perbedaan efisiensi inhibisi antara kitosan dari sisik ikan bandeng (*Chanos chanos*) dan kulit udang windu (*Panaeus monodon*).

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dimaksudkan untuk membatasi ruang lingkup penelitian. Batasan-batasan dari penelitian yang dilakukan antara lain :

1. Berat serbuk sisik ikan bandeng dan kulit udang windu adalah 80 gram.
2. Penelitian ini menggunakan spesimen baja karbon rendah ASTM A36.
3. Kontrol negatif berupa larutan korosif tanpa penambahan inhibitor, konsentrasi kitosan yang digunakan adalah 60 ppm, 500 ppm, 1000 ppm, dan kontrol positif menggunakan Sodium nitrit 1000 ppm.
4. Waktu pengambilan data berat spesimen dilakukan satu minggu sekali selama satu bulan.
5. Pengujian laju korosi dengan metode *weight loss* (kehilangan berat).
6. Media korosif terbuat dari campuran larutan NaCl 3,5% sebanyak 200 ml dan CH3COOH 3% sebanyak 12 ml.
7. Penelitian dilakukan di suhu ruang.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ikan Bandeng (*Chanos chanos*)

2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi Ikan Bandeng

Ikan bandeng adalah jenis ikan yang habitatnya berada di sepanjang perairan Indo-Pasifik. Menurut SNI 6148.1 (2013), taksonomi ikan bandeng adalah sebagai berikut :

Phylum : Vertebrata
Sub Phylum : Craniata
Class : Teleostomi
Sub Class : Actinopterygii
Ordo : Malacopterygii
Family : Chanidae
Genus : Chanos
Spesies : *Chanos chanos*

Gambar 2. 1 Ikan Bandeng (*Chanos chanos*)
Sumber : Dokumentasi pribadi, 2020

Ikan bandeng memiliki bentuk tubuh memanjang dan pipih seperti bentuk torpedo. Ikan ini memiliki bentuk mulut runcing, ekor bercabang dan mempunyai sisik yang halus (Qurrataayun, 2018).

2.1.2 Persebaran dan Produksi Ikan Bandeng

Ikan bandeng (*Chanos chanos*) merupakan salah satu jenis ikan budidaya air payau. Di Indonesia, daerah persebaran ikan ini meliputi perairan pantai timur Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Maluku, Papua, Bali dan Nusa Tenggara (Qurrataayun, 2018).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Total produksi ikan bandeng (*Chanos chanos*) pada tahun 2014 mencapai 631.125 ton atau setara dengan 14,74% dari total keseluruhan produksi ikan budidaya (Aziz, *et al*., 2017).

2.1.3 Sisik Ikan Bandeng

Sisik ikan bandeng memiliki ukuran yang kecil, berwarna transparan dengan ketebalan yang sama. Tipe sisik yang dimiliki oleh ikan ini adalah sikloid. Sikloid adalah sisik yang memiliki garis-garis melingkar (Jati, 2016).

Sisik ikan bandeng terdiri atas dua lapisan. Dua lapisan tersebut adalah lapisan tipis yang merupakan epidermis yang dibentuk oleh sel-sel ephiteal dan lapisan dibawahnya yaitu lapisan dermis, kutin dan korium. Di bawah dermis terdapat lapisan sel-sel yang mengandung kitin (Faridah, *et al.*, 2012).

2.2 Udang Windu (*Panaeus monodon*)

2.2.1 Klasifikasi dan Morfologi Udang Windu

Udang windu adalah salah satu jenis hewan yang dapat hidup di air laut, air payau maupun air tawar. Menurut Solis (1988), taksonomi udang windu adalah sebagai berikut :

Phylum : Arthropoda
Class : Crustacea
Sub Class : Malacostraca
Ordo : Decapoda
Sub Ordo : Natantia
Family : Penaeidae
Genus : Panaeus
Spesies : *Panaeus monodon*

Gambar 2. 2 Udang windu (*Panaeus monodon*)
Sumber : Dokumentasi pribadi, 2020

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Ciri-ciri dari udang windu adalah pada bagian kepala dilindungi oleh karapas dengan rostum yang tajam dan melengkung, pada bagian badan terdiri dari enam segmen. Segmen-segmen tersebut saling terhubung dengan adanya selaput tipis. Lima pasang kaki renang (*pleopod*) yang melekat pada segmen pertama sampai dengan segmen ke lima. Segmen ke enam adalah bagian ekor (*telson*) yang berbentuk kipas. (Pratiwi, 2018).

2.2.2 Persebaran dan Produksi Udang Windu

Udang windu memiliki nama internasional atau nama dagang *tiger shrimp*. Beberapa wilayah di Indonesia memiliki populasi benur alami udang windu yang relatif lebih banyak dibandingkan dengan udang putih. Populasi tersebut tersebar di pantai-pantai wilayah estuari seperti Aceh, sepanjang pantai timur Jawa Timur, Madura, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara dan Nusa Tenggara Barat (Rachmatun & Takarina, 2009).

Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap (DJPT) tahun 2015 menyatakan bahwa udang windu (*Panaeus monodon*) merupakan salah satu jenis udang yang bernilai ekonomis tinggi. Produksi udang windu di Indonesia yang berasal dari hasil tangkapan adalah sekitar 38.784 ton. Dalam kurun waktu 4 tahun yaitu tahun 2011-2014 produksi udang windu di Indonesia mengalami kenaikan sebesar 31,67% (Chodrijah & Faizah, 2018). Udang windu juga merupakan salah satu komoditas perikanan yang diekspor ke beberapa negara (Pratiwi, 2018).

2.2.3 Kulit Udang Windu

Udang windu memiliki kulit tubuh yang keras, berwarna hijau kebiruan dan bercorak loreng-loreng besar (Pratiwi, 2018). Kulit udang windu pada umumnya mengandung protein sebesar 25-40%, kitin 15-20% dan kalsium karbonat 45-50% (Dompeipen, 2017).

2.3 Kitosan

Kitosan merupakan senyawa organik turunan dari kitin. Kitin sendiri merupakan penyusun kulit hewan-hewan krustasea seperti kerang, kepiting atau udang. Kitin mempunyai sifat tidak dapat larut dalam pelarut apapun.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Hal tersebut mempersulit proses pengaplikasiannya, tetapi turunan dari kitin yaitu kitosan, dapat larut dalam kondisi asam. Kitosan dapat diperoleh dengan melakukan deasetilasi basa terhadap kitin (Erna, *et al*., 2017).

Sisik ikan bandeng (*Chanos chanos*) dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan kitin dan kitosan. Kitosan yang diperoleh dari sisik ikan bandeng ini memiliki rendamen 12,5%, derajat deasetilasi 81,56% dan viskositas 3,06 cp. Kitosan tersebut mengandung kadar air 7,49% dan kadar abu 1,15% (Bangngalino & Akbar, 2017).

Cangkang udang windu (*Panaeus monodon*) mengandung beberapa komponen seperti mineral, kitin dan protein. Kitin yang diperoleh dari cangkang udang windu kemudian melalui proses deasetilasi sehingga menghasilkan kitosan. Kitosan yang diperoleh dari cangkang udang windu memiliki warna putih kecoklatan, berbentuk serpihan, nilai derajat deasetilasi 98,65% dan viskositas 1.713,04 cPs. Kitosan tersebut juga mengandung kadar air 12,29%, kadar abu 0,99%, kadar nitrogen 2,20% dan kadar lemak 3,13% (Cahyono, 2018).

2.4 Baja ASTM A36

Baja ASTM A36 merupakan salah satu jenis material yang banyak diaplikasikan pada bidang industri ataupun bidang lainnya, dikarenakan harganya relatif murah dan memiliki sifat tarik yang baik (Hidayatullah, *et al*., 2019). Salah satu kegunaan dari *mild steel* A36 adalah sebagai plat bahan pembuatan kapal laut, dimana dalam pembentukan badan kapal laut tersebut plat akan melalui proses *press* dan perlakuan *bending* (Sabyantoro, *et al*., 2019).

Menurut Fajri, *et al*. (2018), baja ASTM A36 memiliki komposisi material seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1 :

Tabel 2. 1 Karakteristik Material ASTM A36 *Sheet Plate Carbon Steel*

Kandungan	**Komposisi (%)**
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 (Cu)	0.20

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berdasarkan tabel di atas, dapat diketahui bahwa kandungan Carbon (C) 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. Baja karbon rendah juga mempunyai sifat mudah ditempa, mudah dibentuk dengan mesin dan mudah di las (Afandi, *et al*., 2015).

2.5 Korosi

Korosi merupakan suatu proses perusakan material khususnya logam karena adanya reaksi yang terjadi antara logam dengan lingkungannya (Pattireuw, *et al*., 2013). Proses perusakan material tersebut menyebabkan terjadinya penurunan kualitas suatu material logam.

2.2.1 Jenis-Jenis Korosi

Terdapat beberapa jenis korosi pada logam, antara lain :

a. *Dealloying*

Dealloying adalah jenis korosi yang terjadi pada saat suatu unsur paduan aktif bereaksi dengan pelarut. Contoh *dealloying* ini adalah pada kuningan. *Dealloying* pada kuningan biasa disebut dengan *dezincification*. *Dezincification* ditandai dengan timbulnya warna merah pada permukaan kuningan (Sidiq, 2013).

b. *Environmentally Induced Cracking* (retak karena pengaruh lingkungan)

Environmentally Induced Cracking (EIC) adalah patahan pada paduan logam yang berinteraksi dengan lingkungan. Hal tersebut mengakibatkan terjadinya korosi merata atau *Environmentally Induced Cracking* (EIC). Ada tiga jenis tipe patahan pada kelompok ini, yaitu : *Stress Corrosion Cracking* (SCC), *Corrosion Fatigue Cracking* (CFC) dan *Hydrogen-Induced Cracking* (HIC) *Hydrogen damage* (kerusakan akibat hidrogen). *Hydrogen damage* adalah kerusakan yang disebabkan karena adanya reaksi antara hidrogen dengan karbida pada baja, sehingga membentuk metana. Hal tersebut menyebabkan terjadinya dekarburasi, retak ataupun rongga pada permukaan logam (Sidiq, 2013).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

c. *Crevice corrosion* (korosi celah)

Korosi celah adalah korosi yang terjadi pada logam yang berdempetan dengan logam lainnya. Celah yang ada diantara logam tersebut dapat menahan kotoran ataupun air sehingga lama kelamaan akan mengakibatkan korosi (Utomo, 2009).

d. Korosi Erosi

Korosi erosi adalah korosi yang terjadi karena keausan, sehingga menimbulkan bagian-bagian yang kasar dan tajam. Korosi ini juga dapat diakibatkan karena fluida yang sangat deras sehingga mengikis lapisan pelindung pada logam. Korosi erosi biasanya terjadi pada propeller dan pipa (Utomo, 2009).

e. Korosi Galvani

Korosi galvani adalah korosi yang terjadi karena adanya dua logam yang dipasangkan dan diletakkan pada lingkungan yang korosif sehingga salah satu logam akan terkorosi sedangkan yang lainnya akan terlindungi dari korosi (Sidiq, 2013).

f. *Intergranular corrosion* (korosi batas butir)

Korosi batas butir adalah korosi yang terjadi karena adanya suatu paduan reaktif yang terpisah. Hal tersebut menyebabkan batas butir yang berdekatan akan kurang tahan terhadap korosi. Contohnya krom yang meninggalkan batas butir sehingga pada batas butir bersifat anodik (Sidiq, 2013).

g. *Uniform attack* (korosi seragam)

Korosi seragam atau biasa disebut juga dengan korosi merata adalah korosi yang terjadi pada permukaan logam akibat adanya reaksi kimia. Hal tersebut karena pH air yang rendah dan udara yang lembab, sehingga semakin lama, logam akan semakin menipis. Korosi jenis ini biasanya terjadi pada plat baja, logam homogen (Utomo, 2009).

h. *Pitting Corrosion* (korosi sumur)

Korosi sumur adalah korosi yang terjadi karena komposisi logam yang tidak homogen sehingga pada daerah batas timbul korosi yang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

berbentuk sumur (Utomo, 2009). Sumur tersebut dapat berupa lubang yang dangkal hingga lubang yang dalam.

2.6 Pengendalian Korosi

Secara umum korosi pada logam dapat dicegah dengan 4 metode pengendalian. Metode tersebut adalah dengan proteksi katodik, pelapisan, pemilihan material dan penambahan inhibitor.

2.3.1 Proteksi Katodik

Menurut Sidiq (2013), proteksi katodik dilakukan dengan menyediakan elektron pada struktur logam yang akan dilindungi. Tersedianya elektron pada struktur logam tersebut dapat menekan penguraian logam (oksidasi) serta dapat meningkatkan laju pembentukan hidrogen. Terdapat dua cara dalam proteksi katodik, yaitu dengan menyediakan arus dari suatu sumber eksternal (*impressed current*) dan anoda tumbal (*sacrificial anode*).

2.3.2 *Coating* (Pelapisan)

Coating adalah pelapisan pada permukaan logam dengan suatu bahan atau material pelindung. *Coating* atau pelapisan merupakan metode yang paling sering digunakan untuk mengatasi masalah korosi. Terdapat 2 jenis *coating*, yaitu *liquid coating* dan *concrete coating*. *Liquid coating* adalah melakukan pengecatan pada permukaan logam, agar logam tersebut terlindungi dari korosi sedangkan *concrete coatin*g adalah pelapisan logam dengan menggunakan beton. *Concrete coating* biasa dilakukan pada konstruksi-konstruksi bangunan gedung di perkotaan (Afandi, *et al*., 2015).

2.3.3 Pemilihan Material (*Material Selection*)

Metode paling umum yang digunakan untuk mencegah korosi adalah dengan pemilihan material. Metode ini dilakukan dengan cara memilih material logam yang cocok dalam lingkungan korosif tertentu. Misalnya material yang digunakan untuk tangki penyimpanan asam sulfat harus menggunakan logam yang tahan asam, seperti *stainless stell* (Ardyansyah, 2015).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.3.4 Penambahan Inhibitor

Inhibitor korosi adalah suatu zat kimia dengan konsentrasi tertentu yang ditambahkan pada lingkungan korosif. Penambahan inhibitor ini berfungsi untuk menurunkan laju korosi pada logam yang ada di dalam lingkungan tersebut (Yanuar, *et al*., 2016).

Berdasarkan bahan dasar pembuatannya, inhibitor korosi dibedakan menjadi dua jenis yaitu inhibitor yang terbuat dari bahan anorganik dan organik. Inhibitor korosi anorganik biasanya berasal dari senyawa yang mengandung arsenat, borat, kromat dan silikat. Senyawa tersebut umumnya beracun dan tidak ramah lingkungan (Akbar, 2019). Inhibitor korosi organik adalah inhibitor yang terbuat dari bahan alami yang tersedia di alam sehingga memiliki sifat tidak beracun, murah, mudah didapatkan dan dapat diperbaharui (Yanuar, *et al*., 2016).

Secara umum inhibitor korosi dibagi menjadi beberapa jenis yaitu :

a. Inhibitor Anodik

Inhibitor anodik menurunkan nilai laju korosi dengan cara memperlambat reaksi anodik. Inhibitor jenis ini membentuk lapisan pasif tipis yang menutupi anoda (permukaan logam) sehingga dapat menghalangi pelarutan anoda selanjutnya. Senyawa yang biasa digunakan sebagai inhibitor anodik adalah Borat, Fosfat, Kromat, Nitrat, Nitrit, Molibdat dan Silikat (Butarbutar & Rina, 2011).

b. Inhibitor Katodik

Inhibitor katodik menurunkan nilai laju korosi dengan cara memperlambat reaksi katodik. Inhibitor jenis ini akan bereaksi dengan OH^- untuk mengendapkan senyawa-senyawa tidak larut pada permukaan logam. Endapan tersebut dapat menghalangi masuknya oksigen. Contoh inhibitor katodik adalah Zn, $CaCO_3$ dan Polifosfat (Butarbutar & Rina, 2011).

c. Inhibitor Campuran (Inhibitor Organik)

Inhibitor campuran biasa disebut juga dengan inhibitor organik karena merupakan inhibitor yang berasal dari senyawa organik. Inhibitor jenis ini akan membentuk suatu lapisan/film protektif pada

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

permukaan logam. Lapisan tersebut yang menjadi penghalang pada proses pelarutan logam di dalam larutan elektrolit. Inhibitor campuran ini biasa menggunakan senyawa-senyawa organik yang mengandung Belerang (S) dan Nitrogen (N) (P.Yatiman, 2009).

2.7 Metode Analisis Laju Korosi

2.7.1 Metode Kehilangan Berat (*Weight loss*)

Kehilangan berat (*weight loss*) adalah metode yang didasarkan pada pengukuran selisih berat spesimen uji. Spesimen uji yang digunakan direndam dalam media korosif dengan penambahan ataupun tanpa penambahan inhibitor dalam rentang waktu tertentu. Kemudian data yang diperoleh, digunakan untuk menghitung kehilangan berat akibat korosi dengan menggunakan rumus yang mengacu pada (ASTM G1, 1999), yaitu :

$$CR = \mathrm{K}\frac{W}{\mathrm{DAT}}$$

Keterangan :

CR = laju korosi (mmpy)

W = selisih berat spesimen uji sebelum dan sesudah pengujian (g)

A = luas permukaan spesimen uji (cm^2)

D = massa jenis spesimen uji (g/cm^3)

T = waktu perendaman (jam)

K = konstanta ($8{,}76\times10^4$)

2.7.2 Metode Polarisasi Potensiodinamik

Polarisasi potensiodinamik adalah metode untuk menentukan perilaku korosi pada suatu logam. Metode ini didasarkan pada hubungan potensial dan arus anodik atau katodik. Korosi logam akan terjadi jika terdapat arus anodik yang sama besarnya dengan arus katodik, walaupun tidak ada arus yang diberikan di luar sistem. Hal tersebut disebabkan karena adanya perbedaan potensial antara logam dengan larutan sebagai lingkungannya (Sunarya, 2008).

Metode ini menggunakan potensiostat dengan tiga elektroda, yaitu elektroda acuan AgCl, elektroda bantu berupa platina dan elektroda kerja berupa spesimen baja. Elektroda acuan berfungsi sebagai

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

potensial acuan untuk menyatakan elektroda kerja atau potensial analit. Elektroda kerja adalah logam benda uji yang akan diteliti, berfungsi untuk melakukan proses elektrolisis. Elektroda bantu digunakan untuk mengalirkan arus hasil dari proses elektrolisis yang terjadi dalam rangkaian sel (Afriyani, 2016).

Data yang diperoleh dari metode ini berupa kurva polarisasi anodik atau katodik yang menyatakan hubungan antara arus ($\mu A/cm^2$) sebagai fungsi potensial (mV) (Nurdianti, 2020).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.8 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah penelitian terdahulu yang membahas mengenai limbah hasil perikanan sebagai sumber penghasil kitosan, metode pembuatannya dan pemanfaatanya :

Tabel 2. 2 Penelitian terdahulu

No.	Penulis, Tahun dan Judul	Tujuan	Metode	Hasil	Perbedaan Penelitian
1.	Herman Bangngalino dan A. Muhammad Iqbal Akbar, 2017, Pemanfaatan Sisik Ikan Bandeng sebagai Bahan Baku Kitosan dengan Metode Sonifikasi dan Aplikasinya untuk Pengawet Makanan	Untuk mengetahui rendemen, kadar air, kadar abu, derajat deasetilasi dan untuk mengetahui pengaruh kitosan sebagai pengawet makanan.	Ekstraksi kitosan sisik ikan bandeng : deproteinasi, demineralisasi dan deasetilasi menggunakan metode sonikasi. Dilakukan karakterisasi kitosan menggunakan FTIR, penentuan rendamen, kadar air, kadar abu dan derajat deasetilasi menggunakan metode titrasi asam basa. Diaplikasikan sebagai pengawet pada bakso.	Kitosan yang diperoleh dari sisik ikan bandeng memiliki rendamen 12,5%, kadar air 7,49%, kadar abu 1,15%, derajat deasetilasi 81,56% dan viskositas 3,06 cp. Kitosan sisik ikan bandeng dapat digunakan sebagai pengawet makanan dan dapat memperpanjang umur simpan bakso pada suhu ruang.	Penelitian Herman Bangngalino dan A. Muhammad Iqbal Akbar memanfaatkan kitosan sisik ikan bandeng sebagai pengawet makanan. Peneliti memanfaatkan kitosan sisik ikan bandeng sebagai inhibitor laju korosi.
2.	Maria Erna, Emriadi, Admin Alif, Syukri Arief dan Mohd. Jain Noordin, 2009, Sintesis dan	Untuk mengetahui efisiensi inhibisi korosi KMK yang diperoleh dari berbagi	Kitosan dari Laboratorium kimia disintesis dengan metode Wang, metode Zhou, merode Pang dan metode Liang agar menjadi Karbosimetil	Karbosimetil Kitosan (KMK) yang larut dalam berbagai PH dan spektrumnya dengan referensi adalah kitosan yang disintesis dengan	Penelitian Maria Erna, Emriadi, Admin Alif, Syukri Arief dan Mohd. Jain Noordin menggunakan kitosan yang diperoleh dari laboratorium, kemudian disintesis menjadi

	Aplikasi Karbosimetil Kitosan sebagai Inhibitor pada Baja Karbon dalam Air	metode.	Kitosan (KMK) kemudian dilakukan karakterisasi dengan spektrometer FTIR. Digunakan air dengan PH yang bervariasi sebagai larutan korosifnya. Konsentrasi KMK yang digunakan juga bervariasi. Metode pengujian korosi yang digunakan adalah dengan uji elektrokimia.	metode Pang. KMK dapat digunakan sebagai inhibitor korosi pada media air. Hasil optimun terdapat pada air dengan PH 5 dan konsentrasi KMK 1 ppm, dengan efisiensi inhisi korosi mencapai 77%.	karboksimetil kitosan (KMK). Spesimen uji berupa lempengan baja karbon. Larutan korosif berupa air dengan pH 4,5,6,7,9 dan 11. Pengujian laju korosi menggunakan metode elektrokimia. Peneliti menggunakan kitosan yang diperoleh dari sisik ikan bandeng dan kulit udang windu. Spesimen uji berupa plat baja ASTM A36. Larutan korosif berupa campuran NaCl 3,5% dan CH_3COOH 3%. Pengujian laju korosi menggunakan metode kehilangan berat (*weight loss*).
3.	Maria Erna, Emriadi, Admin Alif dan Syukri Arief, 2010, Efektifitas Kitosan sebagai Inhibitor Korosi pada Baja Lunak dalam Air	Untuk mengetahui Efektivitas kitosan sebagai inhibitor korosi pada baja lunak dalam air gambut	Karakterisasi kitosan menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared spectroscopy*) dan SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Pengujian korosi menggunakan metode hilang berat.	Kondisi optimum terdapat pada kitosan (1) yaitu, air gambut dengan PH 3, teknik inhibisi pelapisan, waktu interaksi 3 hari dan efisiensi inhibisinya sebesar 88,73%. Sedangkan pada kitosan	Penelitian Maria Erna, Emriadi, Admin Alif dan Syukri Arief menggunakan kitosan yang didapat dari laboratorium. Media korosif berupa air gambut. Spesimen uji berupa lempengan baja lunak dengan kode BJTP 24.

	Gambut			(2), hasil optimum ditunjukkan pada air gambut dengan PH 6, teknik inhibisi berupa pencelupan, waktu interaksi 3 hari dan efisiensi inhibisi sebesar 93,32%.	Peneliti menggunakan sisik ikan bandeng dan kulit udang yang disintesis menjadi kitosan. Media korosif berupa campuran larutan NaCl 3,5% dan CH_3COOH 3%. Spesimen uji berupa plat baja ASTM A36.
4.	Syarif Hidayatullah, Femiana Gapsari dan Putu Hadi Setyarini, 2019, Perilaku Korosi Besi ASTM A36 pada Asam Klorida (HCl) dengan Inhibitor Sisik Ikan	Untuk menganalisa perilaku korosi pada besi ASTM A36 dengan inhibitor sisik ikan berdasarkan variasi konsentrasi inhibitor yang digunakan.	Pembuatan kitosan dilakukan dengan tiga tahap perendaman, yaitu deproteinasi (perendaman dengan NaOH 7%), demineralisasi (perendaman dengan HCl 1 molar dalam 100 ml *aquadest*) dan deasetilasi (perendaman dengan NaOH 70%). Pengujian laju korosi menggunakan metode ekstrapolasi tafel (polarisasi) dan EIS (*Electrochemical Impedance Spectroscopy*).	Pengujian menggunakan metode polarisasi dan EIS menunjukkan hasil yang sesuai. Konsentrasi inhibitor optimum didapat pada konsentrasi 100 ppm.	Penelitian Syarif Hidayatullah, Femiana Gapsari dan Putu Hadi Setyarini menggunakan media korosif berupa larutan HCl. Konsentrasi inhibitor yang digunakan adalah tanpa inhibitor, 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm dan 400 ppm. Pengujian laju korosi menggunakan metode ekstrapolasi tafel (polarisasi) dan EIS (*Electrochemical Impedance Spectroscopy*) Peneliti menggunakan larutan korosif berupa campuran NaCl 3,5% dan CH_3COOH 3%. Konsentrasi inhibitor yang digunakan adalah tanpa inhibitor, 60 ppm, 500 ppm

					dan 1000 ppm. Pengujian laju korosi menggunakan metode kehilangan berat (*weight loss*)
5.	Trivina Ira Riszki dan Harmami, 2015, Pengaruh Suhu terhadap Kualitas *Coating* (Pelapisan) *Stainless Steel* Tipe 304 dengan Kitosan secara Elektroforesis	Untuk mengetahui pengaruh suhu proses elektroforesis terhadap kualitas *coating* kitosan pada *stainless steel* tipe 304 yang dilihat dari ketebalan lapisan dan laju korosi dalam media NaCl 3%.	Spesimen baja SS 304 dengan ukuran 4cm×1cm di*coating* dengan larutan kitosan 0,08% selama 10 menit dengan variasi suhu 35°C, 40°C, 45°C dan 50°C. Pengujian dengan *coating thickness* untuk mengetahui ketebalan lapisan kitosan. Uji ketahanan korosi dengan metode polarisasi potensiodinamik.	Kenaikan suhu dapat menghasilkan kualitas *coating* yang semakin baik. Hasil optimum terdapat pada suhu 50°C yang menghasilkan ketebalan sebesar 49,73±6,86µm dan laju korosi sebesar 0,00065 mpy.	Penelitian Trivina Ira Riszki dan Harmami menggunakan spesimen uji berupa *stainless steel* tipe 304. Larutan kitosan yang digunakan adalah 0,08%. Pengujian laju korosi menggunakan metode polarisasi potensiodinamik. Peneliti menggunakan spesimen uji berupa baja ASTM A36. Variasi konsentrasi inhibitor adalah tanpa inhibitor, 60 ppm, 500 ppm dan 1000 ppm. Pengujian laju korosi menggunakan metode kehilangan berat (*weight loss*).
6.	Firman Ardyansyah, 2015, Pengaruh Penambahan KI pada Media 2% NaCl terhadap Inhibisi Kitosan	Untuk mengetahui konsentrasi KI optimum yang digunakan dalam media NaCl 2% +	Metode pengukuran laju korosi yang digunakan adalah metode kehilangan berat (dilakukan perendaman spesimen selama 48 jam) dan metode polarisasi	Pengaruh penambahan KI pada media 2% NaCl dengan kandungan 10 mg/L kitosan sebagai inhibitor adalah pada penambahan KI 40mg/L dan efek mempercepat	Penelitian Firman Ardyansyah menggunakan kitosan *food grade*. Spesimen uji berupa *tinplate*. Media yang digunakan berupa media korosi NaCl 2% dengan kandungan 10 mg/l kitosan, dengan variasi

	pada Korosi *Tinplate*	kitosan yang menghasilkan efisiensi inhibisi terbesar.	potensiodinamik.	proses korosi pada saat ditambahkan KI lebih dari 40mg/L. Pada metode pengurangan berat didapat hasil optimum efisiensi inhibisi sebesar 24,06% yang didapat dari penambahan 40mg/L KI pada 10 mg/L kitosan. Sedangkan untuk metode polarisasi potensiodinamik didapat nilai optimum pada penambahan 40mg/L KI dengan efisiensi inhibisi sebesar 80,41%.	KI (30mg/L; 40mg/L; 50mg/L; 60mg/L; 70mg/L dan 80mg/L). Pengukuran laju korosi menggunakan metode kehilangan berat (perendaman spesimen selama 48 jam) dan metode polarisasi potensiodinamik. Peneliti menggunakan kitosan yang diperoleh dari sisik ikan bandeng dan kulit udang windu. Spesimen uji yang digunakan adalah baja ASTM A36. Media korosif yang digunakan adalah campuran larutan NaCl 3,5% dan CH_3COOH 3%. Konsentrasi kitosan yang digunakan adalah 0 ppm, 60 ppm, 500 ppm dan 1000 ppm. Pengukuran laju korosi menggunakan metode kehilangan berat (waktu perendaman 4 minggu dengan pengamatan 1 minggu sekali)
7.	Harmami, Ita Ulfin, Arina Hidayatus	Untuk mengetahui kinerja WSC	Penelitian ini menggunakan limbah kulit udang vaname dan	Nilai efeisiensi inhibisi semakin meningkat dan mencapai nilai	Penelitian Harmami, Ita Ulfin, Arina Hidayatus Sakinah dan Yatim Lailun Ni’mah

	Sakinah dan Yatim Lailun Ni'mah, 2019, Water Soluble Chitosan from Shrimp and Mussel Shells as Corrosion Inhibitor on Tinplate in 2% NaCl	dari kulit udang vaname dan cangkang kerang kampak sebagai inhibitor korosi pada *tinplate* dalam larutan NaCl 2%.	cangkang kerang kampak. Uji korosi menggunakan metode hilang berat dengan tinplate 2cm×2cm, media korosif tanpa dan dengan inhibitor kitosan kulit udang dan cangkang kerang dengan konsentrasi 0, 10, 250, 500, 1000, 1300 dan 1500 mg/l. Uji laju korosi dengan metode polarisasi potensiodinamik dengan ukuran spesimen 4cm×1cm dengan inhibitor kulit udang.	maksimum pada konsentrasi 1300 mg/l dan mengalami penurunan pada konsentrasi 1500 mg/l. Efisiensi WSC kulit udang vaname sebesar 72,73% dengan metode pengurangan berat dan 91,41% dengan metode polarisasi potensiodinamik, sedangkan untuk WSC cangkang kerang kampak adalah sebesar 54,55% dengan metode pengurangan berat.	menggunakan inhibitor berupa kitosan larut air (*Water Soluble Chitosan/WSC*) yang berasal dari kulit udang vaname dan cangkang kerang kampak. Konsentrasi yang digunakan 0, 10, 250, 500, 1000, 1300 dan 1500 mg/l. Larutan korosif berupa NaCl 2%. Spesimen uji yang digunakan adalah *tinplate*. Peneliti menggunakan inhibitor berupa kitosan yang berasal dari sisik ikan bandeng kulit udang windu. Konsentrasi yang digunakan adalah 0, 60, 500 dan 1000 ppm. Larutan korosif berupa campuran NaCl 3,5% dan CH_3COOH 3%. Spesimen uji yang digunakan adalah plat baja ASTM A36.
8.	Se-Fei Yang, Ying Wen, Pan Yi, Kui Xiao and Chao-Fang Dong, 2017, Effect of Chitosan Inhibitor	Untuk mengetahui pengaruh kitosan sebagai inhibitor pada *stainless steel*	Penelitian ini menggunakan uji elektrokimia, uji perendaman spesimen dan pengamatan menggunakan mikroskop stereologi	Kitosan larut air menunjukkan hasil yang baik dalam penghambatan laju korosi pada *stainless steel duplex 2205* di	Penelitian Se-Fei Yang, Ying Wen, Pan Yi, Kui Xiao dan Chao-Fang Dong menggunakan kitosan larut air. Spesimen uji berupa stainless steel duplex 2205. Pengujian

	on the Electrochemical Corrosion Behavior of 2205 Duplex Stainless Steel	*duplex 2205*.	untuk mengetahui pengaruh kitosan sebagai inhibitor korosi pada *stainless steel duplex* 2205	media larutan NaCl 3,5%. Kurva polarisasi menujukkan bahwa kitosan larut air merupakan inhibitor tipe campuran. Spesimen stainless steel yang direndam dalam larutan kitosan 0,2 g/L selama 4 jam memiliki film adsorpsi yang padatdan seragam yang menutupi permukaan spesimen.	laju korosi menggunakan metode elektrokimia. Peneliti menggunakan kitosan dari sisik ikan bandeng dan kulit udang windu. Spesimen uji berupa baja ASTM A36. Pengujian laju korosi menggunakan metode kehilangan berat.

2.9 Integrasi Keislaman

Besi memiliki kekuatan, keunikan dan manfaat yang besar bagi manusia sesuai dengan firman Allah SWT dalam Q.S. Al Hadid (57) : 25 berikut,

لَقَدۡ أَرۡسَلۡنَا رُسُلَنَا بِٱلۡبَيِّنَٰتِ وَأَنزَلۡنَا مَعَهُمُ ٱلۡكِتَٰبَ وَٱلۡمِيزَانَ لِيَقُومَ ٱلنَّاسُ بِٱلۡقِسۡطِۖ وَأَنزَلۡنَا ٱلۡحَدِيدَ فِيهِ بَأۡسٞ شَدِيدٞ وَمَنَٰفِعُ لِلنَّاسِ وَلِيَعۡلَمَ ٱللَّهُ مَن يَنصُرُهُۥ وَرُسُلَهُۥ بِٱلۡغَيۡبِۚ إِنَّ ٱللَّهَ قَوِيٌّ عَزِيزٞ (٢٥)

Artinya : Sesungguhnya Kami telah mengutus rasul-rasul Kami dengan membawa bukti-bukti yang nyata dan telah Kami turunkan bersama mereka Al-Kitab dan neraca (keadilan) supaya manusia dapat melaksanakan keadilan. Dan Kami ciptakan besi yang padanya terdapat kekuatan yang hebat dan berbagai manfaat bagi manusia, dan agar Allah mengetahui siapa yang menolong (agama)-Nya dan rasul-rasul-Nya walaupun Allah tidak dilihatnya. Sesungguhnya Allah Maha Kuat dan Maha Perkasa.

As-Shobuni *dalam* Sudiarti, *et al*. (2018) berpendapat bahwa 'Kami ciptakan besi yang memiliki kekuatan dahsyat', itu karena peralatan perang yang dibuat dari besi seperti baju besi, busur panah dan lainnya. Besi memiliki manfaat yang sangat besar bagi kehidupan manusia. Penelitian Sudiarti, *et al*. (2018) mengungkapkan bahwa besi memiliki kekuatan dan kehebatan yang dapat melindungi makhluk bumi bersama nikel dengan membentuk perisai elektromagnetik.

Allah SWT juga menciptakan beraneka ragam jenis ikan yang halal untuk dikonsumsi oleh manusia dan dijelaskan pada Q.S. Al Maidah (5) : 96

أُحِلَّ لَكُمۡ صَيۡدُ ٱلۡبَحۡرِ وَطَعَامُهُۥ مَتَٰعٗا لَّكُمۡ وَلِلسَّيَّارَةِۖ وَحُرِّمَ عَلَيۡكُمۡ صَيۡدُ ٱلۡبَرِّ مَا دُمۡتُمۡ حُرُمٗاۗ وَٱتَّقُواْ ٱللَّهَ ٱلَّذِيٓ إِلَيۡهِ تُحۡشَرُونَ (٩٦)

Artinya : Dihalalkan bagimu binatang buruan laut dan makanan (yang berasal dari) laut sebagai makanan yang lezat bagimu, dan bagi orang-orang yang dalam perjalanan, dan diharamkan atasmu (menangkap) binatang buruan darat, selama kamu dalam ihram.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Dan bertakwalah kepada Allah yang kepada-Nya kamu akan dikumpulkan (kembali).

Al-Maraghi *dalam* Adawiyah (2017), menurutnya arti dari "*mata'an*" dalam ayat di atas bisa berarti pengambilan manfaat atau hanya untuk kesenangan saja. Arti lain dari pernyataan tersebut adalah aktifitas mengkonsumsi makanan bertujuan untuk kepuasan saja, bukan karena rasa lapar. Secara global Al-Qur'an memperbolehkan manusia untuk memanfaatkan hasil laut, namun pada kesempatan lain Allah SWT sudah memberikan peringatan agar dalam memanfaatkan sumber daya alam manusia dapat berlaku hati-hati dan tidak serakah. Sebagaimana dalam Q.S. Ar-Rum (30) : 41 ;

ظَهَرَ ٱلۡفَسَادُ فِي ٱلۡبَرِّ وَٱلۡبَحۡرِ بِمَا كَسَبَتۡ أَيۡدِي ٱلنَّاسِ لِيُذِيقَهُم بَعۡضَ ٱلَّذِي عَمِلُواْ لَعَلَّهُمۡ يَرۡجِعُونَ (٤١)

Artinya : Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).

Tingginya tingkat konsumsi terhadap hasil laut menimbulkan limbah berupa sisik ikan, kulit atau cangkang udang, kepiting dan lain sebagainya. Keberadaan limbah tersebut dapat mengakibatkan adanya pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, pemanfaatan limbah dari sisik ikan, kulit atau cangkang udang dan kepiting dapat diolah menjadi kitosan. Kitosan dapat digunakan sebagai pengawet makanan (Bangngalino & Akbar, 2017) hingga sebagai inhibitor laju korosi (Harmami, *et al*., 2019).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB III

METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat

Limbah sisik ikan bandeng dan kulit udang windu didapat dari Desa Kalanganyar, Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo. Pembuatan kitosan dilakukan pada bulan Maret 2020 di Laboratorium Integrasi UIN Sunan Ampel Surabaya. Pada bulan Oktober – November 2020 dilakukan penelitian dan pengambilan data pengujian laju korosi dengan metode *weight loss* atau kehilangan berat, kemudian dilanjutkan dengan perhitungan efisiensi inhibisi.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini, dapat dilihat pada tabel 3.1 dan tabel 3.2

Tabel 3. 1 Alat yang digunakan pada saat penelitian

No.	Nama Alat	Fungsi	Spesifikasi
1.	Sikat berbulu	Untuk menhilangkan lapisan *coating* dan lapisan oksida pada spesimen (*scrubbing* spesimen)	Bentuk ujung bulu sikat : datar, berukuran 0,01 mm
2.	Gelas *beaker*	Untuk mengukur volume suatu larutan dan sebagai wadah pencampuran larutan	Material : gelas kaca tahan panas, kapasitas 500 ml
3.	Gelas ukur	Untuk mengukur volume cairan	Material : kaca, berbentuk seperti pipa, memiliki dudukan pada bagian bawahnya, memiliki bibir tuang, kapasitas 10 ml
4.	Kertas saring	Untuk menyaring bahan pada saat pembuatan kitosan	Kertas yang memiliki pori
5.	Timbangan digital	Untuk menimbang bahan uji pembuatan kitosan	Akurasi 1 gram, kapasitas maksimum 10.000 gram
6.	Timbangan digital	Untuk menimbang jumlah inhibitor dan spesimen uji (*weight loss*)	Akurasi 0,002 gram, kapasitas maksimum 50 gram
7.	Spatula	Sebagai alat bantu untuk menghomogenkan larutan	Terbuat dari bahan stainless steel
8.	Gelas plastik	Sebagai wadah larutan	Gelas berbahan plastik

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

		korosif	dengan ukuran 12 oz (355 ml) dan 14 oz (414 ml)
9.	Oven	Untuk mengeringkan bahan	Memiliki *display* digital yang dapat menunjukkan suhu, timer dan pengaturan
10.	Jangka sorong	Untuk mengukur panjang, lebar dan tinggi/tebal spesimen	Material : stainless steel, akurasi 0,05 mm
11.	Alat tulis	Untuk menulis keterangan pada kertas label	Bolpoin berwarna hitam
12.	Kamera	Untuk mendokumentasikan kegiatan yang dilakukan pada saat penelitian	Resolusi kamera 13MP dan 16MP
13.	*Hot plate*	Untuk memanaskan larutan	Merek : Cimarec, temperatur *display* : digital
14.	Benang kasur	Sebagai alat bantu agar spesimen dapat menggantung	Terbuat dari serat, panjang benang : 10 m
15.	Stik kayu	Sebagai tempat menggantungnya spesimen	Terbuat dari bahan kayu dengan panjang 11,5 cm
16.	Kertas label	Untuk memberi keterangan kode pada gelas yang berisi spesimen uji dan larutan korosif	Kertas dengan ukuran 18 × 38 mm, permukaan kertas berwarna putih, bisa digunakan untuk menulis, pada bagian belakang terdapat perekat
17.	Salinometer	Untuk mengukur kadar garam yang terkandung dalam media korosif	Jangkauan pengukuran 0.00 ppt – 50.0 ppt dan akurasi 0.1 ppt
18.	pH meter	Untuk mengukur kadar keasaman pada media korosif	Jangkauan pengukuran 0.0-14.0 pH dan akurasi 0.1 pH

Tabel 3. 2 Bahan yang digunakan pada saat penelitian

No.	Nama Bahan	Fungsi	Spesifikasi
1.	Sisik ikan bandeng	Sebagai bahan penghasil kitosan	Sisik yang berasal dari ikan bandeng, berbentuk sikloid, berwarna transparan dan keperakan, dengan berat 80 gram (bentuk

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

			serbuk)
2.	Kulit udang windu	Sebagai bahan penghasil kitosan	Kulit udang windu bagian kepala, badan dan ekor, bercorak loreng-loreng, dengan berat 80 gram (bentuk serbuk)
3.	Baja ASTM A36	Sebagai spesimen uji laju korosi	Plat hitam, berbentuk persegi, ketebalan : 3 mm
4.	NaOH	Sebagai bahan untuk deproteinasi, deasetilasi pada proses pembuatan kitosan dan bahan untuk *pickling* spesimen	Berbentuk serpihan berwarna putih, larut dalam air
5.	HCl	Sebagai bahan untuk demineralisasi pada proses pembuatan kitosan dan bahan untuk *pickling* spesimen	Berbentuk serbuk berwarna putih, larut dalam air
6.	*Aquadest*	Sebagai bahan pelarut	Air suling, tidak berwarna/bening
7.	NaCl	Sebagai bahan untuk media korosif	Berbentuk serbuk berwarna putih, larut dalam air
8.	Asam asetat (CH_3COOH)	Sebagai bahan pelarut kitosan	Berbentuk cairan tidak berwarna/bening, konsentrasi 99%
9.	Sodium nitrit	Sebagai inhibitor anorganik	Berbentuk serbuk putih, larut dalam air
10.	Tisu	Untuk alas spesimen pada saat dilakukan pengamatan dan untuk mengeringkan spesimen uji	Berbentuk lembaran, 200 lembar, 2 *ply*

3.3 Variabel Penelitian

1. Variabel bebas : Kitosan yang berasal dari sisik ikan bandeng dan kulit udang windu. Variasi konsentrasi kitosan sebagai inhibitor. Variasi konsentrasi tersebut adalah sebagai berikut :
   a. Kitosan sisik ikan bandeng : 60 ppm, 500 ppm dan 1000 ppm.
   b. Kitosan kulit udang windu : 60 ppm, 500 ppm dan 1000 ppm.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2. Variabel terikat : Laju korosi pada baja ASTM A36. Efisiensi inhibisi kitosan sisik ikan bandeng dan kitosan kulit udang windu pada baja ASTM A 36.
3. Variabel kontrol :Larutan korosif berupa campuran NaCl 3,5% sebanyak 200 ml dan CH_3COOH 3% sebanyak 12 ml, keseragaman ukuran spesimen uji dan waktu perendaman spesimen uji selama 4 minggu dengan pengambilan data berat yang dilakukan setiap seminggu sekali.

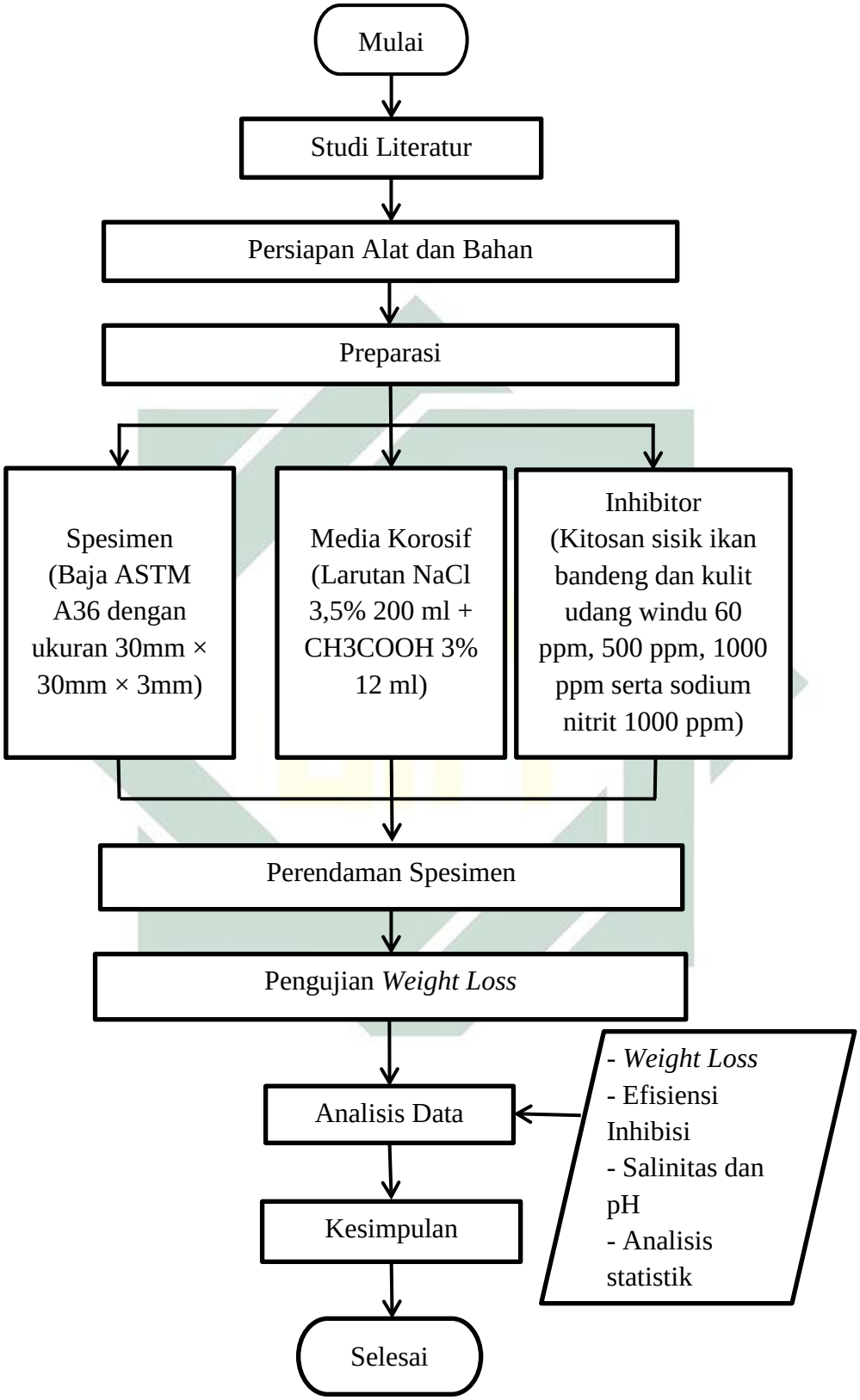
3.4 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Menurut Jaedun (2011), metode eksperimental merupakan penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh dari perlakuan tertentu terhadap dampaknya dalam kondisi yang terkendali. Ciri khusus pada penelitian ini adalah adanya pengaruh manipulasi variabel bebas atau pemberian perlakuan, terhadap variabel terikat yang diamati, dengan dugaan karena telah diberi perlakuan yang berbeda, maka akan menghasilkan dampak yang berbeda pula.

Alur penelitian ini diawali dengan melakukan preparasi terhadap spesimen, preparasi media korosi, preparasi inhibitor dan pengujian laju korosi. Pemberian perlakuan yang berbeda pada penelitian kali ini adalah dengan membuat dua kitosan dari sumber yang berbeda, yaitu kitosan dari sisik ikan bandeng dan kitosan dari kulit udang windu. Faktor pembeda yang lainnya adalah dengan membuat variasi konsentrasi pada inhibitor yang digunakan, yaitu konsentrasi 60 ppm, 500 ppm dan 1000 ppm. Kontrol negatif pada penelitian kali ini adalah media korosif tanpa penambahan inhibitor dan untuk kontrol positifnya berupa sodium nitrit dengan konsentrasi 1000 ppm. Didapatkan selisih berat pada tiap-tiap spesimen uji untuk selanjutnya dapat dilakukan perhitungan sesuai dengan standart ASTM G31-72 (2004) maka didapatkan besar nilai laju korosi pada tiap-tiap spesimen uji.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.5 Tahapan Penelitian



Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tahapan penelitian ini dimulai dari persiapan alat dan bahan, preparasi spesimen, preparasi media korosi, preparasi inhibitor, perendaman spesimen, pengujian laju korosi menggunakan metode *weight loss* atau kehilangan berat dan perhitungan efisiensi inhibisi kitosan serta adanya pengukuran salinitas dan pH. Lebih jelasnya, tahapan penelitian tersebut dapat dilihat pada gambar 3.1.

3.5.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan cara mempelajari penelitian terdahulu yang membahas mengenai kitosan, jenis inhibitor korosi, uji laju korosi dan perhitungan efisiensi inhibisi. Literatur tersebut berupa buku, jurnal, skripsi, tesis maupun disertasi.

3.5.2 Persiapan Alat dan Bahan

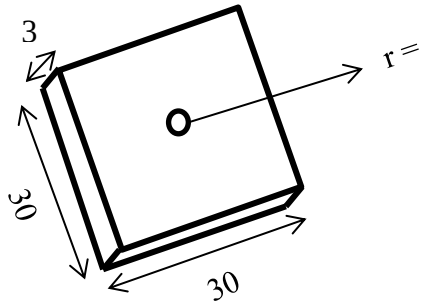
Alat dan bahan yang perlu disiapkan adalah seperti yang tercantum pada tabel 3.1 dan tabel 3.2. Persiapan alat dan bahan ini perlu dilakukan untuk memperlancar jalannya penelitian.

3.5.3 Preparasi Spesimen Besi ASTM A36

Preparasi spesimen yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari beberapa langkah. Berikut adalah langkah-langkah preparasi spesimen :

1. Pemotongan spesimen

   Baja ASTM A36 yang digunakan pada penelitian ini berbentuk plat. Material plat tersebut kemudian dipotong dengan ukuran 30 mm × 30 mm × 3mm sebanyak 96 buah. Gambar 3.2 menunjukkan bentuk spesimen uji yang sesuai dengan standart ASTM (*American Society for Testing dan Material*).



Gambar 3. 2 Bentuk Spesimen Uji
Sumber : Microsoft Word, 2020

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2. Pengeboran spesimen

   Spesimen yang telah berbentuk plat dengan ukuran 30 mm × 30 mm × 3 mm kemudian dibor pada bagian sisi tengah atas spesimen. Lubang tersebut berfungsi sebagai tempat menggantung spesimen (ASTM G31-72, 2004).

3. *Scrubbing* spesimen

   Scrubbing spesimen dilakukan menggunakan sikat berbulu. *Scrubbing* ini bertujuan untuk menghilangkan lapisan *coating* dan lapisan oksida yang ada pada permukaan spesimen (ASTM G31-72, 2004).

Gambar 3. 3 Proses *Scrubbing* spesimen
Sumber : Dokumentasi pribadi, 2020

4. *Pickling* spesimen

   Spesimen direndam menggunakan larutan HCl 2 M, kurang lebih selama 10 menit, setelah itu spesimen dibilas menggunakan air bersih dan disikat. Spesimen direndam dalam larutan NaOH, kemudian dibilas dengan air dan dikeringkan (ASTM.G31-72, 2004).

Gambar 3. 4 Proses *Pickling* Spesimen Uji
Sumber : Dokumentasi pribadi, 2020

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

5. Pengambilan foto spesimen

   Spesimen yang telah siap kemudian difoto. Fungsi dari pengambilan foto tersebut adalah untuk dokumentasi pengamatan visual sebelum dimulainya proses penelitian tahap selanjutnya.

Gambar 3. 5 Spesimen Uji *Weight Loss*
Sumber : Dokumentasi pribadi, 2020

6. Penimbangan spesimen

   Spesimen yang sudah siap kemudian ditimbang menggunakan timbangan digital untuk data berat awal pada pengujian laju korosi *weight loss* (ASTM G1, 1999).

Gambar 3. 6 Proses Penimbangan Spesimen Uji
Sumber : Dokumentasi pribadi, 2020

3.5.4 Preparasi Media Korosi

Media korosi yang digunakan adalah campuran larutan NaCl 3,5% dan CH_3COOH 3%. Pembuatan NaCl 3,5% ini membutuhkan 35 gram natrium klorida (NaCl) dan aquadest hingga volume larutan mencapai batas 1000 ml. Selanjutya, larutan NaCl 3,5% dimasukkan ke dalam gelas plastik masing-masing sebanyak 200 ml. Asam asetat (CH_3COOH) digunakan sebagai campuran media korosi karena inhibitor yang berupa kitosan dapat larut dengan baik pada larutan asam asetat (CH_3COOH) 3% (Agustina, *et al*., 2015). Jadi, untuk

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

menyamaratakan kondisi lingkungan, seluruh gelas plastik ditambahkan CH_3COOH 3% sebanyak 12 ml disetiap gelasnya.

Gambar 3. 7 Proses Pembuatan Larutan Korosif
Sumber : Dokumentasi Pribadi

3.5.5 Preparasi Inhibitor

Penelitian ini menggunakan inhibitor alami berupa kitosan yang berasal dari sisik ikan bandeng dan kulit udang windu. Tahap pertama dalam proses pembuatan kitosan adalah sisik ikan bandeng dan kulit udang windu dikeringkan terlebih dahulu dengan cara dijemur dibawah sinar matahari, lalu diblender dan diayak, sehingga sisik ikan dan kulit udang tersebut berubah menjadi serbuk.

Pembuatan kitosan sisik ikan bandeng dan kitosan kulit udang windu ini mengacu pada prosedur pembuatan kitosan oleh Puspawati dan Simpen (2010) *dalam* Sulistijowati, *et al*. (2014) yang memaparkan bahwa prosedur pembuatan kitosan meliputi tiga proses yaitu,

1. Proses Deproteinasi

   Proses deproteinasi ini bertujuan untuk menghilangkan protein dari sisik ikan bandeng dan kulit udang windu. Serbuk sisik ikan bandeng dan kulit udang windu, masing-masing ditimbang dengan berat 80 gram, lalu ditambahkan larutan NaOH 3% yang dilarutkan dalam 1.000 ml *aquadest*, kemudian dipanaskan menggunakan *hotplate* dengan suhu 80°C selama dua jam. Larutan tersebut diaduk menggunakan spatula saat proses pemanasan, setelah itu disaring dan dicuci hingga pH netral (Sulistijowati, *et al.*, 2014).

2. Proses Demineralisasi

   Hasil dari proses deproteinasi ditambahkan dengan HCl 1M (1M HCl = 84 ml) yang dilarutkan dalam 1.000 ml *aquadest*, kemudian

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dipanaskan selama satu jam pada suhu 75°C sambil diaduk. Larutan disaring dan residu yang berada di kertas saring dicuci dengan air hingga pH netral., selanjutnya keringkan menggunakan oven dengan suhu 80°C selama 24 jam. Proses Demineralisasi ini menghasilkan kitin (Sulistijowati, *et al*., 2014).

3. Proses Deasetilasi

   Kitin yang telah dihasilkan dari proses sebelumnya, ditambahkan dengan NaOH 50% yang dilarutkan dalam 1.000 ml *aquadest*, lalu dipanaskan selama satu jam dengan suhu 75°C sambil diaduk, kemudian disaring dan dicuci sampai pH netral. Residu yang didapat kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 80°C selama 24 jam. Proses Deasetilasi ini menghasilkan kitosan (Sulistijowati, *et al*., 2014).

Kitosan yang telah didapatkan kemudian diproses lagi agar menjadi inhibitor korosi, dengan cara mencampurkan kitosan, asam asetat 3%. Asam asetat 3% terdiri dari 9 ml asam asetat (CH3COOH) 99% yang dicampurkan ke dalam 300 ml *aquadest*. Hal tersebut dikarenakan kitosan tidak dapat larut dalam air, tetapi dapat larut dalam asam asetat (Agustina, *et al*., 2015).

Variasi konsentrasi inhibitor kitosan sisik ikan dan kitosan kulit udang windu adalah 60 ppm, 500 ppm dan 1000 ppm. Masing-masing larutan tersebut diambil sebanyak 12 ml, kemudian ditambahkan ke dalam media korosif larutan NaCl 3,5%.

Gambar 3. 8 Kitosan Kulit Udang Windu dengan Konsentrasi 60 ppm, 500 ppm dan 1000 ppm
Sumber : Dokumentasi pribadi, 2020

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Beberapa penelitian mengenai pemanfaatan kitosan telah dilakukan, salah satunya adalah sebagai penghambat korosi. Harmami, *et al*. (2019) telah melaporkan bahwa kitosan larut air dari cangkang kerang kampak (*Atrina pectinata*) 500 ppm pada tinplate dalam larutan NaCl 2% dengan metode pengurangan berat (*weight loss*) memiliki efisiensi inhibisi sebesar 27,27%. Hidayatullah, *et al.* (2020) telah melaporkan bahwa kitosan sisik ikan nila dengan konsentrasi 1000 ppm secara ekstrapolasi tafel mampu menurunkan 46,46% laju korosi. Penelitian ini menggunakan konsentrasi 60 ppm, bertujuan untuk mengetahui tingkat efektivitas inhibitor dengan konsentrasi yang rendah.

Kontrol negatif pada penelitian ini adalah tanpa penambahan inhibitor, sedangkan untuk kontrol positif menggunakan inhibitor anorganik berupa sodium nitrit. Nikitasari, *et al*., (2014) telah melaporkan bahwa sodium nitrit dengan konsentrasi 0,1 M pada lingkungan dengan pH 11 memiliki efisiensi inhibitor sebesar 82%.

3.5.6 Langkah Kerja Perendaman Spesimen

Langkah kerja perendaman spesimen berdasarkan ASTM G31-72 (2004) adalah sebagai berikut :

1. Benang dililitkan ke stik kayu sebagai penyangga.
2. Diberi label pada gelas dan stik kayu yang terdiri dari kode sebagai berikut :

   A = Tanpa penambahan inhibitor,

   B = Penambahan inhibitor kitosan sisik ikan bandeng 60 ppm,

   C = Penambahan inhibitor kitosan sisik ikan bandeng 500 ppm,

   D = Penambahan inhibitor kitosan sisik ikan bandeng 1000 ppm,

   E = Penambahan inhibitor kitosan kulit udang windu 60 ppm,

   F = Penambahan inhibitor kitosan kulit udang windu 500 ppm,

   G = Penambahan inhibitor kitosan kulit udang windu 1000 ppm,

   H = Penambahan inhibitor sodium nitrit 1000 ppm.
3. Dibuat inhibitor dari sodium nitrit dengan konsentrasi 1000 ppm sebagai kontrol positif.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4. Dibuat inhibitor berupa kitosan yang terbuat dari sisik ikan bandeng dan kulit udang windu dengan konsentrasi masing-masing 60 ppm, 500 ppm dan 1000 ppm.
5. Dimasukkan larutan NaCl 3,5% sebanyak 200 ml dan CH_3COOH 3% sebanyak 12 ml ke dalam setiap wadah plastik lalu ditambahkan inhibitor yang telah disiapkan.
6. Benang dililitkan pada lubang yang ada pada spesimen. Kemudian 96 spesimen uji direndam selama empat minggu, dengan pengukuran massa dan salinitas setiap satu minggu satu kali.

Gambar 3. 9 Proses Perendaman Spesimen Uji
Sumber : Dokumentasi pribadi, 2020

3.5.7 Pengujian Laju Korosi dengan Metode *Weight Loss*

Pengujian laju korosi pada penelitian ini menggunakan metode *weight loss* untuk mengetahui besar nilai laju korosi pada baja ASTM A36. Spesimen yang sebelumnya sudah dipreparasi dan ditimbang berat awalnya, direndam dalam campuran larutan NaCl 3,5% dan CH_3COOH 3% tanpa penambahan dan dengan penambahan inhibitor selama empat minggu. Pengambilan data berat dilakukan sebanyak satu kali setiap satu minggu perendaman.

3.5.8 Analisis Data

Rendemen transformasi serbuk sisik ikan bandeng atau serbuk kulit udang windu menjadi kitin ditentukan berdasarkan persentase berat kitin terhadap berat awal serbuk sisik ikan bandeng atau kulit udang windu. Perhitungan persentase (%) rendemen kitin adalah sebagai berikut (Agustina, *et al*., 2015) :

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

% Rendemen kitin =

$$\frac{\text{berat kitin yang di hasilkan}}{\text{berat awal serbuk sisik ikan bandeng atau serbuk kulit udang windu}} \times 100\%$$

Rendemen transformasi kitin menjadi kitosan ditentukan berdasarkan presentase berat kitosan yang dihasilkan terhadap berat kitin. Perhitungan persentase (%) rendemen kitosan adalah sebagai berikut (Agustina, *et al*., 2015) :

$$\%\ \text{Rendemen kitosan} = \frac{\text{berat kitosan yang dihasilkan}}{\text{berat kitin}} \times 100\%$$

Data berupa luas permukaan spesimen diambil sebelum perendaman, untuk perhitungan luas permukaan spesimen dapat dilihat pada Lampiran 8. Data berupa berat awal diambil sebelum dilakukan perendaman sedangkan data berat akhir diambil setelah proses perendaman, kemudian didapatkan hasil berupa selisih berat. Data yang sudah didapat kemudian dihitung laju korosinya menggunakan rumus perhitungan metode kehilangan berat (*weight loss*) yang mengacu pada ASTM G1 (1999) sebagai berikut :

$$CR = K\frac{W}{DAT}$$

Keterangan :

CR = laju korosi (mmpy)

W = massa yang hilang (g)

A = luas permukaan spesimen (cm^2)

T = waktu perendaman (jam)

D = densitas spesimen (g/cm^3)

K = konstanta ($8{,}76 \times 10^4$)

Efisiensi inhibisi adalah suatu parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat efisiensi kinerja suatu inhibitor dalam menginhibisi reaksi korosi pada logam atau spesimen uji. Persentase efisiensi inhibisi dengan metode kehilangan berat (*weight loss*) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Erna, et al., 2011):

$$\%EI = \frac{(CRuninhibited - CRinhibited)}{CRuninhibited} \times 100\%$$

Keterangan :

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

%EI = Efisiensi inhibisi (%)

CR*uninhibited* = laju korosi pada medium korosif tanpa inhibitor

CR*inhibited* = laju korosi pada medium korosif dengan penambahan inhibitor

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini berupa data rendemen kitin, rendemen kitosan, data luas area spesimen yang terpapar, data selisih berat spesimen yang selanjutnya akan diolah untuk mengetahui hasil perhitungan laju korosi dan efisiensi inhibisi dari kitosan sisik ikan bandeng dan kitosan kulit udang windu.

4.1.1 Kitosan dari Sisik Ikan Bandeng dan Kulit Udang Windu

Serbuk sisik ikan bandeng dan kulit udang windu yang telah diekstraksi menjadi kitin kemudian dihitung nilai rendemennya dan didapat hasil seperti pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Data Persentase Kitin dari Sisik Ikan Bandeng dan Kulit Udang Windu

	Sisik Ikan Bandeng	Kulit Udang Windu
Massa cangkang (gram)	80	80
Massa kitin (gram)	44	67
Rendemen kitin (%)	55	83,75

Kitin yang telah diperoleh dari proses sebelumnya kemudian disintesis sehingga menghasilkan kitosan. Nilai rendemen kitosan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Data Persentase Kitosan dari Sisik Ikan Bandeng dan Kulit Udang Windu

	Sisik Ikan Bandeng	Kulit Udang Windu
Massa kitin (gram)	44	67
Massa kitosan (gram)	14	45
Rendemen kitosan (%)	31,81	67,16

4.1.2 Perhitungan Luas Area Spesimen Uji

Perhitungan luas area spesimen uji dapat dilihat pada Lampiran 8. Data perhitungan luas area spesimen uji secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 4.3

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4. 3 Data Perhitungan Luas Area Spesimen Uji

Inhibitor	Konsentrasi	Kode	p (cm)	l (cm)	t (cm)	R (cm)	L1 (cm^2)	L2 (cm^2)	L3 (cm^2)	L4 (cm^2)	L5 (cm^2)	L6 (cm^2)	L7 (cm^2)	Ltotal (cm^2)
Tanpa Inhibitor (Kontrol negatif)	0 ppm	A1	3,01	3	0,29	0,15	8,9594	8,9594	0,87	0,87	0,8729	0,8729	0,27318	21,67768
		A2	3,01	3,035	0,29	0,15	9,0647	9,0647	0,88015	0,88015	0,8729	0,8729	0,27318	21,90868
		A3	3,01	3,015	0,29	0,15	9,0045	9,0045	0,87435	0,87435	0,8729	0,8729	0,27318	21,77668
		A4	3,01	2,975	0,29	0,15	8,8841	8,8841	0,86275	0,86275	0,8729	0,8729	0,27318	21,51268
		A5	3,02	3	0,29	0,15	8,98935	8,98935	0,87	0,87	0,8758	0,8758	0,27318	21,74348
		A6	3,015	2,99	0,29	0,15	8,9442	8,9442	0,8671	0,8671	0,87435	0,87435	0,27318	21,64448
		A7	3	2,99	0,285	0,15	8,89935	8,89935	0,85215	0,85215	0,855	0,855	0,26847	21,48147
		A8	2,99	3,025	0,295	0,15	8,9741	8,9741	0,89238	0,89238	0,88205	0,88205	0,27789	21,77494
		A9	3	3,015	0,3	0,15	8,97435	8,97435	0,9045	0,9045	0,90	0,90	0,2826	21,8403
		A10	3,05	3,01	0,3	0,15	9,10985	9,10985	0,903	0,903	0,915	0,915	0,2826	22,1383
		A11	2,98	2,97	0,298	0,15	8,77995	8,77995	0,88506	0,88506	0,88804	0,88804	0,28072	21,38682
		A12	3,05	2,99	0,285	0,15	9,04885	9,04885	0,85215	0,85215	0,86925	0,86925	0,26847	21,80897
Kitosan sisik ikan bandeng	60 ppm	B1	3,025	3	0,285	0,15	9,00435	9,00435	0,855	0,855	0,86213	0,86213	0,26847	21,71142
		B2	3,025	3,01	0,285	0,15	9,0346	9,0346	0,85785	0,85785	0,86213	0,86213	0,26847	21,77762
		B3	3,025	3	0,29	0,15	9,00435	9,00435	0,87	0,87	0,87725	0,87725	0,27318	21,77638
		B4	3,005	2,95	0,285	0,15	8,7941	8,7941	0,84075	0,84075	0,85643	0,85643	0,26847	21,25102
		B5	2,99	3,01	0,28	0,15	8,92925	8,92925	0,8428	0,8428	0,8372	0,8372	0,26376	21,48226
		B6	3	3	0,29	0,15	8,92935	8,92935	0,87	0,87	0,87	0,87	0,27318	21,61188
		B7	3,03	3,05	0,285	0,15	9,17085	9,17085	0,86925	0,86925	0,86355	0,86355	0,26847	22,07577
		B8	3,015	2,975	0,285	0,15	8,89898	8,89898	0,84788	0,84788	0,85928	0,85928	0,26847	21,48072
		B9	3,025	3,01	0,28	0,15	9,0346	9,0346	0,8428	0,8428	0,847	0,847	0,26376	21,71256
		B10	2,975	2,99	0,3	0,15	8,8246	8,8246	0,897	0,897	0,8925	0,8925	0,2826	21,5108
		B11	3,035	3,04	0,275	0,15	9,15575	9,15575	0,836	0,836	0,83463	0,83463	0,25905	21,9118
		B12	3,02	2,975	0,285	0,15	8,91385	8,91385	0,84788	0,84788	0,8607	0,8607	0,26847	21,51332
	500 ppm	C1	2,985	3	0,275	0,15	8,88435	8,88435	0,825	0,825	0,82088	0,82088	0,25905	21,3195
		C2	2,96	3	0,285	0,15	8,80935	8,80935	0,855	0,855	0,8436	0,8436	0,26847	21,28437
		C3	3	2,97	0,29	0,15	8,83935	8,83935	0,8613	0,8613	0,87	0,87	0,27318	21,41448
		C4	3	3,01	0,285	0,15	8,95935	8,95935	0,85785	0,85785	0,855	0,855	0,26847	21,61287
		C5	3,035	2,985	0,285	0,15	8,98883	8,98883	0,85073	0,85073	0,86498	0,86498	0,26847	21,67752
		C6	3,01	2,97	0,29	0,15	8,86905	8,86905	0,8613	0,8613	0,8729	0,8729	0,27318	21,47968
		C7	3	2,99	0,285	0,15	8,89935	8,89935	0,85215	0,85215	0,855	0,855	0,26847	21,48147
		C8	2,975	3	0,285	0,15	8,85435	8,85435	0,855	0,855	0,84788	0,84788	0,26847	21,38292
		C9	3,01	2,99	0,29	0,15	8,92925	8,92925	0,8671	0,8671	0,8729	0,8729	0,27318	21,61168

		C10	3	3,01	0,275	0,15	8,95935	8,95935	0,82775	0,82775	0,825	0,825	0,25905	21,48325
		C11	3,01	2,985	0,275	0,15	8,9142	8,9142	0,82088	0,82088	0,82775	0,82775	0,25905	21,3847
		C12	3	2,97	0,285	0,15	8,83935	8,83935	0,84645	0,84645	0,855	0,855	0,26847	21,35007
	1000 ppm	D1	3,01	3,01	0,285	0,15	8,98945	8,98945	0,85785	0,85785	0,85785	0,85785	0,26847	21,67877
		D2	2,915	3	0,285	0,15	8,67435	8,67435	0,855	0,855	0,83078	0,83078	0,26847	20,98872
		D3	2,985	3	0,275	0,15	8,88435	8,88435	0,825	0,825	0,82088	0,82088	0,25905	21,3195
		D4	2,95	2,965	0,275	0,15	8,6761	8,6761	0,81538	0,81538	0,81125	0,81125	0,25905	20,8645
		D5	3,015	3	0,29	0,15	8,97435	8,97435	0,87	0,87	0,87435	0,87435	0,27318	21,71058
		D6	3	2,95	0,29	0,15	8,77935	8,77935	0,8555	0,8555	0,87	0,87	0,27318	21,28288
		D7	3	2,975	0,275	0,15	8,85435	8,85435	0,81813	0,81813	0,825	0,825	0,25905	21,254
		D8	3,02	3,01	0,285	0,15	9,01955	9,01955	0,85785	0,85785	0,8607	0,8607	0,26847	21,74467
		D9	3,01	2,99	0,285	0,15	8,92925	8,92925	0,85215	0,85215	0,85785	0,85785	0,26847	21,54697
		D10	2,975	3	0,285	0,15	8,85435	8,85435	0,855	0,855	0,84788	0,84788	0,26847	21,38292
		D11	3,02	2,985	0,285	0,15	8,94405	8,94405	0,85073	0,85073	0,8607	0,8607	0,26847	21,57942
		D12	3,015	2,975	0,275	0,15	8,89898	8,89898	0,81813	0,81813	0,82913	0,82913	0,25095	21,3515
Kitosan kulit udang windu	60 ppm	E1	3,02	2,99	0,28	0,15	8,95915	8,95915	0,8372	0,8372	0,8456	0,8456	0,26376	21,54766
		E2	3	2,99	0,28	0,15	8,89935	8,89935	0,8372	0,8372	0,84	0,84	0,26376	21,41686
		E3	3,01	3	0,285	0,15	8,95395	8,95395	0,855	0,855	0,85785	0,85785	0,26847	21,61287
		E4	3,025	2,98	0,275	0,15	8,94385	8,94385	0,8195	0,8195	0,83188	0,83188	0,25905	21,4495
		E5	3	3,03	0,28	0,15	9,01935	9,01935	0,8484	0,8484	0,84	0,84	0,26376	21,67926
		E6	3	2,99	0,28	0,15	8,89935	8,89935	0,8372	0,8372	0,84	0,84	0,26376	21,41686
		E7	3	3,02	0,28	0,15	8,98935	8,98935	0,8456	0,8456	0,84	0,84	0,26376	21,61366
		E8	3,02	3,01	0,29	0,15	9,01955	9,01955	0,8729	0,8729	0,8758	0,8758	0,27318	21,80968
		E9	3,01	2,975	0,275	0,15	8,8841	8,8841	0,81813	0,81813	0,82775	0,82775	0,25905	21,319
		E10	2,985	3,01	0,28	0,15	8,9142	8,9142	0,8428	0,8428	0,8358	0,8358	0,26376	21,44936
		E11	3	3,02	0,285	0,15	8,98935	8,98935	0,8607	0,8607	0,855	0,855	0,26847	21,67857
		E12	2,99	3	0,28	0,15	8,89935	8,89935	0,84	0,84	0,8372	0,8372	0,26376	21,41686
	500 ppm	F1	2,985	3	0,295	0,15	8,88435	8,88435	0,885	0,885	0,88058	0,88058	0,27789	21,57774
		F2	3	3,04	0,285	0,15	9,04935	9,04935	0,8664	0,8664	0,855	0,855	0,26847	21,80997
		F3	2,98	3,01	0,29	0,15	8,89915	8,89915	0,8729	0,8729	0,8642	0,8642	0,27318	21,54568
		F4	3,015	2,95	0,285	0,15	8,8236	8,8236	0,84075	0,84075	0,85928	0,85928	0,26847	21,31572
		F5	3,015	2,995	0,28	0,15	8,95928	8,95928	0,8386	0,8386	0,8442	0,8442	0,26376	21,54791
		F6	3	2,99	0,275	0,15	8,89935	8,89935	0,82225	0,82225	0,825	0,825	0,25905	21,35225
		F7	3,015	3,025	0,285	0,15	9,04973	9,04973	0,86213	0,86213	0,85928	0,85928	0,26847	21,81072
		F8	3,015	3,05	0,285	0,15	9,1251	9,1251	0,86925	0,86925	0,85928	0,85928	0,26847	21,97572
		F9	3	2,97	0,275	0,15	8,83935	8,83935	0,81675	0,81675	0,825	0,825	0,25905	21,22125

		F10	3,025	2,98	0,29	0,15	8,94385	8,94385	0,8642	0,8642	0,87725	0,87725	0,27318	21,64378
		F11	3,01	2,995	0,285	0,15	8,9443	8,9443	0,85358	0,85358	0,85785	0,85785	0,26847	21,57992
		F12	3	3,01	0,28	0,15	8,95935	8,95935	0,8428	0,8428	0,84	0,84	0,26376	21,54806
	1000 ppm	G1	2,99	3,015	0,295	0,15	8,9442	8,9442	0,88943	0,88943	0,88205	0,88205	0,27789	21,70924
		G2	3,025	3,02	0,285	0,15	9,06485	9,06485	0,8607	0,8607	0,86213	0,86213	0,26847	21,84382
		G3	3	2,99	0,29	0,15	8,89935	8,89935	0,8671	0,8671	0,87	0,87	0,27318	21,54608
		G4	3,02	2,94	0,28	0,15	8,80815	8,80815	0,8232	0,8232	0,8456	0,8456	0,26376	21,21766
		G5	3	3,01	0,28	0,15	8,95935	8,95935	0,8428	0,8428	0,84	0,84	0,26376	21,54806
		G6	3	3,025	0,285	0,15	9,00435	9,00435	0,86213	0,86213	0,855	0,855	0,26847	21,71142
		G7	2,995	2,91	0,285	0,15	8,6448	8,6448	0,82935	0,82935	0,85358	0,85358	0,26847	20,92392
		G8	3,02	3,025	0,275	0,15	9,06485	9,06485	0,83188	0,83188	0,8305	0,8305	0,25905	21,7135
		G9	3,01	2,94	0,29	0,15	8,77875	8,77875	0,8526	0,8526	0,8729	0,8729	0,27318	21,28168
		G10	3	3,025	0,28	0,15	9,00435	9,00435	0,847	0,847	0,84	0,84	0,26376	21,64646
		G11	3,02	2,97	0,28	0,15	8,89875	8,89875	0,8316	0,8316	0,8456	0,8456	0,26376	21,41566
		G12	3	2,98	0,29	0,15	8,86935	8,86935	0,8642	0,8642	0,87	0,87	0,27318	21,48028
Sodium nitrit (kontrol positif)	1000 ppm	H1	3,02	3	0,285	0,15	8,98935	8,98935	0,855	0,855	0,8607	0,8607	0,26847	21,67857
		H2	3,015	3,015	0,3	0,15	9,01958	9,01958	0,9045	0,9045	0,9045	0,9045	0,2826	21,93975
		H3	3,01	3	0,3	0,15	8,95935	8,95935	0,90	0,90	0,903	0,903	0,2826	21,8073
		H4	3,01	2,995	0,28	0,15	8,9443	8,9443	0,8386	0,8386	0,8428	0,8428	0,26376	21,51516
		H5	3,025	3,01	0,28	0,15	9,0346	9,0346	0,8428	0,8428	0,847	0,847	0,26376	21,71256
		H6	3,015	3,025	0,29	0,15	9,04973	9,04973	0,87725	0,87725	0,87435	0,87435	0,27318	21,87583
		H7	3,01	3,005	0,28	0,15	8,9744	8,9744	0,8414	0,8414	0,8428	0,8428	0,26376	21,58096
		H8	3,02	3,015	0,285	0,15	9,03465	9,03465	0,85928	0,85928	0,8607	0,8607	0,26847	21,77772
		H9	3	3,01	0,285	0,15	8,95935	8,95935	0,85785	0,85785	0,855	0,855	0,26847	21,61287
		H10	3,01	2,975	0,28	0,15	8,8841	8,8841	0,833	0,833	0,8428	0,8428	0,26376	21,38356
		H11	3,025	3,015	0,275	0,15	9,04973	9,04973	0,82913	0,82913	0,83188	0,83188	0,25905	21,6805
		H12	2,99	3,01	0,28	0,15	8,92925	8,92925	0,8428	0,8428	0,8372	0,8372	0,26376	21,48226

4.1.3 Data Selisih Berat (*Weight loss*)

Pengukuran berat spesimen dilakukan sebelum dan sesudah perendaman pada larutan korosif, baik yang tanpa inhibitor maupun dengan penambahan inhibitor. Pengukuran berat ini bertujuan untuk mengetahui selisih berat pada tiap spesimen uji. Hasil pengukuran berat dan selisih berat spesimen ditunjukkan pada tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Data Selisih Berat (*Weight Loss*)

Waktu Rendam (Minggu)	Inhibitor	Konsentrasi (ppm)	Kode	W1 (gram)	W2 (gram)	Selisih Berat (gram)
1	Tanpa Inhibitor	0	A1	19,056	18,916	0,140
			A2	18,914	18,754	0,160
			A3	18,986	18,786	0,200
	Kitosan Sisik Ikan Bandeng	60	B1	19,180	19,080	0,100
			B2	19,376	19,280	0,096
			B3	19,278	19,194	0,084
		500	C1	18,838	18,746	0,092
			C2	18,910	18,810	0,100
			C3	19,010	18,926	0,084
		1000	D1	19,364	19,254	0,110
			D2	18,412	18,316	0,096
			D3	18,886	18,786	0,100
	Kitosan Kulit Udang Windu	60	E1	19,196	19,094	0,102
			E2	19,280	19,174	0,106
			E3	19,098	18,998	0,100
		500	F1	19,288	19,216	0,072
			F2	18,904	18,834	0,070
			F3	19,264	19,196	0,068
		1000	G1	19,064	18,968	0,096
			G2	19,548	19,466	0,082
			G3	19,160	19,082	0,078
	Sodium nitrit	1000	H1	19,246	19,144	0,102
			H2	19,450	19,344	0,106
			H3	19,348	19,242	0,106
2	Tanpa Inhibitor	0	A4	19,144	18,956	0,188
			A5	19,442	19,222	0,220
			A6	19,294	19,034	0,260
	Kitosan Sisik Ikan Bandeng	60	B4	18,756	18,636	0,120
			B5	19,282	19,160	0,122
			B6	19,020	18,910	0,110
		500	C4	19,236	19,110	0,126
			C5	19,528	19,392	0,136
			C6	19,382	19,266	0,116

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

		1000	D4	18,768	18,652	0,116
			D5	19,320	19,188	0,132
			D6	19,044	18,930	0,114
	Kitosan Kulit Udang Windu	60	E4	19,212	19,090	0,122
			E5	18,840	18,738	0,102
			E6	19,026	18,922	0,104
		500	F4	19,008	18,842	0,166
			F5	19,424	19,302	0,122
			F6	19,216	19,096	0,120
		1000	G4	18,816	18,670	0,146
			G5	19,282	19,158	0,124
			G6	19,050	18,930	0,120
	Sodium nitrit	1000	H4	19,160	19,036	0,124
			H5	18,984	18,864	0,120
			H6	19,072	18,948	0,124
3	Tanpa Inhibitor	0	A7	18,896	18,666	0,230
			A8	19,324	19,108	0,216
			A9	19,110	18,858	0,252
	Kitosan Sisik Ikan Bandeng	60	B7	19,572	19,418	0,154
			B8	19,114	19,016	0,098
			B9	19,344	19,238	0,106
		500	C7	19,158	19,014	0,144
			C8	19,254	19,106	0,148
			C9	19,206	19,068	0,138
		1000	D7	19,154	19,010	0,144
			D8	19,552	19,414	0,138
			D9	19,354	19,214	0,140
	Kitosan Kulit Udang Windu	60	E7	19,430	19,276	0,154
			E8	19,394	19,244	0,150
			E9	19,412	19,262	0,150
		500	F7	19,376	19,222	0,154
			F8	19,400	19,262	0,138
			F9	19,388	19,246	0,142
		1000	G7	18,516	18,380	0,136
			G8	18,958	18,806	0,152
			G9	18,738	18,594	0,144
	Sodium nitrit	1000	H7	19,562	19,412	0,150
			H8	19,280	19,138	0,142
			H9	19,420	19,272	0,148
4	Tanpa Inhibitor	0	A10	19,530	19,308	0,222
			A11	19,034	18,788	0,246
			A12	19,282	19,020	0,262
	Kitosan Sisik Ikan Bandeng	60	B10	18,882	18,744	0,138
			B11	19,608	19,460	0,148
			B12	19,246	19,102	0,144
		500	C10	19,246	19,050	0,196

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

			C11	19,434	19,238	0,196
			C12	19,340	19,142	0,198
		1000	D10	19,294	19,106	0,188
			D11	19,462	19,274	0,188
			D12	19,378	19,192	0,186
	Kitosan Kulit Udang Windu	60	E10	19,506	19,328	0,178
			E11	19,292	19,124	0,168
			E12	19,400	19,230	0,170
		500	F10	19,528	19,344	0,184
			F11	19,298	19,096	0,202
			F12	19,414	19,218	0,196
		1000	G10	19,350	19,146	0,204
			G11	19,240	19,064	0,176
			G12	19,296	19,108	0,188
	Sodium nitrit	1000	H10	19,302	19,138	0,164
			H11	19,396	19,218	0,178
			H12	19,350	19,178	0,172

4.1.4 Perhitungan Laju Korosi

Data yang telah diperoleh dari hasil perhitungan luas permukaan spesimen dapat dilihat pada tabel 4.3 serta data hasil penimbangan berat spesimen yang kemudian didapatkan data selisih berat yang terdapat pada tabel. 4.4. Data-data tersebut selanjutnya digunakan untuk mengetahui nilai laju korosi pada spesimen uji. Metode yang digunakan untuk mengetahui laju korosi adalah metode *weight loss* (ASTM G1, 1999). Rincian perhitungan nilai laju korosi pada keseluruhan spesimen uji terdapat pada tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Perhitungan Laju Korosi

Waktu rendam (minggu)	Inhibitor	Konsentrasi (ppm)	Kode	K	*Weight loss* (gram)	Densitas (gr/cm^3)	A (cm^2)	T (jam)	CR (mmpy)	CR Average (mmpy)
1	Tanpa Inhibitor	0	A1	87600	0,140	7,85	21,67768	168	0,42898	0,50804
			A2	87600	0,160	7,85	21,90868	168	0,48510	
			A3	87600	0,200	7,85	21,77668	168	0,61005	
	Kitosan Sisik Ikan Bandeng	60	B1	87600	0,100	7,85	21,71142	168	0,30594	0,28499
			B2	87600	0,096	7,85	21,77762	168	0,29281	
			B3	87600	0,084	7,85	21,77638	168	0,25622	
		500	C1	87600	0,092	7,85	21,3195	168	0,28664	0,28642
			C2	87600	0,100	7,85	21,28437	168	0,31208	
			C3	87600	0,084	7,85	21,41448	168	0,26055	
		1000	D1	87600	0,110	7,85	21,67877	168	0,33704	0,31747
			D2	87600	0,096	7,85	20,98872	168	0,30382	
			D3	87600	0,100	7,85	21,3195	168	0,31156	
	Kitosan Kulit Udang Windu	60	E1	87600	0,102	7,85	21,54766	168	0,31443	0,31684
			E2	87600	0,106	7,85	21,41686	168	0,32876	
			E3	87600	0,100	7,85	21,61287	168	0,30734	
		500	F1	87600	0,072	7,85	21,57774	168	0,22164	0,21482
			F2	87600	0,070	7,85	21,80997	168	0,21319	
			F3	87600	0,068	7,85	21,54568	168	0,20964	
		1000	G1	87600	0,096	7,85	21,70924	168	0,29373	0,26118
			G2	87600	0,082	7,85	21,84382	168	0,24935	
			G3	87600	0,078	7,85	21,54608	168	0,24046	
	Sodium	1000	H1	87600	0,102	7,85	21,67857	168	0,31253	0,31878

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

	nitrit		H2	87600	0,106	7,85	21,93975	168	0,32092	
			H3	87600	0,106	7,85	21,8073	168	0,32287	
2	Tanpa Inhibitor	0	A4	87600	0,188	7,85	21,51268	336	0,29024	0,34174
			A5	87600	0,220	7,85	21,74348	336	0,33604	
			A6	87600	0,260	7,85	21,64448	336	0,39895	
	Kitosan Sisik Ikan Bandeng	60	B4	87600	0,120	7,85	21,25102	336	0,18754	0,18173
			B5	87600	0,122	7,85	21,48226	336	0,18861	
			B6	87600	0,110	7,85	21,61188	336	0,16904	
		500	C4	87600	0,126	7,85	21,61287	336	0,19362	0,19378
			C5	87600	0,136	7,85	21,67752	336	0,20836	
			C6	87600	0,116	7,85	21,47968	336	0,17936	
		1000	D4	87600	0,116	7,85	20,8645	336	0,18465	0,18816
			D5	87600	0,132	7,85	21,71058	336	0,20193	
			D6	87600	0,114	7,85	21,28288	336	0,17790	
	Kitosan Kulit Udang Windu	60	E4	87600	0,122	7,85	21,4495	336	0,18890	0,16881
			E5	87600	0,102	7,85	21,67926	336	0,15626	
			E6	87600	0,104	7,85	21,41686	336	0,16128	
		500	F4	87600	0,166	7,85	21,31572	336	0,25864	0,21111
			F5	87600	0,122	7,85	21,54791	336	0,18804	
			F6	87600	0,120	7,85	21,35225	336	0,18665	
		1000	G4	87600	0,146	7,85	21,21766	336	0,22853	0,20107
			G5	87600	0,124	7,85	21,54806	336	0,19112	
			G6	87600	0,120	7,85	21,71142	336	0,18356	
	Sodium nitrit	1000	H4	87600	0,124	7,85	21,51516	336	0,19141	0,18774
			H5	87600	0,120	7,85	21,71256	336	0,18355	
			H6	87600	0,124	7,85	21,87583	336	0,18826	
3	Tanpa Inhibitor	0	A7	87600	0,230	7,85	21,48147	504	0,23707	0,23739
			A8	87600	0,216	7,85	21,77494	504	0,21963	
			A9	87600	0,252	7,85	21,8403	504	0,25547	
	Kitosan Sisik Ikan Bandeng	60	B7	87600	0,154	7,85	22,07577	504	0,15446	0,12119
			B8	87600	0,098	7,85	21,48072	504	0,10101	
			B9	87600	0,106	7,85	21,71256	504	0,10809	
		500	C7	87600	0,144	7,85	21,48147	504	0,14842	0,14768
			C8	87600	0,148	7,85	21,38292	504	0,15325	
			C9	87600	0,138	7,85	21,61168	504	0,14138	
		1000	D7	87600	0,144	7,85	21,254	504	0,15001	0,14480
			D8	87600	0,138	7,85	21,74467	504	0,14052	
			D9	87600	0,140	7,85	21,54697	504	0,14386	
	Kitosan Kulit Udang Windu	60	E7	87600	0,154	7,85	21,61366	504	0,15776	0,15528
			E8	87600	0,150	7,85	21,80968	504	0,15228	
			E9	87600	0,150	7,85	21,319	504	0,15579	
		500	F7	87600	0,154	7,85	21,81072	504	0,15633	0,14784
			F8	87600	0,138	7,85	21,97572	504	0,13904	
			F9	87600	0,142	7,85	21,22125	504	0,14816	
		1000	G7	87600	0,136	7,85	20,92392	504	0,14391	0,14957
			G8	87600	0,152	7,85	21,7135	504	0,15499	
			G9	87600	0,144	7,85	21,28168	504	0,14982	
	Sodium nitrit	1000	H7	87600	0,150	7,85	21,58096	504	0,15389	0,14996
			H8	87600	0,142	7,85	21,77772	504	0,14437	
			H9	87600	0,148	7,85	21,61287	504	0,15162	
4	Tanpa Inhibitor	0	A10	87600	0,222	7,85	22,1383	672	0,16652	0,18568
			A11	87600	0,246	7,85	21,38682	672	0,19101	
			A12	87600	0,262	7,85	21,80897	672	0,19949	
	Kitosan Sisik Ikan Bandeng	60	B10	87600	0,138	7,85	21,5108	672	0,10653	0,10995
			B11	87600	0,148	7,85	21,9118	672	0,11216	
			B12	87600	0,144	7,85	21,51332	672	0,11115	
		500	C10	87600	0,196	7,85	21,48325	672	0,15150	0,15257
			C11	87600	0,196	7,85	21,3847	672	0,15220	
			C12	87600	0,198	7,85	21,35007	672	0,15400	
		1000	D10	87600	0,188	7,85	21,38292	672	0,14600	0,14511
			D11	87600	0,188	7,85	21,57942	672	0,14467	
			D12	87600	0,186	7,85	21,3515	672	0,14466	
	Kitosan Kulit Udang Windu	60	E10	87600	0,178	7,85	21,44936	672	0,13781	0,13277
			E11	87600	0,168	7,85	21,67857	672	0,12869	
			E12	87600	0,170	7,85	21,41686	672	0,13181	
		500	F10	87600	0,184	7,85	21,64378	672	0,14117	0,14922
			F11	87600	0,202	7,85	21,57992	672	0,15544	
			F12	87600	0,196	7,85	21,54806	672	0,15105	
		1000	G10	87600	0,204	7,85	21,64646	672	0,15650	0,14610
			G11	87600	0,176	7,85	21,41566	672	0,13647	
			G12	87600	0,188	7,85	21,48028	672	0,14534	
	Sodium Nitrit	1000	H10	87600	0,164	7,85	21,38356	672	0,12736	0,13222
			H11	87600	0,178	7,85	21,6805	672	0,13634	
			H12	87600	0,172	7,85	21,48226	672	0,13296	

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.1.5 Data Salinitas dan pH pada Media Korosif

Media korosif sebelumnya sudah diukur salinitas dan pHnya. Salinitas mula-mula pada media korosif tersebut adalah 27 ppt dan nilai pH adalah 5,8. Salinitas dan pH media korosif pada perendaman minggu 1 dapat dilihat pada Tabel 4.6, perendaman minggu 2 pada Tabel 4.7, perendaman minggu 3 pada Tabel 4.8 dan untuk perendaman minggu 4 pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 6 Salinitas dan pH Minggu 1

Minggu 1				
Inhibitor	Konsentrasi (ppm)	Laju Korosi (mmpy)	Salinitas (ppt)	pH
Tanpa Inhibitor	0	0,50804	30,2	5,63
Kitosan Sisik Ikan Bandeng	60	0,28499	27,16	5,67
	500	0,28642	28,36	5,67
	1000	0,31747	28,70	5,63
Kitosan Kulit Udang Windu	60	0,31684	28,10	5,63
	500	0,21482	28,16	5,67
	1000	0,26118	29,16	5,67
Sodium Nitrit	1000	0,31878	29,53	5,63

Tabel 4. 7 Salinitas dan pH Minggu 2

Minggu 2				
Inhibitor	Konsentrasi (ppm)	Laju Korosi (mmpy)	Salinitas (ppt)	pH
Tanpa Inhibitor	0	0,34174	33,13	5,43
Kitosan Sisik Ikan Bandeng	60	0,18173	27,63	4,76
	500	0,19378	29,47	4,76
	1000	0,18816	29,23	4,87
Kitosan Kulit Udang Windu	60	0,16881	27,17	4,67
	500	0,21111	29,67	5,17
	1000	0,20107	30,67	5,30
Sodium Nitrit	1000	0,18774	30,67	4,87

Tabel 4. 8 Salinitas dan pH Minggu 3

Minggu 3				
Inhibitor	Konsentrasi (ppm)	Laju Korosi (mmpy)	Salinitas (ppt)	pH
Tanpa Inhibitor	0	0,23739	33,87	5,13
Kitosan Sisik Ikan Bandeng	60	0,12119	28,10	5,17
	500	0,14768	29,90	5,03
	1000	0,14480	30,30	5,07
Kitosan Kulit Udang Windu	60	0,15528	27,70	4,93
	500	0,14784	31	4,80
	1000	0,14957	31,20	5,07

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Sodium Nitrit	1000	0,14996	31,10	4,90

Tabel 4. 9 Salinitas dan pH Minggu 4

Minggu 4				
Inhibitor	Konsentrasi (ppm)	Laju Korosi (mmpy)	Salinitas (ppt)	pH
Tanpa Inhibitor	0	0,18568	32,50	4,83
Kitosan Sisik Ikan Bandeng	60	0,10995	27,17	4,93
	500	0,15257	31,10	4,57
	1000	0,14511	30,70	4,43
Kitosan Kulit Udang Windu	60	0,13277	28,10	4,60
	500	0,14922	31,20	4,70
	1000	0,14610	33,30	4,50
Sodium Nitrit	1000	0,13222	32,03	4,83

4.1.6 Hasil Perhitungan Efisiensi Inhibitor

Data perhitungan laju korosi yang telah diperoleh seperti pada tabel 4.5 digunakan untuk mengetahui persentase inhibisi dari tiap-tiap inhibitor. Rincian data rata-rata nilai laju korosi dan efisiensi inhibisi dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Nilai Rata-rata Laju Korosi dan Efisiensi Inhibisi

Waktu rendam (minggu)	Inhibitor	Konsentrasi (ppm)	Kode	CR (mmpy)	CR Average (mmpy)	% Inhibisi
1	Tanpa Inhibitor	0	A1	0,42898	0,50804	0
			A2	0,48510		
			A3	0,61005		
	Kitosan Sisik Ikan Bandeng	60	B1	0,30594	0,28499	43,9
			B2	0,29281		
			B3	0,25622		
		500	C1	0,28664	0,28642	43,6
			C2	0,31208		
			C3	0,26055		
		1000	D1	0,33704	0,31747	37,5
			D2	0,30382		
			D3	0,31156		
	Kitosan Kulit Udang Windu	60	E1	0,31443	0,31684	37,6
			E2	0,32876		
			E3	0,30734		
		500	F1	0,22164	0,21482	57,7
			F2	0,21319		
			F3	0,20964		
		1000	G1	0,29373	0,26118	48,6
			G2	0,24935		
			G3	0,24046		

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

	Sodium Nitrit	1000	H1	0,31253	0,31878	37,3
			H2	0,32092		
			H3	0,32287		
2	Tanpa Inhibitor	0	A4	0,29024	0,34174	0
			A5	0,33604		
			A6	0,39895		
	Kitosan Sisik Ikan Bandeng	60	B4	0,18754	0,18173	46,8
			B5	0,18861		
			B6	0,16904		
		500	C4	0,19362	0,19378	43,3
			C5	0,20836		
			C6	0,17936		
		1000	D4	0,18465	0,18816	44,9
			D5	0,20193		
			D6	0,17790		
	Kitosan Kulit Udang Windu	60	E4	0,18890	0,16881	51
			E5	0,15626		
			E6	0,16128		
		500	F4	0,25864	0,21111	38,2
			F5	0,18804		
			F6	0,18665		
		1000	G4	0,22853	0,20107	41,2
			G5	0,19112		
			G6	0,18356		
	Sodium nitrit	1000	H4	0,19141	0,18774	45,1
			H5	0,18355		
			H6	0,18826		
3	Tanpa Inhibitor	0	A7	0,23707	0,23739	0
			A8	0,21963		
			A9	0,25547		
	Kitosan Sisik Ikan Bandeng	60	B7	0,15446	0,12119	48,9
			B8	0,10101		
			B9	0,10809		
		500	C7	0,14842	0,14768	37,8
			C8	0,15325		
			C9	0,14138		
		1000	D7	0,15001	0,14480	39
			D8	0,14052		
			D9	0,14386		
	Kitosan Kulit Udang Windu	60	E7	0,15776	0,15528	34,6
			E8	0,15228		
			E9	0,15579		
		500	F7	0,15633	0,14784	37,7
			F8	0,13904		
			F9	0,14816		
		1000	G7	0,14391	0,14957	37

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

			G8	0,15499		
			G9	0,14982		
	Sodium nitrit	1000	H7	0,15389	0,14996	36,8
			H8	0,14437		
			H9	0,15162		
4	Tanpa Inhibitor	0	A10	0,16652	0,18568	0
			A11	0,19101		
			A12	0,19949		
	Kitosan Sisik Ikan Bandeng	60	B10	0,10653	0,10995	40,8
			B11	0,11216		
			B12	0,11115		
		500	C10	0,15150	0,15257	17,8
			C11	0,15220		
			C12	0,15400		
		1000	D10	0,14600	0,14511	21,8
			D11	0,14467		
			D12	0,14466		
	Kitosan Kulit Udang Windu	60	E10	0,13781	0,13277	28,5
			E11	0,12869		
			E12	0,13181		
		500	F10	0,14117	0,14922	19,6
			F11	0,15544		
			F12	0,15105		
		1000	G10	0,15650	0,14610	21,3
			G11	0,13647		
			G12	0,14534		
	Sodium nitrit	1000	H10	0,12736	0,13222	28,8
			H11	0,13634		
			H12	0,13296		

4.2 Pembahasan

4.2.1 Kitosan dari Sisik Ikan Bandeng dan Kulit Udang Windu

Sintesis kitosan dalam penelitian ini dimanfaatkan sebagai inhibitor korosi pada baja ASTM A36 dalam campuran larutan natrium klorida (NaCl) 3,5% dan asam asetat (CH_3COOH) 3%. Sintesis kitosan dilakukan berdasarkan prosedur penelitian Puspawati dan Simpen (2010) *dalam* Sulistijowati, *et al*. (2014). Serbuk sisik ikan bandeng (*Chanos chanos*) dan kulit udang windu (*Panaeus monodon*) diekstraksi menjadi kitin melalui proses deproteinasi dan demineralisasi. Proses selanjutnya adalah kitin disintesis menjadi kitosan melalui proses deasetilasi. Kitosan dari sisik ikan bandeng berupa serbuk berwarna putih kecoklatan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Kitosan dari kulit udang windu serbuk berwarna coklat muda sedikit oranye. Serbuk kitosan dari sisik ikan bandeng memiliki ukuran yang lebih kecil daripada kitosan yang dihasilkan dari kulit udang windu. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.1.

Kitosan sisik ikan bandeng

Kitosan kulit udang windu

Gambar 4. 1 Kitosan Sisik Ikan Bandeng dan Kitosan Kulit Udang Windu

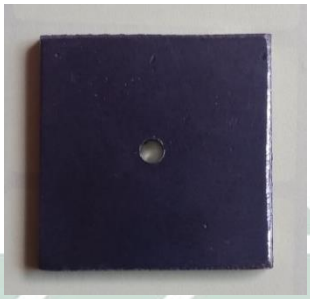
Data massa awal serbuk sisik ikan bandeng dan kulit udang windu serta massa dan persentase kitin yang dihasilkan disajikan pada Tabel 4.1. Berdasarkan data pada Tabel 4.1, diketahui bahwa persentase kitin dari kulit udang windu memiliki nilai yang lebih besar daripada kitin dari sisik ikan bandeng. Hal ini karena sisik ikan bandeng mengandung protein sebesar 45,07 % (Fajari, *et al*., 2019) sedangkan untuk kulit udang windu mengandung protein sebesar 14,85 % (Kaimudin & Leounupun, 2016). Kandungan protein pada sisik ikan bandeng yang besar menjadikan berat awalnya berkurang cukup banyak karena pada proses deproteinasi, protein yang terkandung didalam sisik ikan bandeng larut dalam basa.

Kitosan sisik ikan bandeng yang dihasilkan sebanyak 14 gram dari serbuk kitin awal seberat 44 gram sedangkan kitosan kulit udang windu yang dihasilkan sebanyak 45 gram dari serbuk kitin awal yang beratnya 67 gram. Pengurangan massa tersebut akibat dari proses deasetilasi. Menurut Bastaman (1989) *dalam* Agustina, *et al*. (2015) menyebutkan bahwa proses deasetilasi menggunakan basa kuat dan panas mengakibatkan hilangnya gugus asetil pada kitin yang menyebabkan kitosan bermuatan positif sehingga dapat larut dalam larutan asam seperti asam asetat ataupun asam formiat. Persentase rendemen kitosan kulit

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

udang windu sebesar 67,16%, hasil tersebut sesuai dengan penelitian sebelumnya yaitu persentase kitosan dari kitin kulit udang sebesar 67,08% (Agustina, *et al*., 2015).

4.2.2 Pengaruh Penambahan Inhibitor terhadap Laju Korosi pada Baja ASTM A36



(a)

Perendaman Minggu ke-1	
Tanpa Inhibitor	Dengan Inhibitor

(b)

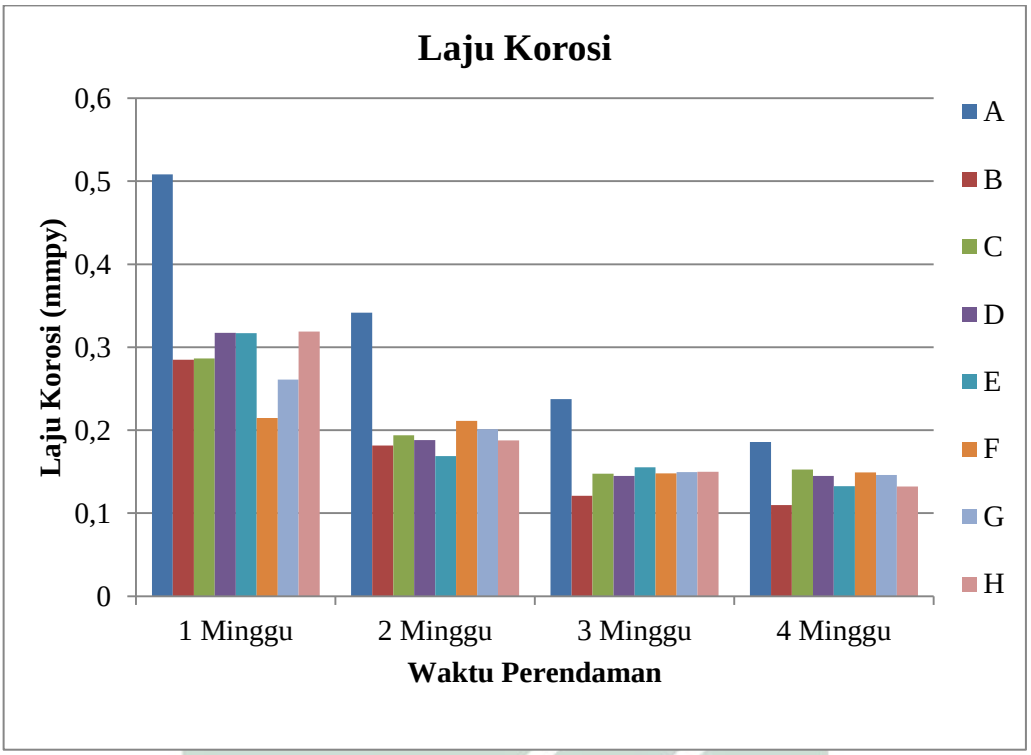
Gambar 4. 2 Spesimen Uji ASTM A36 (a) sebelum dan (b) sesudah perendaman

Sebelum dan sesudah proses perendaman, dilakukan pengamatan visual pada permukaan spesimen uji. Hasil pengamatan visual ditunjukkan pada Gambar 4.2. Hasil pengamatan seperti pada Gambar 4.2 (a) terlihat bahwa tidak ada produk korosi yang menempel pada permukaan spesimen sebelum dilakukan perendaman.

Gambar 4.2 (b) merupakan spesimen tanpa dan dengan penambahan inhibitor setelah dilakukan proses perendaman selama satu minggu. Pengamatan visual pada spesimen yang dilakukan sebelum permukaan spesimen dibersihkan, terlihat bahwa terdapat lapisan cokelat pada permukaan sampel yang direndam dalam media korosif tanpa penambahan inhibitor. Lapisan tersebut merupakan produk korosi yang dihasilkan pada proses perendaman selama satu minggu. Lapisan yang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

terbentuk tidak menempel dengan erat sehingga sangat mudah dibersihkan. Pengamatan visual pada permukaan spesimen yang direndam dengan larutan korosif dengan penambahan inhibitor, terlihat bahwa terdapat lapisan berwarna cokelat yang melapisi seluruh permukaan spesimen dan terlihat juga semacam minyak yang menempel diatas lapisan berwarna cokelat. Lapisan tersebut diduga merupakan lapisan inhibitor yang melindungi sampel dari korosi.



Gambar 4. 3 Grafik Pengaruh Penambahan Inhibitor terhadap Laju Korosi Baja ASTM A36

Berdasarkan Gambar 4.3 dapat diketahui bahwa perendaman minggu ke 1, nilai laju korosi spesimen A (tanpa penambahan inhibitor) sebesar 0,50804 mmpy sedangkan nilai laju korosi terendah ada pada spesimen F (dengan penambahan inhibitor kitosan kulit udang windu konsentrasi 500 ppm) sebesar 0,21482 mmpy. Perendaman minggu ke 2, nilai laju korosi spesimen A (tanpa penambahan inhibitor) adalah 0,34174 mmpy sedangkan nilai laju korosi terendah ada pada spesimen E (penambahan inhibitor kitosan kulit udang windu konsentrasi 60 ppm) sebesar 0,16881 mmpy. Perendaman minggu ke 3, nilai laju korosi spesimen A (tanpa penambahan inhibitor) adalah 0,23739 mmpy

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

sedangkan laju korosi terendah ada pada spesimen B (penambahan inhibitor kitosan sisik ikan bandeng konsentrasi 60 ppm) dengan nilai 0,12119 mmpy. Perendaman minggu ke 4, nilai laju korosi spesimen A (tanpa penambahan inhibitor) adalah 0,18568 mmpy sedangkan untuk nilai laju korosi terendah ada pada spesimen B (penambahan kitosan sisik ikan bandeng konsentrasi 60 ppm) sebesar 0,10995 mmpy. Hal tersebut membuktikan bahwa penambahan inhibitor organik berupa kitosan sisik ikan bandeng ataupun kitosan kulit udang windu dapat menurunkan nilai laju korosi pada baja ASTM A36 dalam media korosif berupa NaCl 3,5% dan CH_3COOH 3%.

Inhibitor kitosan kulit udang windu dan kitosan sisik ikan bandeng dengan konsentrasi 60 ppm dan 500 ppm, rata-rata memiliki nilai laju korosi yang lebih rendah daripada nilai laju korosi dengan kitosan konsentrasi 1000 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa kitosan dari sisik ikan bandeng maupun kitosan dari kulit udang windu memiliki konsentrasi optimum dalam menghambat laju korosi, sehingga ketika inhibitor yang ditambahkan ke media korosif melebihi konsentrasi optimumnya maka inhibitor tersebut akan mengalami kejenuhan atau mungkin akan mengalami pelepasan inhibitor korosi (Gapsari, *et al*., 2015). Penelitian Hidayatullah, *et al*. (2020) yang menggunakan kitosan sisik ikan nila sebagai inhibitor korosi pada ASTM A36 dalam media korosif berupa larutan HCl menyatakan bahwa laju korosi mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya konsentrasi inhibitor mulai dari 1000 ppm hingga 4000 ppm lalu mengalami peningkatan nilai laju korosi lagi pada konsentrasi 5000 ppm dan 6000 ppm.

Berdasarkan data pada Tabel 4.6 dapat diketahui bahwa laju korosi pada baja ASTM A36 dengan salinitas 27,16 ppt adalah sebesar 0,28499 mmpy, salinitas 28,70 ppt adalah sebesar 0,31470 mmpy dan salinitas 30,20 ppt adalah 0,50804 mmpy. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Purnawati, *et al*. (2020) yang menyatakan bahwa laju korosi pada baja SS 400 pada air laut Jepara dengan salinitas 17.800 ppm adalah sebesar 0,102496879 mmpy, pada air laut Gunung Kidul dengan salinitas 22.750

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ppm adalah sebesar 0,128687728 mmpy, pada air laut Kulonprogo dengan salinitas 23.200 ppm adalah sebesar 0,131457914 mmpy dan pada air laut Bantul dengan salinitas 23.700 ppm adalah sebesar 0,170366435 mmpy. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar salinitas dari media korosi, maka semakin besar pula nilai laju korosinya.

Media korosif yang digunakan bersifat asam, dikarena nilai pHnya yang dibawah 7. Berdasarkan data pada Tabel 4.7 dapat diketahui bahwa media tanpa penambahan inhibitor memiliki pH 5,43 dengan nilai laju korosi sebesar 0,34174 mmpy, pada media dengan penambahan inhibitor sodium nitrit konsentrasi 1000 ppm memiliki pH 4,87 dengan nilai laju korosi 0,18774 mmpy, pada media dengan penambahan inhibitor kitosan sisik ikan bandeng konsentrasi 60 ppm memiliki pH 4,76 dengan nilai laju korosi sebesar 0,18173 mmpy dan pada media dengan penambahan inhibitor kulit udang windu konsentrasi 60 ppm memiliki pH 4,67 dengan nilai laju korosi sebesar 0,16881 mmpy. Hal tersebut berbanding terbalik dengan pernyataan Sidiq (2013) yang menyatakan bahwa pH merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi laju korosi. PH netral adalah 7, sedangkan untuk pH < 7 bersifat asam dan korosif, begitu juga untuk pH > 7 bersifat basa dan korosif. Besi pada umumnya memiliki laju korosi yang rendah di lingkungan dengan pH antara 7 hingga 13. Laju korosi akan meningkat pada pH < 7 dan pada pH >13.

Perbedaan tersebut dikarenakan kitosan dapat bekerja pada pH yang bersifat asam, sehingga dengan pH yang lebih rendah daripada pH media korosif tanpa penambahan inhibitor, nilai laju korosi yang dihasilkan dengan penambahan inhibitor kitosan akan memiliki nilai yang lebih kecil. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Erna, *et al*. (2011) yang menyatakan bahwa pada pH 6 kitosan mulai dapat larut sehingga dapat mempermudah gugus fungsi yang berupa –OH dan $–NH_2$ untuk berikatan dengan permukaan baja.

Perbedaan nilai salinitas dan pH pada penelitian ini diakibatkan penguapan yang terjadi selama penelitian yang mengakibatkan larutan pada media korosif berkurang. Lampiran 12 menunjukkan adanya

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

perbedaan volume larutan korosif di masing-masing gelas. Nilai salinitas semakin lama semakin tinggi dikarenakan tidak adanya masukan air untuk menstabilkan nilai salinitasnya. Penambahan air tidak dilakukan untuk menjaga agar konsentrasi inhibitor yang ada pada media korosif tetap terjaga dan tidak berubah.

Selain pH dan salinitas, padatan terlarut juga merupakan faktor yang mempengaruhi laju korosi. Penelitian ini menggunakan media korosif berupa campuran larutan natrium klorida (NaCl) 3,5% dan asam asetat (CH_3COOH) 3%. Klorida (Cl) menyerang lapisan *mild steel* dan lapisan *stainless steel*. Padatan dari klorida (Cl) ini menyebabkan terjadinya *pitting corrosion* (korosi sumuran), *crevice corrosion* (korosi celah) dan juga dapat menyebabkan pecahnya *alooys* (paduan logam) (Sidiq, 2013).

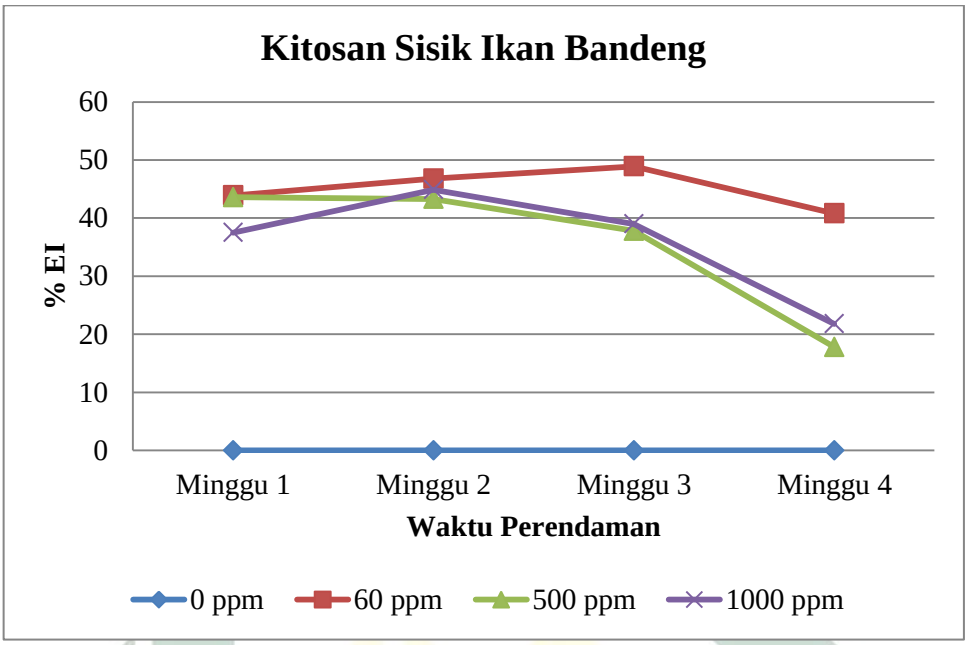
4.2.3 Efisiensi Inhibisi Kitosan Sisik Ikan Bandeng

Berdasarkan Gambar 4.4 diketahui bahwa kitosan sisik ikan bandeng untuk perendaman minggu ke 1 hingga perendaman minggu ke 4, nilai efisiensi inhibisi optimum ada pada konsentrasi 60 ppm dengan nilai minggu ke 1 sebesar 43,9%, minggu ke 2 sebesar 46,8%, minggu ke 3 sebesar 48% dan minggu ke 4 sebesar 40,8%. Perendaman minggu ke 1 dan ke 2, untuk konsentrasi 60 ppm dan 1000 ppm mengalami peningkatan nilai efisiensi inhibisi, sedangkan untuk konsentrasi 500 ppm mulai dari perendaman minggu ke 2 hingga minggu ke 4 terus mengalami penurunan nilai efisiensi inhibisi.

Besarnya persentase inhibisi sangat berkaitan dengan nilai laju korosi. Nilai laju korosi pada media korosif tanpa penambahan inhibitor dengan waktu perendaman 1 minggu adalah 0,50804 mmpy sedangkan untuk media korosif dengan penambahan inhibitor sisik ikan bandeng 60 ppm adalah 0,28499 mmpy yang memiliki efisiensi inhibisi sebesar 43,9%. Nilai laju korosi pada media dengan penambahan inhibitor konsentrasi 500 adalah 0,28642 mmpy yang memiliki efisiensi inhibisi sebesar 43,6% dan untuk konsentrasi 1000 ppm nilai laju korosinya adalah 0,31747 mmpy dengan efisiensi inhibisi sebesar 37,5%. Data nilai

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

laju korosi dan efisiensi inhibisi lebih lengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.10.



Gambar 4. 4 Kurva Konsentrasi Kitosan (ppm) Kitosan Sisik Ikan Bandeng terhadap EI (%)

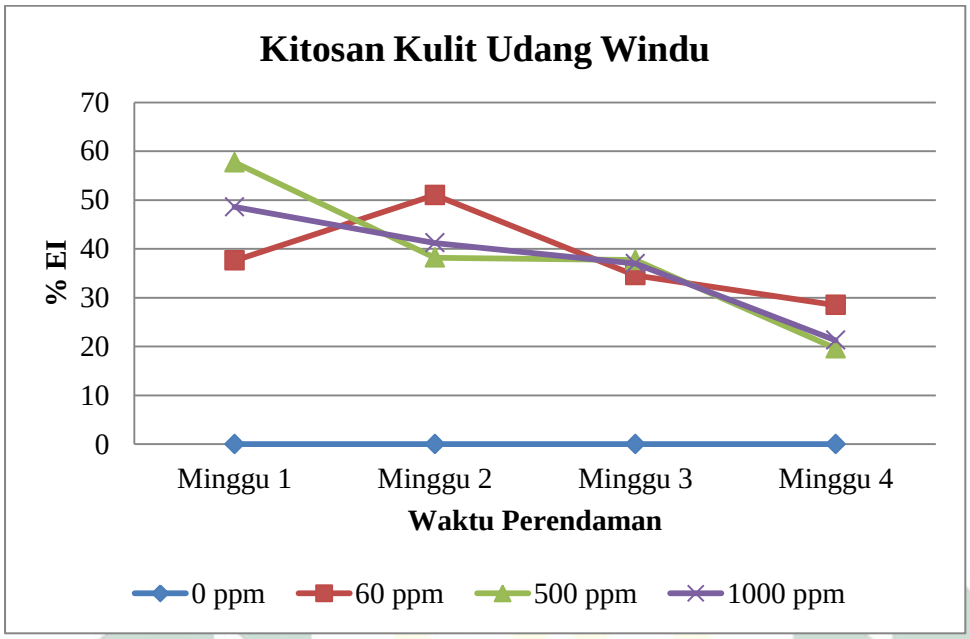
Hasil yang diperoleh menunjukkan efisiensi inhibisi kitosan sisik ikan bandeng tertinggi sebesar 48,9% didapatkan dari konsentrasi 60 ppm dengan waktu perendaman 3 minggu. Efisiensi inhibisi dari konsentrasi 500 ppm dan 1000 ppm memiliki nilai yang lebih rendah jika dibandingkan dengan efisiensi inhibisi dari konsentrasi 60 ppm. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Hidayatullah, *et al.* (2019) yang menyebutkan bahwa nilai efisiensi inhibitor tertinggi sebesar 79% diperoleh dari konsentrasi 100 ppm kemudian untuk konsentrasi 200 ppm, 300 ppm dan 400 ppm dengan nilai efisiensi masing-masing berturut-turut adalah 64%, 43% dan 37%. Efisiensi inhibisi tersebut sesuai dengan nilai *corrosion rate* (mm/*year*) ASTM A36 yang memiliki nilai laju korosi terendah dihasilkan oleh spesimen dengan konsentrasi inhibitor korosi 100 ppm.

4.2.4 Efisiensi Inhibisi Kitosan Kulit Udang Windu

Berdasarkan Gambar 4.5 menunjukkan bahwa pada perendaman minggu ke 1, efisiensi inhibisi optimum ada pada konsentrasi 500 ppm dengan nilai 57,7%. Perendaman minggu ke 2, efisiensi inhibisi optimum

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ada pada konsentrasi 60 ppm dengan nilai 51%. Perendaman minggu ke 3, efisiensi inhibisi optimum ada pada konsentrasi 500 ppm dengan nilai 37,7% dan untuk perendaman minggu ke 4, efisiensi inhibisi optimum ada pada konsentrasi 60 ppm dengan nilai 28,5%.



Gambar 4. 5 Kurva Konsentrasi Kitosan (ppm) Kitosan Kulit Udang Windu terhadap EI (%)

Perendaman minggu ke 1 pada media korosif tanpa inhibitor memiliki nilai laju korosi sebesar 0,50804 mmpy. Media korosif dengan penambahan kitosan kulit udang windu konsentrasi 60 ppm memiliki nilai laju korosi 0,31684 mmpy dengan efisiensi inhibisi sebesar 37,6%. Nilai laju korosi pada penambahan inhibitor dengan konsentrasi 500 ppm adalah 0,21482 mmpy yang memiliki efisiensi inhibisi sebesar 57,7% dan untuk konsentrasi 1000 ppm nilai laju korosinya adalah 0,26118 mmpy dengan efisiensi sebesar 48,6%. Data nilai laju korosi dan efisiensi inhibisi lebih lengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.10.

Hasil yang diperoleh menunjukkan efisiensi inhibisi kitosan kulit udang windu meningkat dan mencapai maksimum pada konsentrasi 500 ppm namun mengalami penurunan nilai efisiensi pada konsentrasi 1000 ppm. Hal ini sesuai dengan pernyataan Harmami, *et al*. (2019) yang menyatakan bahwa penambahan *Water Soluble Chitosan* (WSC) sebesar 10-1300 mg/L dapat memblokir permukaan tempat terjadinya korosi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

sehingga menghambat proses pelarutan logam sedangkan pada penambahan WSC sebesar 1500 mg/L terjadi difusi inhibitor ke larutan sehingga efisiensi inhibisi mengalami penurunan.

4.2.5 Perbandingan Efisiensi Inhibisi Kitosan Sisik Ikan Bandeng dengan Kitosan Kulit Udang Windu

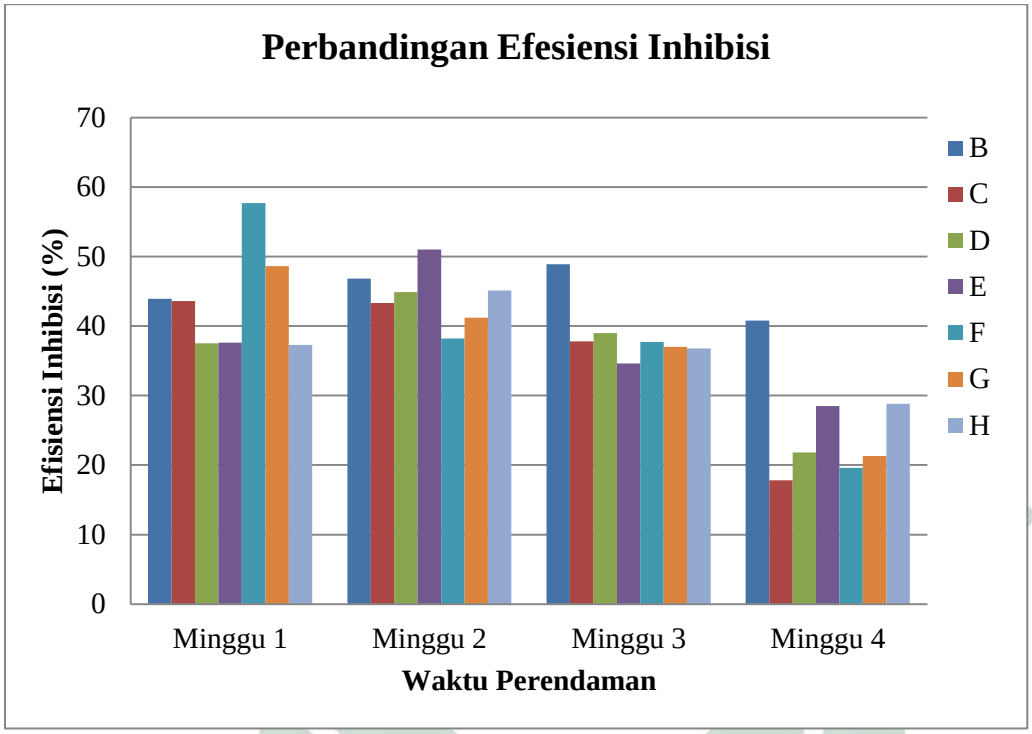
Kurva perbandingan efisiensi inhibisi kitosan dari sisik ikan bandeng dan kulit udang windu dapat dilihat pada Gambar 4.6. Efisiensi inhibisi tertinggi pada perendaman 1 minggu ada pada spesimen F (penambahan kitosan kulit udang windu konsentrasi 500 ppm) dengan nilai 57,7 %. Perendaman 2 minggu efisiensi inhibisi tertinggi ada pada spesimen E (penambahan inhibitor kitosan kulit udang windu konsentrasi 60 ppm) dengan nilai 51%. Perendaman 3 minggu efisiensi inhibisi tertinggi ada pada spesimen B (penambahan inhibitor kitosan sisik ikan bandeng konsentrasi 60 ppm) dengan nilai 48,9 %. Perendaman 4 minggu efisiensi inhibisi tertinggi ada pada spesimen B (penambahan inhibitor kitosan sisik ikan bandeng 60 ppm) dengan nilai 40,8%.

Sodium nitrit merupakan salah satu jenis inhibitor sintesis. Sodium nitrit pada penelitian ini digunakan sebagai kontrol positif. Menurut Nikitasari, *et al*. (2014), sodium nitrit merupakan inhibitor yang sangat efektif untuk menghambat laju korosi pada baja tulangan yang terkontaminasi klorida. Nilai efisiensi dari inibitor kitosan dan sodium nitrit dapat dilihat pada Tabel 4.10, dari Tabel 4.10 dapat diketahui bahwa efisiensi inhibisi sodium nitrit dengan konsentrasi 1000 ppm memiliki nilai efisiensi yang lebih rendah jika dibandingkan dengan inhibitor kitosan sisik ikan bandeng ataupun kitosan kulit udang windu dengan konsentrasi 1000 ppm dalam waktu perendaman minggu ke 1 hingga minggu ke 3.

Hal tersebut dikarenakan larutan korosif yang digunakan pada penelitian ini bersifat asam dan inhibitor kitosan dapat bekerja lebih baik pada pH rendah atau bersifat asam (Erna, *et al*., 2011) sedangkan hasil penelitian Nikitasari, *et al*. (2014) menyebutkan bahwa inhibitor sodium nitrit dapat bekerja dengan baik pada pH 7 dengan nilai efisiensi inhibisi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

78% untuk konsentrasi 0,1 M, 87% untuk konsentrasi 0,3 M dan 96% untuk konsentrasi 0,6 M, pada pH 9 dengan nilai efisiensi inhibisi 62% untuk konsentrasi 0,1 M, 74% untuk konsentrasi 0,3 M dan 96% untuk konsentrasi 0,6 M, kemudian pada pH 11 dengan nilai efisiensi inhibisi 82% untuk konsentrasi 0,1 M, 91% untuk konsentrasi 0,3 M dan 94% untuk konsentrasi 0,6 M.



Gambar 4. 6 Perbandingan Efisiensi Inhibisi

Efisiensi inhibisi dari kitosan sisik ikan bandeng dan kitosan kulit udang windu memiliki nilai yang berbeda, walaupun perbedaan persentasenya tidak signifikan. Kadar abu dapat mempengaruhi kinerja kitosan sebagai inhibitor. Jika kadar abu yang terkandung tinggi maka akan mengakibatkan kitosan menjadi tidak efisien dalam menghambat laju korosi (Harmami, et al., 2019). Kitosan dari sisik ikan bandeng sendiri memiliki kadar abu sebesar 1,15% (Bangngalino & Akbar, 2017) sedangkan kitosan kulit udang windu memiliki kadar abu sebesar 0,99% (Cahyono, 2018). Kadar abu yang terkandung dalam kitosan dari sisik ikan bandeng dan kulit udang windu memiliki nilai yang kecil sehingga kitosan memiliki nilai efisiensi yang relatif sama atau tidak berbeda jauh dalam menghambat laju korosi pada spesimen uji.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Perbandingan efisiensi inhibisi antara kitosan sisik ikan bandeng dan kulit udang windu yang tidak terlalu signifikan juga dapat dilihat pada hasil uji analisis statistik menggunakan metode *One Way* ANOVA. Tabel hasil pengujian statistik dapat dilihat pada Lampiran 13. Hasil uji homogenitas didapatkan nilai sig kitosan sisik ikan bandeng adalah 0,263 sedangkan nilai sig kitosan kulit udang windu adalah 0,862. Nilai sig > α (0,05) maka dapat disimpulkan bahwa kitosan sisik ikan bandeng dan kulit udang windu memiliki nilai varian yang sama atau homogen sehingga prasyarat untuk dapat menggunakan ANOVA terpenuhi (Setyawarno, 2016). Hasil uji ANOVA didapatkan nilai sig kitosan sisik ikan bandeng adalah 0,303 sedangkan nilai sig kitosan kulit udang windu adalah 0,989. Nilai sig > 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa ada persamaan rata-rata antara nilai efisiensi inhibisi kitosan sisik ikan bandeng maupun kitosan kulit udang windu dengan konsentrasi 60 ppm, 500 ppm dan 1000 ppm (Setyawarno, 2016).

Perbandingan efisiensi inhibisi pada kitosan sisik ikan bandeng dan kulit udang windu berdasarkan nilai rata-rata dapat dilihat pada tabel descriptive Lampiran 13. Tabel tersebut menunjukkan bahwa nilai rata-rata efisiensi inhibisi selama 4 (empat) minggu yang dihasilkan untuk kitosan sisik ikan bandeng 60 ppm adalah 45,1%, konsentrasi 500 ppm 36,6% dan 1000 ppm 35,8% dengan nilai total rata-rata keseluruhan konsentrasinya adalah 38,8%. Nilai rata-rata untuk kitosan kulit udang windu 60 ppm adalah 37,9%, konsentrasi 500 ppm 38,3% dan 1000 ppm 37% dengan nilai total rata-rata keseluruhan konsentrasinya adalah 37,75%. Jadi dapat disimpulkan bahwa jika dilihat dari nilai rata-rata keseluruhan konsentrasi antara kitosan sisik ikan bandeng dan juga kulit udang windu memiliki nilai yang hampir sama hanya selisih 1,05%.

4.2.6 Mekanisme Kitosan sebagai Inhibitor Korosi

Kitosan merupakan salah satu inhibitor yang digunakan untuk perlindungan pada logam. Penelitian Umoren, *et al*. (2013) menjelaskan mengenai penggunaan kitosan sebagai inhibitor pada *mild steel* dalam media HCl yang menunjukkan kitosan mampu menghambat laju korosi

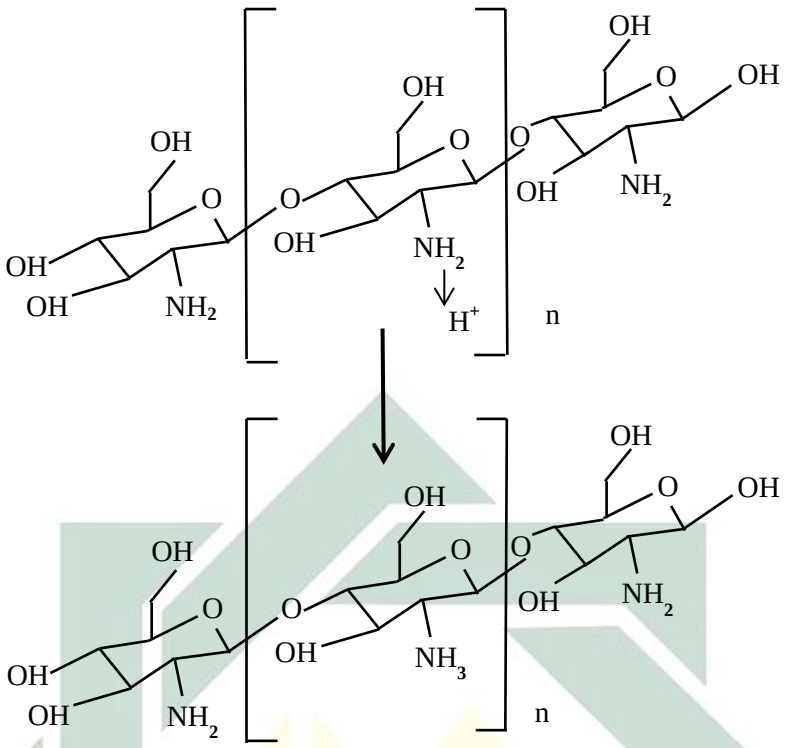
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

pada *mild steel* dengan mempengaruhi reaksi anodik dan katodik atau tipe inhibitor campuran melalui mekanisme kemisorpsi. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa terjadi pembentukan senyawa kompleks antara kitosan dengan permukaan logam.

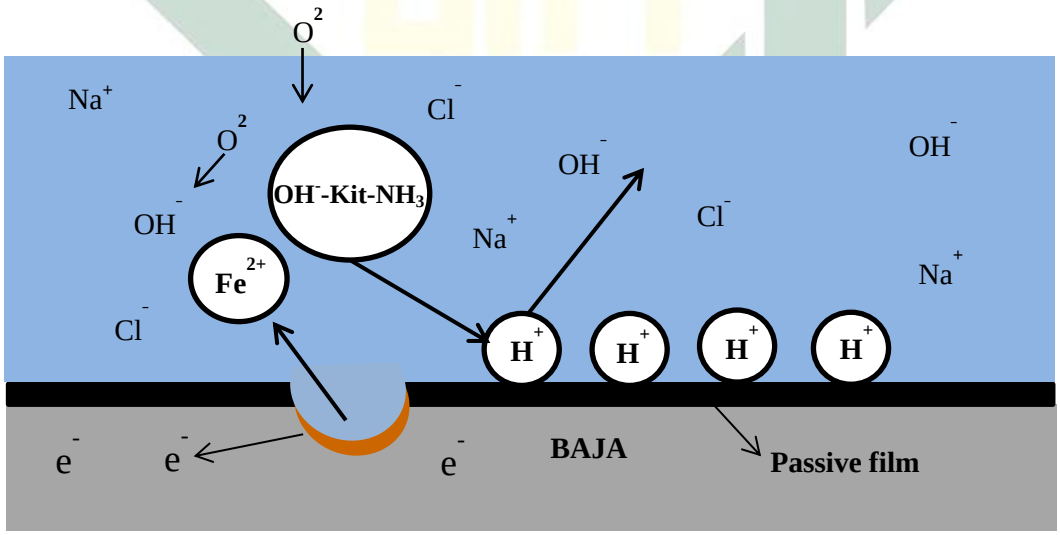
Penelitian Wijayanto (2014) menjelaskan bahwa dalam proses inhibisi kitosan terjadi secara fisisorpsi diikuti dengan kemosorpsi pada permukaan logam, maka dapat digambarkan bahwa reaksi yang terjadi adalah seperti pada Gambar 4.7 hingga Gambar 4.9. Berawal dari atom N pada kitosan yang mengalami protonasi dengan atom H^+ sehingga atom N menjadi bermuatan positif (Gambar 4.7). Atom H^+ bersumber dari asam asetat yang digunakan sebagai pelarut kitosan. Asam asetat tersebut terionisasi menjadi $CHCOO^-$ dan H^+ pada larutan media korosi berupa natrium klorida (NaCl) (Wijayanto, 2014). Atom N yang bermuatan positif pada kitosan teradsorpsi secara fisika pada permukaan logam. Hal tersebut diakibatkan adanya muatan negatif pada logam seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.8.

Setelah terjadi proses fisisorpsi, mekanisme berikutnya adalah terjadinya proses kemisorpsi. Proses kemisorpsi yang terjadi pada kitosan akibat adanya reaksi antara elektron bebas pada atom N kitosan dengan orbital kosong pada logam Fe yang membentuk ikatan koordinasi seperti pada Gambar 4.9. Selain itu, proses kemisorpsi ini terjadi dengan membentuk senyawa khelat kitosan yang terbentuk dari reaksi ion kitosan dengan ion logam yang ada pada permukaan logam. Senyawa kompleks kitosan juga dapat membentuk lapisan pelindung korosi yang baik pada permukaan logam (El-Haddad & Mahmoud, 2013).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

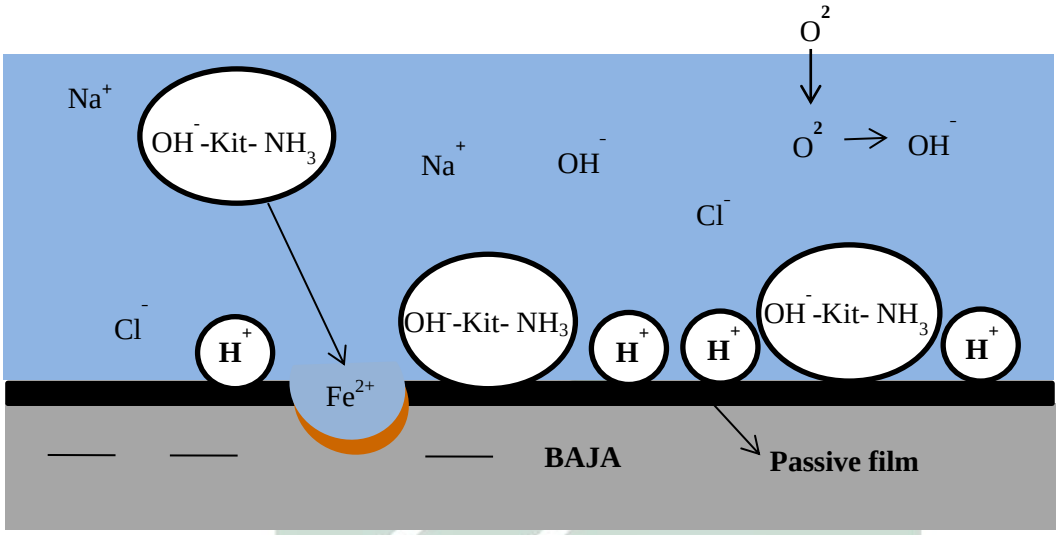


Gambar 4. 7 Mekanisme protonasi atom N pada molekul kitosan dengan ion H^+ yang ada pada media korosi
Sumber : Gambar ilustrasi (2020)



Gambar 4. 8 Mekanisme penggantian kation H^+ dengan molekul kitosan (fisisorpsi)
Sumber : Gambar ilustrasi (2020)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4. 9 Proses terjadinya kemisorpsi molekul kitosan pada permukaan logam baja
Sumber : Gambar ilustrasi (2020)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai efisiensi inhibisi yang dihasilkan oleh kitosan sisik ikan bandeng (*Chanos chanos*) sebagai inhibitor laju korosi pada baja ASTM A36 berturut-turut mulai dari perendaman minggu pertama hingga minggu keempat adalah untuk konsentrasi 60 ppm 43,9%; 46,8%; 48,9%; 40,8%; konsentrasi 500 ppm 43,6%; 43,3%; 37,8%; 17,8% dan konsentrasi 1000 ppm 37,5%; 44,9%; 39%; 21,8%.
2. Nilai efisiensi inhibisi yang dihasilkan oleh kitosan kulit udang windu (*Panaeus monodon*) sebagai inhibitor laju korosi pada baja ASTM A36 berturut-turut mulai dari perendaman minggu pertama hingga minggu keempat adalah untuk konsentrasi 60 ppm 37,6%; 51%; 34,6%; 28,5%; konsentrasi 500 ppm 57,7%; 38,2%; 37,7%; 19,6% dan konsentrasi 1000 ppm 48,6%; 41,2%; 37%; 21,3%.
3. Perbandingan efisiensi inhibisi antara kitosan sisik ikan bandeng dan kulit udang windu memiliki nilai yang hampir sama sesuai dengan hasil analisis statistik *One Way* ANOVA yang menghasilkan nilai sig > 0,05 (sig kitosan sisik ikan bandeng = 0,303 dan sig kitosan kulit udang windu = 0,989) yang menunjukkan adanya kesamaan dalam nilai efisiensinya dan dari nilai rata-rata keseluruhan konsentrasi mulai dari minggu pertama hingga minggu keempat antara kitosan sisik ikan bandeng (38,8%) dan kulit udang windu (37,75%) memiliki nilai yang hampir sama hanya selisih 1,05%.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian ini adalah :

1. Pengujian *weight loss* yang dilengkapi dengan data perendaman kurang dari satu minggu agar dapat diketahui waktu yang dibutuhkan oleh inhibitor untuk mulai bekerja.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2. Perlu dilakukan pengujian dengan menggunakan metode polarisasi potensiodinamik. Hasil pengujian tersebut dapat memperkuat dan memperjelas hasil dari kinerja inhibitor korosi kitosan dari sisik ikan bandeng dan kulit udang windu pada baja ASTM A36 dalam campuran larutan natrium klorida (NaCl) 3,5% dan asam asetat (CH_3COOH) 3%.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR PUSTAKA

Adawiyah, S. R., 2017. Ekonomi Maritim dan Sains Berbasis Al-Qur'an. *SPEKTRA : Jurnal Kajian Pendidikan Sains,* Volume Vol. 3, No. 1, pp. 118-131.

Afandi, Y. K., Arief, I. S. & Amiadji, 2015. Analisa Laju Korosi pada Pelat Baja Karbon dengan Variasi Ketebalan Coating. *JURNAL TEKNIK ITS,* Volume 4, Nomor 1(ISSN 2337-3539), pp. G1-G5.

Afriyani, H., 2016. *Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Turunan Trifenil Timah (IV) Hidroksibenzoat sebagai Inhibitor Korosi pada Baja Lunak dalam Medium Natrium Klorida.* Tesis penyunt. Bandar Lampung : Universitas Lampung.

Agustina, S., Swantara, I. M. D. & Suartha, I. N., 2015. Isolasi Kitin, Karakterisasi dan Sintesis Kitosan dari Kulit Udang. *Jurnal Kimia,* Vol. 9, No. 2(ISSN 1907-9850), pp. 271-278.

Akbar, S. A., 2019. Pemanfaatan Ekstrak Buah Psidium guajava sebagai Green Inhibitor untuk Korosi Besi pada Larutan Asam Sulfat. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry),* Volume 7, Nomor 1(ISSN 2302-7274), pp. 28-33.

Ardyansyah, F., 2015. *Pengaruh Penambahan KI pada Media 2% NaCl terhadap Inhibisi Kitosan pada Korosi Tinplate.* Skripsi penyunt. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.

ASTM.G1, 1999. *Standart Practice for Preparing, Cleaning and Evaluation Corrosion Test Specimens.* West Conshohocken: American Society for Testing and Materials.

ASTM.G31-72, 2004. *Standart Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals.* West Conshohocken: American Society for Testing and Materials.

Aziz, N., Gufran, M. F. F. B., Pitoyo, W. U. & Suhandi, 2017. Pemanfaatan Ekstrak Kitosan dari Limbah Sisik Ikan Bandeng di Selat Makassar pada Pembuatan Bioplastik Ramah Lingkungan. *Hasanuddin Student Journal,* Volume Vol. 1, No. 1, pp. 56-61.

Bangngalino, H. & Akbar, A. M. I., 2017. *Pemanfaatan Sisik Ikan Bandeng Sebagai Bahan Baku Kitosan Dengan Metode Sonikasi Dan Aplikasinya Untuk Pengawet Makanan.* Ujung Pandang, Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M), Politeknik Negeri Ujung Pandang, pp. 105-108.

Butarbutar, S. L. & Rina, S. G., 2011. *Analisis Mekanisme Pengaruh Inhibitor Siskem Pada Material Baja Karbon.* Yogyakarta, Prosiding Seminar Nasional ke-17 Teknologi dan Keselamatan PLTN Serta Fasilitas Nuklir.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Cahyono, E., 2018. Karakteristik Kitosan dari Limbah Cangkang Udang Windu (Panaeus monodon). *Jurnal Akuatika Indonesia,* Vol. 3, No. 2(ISSN : 2528-052X), pp. 96-102.

Chodrijah, U. & Faizah, R., 2018. Beberapa Aspek Biologi Udang Windu (Panaeus monodon (Fabricus, 1789) di Perairan Tarakan, Kalimantan Utara. *BAWAL,* Volume 10 Nomor 1(p-ISSN : 1907-8226, e-ISSN : 2502-6410), pp. 49-55.

Dompeipen, E. J., 2017. Isolasi dan Identifikasi Kitin dan Kitosan dari Kulit Udang Windu (Panaeus monodon) dengan Spektroskopi Inframerah. *MAJALAH BIAM,* Volume 13 Nomor 01(e-ISSN : 2548-4842, p-ISSN : 0215-1464), pp. 31-41.

El-Haddad & Mahmoud, N., 2013. Chitosan as a greeninhibitor for copper corrosion in acidic medium. *International Journal of Biological Macromolecules,* Volume 55, pp. 142-149.

Erna, M. et al., 2009. Sintesis dan Aplikasi Karboksimetil Kitosan sebagai Inhibitor Korosi pada Baja Karbon dalam Air. *Jurnal Natur Indonesia,* 12 (1)(ISSN 1410-9379), pp. 87-92.

Erna, M., Emriadi, Alif, A. & Arief, S., 2011. Efektifitas Kitosan sebagai Inhibitor Korosi pada Baja Lunak dalam Air Gambut. *Jurnal Natur Indonesia,* Volume 13, Nomor 2(ISSN 1410-9379), pp. 118-122.

Erna, M. et al., 2017. Efektivitas Kitosan sebagai Pelapis (Coating) Korosi pada Logam Zn, Fe, Al dalam Media HCl dan H2SO4. *Jurnal Kimia dan Pendidikan,* Vol. 2, No. 2(e-ISSN 2502-4787), pp. 119-129.

Fajari, C. N. A., Yusuf, M. & Nurrahman, 2019. Pengaruh Penggunaan Sisik Ikan Bandeng Terhadap Kadar Kalsium Daya Kembang dan Organoleptik Camilan Stick. *JURNAL PANGAN DAN GIZI ,* 9 (1)(ISSN 2086-6429), pp. 65-73.

Fajri, M. U., Ahsan & Handoyo, Y., 2018. Analisis Material Baja ASTM A36 pada Daun Pintu Air Bendung Bekasi dengan Metode Simulasi Buliding Information Modeling. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin,* Volume Volume 6, Nomor 2, pp. 53-60.

Faridah, F., Khafidzoh, A., Mustikawati, D. & Anggraeni, N., 2012. Chitosan Pada Sisik Ikan Bandeng (Chanos Chanos) Sebagai Alternatif Pengawet Alami pada Bakso. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa,* Volume Vol. 2, No. 2, pp. 76-79.

Gapsari, F., Soenoko, R., Suprapto, A. & Wahyono, S., 2015. Bee Wax Propolis Extract as Eco-Friendly Corrosion Inhibitors for 304SS in Sulfuric Acid. *International Journal of Corrosion ,* Volume Volume 2015, Article ID 567202, pp. 1-10.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Harmami, Ulfin, I., Sakinah, A. H. & Ni'mah, Y. L., 2019. Water-soluble chitosan from shrimp and mussel shells as corrosion inhibitor on tinplate in 2% NaCl. *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences,* Vol. 15, No. 2(ONLINE ISSN : 2289-599X), pp. 212-217.

Hasnidar & Tamsil, A., 2019. Pengolahan Ikan Bandeng Tanpa Duri di Kelurahan Lakkang, Kecamatan Tallo, Kota Makassar. *Jurnal Aplikasi Teknik dan Pengabdian Masyarakat,* Vol. 3, No. 1(e-ISSN :2550-0821), pp. 95-99.

Hidayatullah, S., Gapsari, F. & Setyarini, H. P., 2020. Pengaruh Variasi Konsentrasi Inhibitor dari Kitosan Sisik Ikan terhadap Perilaku Korosi Besi ASTM A36 : Studi Ekstrapolarisasi Tafel dan EIS. *Rekayasa Mesin,* Vol. 11, No. 1(eISSN 2477-6041), pp. 51-59.

Hidayatullah, S., Gapsari, F. & Setyarini, P. H., 2019. Perilaku Korosi Besi ASTM A36 pada Asam Klorida (HCl) dengan Inhibitor Kitosan Sisik Ikan. *Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri (SENIATI),* Issue ISSN 2085-4218, pp. 336-342.

Jaedun, A., 2011. *Metode Penelitian Eksperimen.* Yogyakarta: In Service I, Pelatihan Penulisan Artikel Ilmiah.

Jati, M. W., 2016. *Natural Pearlescent Pigmen dari Kristal Guanin Sisik Ikan Bandeng (Chanos chanos),* Bogor: Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor .

Judhaswati, R. D. & Damayanti, H. O., 2019. Potensi Ekonomi Industri Pengolahan Limbah Udang di Kabupaten Pati. *Jurnal Litbang,* Volume Vol. XV, No. 1, pp. 1-12.

Kaimudin, M. & Leounupun, M. F., 2016. Karakterisasi Kitosan dari Limbah Udang dengan Proses Bleaching dan Deasetilasi yang Berbeda. *MAJALAH BIAM,* 12 (01)(e-ISSN : 2548-4842 p-ISSN : 0215-1464), pp. 1-7.

Nikitasari, A., Anwar, M. S., Mabruri, E. & Sundjono, 2014. Evaluasi Inhibitor Sodium Nitrit di Dalam Larutan Beton Sintetis. *Jurnal Sains Materi Indonesia,* Vol. 16, No.1(ISSN : 1411-1098), pp. 12-18.

Nurdianti, A., 2020. *Uji Aktivitas Ekstrak Daun Asam Keranji (Dialium indum) sebagai Inhibitor Korosi Baja Lunak dalam Medium yang Mengandung Karbon Dioksida.* Skripsi penyunt. Bandar Lampung: Universitas Lampung.

P.Yatiman, 2009. *Penggunaan Inhibitor Organik Untuk Pengendalian Korosi Logam Dan Paduan Logam.* Yogyakarta, Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta.

Pattireuw, K. J., Rauf, F. A. & Lumintang, R., 2013. Analisis Laju Korosi pada Baja Karbon dengan Menggunakan Air Laut dan H2SO4. *Jurnal Teknik Mesin. Universitas Sam Ratulangi,* Volume Vol. 2, No. 1, pp. 1-10.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pratiwi, R., 2018. Aspek Biologi dan Ablasi Mata pada Udang Windu Panaeus monodon Suku Penaeidae (Decapoda : Malacostraca). *Oseana,* Volume XLIII, Nomor 2(ISSN 0216-1877), pp. 34-47.

Purnawati, R., Jokosisworo, S. & Yudo, H., 2020. Pengaruh Salinitas Air Laut Terhadap Laju Korosi Baja SS 400 pada Kapal. *Jurnal Teknik Perkapalan,* Vol. 8, No. 2(ISSN 2338-0322), pp. 175-181.

Qurrataayun, S., 2018. *Pengaruh Asam, Basa, Metode Ekstraksi Dan Metode Pengeringan Terhadap Viskositas Gelatin Dari Sisik Ikan Bandeng (Chanos chanos),* Makassar: Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Islam Negeri Alauddin.

Rachmatun & Takarina, E. P., 2009. *Panduan Budi Daya Udang Windu.* 1 penyunt. Jakarta: Penebar Swadaya.

Rahmat, A., Patdjai, A. B. & Suwarjoyowirayatno, 2019. Studi Kualitas Fisika-Kimia dan Sensorik Udang Vaname (Litopenaeus vannamei) dengan Perlakuan Soaking Time Sebelum Pembekuan. *Journal Fish Protech,* Vol. 2, No. 1(ISSN : 2621-1475), pp. 46-58.

Riszki, T. I. & Harmami, 2015. Pengaruh Suhu terhadap Kualitas Coating (Pelapisan) Stainless Steel Tipe 304 dengan Kitosan secara Elektroforesis. *JURNAL SAINS DAN SENI ITS,* Volume Vol. 4, No. 1, pp. 25-28.

Sabyantoro, W. K., Purwanto, H. & Dzulfikar, M., 2019. Analisis Laju Korosi dengan Aliran Media Korosi HCl 10% pada Material Baja ASTM A36 dengan Sudut Bending. *Momentum,* Vol. 15, No. 1(ISSN 0216-7395), pp. 51-57.

Sangeetha, Y., Meenakshi, S. & Sundaram, C. S., 2016. Interactions at the mild steel acid solution interface in the presence of O-fumaryl-chitosan : Electrochemical and surface studies. *Carbohydrate Polymers,* Issue 136, pp. 38-45.

Se-Fei, Y. et al., 2017. Effects of chitosan inhibitor on the electrochemical corrosion behavior of 2205 duplex stainless steel. *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials,* Volume 24, Number 11(DOI : 10.1007/s12613-017-1518-y), pp. 1260-1266.

Setyawarno, D., 2016. *Panduan Statistik Terapan untuk Penelitian Pendidikan.* Analisis data penelitian dalam pendidikan dengan aplikasi SPSS versi 22 penyunt. Yogyakarta: Pendidikan IPA FMIPA UNY.

Sidiq, M. F., 2013. Analisa Korosi dan Pengendaliannya. *Jurnal Foundry. Akademi Perikanan Baruna Slawi,* Vol. 3, No. 1(ISSN : 2087-2259), pp. 25-30.

SNI6148.1, 2013. *Ikan bandeng (Chanos chanos, Forskal)-Bagian 1: Induk.* Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Solis, N. B., 1988. In Biology and Culture of Panaeus monodon . Dalam: *Biology an Ecology.* Tigbauan, Iloilo, Philippines: SEAFDEC Aquaculture Department, pp. 3-36.

Sudiarti, T., Delilah, G. G. & Aziz, R., 2018. Besi dalam Al Qur'an dan Sains Kimia (Analisis Teoritis dan Praktis Mengenai Besi dan Upaya Mengatasi Korosi pada Besi). *al-Kimiya,* Volume Vol. 5 No. 1, pp. 7-16.

Sulistijowati, R., Mile, L. & Wulandari, K., 2014. Aktivitas Antibakteri Kitosan Kulit Udang Vaname (Litopenaeus vannamei) Terhadap Bakteri Kontaminan Bakso Ikan Tuna (Thunnus Sp.).

Sunarya, Y., 2008. *Mekanisme dan Efisiensi Inhibisi Sistein pada Korosi Baja Karbon dalam Larutan Elektrolit Jenuh Karbon Dioksida.* Disertasi penyunt. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Umoren, S. et al., 2013. Inhibition of Mild Steel Corrosion in HCl Solution using Chitosan. *Cellulose,* Issue DOI 10.1007/s10570-013-0021-5, pp. 25-29.

Utomo, B., 2009. Jenis Korosi dan Penanggulangannya. *KAPAL,* Volume Vol. 6, No. 2, pp. 138-141.

Verma, C. et al., 2017. Corrosion inhibition of mild steel in 1M HCl by D-glucose derivatives of dihydropyrido [2,3-d:6,5-d′] dipyrimidine-2, 4, 6, 8(1H,3H,5H,7H)-tetraone. *Scientific Report,* Volume DOI: 10.1038/srep44432, pp. 1-17.

Wijayanto, K., 2014. *Kitosan sebagai Inhibitor Korosi pada Kaleng Tinplate dalam Media 3% NaCl,* Surabaya: Skripsi Jurusan Kimia FMIPA-ITS.

Yanuar, A. P., Pratikno, H. & Titah, H. S., 2016. Pengaruh Penambahan Inhibitor Alami terhadap Laju Korosi pada Material Pipa dalam Larutan Air Laut Buatan. *Jurnal Teknik ITS,* Vol. 5, No. 2(ISSN:2337-3539), pp. 297-302.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id