



SKRIPSI - SK091304

**PEMANFAATAN EKSTRAK BIJI SEMANGKA
SEBAGAI INHIBITOR KOROSI *TINPLATE*
DALAM MEDIA 2% NaCl**

DIAN ANJANI KHOIRUNNISAA'
NRP 1412 100 068

Pembimbing I
Dra. Harmami, MS

Pembimbing II
Dra. Ita Ulfin, M.Si

JURUSAN KIMIA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016



SCRIPT - SK091304

UTILIZATION OF WATERMELON SEED EXTRACT AS CORROSION INHIBITOR FOR TINPLATE IN 2% NaCl MEDIUM

DIAN ANJANI KHOIRUNNISAA'
NRP 1412 100 068

Supervisor I
Dra. Harmami, MS

Supervisor II
Dra. Ita Ulfin, M.Si

DEPARTMENT OF CHEMISTRY
Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016

**PEMANFAATAN EKSTRAK BIJI SEMANGKA
SEBAGAI INHIBITOR KOROSI *TINPLATE* DALAM
MEDIA 2% NaCl**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Sains

Pada

Bidang Studi Instrumentasi dan Sains Analitik

Program Studi S-1 Jurusan Kimia

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

DIAN ANJANI KHOIRUNNISAA'

NRP. 1412 100 068

JURUSAN KIMIA

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2016

LEMBAR PENGESAHAN

**PEMANFAATAN EKSTRAK BIJI SEMANGKA
SEBAGAI INHIBITOR KOROSI *TIN*PLATE DALAM
MEDIA 2% NaCl**

SKRIPSI

Disusun Oleh :

DIAN ANJANI KHOIRUNNISAA'

NRP. 1412 100 068

Surabaya, 02 Februari 2016

Menyetujui,

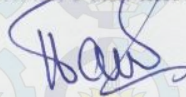
Dosen Pembimbing I



Dra. Harmami, MS

NIP. 19611216 198803 2 002

Dosen Pembimbing II



Dra. Ita Ulfin, M.Si

NIP. 19650426 198903 2 002

Mengetahui :

Ketua Jurusan Kimia,



Prof. Dr. Didik Prasetyoko S.Si, M.Sc

NIP. 19710616 199703 1 002

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	3
1.3 Tujuan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Tinplate</i>	5
2.2 Korosi	6
2.3 Korosi pada <i>Tinplate</i>	7
2.4 Termodinamika Korosi	8
2.5 Kinetika Korosi	10
2.6 Inhibitor Anorganik	11
2.6.1 Inhibitor Anorganik	12
2.6.2 Inhibitor Organik	13
2.7 Ekstrak Biji Semangka sebagai Inhibitor Organik	15
2.8 Metode Pengukuran Korosi	16
2.8.1 Metode Pengurangan Berat	16
2.8.2 Metode Polarisasi Potensiodinamik	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Alat dan Bahan	21
3.1.1 Alat	21
3.1.2 Bahan	21
3.2 Prosedur Kerja	21

3.2.1 Pembuatan Ekstrak Biji Semangka	21
3.2.2 Preparasi Spesimen Tinplate 21	22
3.2.3 Pembuatan Media Korosi	22
3.2.4 Metode Pengurangan Berat	22
3.2.5 Metode Polarisasi Potensiodinamik	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Hasil Pengujian Ekstrak Biji Semangka sebagai Inhibitor	
4.2 Metode Pengurangan Berat	25
4.3 Metode Polarisasi Potensiodinamik	27
BAB V KESIMPULAN	39
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	35

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Hasil pengujian laju korosi *tinplate* 25 dengan variasi konsentrasi ekstrak biji semangka menggunakan metode pengurangan berat

Tabel 4. 2 Hasil pengujian korosi *tinplate* dengan 29 variasi konsentrasi ekstrak biji semangka menggunakan metode polarisasi potensiodinamik

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Diagram skema pelarutan logam	6
Gambar 2. 2	Korosi sumur, a) Pada anoda <i>tinplate</i> ; b) Pada katoda <i>tinplate</i>	8
Gambar 2. 3	Diagram pourbaix timah dalam air pada suhu 25°C	10
Gambar 2. 4	Klasifikasi inhibitor	12
Gambar 2. 5	Diagram polarisasi potensiostat dengan inhibitor anodik, a) Dengan inhibitor; b) Tanpa inhibitor	12
Gambar 2. 6	Diagram polarisasi potensiostat dengan inhibitor katodik, a) Dengan inhibitor; b) Tanpa inhibitor	13
Gambar 2. 7	Diagram polarisasi potensiostat dengan inhibitor organik, a) Dengan inhibitor; b) Tanpa inhibitor	14
Gambar 2. 8	Struktur <i>citrulline</i>	15
Gambar 2. 9	Kurva polarisasi potensiodinamik digunakan sebagai prosedur ekstrapolasi Tafel	17
Gambar 4.1	Grafik hubungan antara variasi konsentrasi inhibitor terhadap laju reaksi <i>tinplate</i>	26
Gambar 4. 2	Grafik hubungan antara variasi konsentrasi inhibitor terhadap efisiensi inhibisi <i>tinplate</i>	27
Gambar 4. 3	Kurva polarisasi potensiodinamik <i>tinplate</i> dalam media korosi 2% NaCl dengan variasi konsentrasi inhibitor ekstrak biji semangka	28
Gambar 4. 4	Grafik variasi konsentrasi inhibitor ekstrak biji semangka terhadap laju korosi <i>tinplate</i>	30

Gambar 4. 5	Grafik variasi konsentrasi inhibitor ekstrak biji semangka terhadap efisiensi inhibisi <i>tinplate</i>	30
Gambar 4. 6	Grafik perbandingan nilai laju korosi pada metode polarisasi potensiodinamik (PDP) dan pengurangan berat (WL)	31
Gambar 4. 7	Grafik perbandingan nilai efisiensi inhibisi ekstrak biji semangka pada metode polarisasi potensiodinamik (PDP) dan pengurangan berat (WL)	31

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Skema Kerja	35
Lampiran B	Pembuatan Larutan	37
Lampiran C	Data Pengurangan Berat	39
Lampiran D	Data Polarisasi Potensiodinamik	41
Lampiran E	Kurva Polarisasi	45

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan naskah Tugas Akhir yang berjudul **"Pemanfaatan Ekstrak Biji Semangka sebagai Inhibitor Korosi Tinplate dalam Media 2% NaCl"**. Tulisan ini tidak akan terwujud tanpa bantuan, dukungan, doa serta dorongan semangat dari semua pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dra. Harmami, MS selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama proses penyusunan naskah Tugas Akhir ini.
2. Dra. Ita Ulfin, M.Si selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing selama penyusunan naskah Tugas Akhir ini.
3. Prof. Dr. Didik Prasetyoko, M.Sc selaku Ketua Jurusan Kimia atas fasilitas yang telah diberikan.
4. Dr. rer. nat Fredy Kurniawan, M.Si selaku Kepala Laboratorium Instrumentasi dan Sains Analitik atas fasilitas laboratorium yang diberikan sehingga Tugas Akhir ini dapat selesai.
5. Ayah, Ibu dan suami tercinta yang selalu memberi semangat dan motivasi.
6. Teman-teman Laboratorium ISA, angkatan kimia 2012, dan semua pihak yang telah membantu yang tidak mungkin disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan naskah Tugas Akhir ini tidak lepas dari kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk dapat meningkatkan kualitas dan perbaikan lebih lanjut. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Surabaya, 14 Januari 2016

Penulis

PEMANFAATAN EKSTRAK BIJI SEMANGKA SEBAGAI INHIBITOR KOROSI *TINPLATE* DALAM MEDIA 2% NaCl

Nama Mahasiswa : Dian Anjani Khoirunnisaa'
NRP : 1412100068
Jurusan : Kimia FMIPA-ITS
Pembimbing I : Dra. Harmami, MS
Pembimbing II : Dra. Ita Ulfen, M.Si

Abstrak

Pemanfaatan ekstrak biji semangka sebagai inhibitor korosi dalam media 2% NaCl telah diteliti. Pada penelitian ini, digunakan metode pengurangan berat dan polarisasi potensiodynamik dengan variasi konsentrasi inhibitor. Ekstrak biji semangka dapat menghambat korosi karena adanya senyawa *L-citrulline* dan senyawa organik lain yang terkandung di dalamnya. Efisiensi inhibisi maksimum pada metode pengurangan berat sebesar 89,89% dan pada metode polarisasi potensiodynamik sebesar 96,45%.

Kata kunci: Ekstrak biji semangka; L-citrulline; NaCl; Tinplate

UTILIZATION OF WATERMELON SEED EXTRACT AS CORROSION INHIBITOR FOR TINPLATE IN 2% NaCl MEDIUM

Student's Name : Dian Anjani Khoirunnisaa'
NRP : 1412100068
Department : Chemistry, Faculty of
Mathematics and Science-ITS
Supervisor I : Dra. Harmami, MS
Supervisor II : Dra. Ita Ulfan, M.Si

Abstract

Utilization of a watermelon seed extract as corrosion inhibitor for tinsplate in medium 2%NaCl has been investigated. This research use weight loss and potentiodynamic polarization method with various inhibitor concentrations. Watermelon seed extract can decrease the corrosion because there are L-citrulline compound and organic molecule others in the extract. Inhibition efficiency maximum for weight loss method is 89.89% and for potentiodynamic polarization method is 96.45%.

Key words : Watermelon seed extract; L-citrulline; NaCl;Tinsplate



*Karya ini kupersembahkan untuk
Ayah, Ibu dan Suamiku tercinta
Dosen Pembimbing, serta
Teman-teman Jurusan Kimia ITS*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tinplate pada dasarnya terdiri dari lembaran baja tipis rendah karbon dilapisi timah murni yang menggabungkan sifat kekuatan baja dan ketahanan korosi timah. Lebih dari 80% *tinplate* masih sering digunakan sebagai bahan kaleng meskipun penggunaan aluminium dan lembaran baja kromat dalam industri pengalengan semakin meningkat. *Tinplate* telah menjadi salah satu bahan dominan untuk pembuatan kaleng karena mudah dibentuk, mempunyai penampilan yang terang, serta ketahanan korosi yang baik (Xia dkk., 2012).

Mengemas makanan dalam kaleng merupakan salah satu teknologi pengawetan makanan dengan cara sterilisasi menggunakan suhu tinggi. Saat ini makanan dalam kemasan kaleng semakin populer akibat mobilitas masyarakat yang sangat tinggi sehingga harus diimbangi dengan bahan kemasan kaleng yang memenuhi kriteria agar tetap aman bagi konsumen apabila digunakan dalam menyimpan makanan. Dalam proses pembuatan makanan, garam seringkali digunakan sebagai pengawet alami. Padahal, permukaan baja mengalami adsorpsi kompetitif dengan anion agresif seperti ion klorida yang berasal dari garam dapur. Besi dengan ion klorida dapat membentuk FeCl_2 yang larut dalam air sehingga dapat mempercepat laju korosi (Cicek dan Numan, 2011).

Penggunaan *tinplate* dalam produk makanan yang bersifat korosif ternyata juga dapat menimbulkan korosi, kehilangan integritas segel atau masalah perubahan warna yang menyebabkan penolakan dari konsumen. Meskipun produk korosi timah tidak dianggap beracun, dosis yang sangat besar dapat menimbulkan gangguan pencernaan yang serius (Yao dkk., 2012). Mengingat makanan yang bersifat korosif dapat menyebabkan korosi *tinplate*, studi tentang korosi *tinplate* pada larutan asam sudah pernah dilakukan, antara lain penelitian korosi

tinplate pada larutan asam 0,5 M HCl (Bammou dkk., 2011) dan korosi *tinplate* pada 0,1 M asam asetat (Yao dkk., 2012). Selain dalam larutan asam, perilaku korosi *tinplate* dalam larutan NaCl penting untuk dilakukan karena garam sering digunakan sebagai pengawet makanan. Studi tentang korosi *tinplate* dalam media korosi NaCl yang pernah diteliti antara lain dalam media 0,5 M NaCl (Xia dkk., 2012), 3,5% NaCl (Huang dkk., 2014), 3% NaCl (Firdausi dan Harmami, 2014), dan 2% NaCl (Galic dkk., 1994).

Salah satu pengendalian korosi yang mudah, murah dan efektif sehingga banyak diaplikasikan dalam industri adalah dengan penambahan inhibitor. Inhibitor merupakan suatu zat kimia yang dapat memperlambat suatu reaksi kimia. (Agarwal dan Landolt, 2011). Sebagian besar inhibitor yang digunakan dalam industri tersusun dari beberapa senyawa yang bersifat racun sehingga menimbulkan banyak kritik karena mengancam keselamatan manusia dan lingkungan. Dalam studi inhibisi korosi, penggunaan inhibitor korosi dari bahan alam yang sering disebut dengan *green inhibitor* akan menjadi tren karena murah, terbarukan, tersedia, ekologis, dan ramah lingkungan. Inhibisi korosi logam dan paduannya yang menggunakan ekstrak tanaman sebagai *green inhibitor* telah dilaporkan oleh banyak peneliti (Radojčić dkk., 2008).

Green inhibitor yang terbukti efektif menghambat korosi dan telah dipakai pada penelitian sebelumnya adalah kulit kacang merah, kulit pisang, daun rosemary (Petchiammal dkk., 2012), madu alami dan jus lobak hitam (Radojčić dkk., 2008), serta *Phyllanthus amarus* dan *Aloe vera* (Havada dan Sulistijono, 2013). Pada logam *tinplate*, *green inhibitor* korosi yang sudah ada masih terbatas yaitu serum (Arenas dkk., 2002) dan minyak artemisia (Bammou dkk., 2011). Dewasa ini, Odewunmi (2015b) telah meneliti limbah buah semangka sebagai *green inhibitor*.

Semangka (*Citrullus lanatus*) mempunyai bagian kulit luar, kulit dalam, daging buah, dan biji. Umumnya masyarakat hanya menggunakan daging buah semangka sebagai konsumsi, sehingga limbah buah semangka seperti kulit dalam, kulit luar dan biji

semangka terbuang begitu saja. Padahal jika dilihat dari strukturnya, keseluruhan bagian semangka mengandung senyawa *L-citrulline* yang mempunyai gugus fungsi amida, karboksilat dan amina. Selain itu, keberadaan atom yang tidak sejenis (heteroatom) seperti nitrogen dan oksigen di dalam struktur kimianya memungkinkan adanya interaksi ionik dengan permukaan logam sehingga bisa berfungsi sebagai inhibitor korosi (Odegunmi dkk., 2015).

Studi literatur telah menunjukkan laporan tentang penggunaan ekstrak semangka sebagai inhibitor korosi dalam media HCl pada logam baja ringan (Odegunmi dkk., 2015a) dan pada logam seng (Petchiammal dkk., 2012). Pada penelitian sebelumnya, Odegunmi membandingkan kemampuan green inhibitor dari *Watermelon Peel Extract (WMPE)*, *Watermelon Rind Extract (WMRE)*, dan *Watermelon Seed Extract (WMSE)* dalam menghambat korosi logam baja dalam larutan 1 M HCl. Dalam eksperimen tersebut, didapatkan ekstrak biji semangka lebih efektif sebagai inhibitor korosi dengan persentase inhibisi tertinggi sebesar 83,67% pada konsentrasi 2000 ppm. Berdasarkan uraian di atas, ekstrak biji semangka dipilih sebagai inhibitor korosi karena memiliki nilai efisiensi inhibisi korosi yang paling besar.

1.2 Rumusan Masalah

Penggunaan *tinplate* sebagai kaleng makanan yang mengandung garam NaCl dapat mengakibatkan makanan terkontaminasi dengan *tinplate* yang terkorosi, sehingga diperlukan inhibitor untuk menurunkan laju korosi *tinplate* tersebut. Pada penelitian sebelumnya, ekstrak biji semangka merupakan inhibitor korosi yang efisien menghambat korosi pada baja ringan dalam media asam. Selain itu, biji semangka merupakan limbah dari buah semangka yang tidak terpakai. Maka diharapkan ekstrak biji semangka juga dapat menghambat korosi pada *tinplate* dalam media NaCl.

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi inhibisi dari ekstrak biji semangka sebagai inhibitor korosi *tinplate* dalam media 2% NaCl dengan variasi konsentrasi inhibitor.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah digunakan variasi konsentrasi sebesar 0; 25; 50; 75; 100; 150 dan 250 mg ekstrak/L dalam media 2% NaCl yang dilakukan pada suhu ruang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Tinplate*

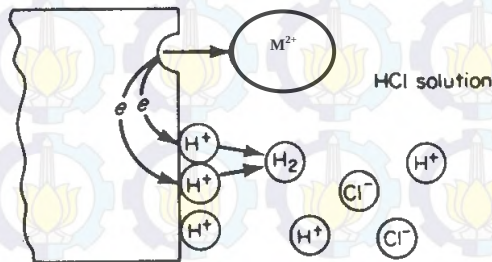
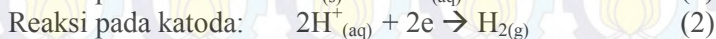
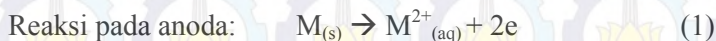
Tinplate (lembaran baja yang dilapisi dengan lapisan timah tipis) adalah bahan utama yang digunakan untuk makanan kaleng. Timah juga biasa digunakan sebagai wadah penyimpanan makanan (Ninčević dkk., 2009). Terdapat beberapa masalah yang signifikan terkait dengan penggunaan kaleng *tinplate* pada produk makanan yaitu korosi yang dapat merubah warna permukaan produk, korosi sumuran karena rusaknya lapisan besi, serta pembentukan karat pada permukaan kemasan logam karena terjadi lapisan organik (Martins, 2012). Selain itu, penelitian lain juga menunjukkan bahwa kandungan timah dalam jumlah tinggi dalam produk makanan dapat menyebabkan masalah keamanan pangan.

Perilaku elektrokimia dari elektroda timah dalam larutan asam sitrat dengan konsentrasi yang berbeda secara teknik elektrokimia telah dilaporkan sebelumnya. Perilaku anodik timah menunjukkan aktif/pasif transisi karena pembentukan $\text{Sn}(\text{OH})_4$ atau SnO_2 pada permukaan elektroda. Penambahan NaCl ke dalam larutan meningkatkan kerusakan timah, dan pada potensi kerusakan tertentu bersifat pasif (Jafarian dkk., 2008). Proses korosi *tinplate* bersifat kompleks karena strukturnya bertingkat dan heterogen. Timah bersifat menguntungkan jika dijadikan sebagai anodik karena menunjukkan efek perlindungan pada substrat baja karbon. Namun, karena elektronegativitas timah dan baja dekat, paduan timah dan baja jika dihubungkan dengan makanan kaleng yang mengandung senyawa yang reaktif terhadap ion besi mungkin berperilaku sebagai katoda atau kondisi wadah kaleng berubah karena kebocoran udara atau deformasi (Bastidas dkk., 1997).

2.2 Korosi

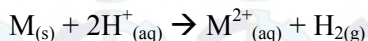
Korosi dapat diartikan sebagai suatu reaksi kimia antara suatu bahan, terutama logam dengan lingkungannya yang menyebabkan penurunan sifat dari logam tersebut. Dengan kata lain, peristiwa korosi dapat merusak sifat suatu logam. Lingkungan yang dimaksud meliputi keseluruhan yang berhubungan langsung dengan material logam. Besi dan baja sering bereaksi dengan air dan oksigen yang banyak tersedia di lingkungan, sehingga membentuk suatu oksida besi hidrat yang sering disebut karat. Faktor utama yang menggambarkan lingkungan adalah 1) Sifat fisika (gas, cair, dan padat); 2) Kandungan kimia (konsentrasi); dan 3) Temperatur; tidak menutup kemungkinan faktor lain, tergantung kondisinya (Davis, 2000).

Korosi merupakan suatu proses elektrokimia yang di dalamnya terdapat reaksi katoda dan anoda. Reaksi pada logam merupakan reaksi oksidasi atau pelepasan elektron yang dibantu dengan reaktan katodik atau agen pengoksidasi yang akan tereduksi dalam reaksi katoda. Umumnya, agen pengoksidasi yang lebih kuat secara termodinamika dan kinetika akan menyebabkan korosi yang lebih besar. Reaksi yang terjadi pada anoda dan katoda adalah sebagai berikut:



Gambar 2.1 Diagram skema pelarutan logam M (Jones, 1992)

Reaksi yang melibatkan pertukaran elektron secara skematis diperlihatkan pada Gambar 2.1. Logam yang larut pada anoda akan melepaskan elektron dan di dalam larutan bereaksi dengan H^+ membentuk senyawa H_2 pada katoda. Gabungan antara reaksi pada anoda dan katoda di atas akan menghasilkan reaksi:



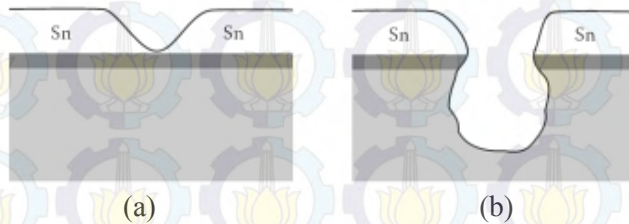
Air yang membawa ion M^{2+} dan H^+ disebut elektrolit. Ketika elektron yang diberikan pada logam berlebih seperti pada Gambar 2.1, tingkat korosi selalu dapat diamati ketika reaksi anodik berkurang, sementara tingkat reaksi hidrogen meningkat. Semua korosi dalam air melibatkan reaksi anodik, penerapan potensial negatif dengan elektron berlebih akan selalu menurunkan laju korosi. Hal tersebut merupakan dasar dari perlindungan katodik yang digunakan dalam aplikasi mitigasi korosi pipa, struktur pengeboran minyak lepas pantai, dan tangki baja air panas. Dengan demikian, semua reaksi korosi dalam larutan dianggap elektrokimia. Kebanyakan reaksi korosi dilakukan dengan melibatkan air baik dalam fase uap cair atau kental. Bahkan beberapa reaksi korosi kering tanpa air melibatkan perpindahan charge dalam elektrolit solid state, dan dianggap masih menjadi elektrokimia (Jones, 1992).

2.3 Korosi pada *Tinplate*

Korosi yang terjadi pada *tinplate* adalah korosi sumur atau *pitting corrosion*. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi korosi tersebut, antara lain jenis bahan kaleng, pelapisan dengan bahan organik alami, enamel, kandungan komposisi produk, dan media yang digunakan (Addi dkk., 2013). Mekanisme korosi sumuran terjadi dalam dua tahap, yaitu inisiasi korosi yang merusak lapisan pelindung, dan diikuti dengan propagasi korosi sehingga semakin besar volume logam yang terkorosi.

Pada saat terjadi inisiasi korosi, sel pasif-aktif memiliki beda potensial, dan tingginya densitas arus menyebabkan laju

korosi yang besar di anoda (terkorosi). Korosi sumuran akan berhenti jika permukaan terkorosi terpasifkan kembali atau menjadikan logam terkorosi dengan paduan logam pada potensial yang sama. Korosi sumuran pada *tinplate* dapat terjadi pada bagian anoda dan katoda seperti pada Gambar 2.2. *Tinplate* juga mengalami korosi celah. Korosi celah terjadi karena adanya kerusakan lapisan pasif dalam celah yang dapat disebabkan oleh berkurangnya kadar oksigen dalam celah sebagai akibat rendahnya homogenitas paduan (Uhlig, 2008).



Gambar 2.2 Korosi sumur, a) Pada anoda tinplate; b) Pada katoda tinplate (Uhlig, 2008)

2.4 Termodinamika Korosi

Logam tersebar di alam bebas dalam bentuk bijih. Bijih tersebut dapat berupa oksida, sulfida, karbonat, atau senyawa lain yang lebih kompleks. Kajian termodinamika menyatakan bahwa bijih berada pada energi terendah, sehingga diperlukan energi dalam proses ekstraksi. Oleh karena itu, logam memiliki tingkat energi yang tinggi. Kecenderungan ini membuat logam bergabung kembali dengan unsur lain yang ada di lingkungan, dan pada akhirnya membentuk gejala yang disebut korosi. Suatu reaksi korosi dapat diketahui spontan atau tidak spontan dapat dilihat dari energi bebas yang dimilikinya. Setiap energi bebas suatu unsur dinyatakan sebagai G dan perubahan energi dinyatakan sebagai ΔG . Semua reaksi korosi bergantung pada temperatur, sehingga dapat diaplikasikan ke persamaan termodinamika seperti pada persamaan 2.1:

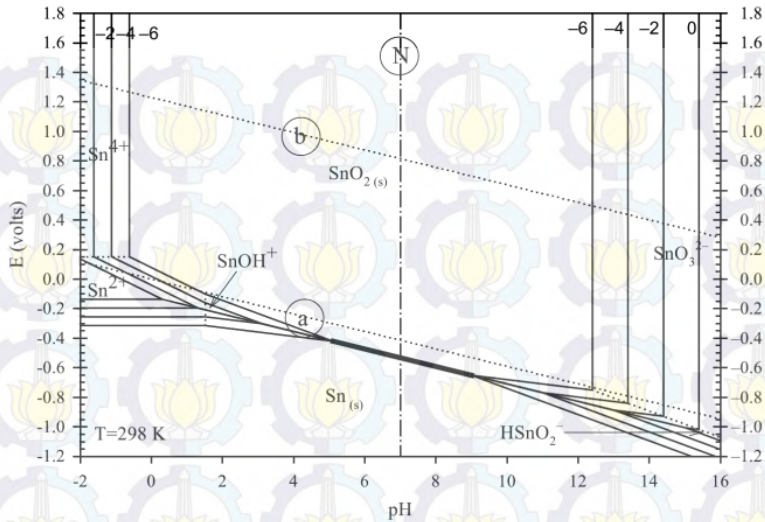
$$\Delta G^{\circ} = -RT \ln (K \times A) \quad (2.1)$$

dimana A adalah konsentrasi air (55,5 untuk Molar atau 1000 untuk gL^{-1}), T adalah temperatur absolut dalam Kelvin dengan R bernilai $8,3143 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$, K adalah tetapan kesetimbangan dan ΔG° adalah perubahan energi bebas standar. Jika persamaan termodinamika di atas dihubungkan dengan persamaan Faraday, maka diperoleh persamaan 2.2:

$$\Delta G = -n.F.E \quad (2.2)$$

dengan n adalah jumlah elektron yang dipindahkan, E adalah potensial terukur (volt), dan F adalah besarnya muatan yang dipindahkan oleh satu mol elektron dengan nilai 96494 (C mol^{-1}). Nilai negatif menunjukkan muatan dari elektron. Energi bebas yang bernilai negatif memberikan indikasi yang jelas bahwa adsorpsi inhibitor ke permukaan logam terjadi secara spontan dan peningkatan nilai adsorpsi terjadi seiring dengan kenaikan suhu (Jones, 1992).

Nilai $\Delta G^{\circ}_{\text{ads}}$ yang berada di bawah -20 kJ/mol termasuk dalam mekanisme adsorpsi fisik. Umumnya, nilai $\Delta G^{\circ}_{\text{ads}}$ yang berada sampai -20 kJ/mol akan konsisten dengan interaksi elektrostatik antara molekul dan logam yang bermuatan (menunjukkan adsorpsi fisik), sedangkan nilai $\Delta G^{\circ}_{\text{ads}}$ yang di atas -20 kJ/mol melibatkan pemakaian bersama muatan atau transfer muatan dari molekul inhibitor ke permukaan logam untuk membentuk tipe koordinasi obligasi (menunjukkan adsorpsi kimia) (Adejo dkk., 2013). Perilaku termodinamika juga dapat dijelaskan dalam diagram pourbaix yang memberikan informasi tentang kondisi suatu logam saat aktivasi dan pasivasi. Kondisi timah pada saat aktivasi dan pasivasi dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Diagram pourbaix timah dalam air pada suhu 25°C (Uhlig, 2008)

2.5 Kinetika Korosi

Kinetika korosi berhubungan dengan kecepatan berlangsungnya reaksi korosi pada suatu logam atau paduan. Laju korosi tiap logam berbeda-beda bergantung pada sifat logam dan lingkungannya. Laju korosi dapat diukur melalui kecepatan aliran elektron. Aliran elektron diukur sebagai arus I (ampere), ketika 1 ampere setara dengan 1 coulomb muatan (6.2×10^{18} elektron) tiap detik. Hubungan antara I dan m , massa bereaksi dijelaskan oleh hukum Faraday pada persamaan 2.3:

$$m = \frac{I t a}{n F} \quad (2.3)$$

Dengan F adalah konstanta Faraday (96500 C/mol), n adalah jumlah ekivalen elektron, a adalah massa atom, dan t adalah waktu. Berdasarkan hukum Faraday, maka diperoleh persamaan 2.4 untuk menghitung laju korosi (C_R).

$$C_R = \frac{m}{t A} = \frac{i a}{n F} \quad (2.4)$$

Dengan i adalah densitas arus, arus (I) persatuan luas (A). Setiap logam memiliki densitas arus yang berbeda sehingga laju korosi dapat dituliskan seperti pada persamaan 2.5:

$$C_R = 0,129 \frac{a i}{n D} \text{ (mpy)} \quad (2.5)$$

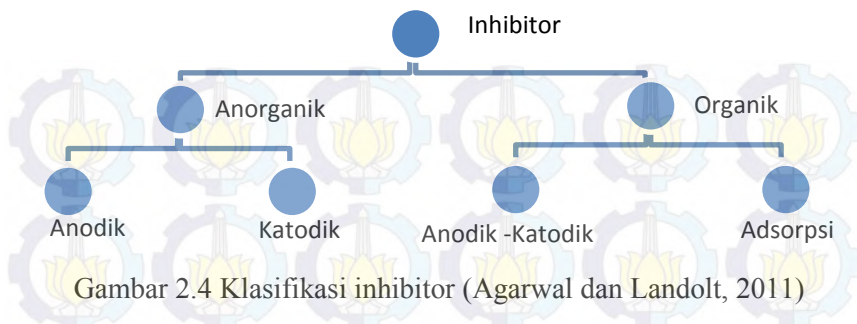
Dengan D adalah densitas (g/cm^3) dan 0,129 adalah tetapan (Jones, 1992).

2.6 Inhibitor Korosi

Inhibitor korosi merupakan suatu zat yang apabila ditambahkan dalam konsentrasi kecil dapat mengurangi laju korosi dari suatu logam yang berinteraksi dengan lingkungan. Inhibitor mempunyai peran penting dalam suatu industri dan selalu menjadi hal yang pertama untuk pertahanan suatu logam dari korosi. Inhibitor korosi dapat berasal dari bahan kimia sintesis maupun alami, berikut ini adalah klasifikasi dari inhibitor:

1. Berdasarkan sifatnya, yaitu inhibitor organik dan anorganik.
2. Berdasarkan mekanisme kerjanya, yaitu inhibitor anodik, katodik, gabungan anodik-katodik, dan adsorpsi.
3. Berdasarkan kemampuan mengoksidasi, yaitu inhibitor *oxidant* dan non *oxidant* (Agarwal dan Landolt, 2011).

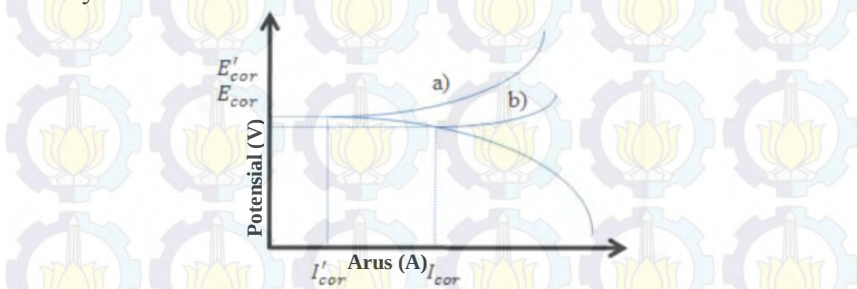
Klasifikasi inhibitor seperti pada Gambar 2.4. Secara umum inhibitor anorganik mempunyai dua mekanisme kerja, yaitu anodik dan katodik, inhibitor organik juga mempunyai dua mekanisme kerja, yaitu gabungan anodik-katodik serta adsorpsi.



2.6.1 Inhibitor Anorganik

2.6.1.1 Inhibitor Anodik

Inhibitor anodik yang juga disebut inhibitor pasif membentuk oksida pelindung dengan mengurangi reaksi anodik, serta membentuk film pada permukaan logam yang menyebabkan besarnya pergeseran anoda pada potensial korosi. Pergeseran ini mendorong permukaan logam berada di dalam daerah pasifasi. Inhibitor ini sering disebut dengan pasivator. Kromat, nitrat, tungstat, molybdates adalah beberapa contoh inhibitor anodik (Dariva dan Galio, 2014). Gambar 2.5 menunjukkan diagram polarisasi potensiostat suatu larutan dengan perilaku inhibitor anodik. Pada reaksi anodik, potensial korosi dari logam akan bergeser ke nilai yang lebih positif. Nilai arus akan menurun oleh adanya inhibitor.

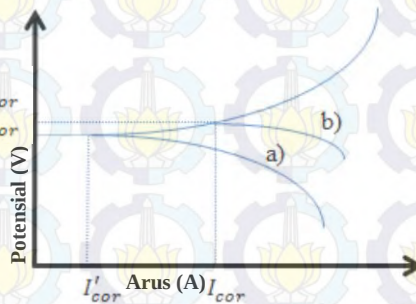


Gambar 2.5. Diagram polarisasi potensiostat dengan inhibitor anodik, a) Dengan inhibitor; b) Tanpa inhibitor (Agarwal dan Landolt, 2011)

2.6.1.2 Inhibitor Katodik

Selama proses korosi, inhibitor korosi katodik mencegah terjadinya reaksi katodik logam. Inhibitor ini memiliki ion logam yang mampu mencegah suatu reaksi katodik karena alkalinitas, sehingga menghasilkan senyawa tidak larut yang mengendap secara selektif pada daerah katodik. Deposit pada film logam yang bersamaan akan membatasi difusi senyawa yang tereduksi pada daerah tersebut. Dengan demikian, terjadi peningkatan impedansi permukaan dan pembatasan difusi senyawa yang tereduksi yaitu difusi oksigen dan elektron yang menyebabkan penghambatan katodik (Agarwal dan Landolt, 2011).

Gambar 2.6 menunjukkan diagram polarisasi potensiostat suatu larutan dengan perilaku inhibitor katodik. Reaksi katodik dipengaruhi oleh potensial korosi dari logam yang bergeser pada nilai yang lebih negatif.



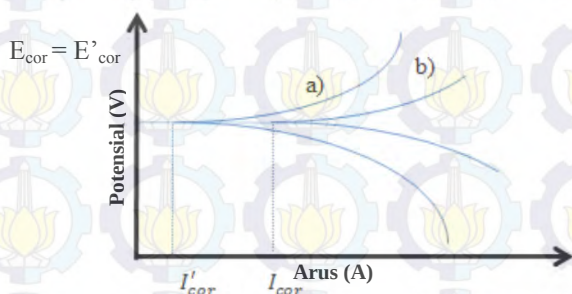
Gambar 2.6. Diagram polarisasi potensiostat dengan inhibitor katodik, a) Dengan inhibitor; b) Tanpa inhibitor (Agarwal dan Landolt, 2011)

2.6.2 Inhibitor Organik

Senyawa organik yang digunakan sebagai inhibitor bertindak sebagai katoda, anoda atau bersama-sama sebagai inhibitor katodik dan anodik. Inhibitor organik bertindak melalui proses adsorpsi permukaan yang membentuk sebuah film. Besarnya afinitas pada permukaan logam menunjukkan efisiensi inhibisi

yang baik dan beresiko rendah bagi lingkungan. Inhibitor ini membentuk sebuah film hidrofobik melindungi molekul yang teradsorpsi pada permukaan logam, yang menghalangi terputusnya logam dalam elektrolit (Agarwal dan Landolt, 2011).

Gambar 2.7 menunjukkan kurva polarisasi potensiostat dari larutan yang mengandung inhibitor organik yang menyajikan perilaku anodik dan katodik. Setelah penambahan inhibitor, potensi korosi tetap sama, tetapi arus berkurang dari I_{kor} ke I'_{kor} .



Gambar 2.7. Diagram polarisasi potensiostat dengan inhibitor organik, a) Dengan inhibitor; b) Tanpa inhibitor (Agarwal dan Landolt, 2011)

Inhibitor anorganik memiliki inhibisi yang baik terhadap laju korosi, namun menimbulkan masalah bagi lingkungan bila terakumulasi, sehingga penggunaan inhibitor organik menjadi pilihan alternatif karena lebih ramah lingkungan (Bentiss dkk., 2004). Senyawa organik yang mengandung satu atau lebih atom nitrogen, oksigen, sulfur, fosfor, ikatan rangkap atau cincin aromatik pada molekulnya dapat digunakan sebagai inhibitor korosi karena dapat teradsorpsi dengan baik pada permukaan logam. Senyawa organik yang mengandung gugus amina dan karboksilat seperti asam amino juga dapat digunakan sebagai inhibitor korosi. Hal ini disebabkan oleh adanya gugus amina, gugus karboksilat, dan gugus samping yang mengandung gugus fungsi belerang, senyawa aromatik dan heterosiklik nitrogen,

sehingga berpotensi untuk berinteraksi dengan permukaan logam dan membentuk lapisan pelindung terhadap lingkungan yang korosif (Stupnisek dkk., 2002).

2.7 Ekstrak Biji Semangka sebagai Inhibitor Organik

Semangka (*Citrullus vulgaris*) memiliki senyawa fitokimia yang utama yaitu citrulline yang strukturnya diberikan pada Gambar 2.8. Senyawa ini memiliki sifat antioksidan yang dapat melindungi manusia dari kerusakan radikal bebas. Dalam pengobatan dapat digunakan untuk pembelahan sel, penyembuhan luka, ekskresi amonia dalam urin, dan menghasilkan asam amino yaitu arginin yang dapat membantu mengatur tingkat gula darah dan meningkatkan fungsi arteri dan pembuluh darah lain. Kulitnya juga dapat digunakan untuk menyembuhkan penderita anemia, serta dapat merangsang aktivitas tiroid pada hewan hipotiroid dan inhibisi peroksidasi lipid (Odewunmi dkk., 2015b).

Senyawa *citrulline* mengandung heteroatom (N, O) sebagai pusat adsorpsi, sehingga ekstrak yang diperoleh dari produk limbah semangka bisa berfungsi sebagai inhibitor korosi. Terdapat beberapa bagian semangka yang digunakan sebagai inhibitor korosi logam dalam beberapa lingkungan korosif, diantaranya ekstrak kulit luar semangka dan daun semangka telah digunakan untuk perlindungan korosi seng dalam air laut alami (Kalirajan, dkk., 2012).



Gambar 2.8 Struktur *citrulline*

L-citrulline merupakan senyawa organik dengan gugus fungsi amida, karboksilat dan amina yang disebut sebagai asam amino dan telah diberikan secara oral sebagai citrulline malat.

Dalam berbagai penelitian, *L-citrulline* banyak bermanfaat dalam bidang kesehatan seperti tulang dan otot, farmakologi, imunologi, neurologi, dll. Adanya heteroatom seperti nitrogen dan oksigen dalam struktur kimia citrulline memungkinkan interaksi ionik dengan permukaan logam sehingga bisa berfungsi sebagai inhibitor korosi. Studi literatur menunjukkan laporan tentang penggunaan ekstrak semangka sebagai inhibitor korosi beberapa logam di media asam serta aplikasi *L-citrulline* sebagai inhibitor korosi untuk stainless steel (Odewunmi dkk., 2015).

Dalam penelitian Odewunmi yang membandingkan kemampuan kulit luar semangka, kulit dalam semangka dan biji semangka dalam mengurangi laju korosi baja dalam larutan HCl, didapatkan ekstrak biji semangka mempunyai efek inhibisi lebih besar daripada kulit semangka. Selain mengandung *L-citrulline*, ekstrak biji buah semangka juga mengandung senyawa lain, diantaranya senyawa-senyawa asam amino essensial (isoleusin, leusin, fenilalanin, lisin, metionin, treonin, triptopan, valin) dan asam amino non essensial (arganin, alanin, asam aspartam, sistein, asam glutamat, glisin, histidin, prolin, serin, triosin) (Wani dkk., 2011).

2.8 Metode Pengukuran Korosi

2.8.1 Metode Pengurangan Berat

Pada metode pengurangan berat, material yang akan diidentifikasi di timbang beratnya terlebih dahulu sebelum direndam dalam media korosi dan beratnya ditimbang kembali setelah diangkat dari media korosi. Laju korosi dapat dihitung menggunakan metode pengurangan berat dengan persamaan:

$$C_R = \frac{87600 \Delta W}{A T D} \quad (2.6)$$

dengan C_R merupakan Laju korosi (mm/year), D merupakan densitas (gr/cm³), ΔW merupakan berat yang hilang (gram), dan T merupakan waktu (jam), dan A merupakan luas permukaan (cm²)

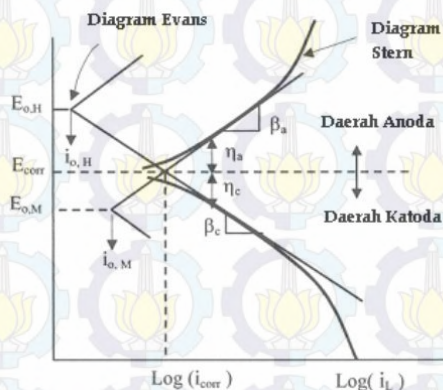
Berdasarkan pengurangan berat juga dapat dihitung nilai efisiensi inhibisi korosi dengan persamaan:

$$EI (\%) = \frac{C_R^0 - C_R}{C_R^0} \times 100 \% \quad (2.7)$$

dengan C_R^0 dan C_R merupakan laju korosi logam tanpa dan dengan inhibitor korosi (Petchiammal dkk., 2012).

2.8.2 Metode Polarisasi Potensiodinamik

Beberapa metode polarisasi dapat digunakan untuk uji korosi. Pada metode polarisasi potensiodinamik potensial elektroda (spesimen logam) divariasikan dengan diberi arus listrik pada elektrolit. Metode ini merupakan metode yang paling banyak digunakan untuk uji ketahanan korosi. Penggambaran polarisasi Tafel dapat dipelajari dari kurva polarisasi ekstrapolasi Tafel yang dikemukakan oleh Evans dan Stern dalam bentuk diagram Evans dan Stern seperti pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Kurva polarisasi potensiodinamik digunakan sebagai prosedur ekstrapolasi Tafel (Perez, 2004)

Gambar 2.9 menunjukkan polarisasi Tafel dengan $E_{o,H}$ dan $E_{o,M}$ adalah potensial sirkuit terbuka untuk hidrogen dan logam M, sedangkan $i_{o,H}$ dan $i_{o,M}$ merupakan perubahan kerapatan arus untuk hidrogen dan logam M, dan i_L adalah limit kerapatan arus. Di sisi lain, Gambar 2.9 menunjukkan kebolehhadisan elektrokimia yang didominasi oleh daerah katoda dan daerah anoda. Kurva tegas putus-putus yang digambarkan dipengaruhi oleh kemurnian logam dan paduan logam dimana E_{kor} adalah potensial korosi dan i_{kor} adalah kerapatan arus korosi. Kedua kurva polarisasi menghasilkan bagian linier yang disebut sebagai garis Tafel. Garis Tafel ini digunakan untuk menentukan kemiringan/tetapan Tafel anoda (β_a) dan kemiringan/tetapan Tafel katoda (β_c). Kurva ekstrapolasi akan berpotongan dan membentuk garis lurus yang menunjukkan telah dicapai harga $E_{kor} \times i_{kor}$ (Perez, 2004).

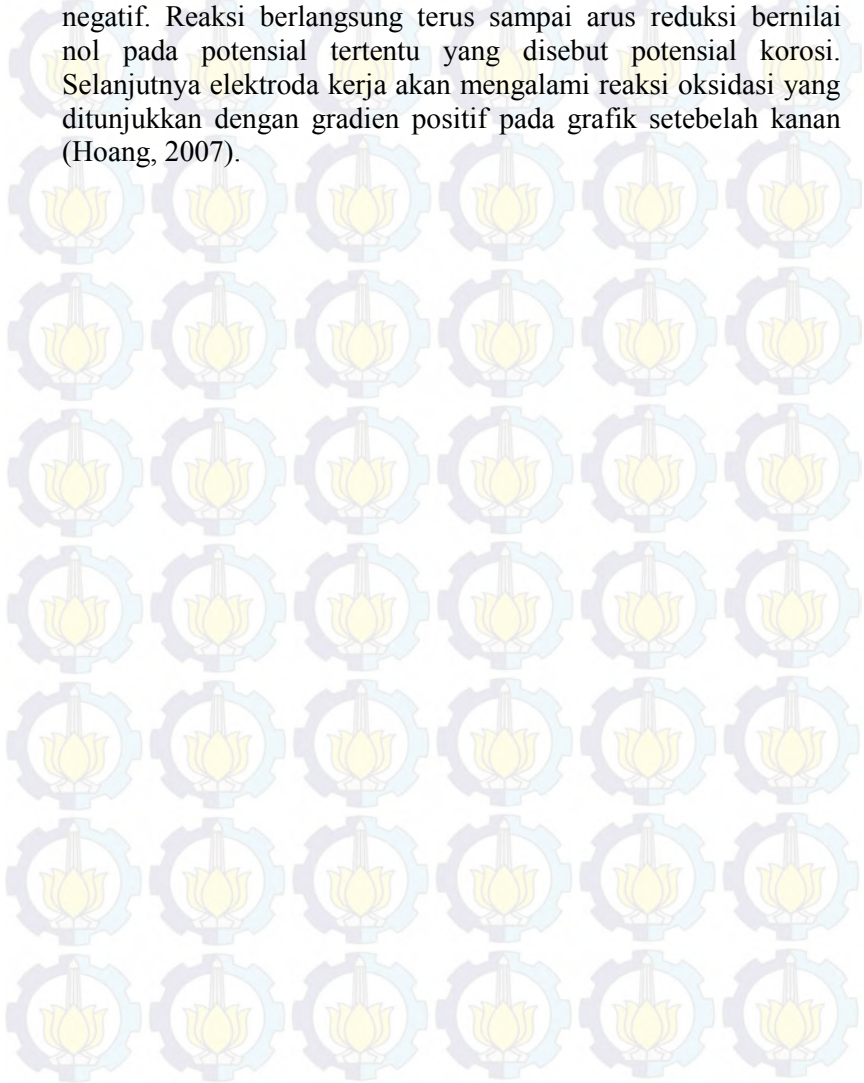
Efisiensi inhibisi korosi ditentukan dengan membandingkan selisih kerapatan arus korosi logam dalam larutan blanko dan sampel terhadap kerapatan arus korosi logam dalam larutan blanko menggunakan Persamaan 2.12. Efisiensi inhibitor dapat diungkapkan sebagai suatu ukuran untuk menunjukkan penurunan laju korosi sebagai berikut:

$$EI (\%) = \frac{i_{kor} - i'_{kor}}{i_{kor}} \times 100 \% \quad (2.8)$$

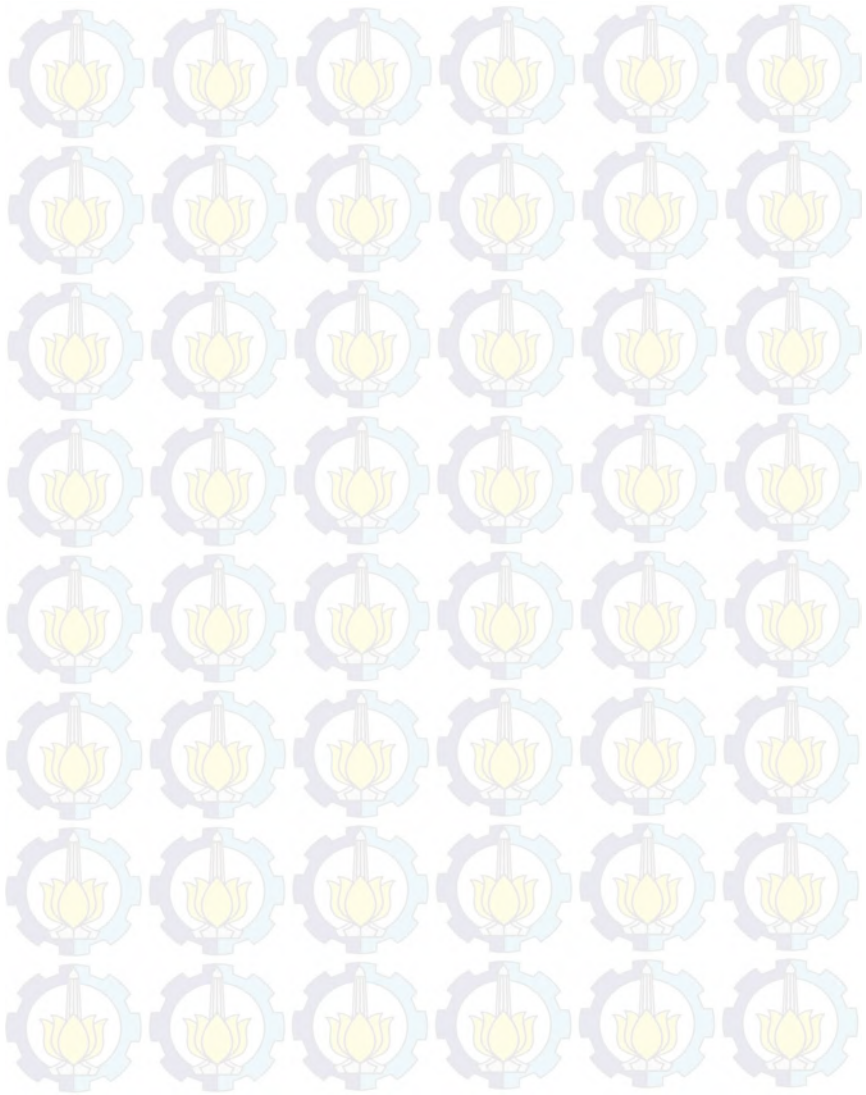
dengan i_{kor} dan i'_{kor} merupakan densitas arus korosi pada media korosi sebelum dan sesudah ditambah inhibitor (Kuznetsov, 2002).

Prinsip dari metode polarisasi potensiodinamik adalah memberikan suatu potensial lebih baik potensial positif maupun negatif persatuan waktu. Dalam polarisasi potensiodinamik, dikenal istilah polarisasi katodik dan polarisasi anodik. Polarisasi katodik terjadi apabila elektroda kerja diberi potensial negatif. Sebaliknya, apabila elektroda kerja diberi potensial positif maka akan terjadi polarisasi anodik. Pada proses kerjanya, saat dilakukan scan dari potensial negatif sampai positif, saat

elektroda kerja diberi potensial negatif, elektroda kerja mengalami reaksi reduksi yang ditunjukkan dengan gradient negatif. Reaksi berlangsung terus sampai arus reduksi bernilai nol pada potensial tertentu yang disebut potensial korosi. Selanjutnya elektroda kerja akan mengalami reaksi oksidasi yang ditunjukkan dengan gradien positif pada grafik setebelah kanan (Hoang, 2007).



“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari peralatan gelas yaitu gelas piala, gelas ukur, labu ukur, pipet ukur, pipet tetes, pipet volum, propipet, corong kaca, erlenmeyer, kaca arloji, botol semprot, penjepit besi, gunting pemotong logam, *hotplate*, spatula, *hairdryer*, blender, sonikasi, neraca analitik, *freeze dryer*, instrumentasi FT-IR Thermo Scientific Spectrofotometer Shimatzu dan Autolab Metrohm tipe AUT84948.

3.1.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain logam *tinplate*, biji semangka, kertas saring, aqua DM, aquaproof, dan NaCl p.a (Merck)

3.2. Prosedur Kerja

3.2.1 Pembuatan Ekstrak Biji Semangka (*Watermelon Seed Extract*)

Biji semangka diambil dari buahnya dan dikeringkan di bawah sinar matahari sampai beratnya konstan. Selanjutnya biji semangka dihaluskan dengan blender, dan diambil sebanyak 10 gram. Biji semangka yang telah halus dilarutkan ke dalam pelarut aqua DM dengan perbandingan biji semangka:pelarut (1:20) (Wani dkk., 2011). Larutan diaduk dan dimaserasi selama 24 jam. Setelah itu, larutan dipanaskan diatas *hotplate* selama 10 menit, diangkat dan didinginkan. Larutan disaring dengan kertas saring, diambil filtratnya dan dipanaskan di atas *hotplate* sampai membentuk gel. Selanjutnya dimasukkan ke dalam *freeze dryer* sampai kering.

3.2.2 Preparasi Spesimen *Tinplate*

Untuk metode polarisasi potensiodinamik, spesimen *tinplate* dipotong dengan dimensi $4 \times 1 \text{ cm}^2$. Spesimen selanjutnya dicat dengan aquaproof hingga bagian spesimen yang tidak terkena cat tersisa $1 \times 1 \text{ cm}^2$. Untuk metode pengurangan berat, spesimen *tinplate* dipotong $3 \times 3 \text{ cm}^2$. Sebelum digunakan, spesimen dicuci dengan aqua DM disonikasi selama 20 menit dan dikeringkan dengan *hairdryer* selama 5 menit.

3.2.3 Pembuatan Media Korosi tanpa dan dengan Variasi Konsentrasi Inhibitor

Ditimbang sebanyak 20 gram padatan NaCl dengan botol timbang, kemudian dimasukkan labu ukur 1 liter, ditambahkan aqua DM sampai dengan tanda batas dan dikocok hingga homogen. Media korosi tanpa inhibitor digunakan sebagai blanko, sedangkan media korosi 25 mg ekstrak/L dibuat dengan melarutkan ekstrak biji semangka sebanyak 0.00625 ke dalam labu ukur 250 ml dengan pelarut aqua DM. Dengan cara yang sama digunakan untuk membuat media korosi dengan variasi konsentrasi inhibitor 50, 75, 100, 150, dan 250 mg ekstrak/L.

3.2.4 Metode Polarisasi Potensiodinamik

Metode ini bertujuan untuk mengetahui nilai dari berbagai macam parameter korosi seperti arus korosi, potensial korosi, serta konstanta Tafel katodik dan anodik. Metode ini menggunakan instrumentasi autolab Metrohm tipe AUT84948 yang terdiri dari 3 elektroda, seperti pada gambar. Elektroda acuan adalah elektroda Ag/AgCl, elektroda bantu berupa platina dan elektroda kerja adalah spesimen *tinplate*. Elektroda kerja, elektroda bantu, dan elektroda acuan dirangkai menjadi satu sel dan dicelupkan ke dalam masing-masing media korosi tanpa dan dengan variasi konsentrasi inhibitor.

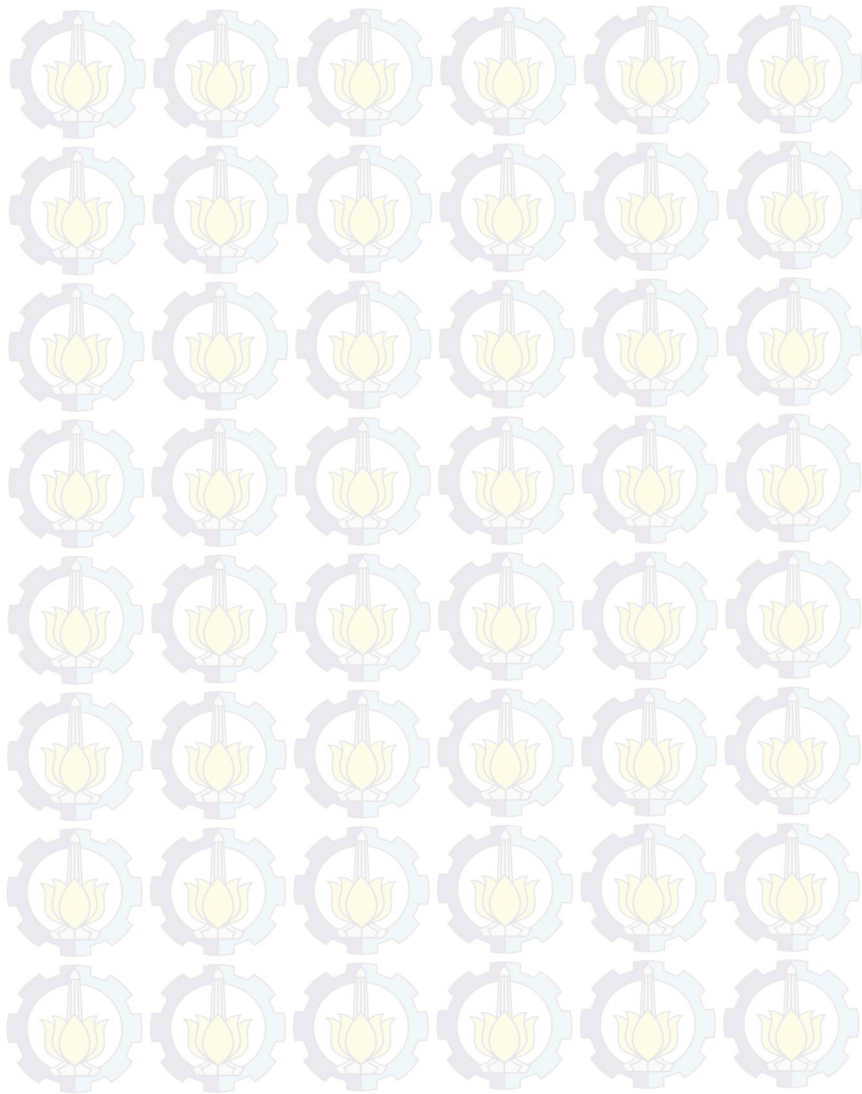
Pengukuran polarisasi ini dilakukan *scan* dari -250 mV sampai +250 mV dengan *scan rate* 0,01 mV/s pada suhu kamar. Selanjutnya kurva hasil polarisasi di ekstrapolasi Tafel seperti

pada Gambar 2.9. Kemudian kurva katodik dan anodik dari tafel diekstrapolasi di titik perpotongan, maka menghasilkan potensial korosi (E_{kor}) dan densitas arus korosi (i_{kor}). Nilai slope dari anodik (β_a) dan slope katodik (β_c) juga dapat diketahui. Kemudian efisiensi inhibisi (EI%) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.12).

3.2.5 Metode Pengurangan Berat

Spesimen *tinplate* dengan ketebalan 0,024 cm yang telah dipotong dengan dimensi $3 \times 3 \text{ cm}^2$, dibersihkan dengan alat sonikasi selama 20 menit, kemudian ditimbang berat *tinplate* sebelum perendaman. Selanjutnya, spesimen *tinplate* direndam dalam media korosi tanpa dan dengan larutan inhibitor selama 48 jam pada suhu kamar. Setelah itu, spesimen *tinplate* diangkat dan dibersihkan kembali dengan alat sonikasi selama 20 menit, dan dikeringkan dengan *hairdryer* selama 5 menit. Berat spesimen setelah perendaman ditimbang kembali. Pengurangan berat dihitung dari selisih antara berat spesimen sebelum dan sesudah perendaman dalam media korosi. Semua pengukuran dilakukan secara *triplo* (sebanyak tiga kali), kemudian diambil nilai rata-ratanya. Dari hasil pengukuran kehilangan massa, dapat dihitung laju korosinya dengan persamaan (2.10) dan efisiensi inhibisinya dihitung menggunakan persamaan (2.11).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Ekstrak Biji Semangka sebagai Inhibitor

4.1.1 Metode Pengurangan Berat

Metode pengurangan berat (*weight loss*) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui nilai laju korosi *tinplate* melalui selisih massa *tinplate* sebelum dan sesudah direndam dalam media korosi. Selanjutnya, nilai persentase efisiensi inhibisi korosi dapat dihitung dari laju korosi *tinplate*. Tabel 4.1 menunjukkan hasil pengujian korosi pada spesimen *tinplate* dengan ΔW merupakan selisih berat *tinplate* sebelum dan sesudah perendaman, C_R merupakan laju korosi *tinplate* dan EI merupakan efisiensi inhibisi. Pengujian korosi dilakukan selama 48 jam pada suhu ruang dalam media korosi dengan variasi konsentrasi inhibitor ekstrak biji semangka.

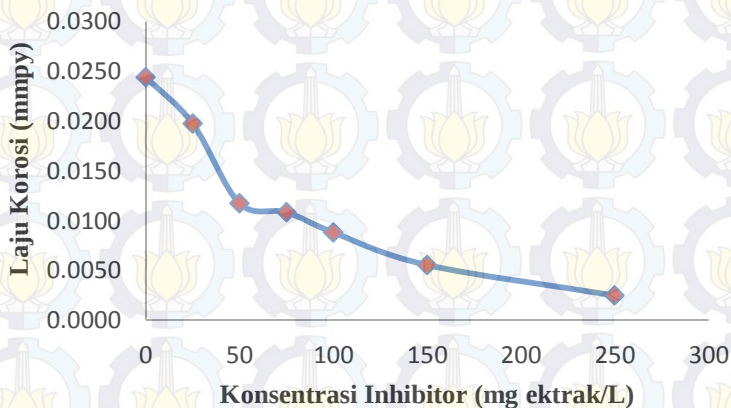
Tabel 4.1 Hasil pengujian laju korosi *tinplate* dengan variasi konsentrasi ekstrak biji semangka menggunakan metode pengurangan berat

Media Korosi (mg ekstrak/L)	$\overline{\Delta W}$	$\overline{C_R}$ (mmpy)	EI (%)
0	0,0033	0,0244	-
25	0,0027	0,0197	19,13
50	0,0016	0,0117	51,91
75	0,0015	0,0108	55,60
100	0,0012	0,0088	63,93
150	0,0008	0,0055	77,32
250	0,0003	0,0025	89,89

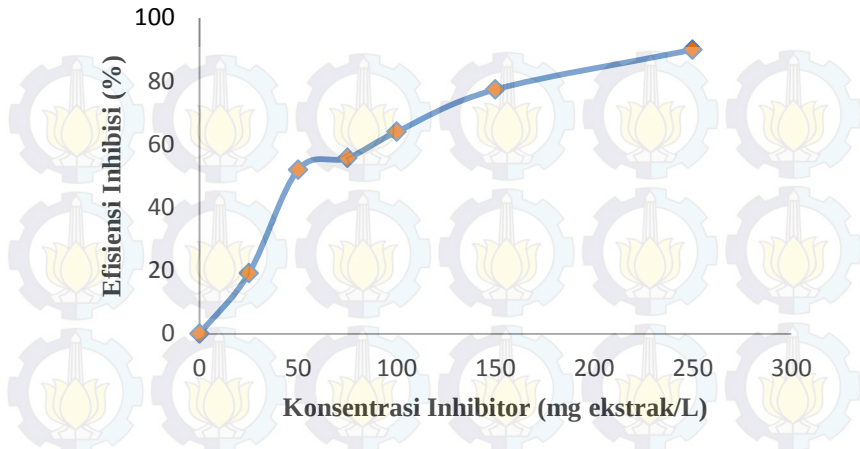
Melalui nilai laju korosi yang telah di dapat pada Tabel 4.1, dapat ditarik hubungan antara laju korosi dengan variasi konsentrasi inhibitor ekstrak biji semangka yang ditambahkan

pada media 2% NaCl seperti pada Gambar 4.1. Grafik tersebut menunjukkan bahwa laju korosi *tinplate* berbanding terbalik dengan besarnya konsentrasi inhibitor. Adsorpsi inhibitor pada permukaan *tinplate* dapat menghalangi interaksi antara *tinplate* dengan NaCl sehingga laju korosi semakin menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi inhibitor. Pada Gambar 4.1, konsentrasi inhibitor ekstrak biji semangka terbesar (250 mg ekstrak/L) menghasilkan laju korosi yang paling rendah (0,0025 mmpy).

Persentase hubungan antara konsentrasi inhibitor ekstrak biji semangka dengan efisiensi inhibisi korosi ditunjukkan pada Gambar 4.3. Semakin tinggi konsentrasi inhibitor akan memberikan persentase efisiensi inhibisi semakin tinggi pula. Pada grafik pada Gambar 4.3, konsentrasi inhibitor ekstrak biji semangka terbesar (250 mg ekstrak/L) menghasilkan nilai efisiensi inhibisi korosi yang paling tinggi (89.89 %).



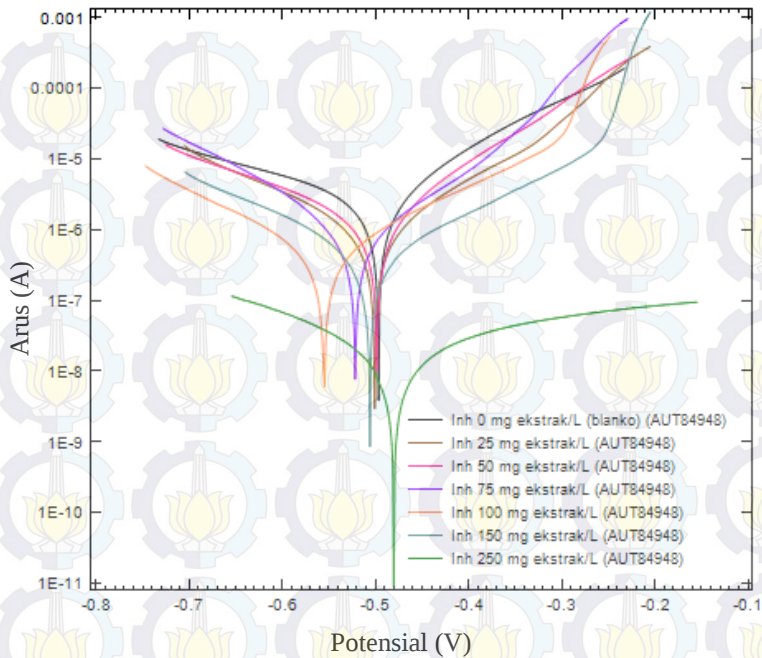
Gambar 4.1 Grafik hubungan antara variasi konsentrasi inhibitor terhadap laju reaksi *tinplate*



Gambar 4.2 Grafik hubungan antara variasi konsentrasi inhibitor terhadap efisiensi inhibisi *tinplate*

4.1.2 Metode Polarisasi Potensiodinamik

Metode polarisasi potensiodinamik merupakan metode yang paling banyak digunakan untuk uji ketahanan korosi. Hasil kurva polarisasi dari pengujian korosi *tinplate* menggunakan metode polarisasi potensiodinamik ditampilkan seperti pada Gambar 4.3. Berdasarkan Gambar 4.3, keseluruhan kurva larutan inhibitor mempunyai nilai i_{kor} yang lebih rendah, sehingga laju korosinya juga menjadi lebih rendah. Nilai E_{kor} larutan inhibitor ekstrak biji semangka dengan konsentrasi 25, 50, 75, 100 dan 150 mg ekstrak/L bergeser ke arah nilai yang lebih negatif, sehingga dapat digolongkan sebagai tipe inhibitor katodik. Namun, pada saat konsentrasi larutan inhibitor sebesar 250 mg ekstrak/L, nilai E_{kor} bergeser ke arah yang lebih positif sehingga dapat digolongkan sebagai tipe inhibitor anodik. Dari hasil analisa tersebut maka dapat disimpulkan inhibitor ekstrak biji semangka merupakan jenis inhibitor organik yang bersifat campuran, yaitu bersifat sebagai inhibitor anodik dan katodik.



Gambar 4.3 Kurva polarisasi potensiodinamik *tinplate* dalam media korosi 2% NaCl dengan variasi konsentrasi inhibitor ekstrak biji semangka

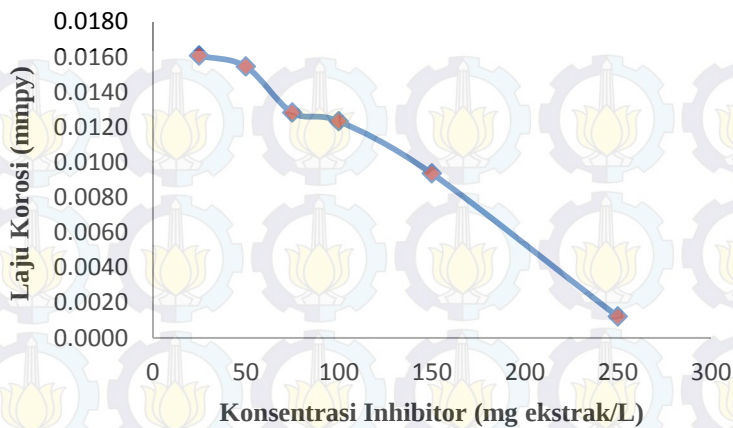
Kurva polarisasi pada Gambar 4.3 kemudian diekstrapolasi sehingga menghasilkan parameter korosi (beta anodik, beta katodik, E_{kor} , dan i_{kor}) *tinplate* dalam media 2% NaCl dengan variasi konsentrasi inhibitor ekstrak biji semangka ditunjukkan pada Tabel 4.2. Selanjutnya melalui data i_{kor} spesimen *tinplate* dan blanko dapat dihitung nilai efisiensi inhibisi korosi dengan menggunakan persamaan 2.12. Dari Tabel 4.2, didapatkan pola yang sama antara metode pengurangan berat dan metode polarisasi potensiodinamik, yaitu semakin bertambahnya konsentrasi inhibitor akan menghasilkan nilai laju korosi yang

semakin kecil, serta nilai efisiensi inhibisi korosi yang semakin meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi inhibitor.

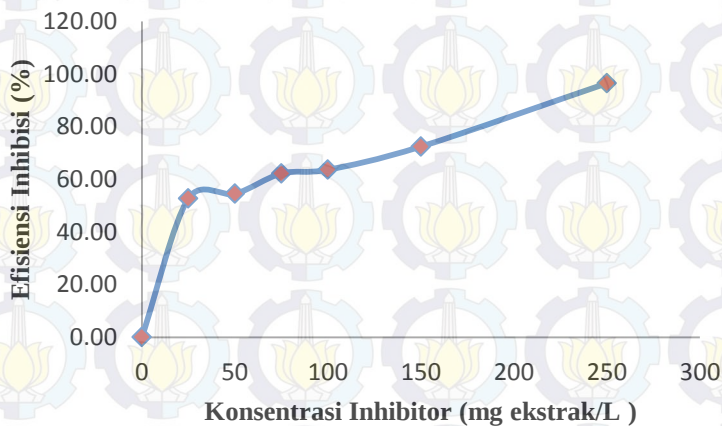
Tabel 4.2 Hasil pengujian korosi *tinplate* dengan variasi konsentrasi ekstrak biji semangka menggunakan metode polarisasi potensiodynamik

Media Korosi (mg ekstrak/L)	$\overline{ba}$ (V/s)	$\overline{bc}$ (V/s)	$\overline{Ekor}$ (V)	$\overline{ikor}$ (A/cm ²) $\times 10^{-6}$	$\overline{CR}$ (mmpy)	EI (%)
0	0,33	0,13	-0,49	3,26	0,0379	-
25	0,17	0,19	-0,52	1,38	0,0161	52,66
50	0,20	0,19	-0,51	1,33	0,0154	54,47
75	0,13	0,16	-0,55	1,10	0,0128	62,20
100	0,24	0,24	-0,58	1,06	0,0123	63,64
150	0,18	0,18	-0,51	0,80	0,0094	72,42
250	0,56	1,59	-0,47	0,10	0,0012	96,45

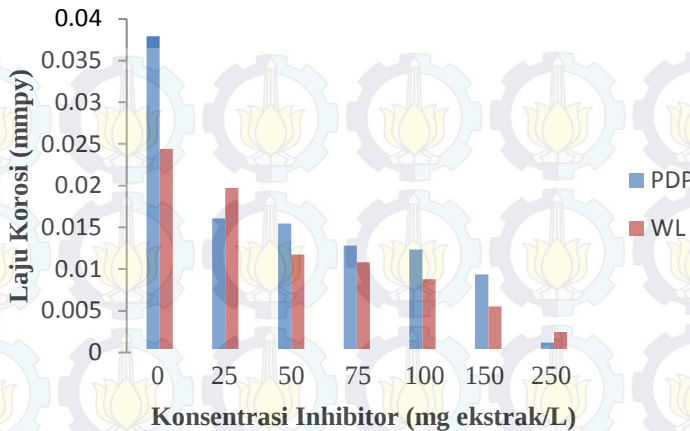
Grafik variasi konsentrasi inhibitor terhadap laju korosi dan efisiensi inhibisi pada metode polarisasi potensiodynamik ditunjukkan pada Gambar 4.4 dan 4.5. Setelah dilakukan pengujian korosi, baik metode pengurangan berat maupun metode polarisasi potensiodynamik memiliki pola grafik yang sama untuk hasil laju korosi dan efisiensi inhibisi. Pada Gambar 4.4, laju korosi terendah dicapai pada konsentrasi inhibitor 250 mg ekstrak/L yaitu sebesar 0,0012 mmpy, sedangkan pada Gambar 4.5, efisiensi inhibisi terbesar (96,45%) dicapai pada konsentrasi 250 mg ekstrak/L. Hasil perbandingan laju korosi dan efisiensi inhibisi dari metode WL (*Weight Loss*) dan PDP (*Potensiodynamic Polarization*) dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7.



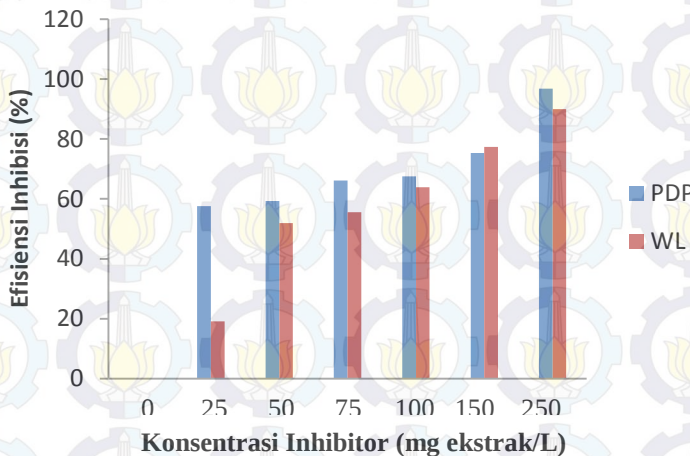
Gambar 4.4 Grafik variasi konsentrasi inhibitor ekstrak biji semangka terhadap laju korosi *tinplate*



Gambar 4.5 Grafik variasi konsentrasi inhibitor ekstrak biji semangka terhadap efisiensi inhibisi *tinplate*

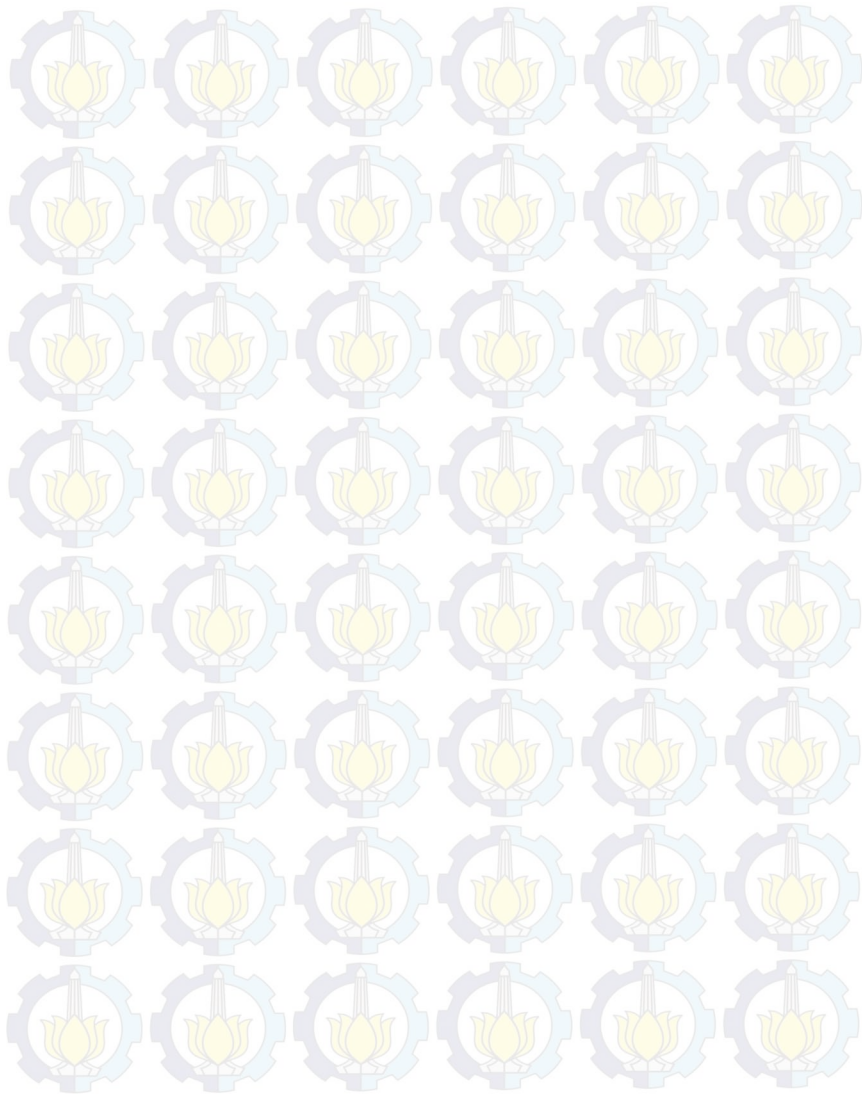


Gambar 4.6 Grafik perbandingan nilai laju korosi pada metode polarisasi potensiodynamik (PDP) dan pengurangan berat (WL)



Gambar 4.7 Grafik perbandingan nilai efisiensi inhibisi ekstrak biji semangka pada metode polarisasi potensiodynamik (PDP) dan pengurangan berat (WL)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

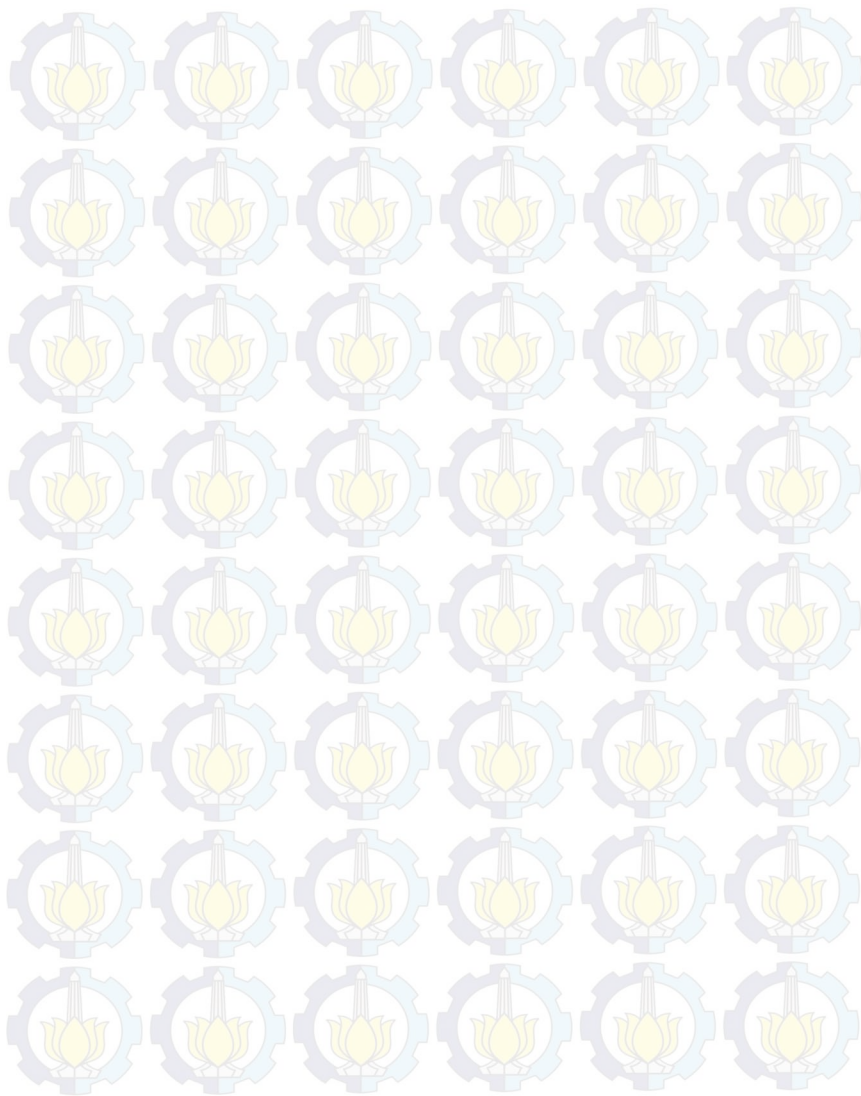
5.1 Kesimpulan

Sesuai hasil penelitian yang telah dilakukan, disimpulkan bahwa ekstrak biji semangka dapat menghambat korosi pada *tinplate* dalam media 2% NaCl. Berdasarkan metode pengurangan berat dan polarisasi potensiodinamik, didapatkan bahwa semakin tinggi konsentrasi inhibitor, efisiensi inhibisi semakin meningkat. Efisiensi inhibisi ekstrak biji semangka maksimum yang dicapai pada metode pengurangan berat sebesar 89,89% dan pada metode polarisasi potensiodinamik sebesar 96,45%.

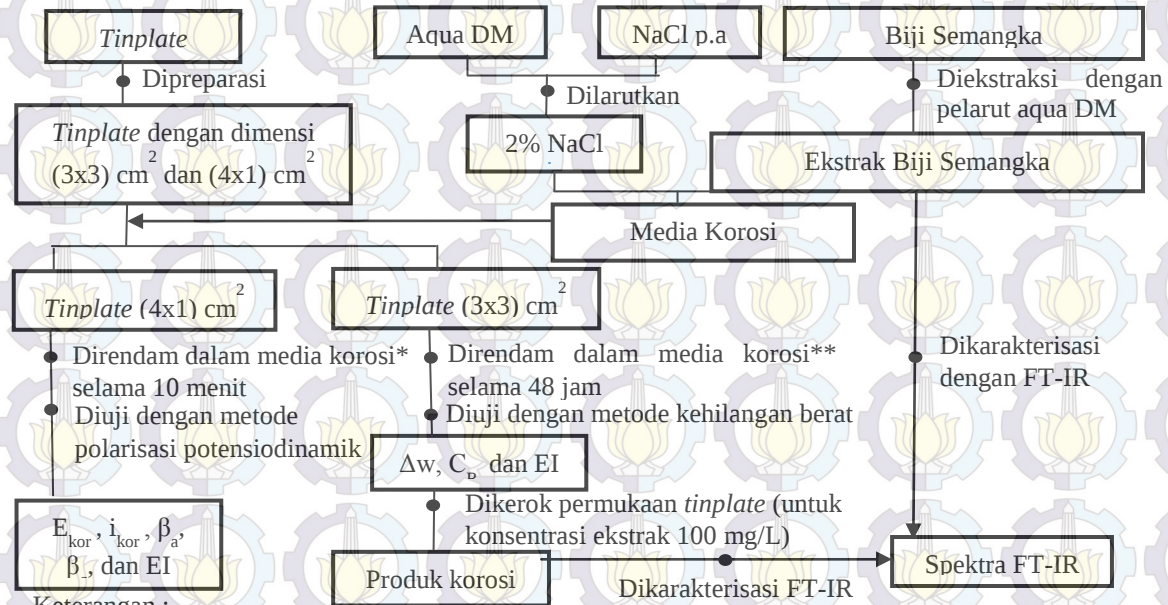
5.2. Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah perlu dilakukan penelitian uji korosi *tinplate* menggunakan inhibitor ekstrak biji semangka dengan konsentrasi yang lebih tinggi dari 250 mg ekstrak/L. Hal tersebut dikarenakan dalam penelitian ini belum diketahui seberapa besar batas konsentrasi ekstrak biji semangka dalam menginhibisi korosi pada *tinplate*, sehingga besar konsentrasi ekstrak biji semangka untuk mencapai efisiensi inhibisi yang optimal juga belum diketahui.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



LAMPIRAN A SKEMA KERJA

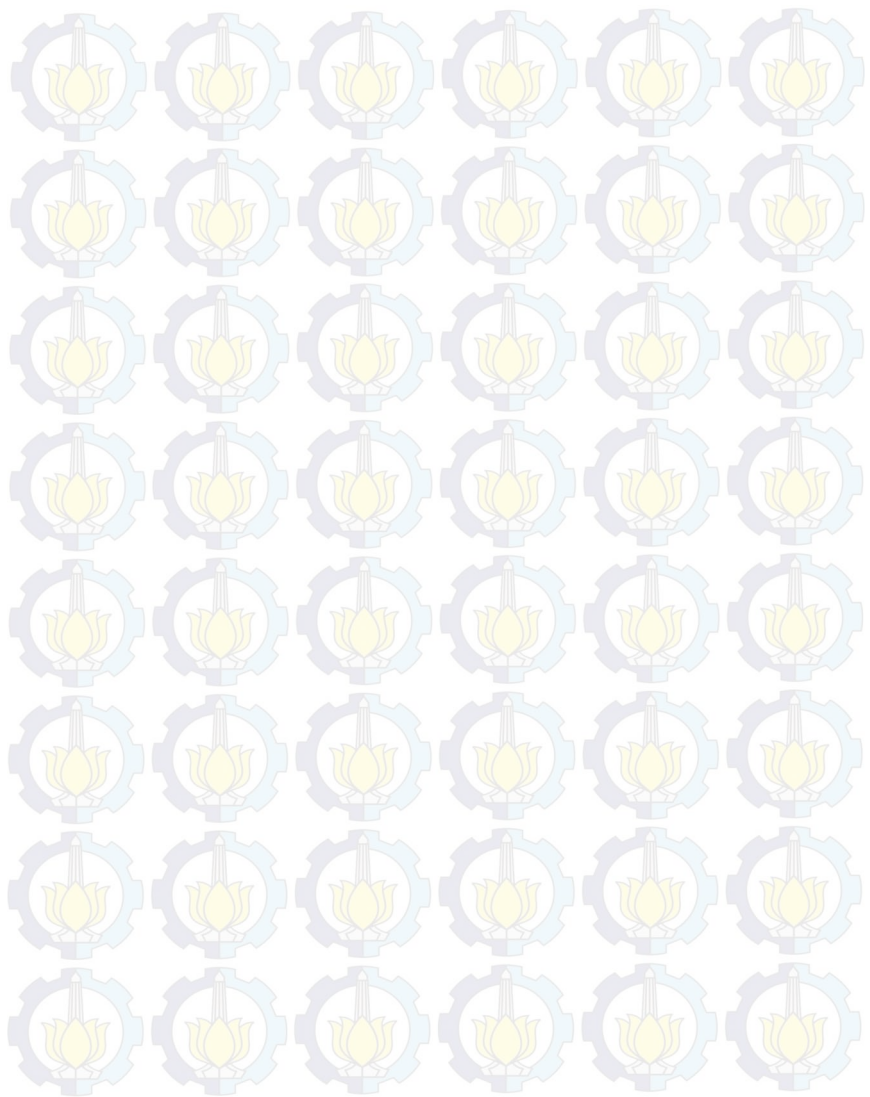


Keterangan :

* Variasi konsentrasi ekstrak biji semangka (0; 25; 50; 75; 100; 150 dan 250) mg ekstrak/L

** Variasi konsentrasi ekstrak biji semangka (0; 25; 50; 75; 100; 150; 250 dan 100) mg ekstrak/L

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



LAMPIRAN B

PEMBUATAN LARUTAN

B.1 Pembuatan Larutan 2% NaCl (w/v)

Teori:

Pembuatan larutan 2% NaCl, menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Larutan 2\% NaCl} = \frac{20 \text{ gram NaCl}}{1000 \text{ mL larutan}}$$

Praktek:

Larutan 2% NaCl (w/v) dibuat dengan melarutkan 20 gram padatan NaCl dengan aqua DM secukupnya dalam *beaker glass*, kemudian larutan diencerkan dalam labu ukur 1000 mL dengan penambahan aqua DM hingga tanda batas.

B.2 Pembuatan media korosi dengan konsentrasi ekstrak biji semangka 25 mg ekstrak/L, dalam pelarut 2% NaCl (w/v).

Teori:

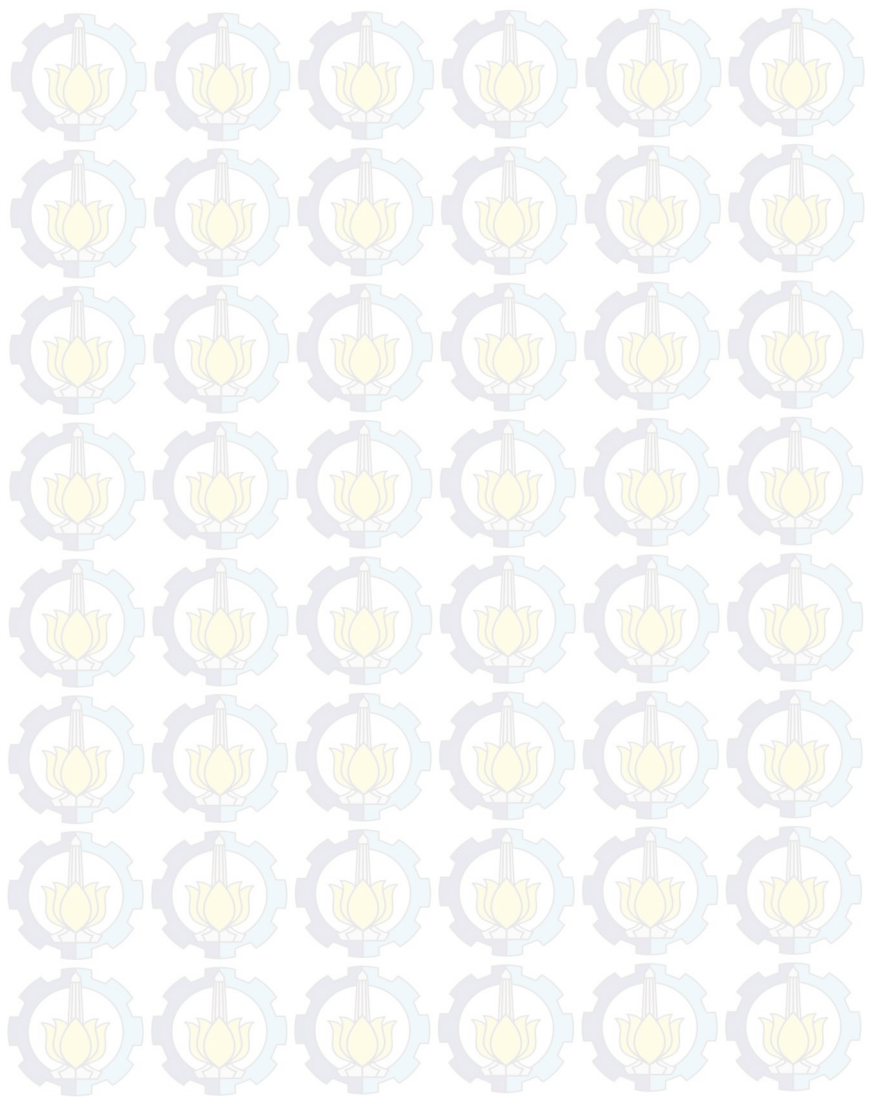
Media korosi dengan konsentrasi ekstrak biji semangka 25 mg ekstrak/L dalam pelarut 2% NaCl dapat dibuat menggunakan perhitungan berikut:

$$\begin{aligned} \text{Larutan 25 mg ekstrak/L} \\ = \frac{0,00625 \text{ gram ekstrak biji semangka}}{0,25 \text{ L larutan}} \end{aligned}$$

Praktek:

Media korosi dengan konsentrasi ekstrak biji semangka 25 mg ekstrak/L dibuat dengan melarutkan 0,0063 gram ekstrak biji semangka dengan larutan 2% NaCl secukupnya dalam botol timbang, kemudian larutan dimasukkan dalam labu ukur 250 mL dan diencerkan dengan penambahan NaCl hingga tanda batas. Dengan cara yang sama dibuat untuk konsentrasi 50; 75; 100; 150; dan 250 mg ekstrak/L dengan melarutkan ekstrak masing-masing sebesar 0,0125; 0,0188; 0,025; 0,0375 dan 0,0625 gram ekstrak biji semangka ke dalam labu ukur 250 mL, diencerkan dengan larutan 2% NaCl hingga tanda batas.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



LAMPIRAN C

DATA PENGURANGAN BERAT

C.1 Perhitungan Selisih Pengurangan Berat (ΔW)

Diambil contoh pada konsentrasi ekstrak biji semangka 25 mg ekstrak/L.

Diketahui:

Berat awal (w_0) = 1,5762 gram

Berat akhir (w_1) = 1,5739 gram

$$\Delta w = w_0 - w_1 = (1,5762 - 1,5739) \text{ gram} \\ = 0,0023 \text{ gram}$$

Digunakan cara yang sama untuk pengulangan dan variasi konsentrasi yang lain.

C.2 Perhitungan Laju Korosi

Diambil contoh larutan dengan konsentrasi ekstrak biji semangka 25 mg ekstrak/L.

Diketahui:

Berat jenis tinsplate (ρ) = 13,6267 g/cm³

Luas permukaan tinsplate (A) = 18,288 cm²

Waktu perendaman (t) = 48 jam

Pengurangan berat (Δw) = 0,0029 gram

$$C_R(\text{mmpy}) = \frac{87600 \Delta w}{\rho A t} \\ = \frac{87600 \cdot 0,0023 \text{ g}}{13,6267 \text{ gcm}^{-3} \cdot 18,288 \text{ cm}^2 \cdot 48 \text{ jam}} \\ = 0,0168$$

C.3 Perhitungan Nilai Efisiensi Inhibisi Korosi (%)

Diambil contoh larutan dengan konsentrasi ekstrak biji semangka 25 mg ekstrak/L.

Diketahui:

Laju Korosi Blanko (C_R^0) = 0,0244

mmpy

Laju Korosi Blanko + inhibitor (C_R) = 0,0197 mmpy

$$EI = \frac{C_R^0 - C_R}{C_R^0} \times 100 \%$$

$$EI = \frac{0,0244 - 0,0197}{0,0244} \times 100 \% = 19,13\%$$

Tabel C.1 Hasil perhitungan metode pengurangan berat tinplate dengan variasi konsentrasi media korosi

Media Korosi (mg ekstrak/L)	ΔW (g)	CR (mmpy)	$\overline{\Delta W}$ (g)	$\overline{CR}$ (mmpy)	EI (%)
0	0,0030	0,0220	0,0033	0,0244	0
	0,0032	0,0234			
	0,0038	0,0278			
25	0,0023	0,0168	0,0027	0,0197	19,13
	0,0032	0,0223			
	0,0027	0,0201			
50	0,0017	0,0129	0,0016	0,0117	51,91
	0,0014	0,0102			
	0,0017	0,0121			
75	0,0012	0,0088	0,0015	0,0108	55,60
	0,0016	0,0113			
	0,0017	0,0124			
100	0,0015	0,0110	0,0012	0,0088	63,93
	0,0009	0,0066			
	0,0012	0,0088			
150	0,0007	0,0051	0,0008	0,0055	77,32
	0,0008	0,0056			
	0,0008	0,0059			
250	0,0005	0,0022	0,0003	0,0025	89,89
	0,0003	0,0033			
	0,0002	0,0020			

LAMPIRAN D

DATA POLARISASI POTENSIDINAMIK

D.1 Perhitungan Nilai Efisiensi Inhibisi

Diambil contoh larutan dengan konsentrasi ekstrak biji semangka 25 mg ekstrak/L.

Diketahui:

$$i_{kor} \text{ rata-rata Blanko} = 2,92 \times 10^{-6} \text{ mmpy}$$

$$i'_{kor} \text{ rata-rata dengan inhibitor} = 1,38 \times 10^{-6} \text{ mmpy}$$

$$\% EI = \frac{i_{kor} - i'_{kor}}{i_{kor}} \times 100 \%$$

$$\% EI = \frac{2,92 \times 10^{-6} - 1,38 \times 10^{-6}}{2,92 \times 10^{-6}} \times 100 \%$$

$$\% EI = 52,66\%$$

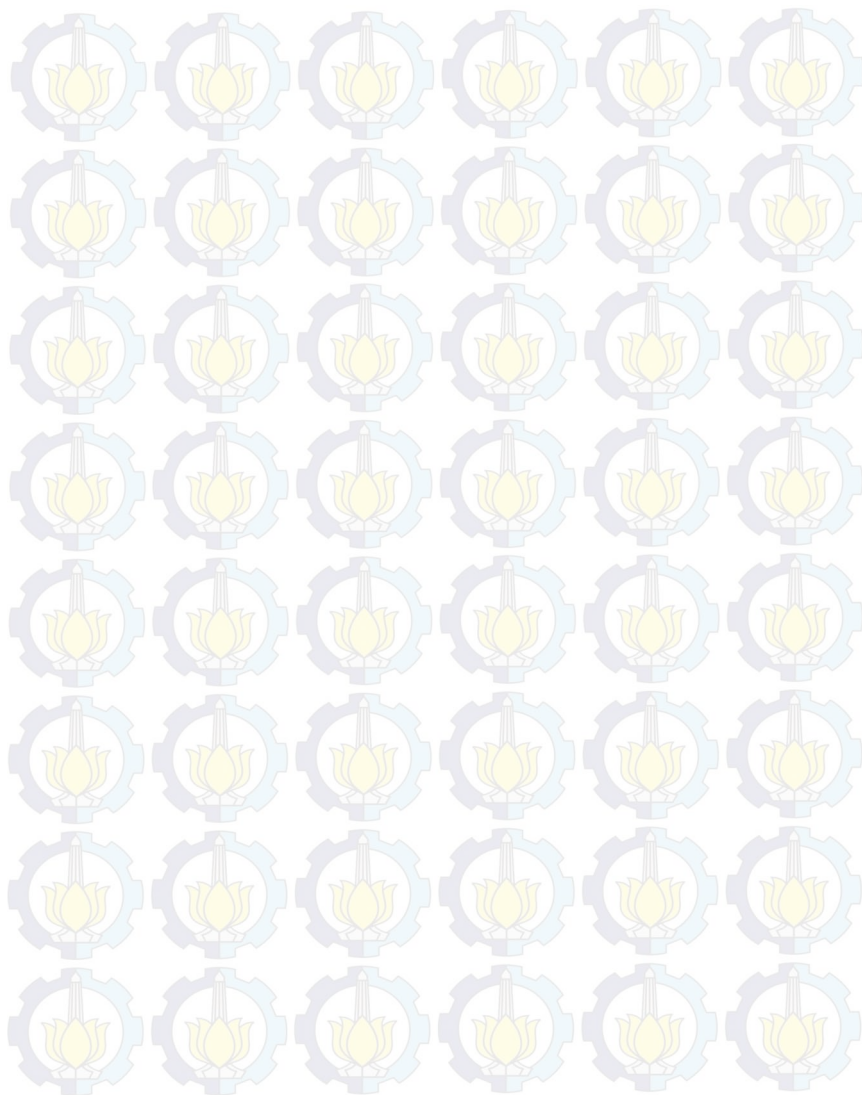
Tabel D.1 Hasil polarisasi potensiodinamik *tinplate* dengan variasi konsentrasi inhibitor

Media Korosi (mg ekstrak/L)	$\bar{b}_a$ (V/s)	$\bar{b}_a$ (V/s)	$\bar{b}_c$ (V/s)	$\bar{b}_c$ (V/s)	Ekor (V)	$\bar{E}_{kor}$ (V)	ikor (A) $\times 10^{-6}$	$\bar{i}_{kor}$ (A) $\times 10^{-6}$	CR (mmpy)	$\bar{CR}$ (mmpy)	EI (%)
0	0,4551	0,3691	0,1919	0,1549	-0.4478	-0.4740	2.79	2.92	0,0324	0,03391	-
	0,3234		0,1385		-0.4767		2.70		0,0314		
	0,3288		0,1342		-0.4976		3.26		0,0379		
25	0.1936	0.1721	0.1420	0.1859	-0.5197	-0.5250	1.56	1.38	0.0181	0.0161	52.66
	0.1864		0.1459		-0.5018		1.15		0.0134		
	0.1361		0.2698		-0.5535		1.44		0.0167		
50	0.1967	0.1995	0.1097	0.1180	-0.4995	-0.5114	1.34	1.33	0.0155	0.0154	54.47
	0.1948		0.1147		-0.5109		1.49		0.0173		
	0.2070		0.1297		-0.5240		1.16		0.0135		
75	0.1182	0.1342	0.1320	0.1586	-0.5225	-0.5511	8.21	1.10	0.0095	0.0128	62.20
	0.1104		0.1642		-0.5579		1.23		0.0143		
	0.1739		0.1798		-0.5728		1.26		0.0147		
100	0.2274	0.2370	0.2045	0.2446	-0.6041	-0.5850	1.03	1.0	0.0120	0.0123	63.64
	0.2423		0.2551		-0.6859		1.04		0.0121		

Lanjutan Tabel D.1

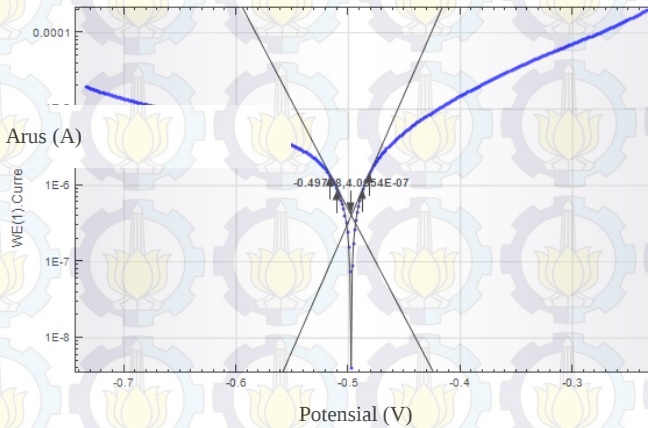
Media Korosi (mg ekstrak/L)	ba (V/s)	$\bar{b}_a$ (V/s)	bc (V/s)	$\bar{b}_c$ (V/s)	Ekor (V)	$\bar{E}_{kor}$ (V)	ikor (A) x 10^{-6}	$\bar{i}_{kor}$ (A) x 10^{-6}	CR (mmpy)	$\bar{C}R$ (mmpy)	EI (%)
150	0.2039	0.1797	0.2108	0.1830	-0.5950	-0.5102	1.11	0.805	0.0128	0.0094	72.42
	0.2140		0.2586		-0.5070		0.73		0.0085		
	0.1966		0.1438		-0.5035		0.79		0.0092		
	0.1285		0.1467		-0.5200		0.89		0.0104		
250	0.5412	0.5566	17.8190	14.5939	-0.4627	-0.4724	0.100	0.104	0.0012	0.0012	96.45
	0.6998		18.1270		-0.4733		0.133		0.0015		
	0.4289		7.8356		-0.4812		0.078		0.0009		

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



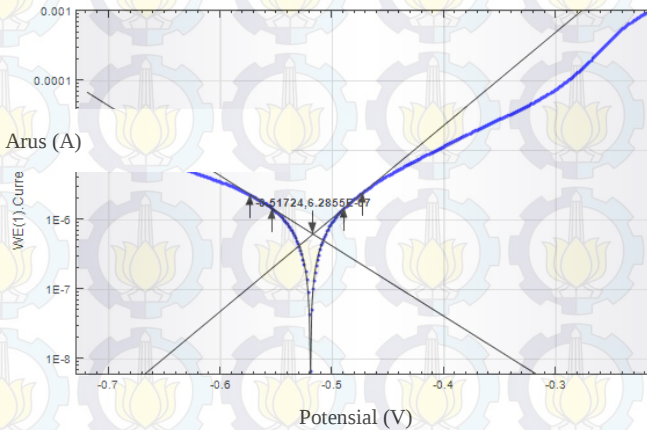
LAMPIRAN E KURVA POLARISASI

E.1 Variasi Konsentrasi 0 mg ekstrak/L (Blanko)

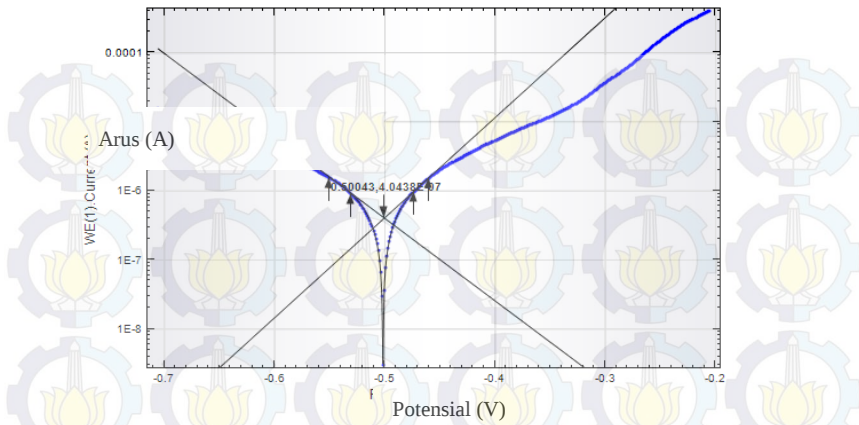


Gambar E.1 Spesimen untuk Blanko

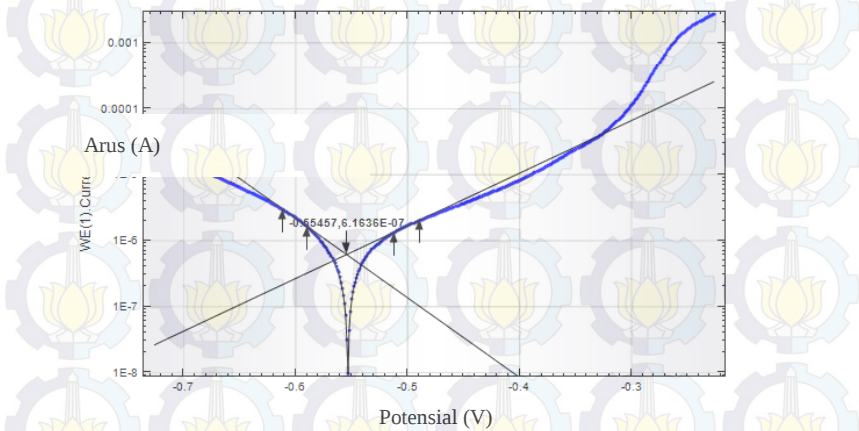
E.2 Variasi Konsentrasi 25 mg ekstrak/L



Gambar E.2 Spesimen 1



Gambar E.3 Spesimen 2



Gambar E.4 Spesimen 3

DAFTAR PUSTAKA

- Abdallah, M., Zaafarany, I., Fawzy, A., Radwan, M., and Abdfattah, E. (2013). Inhibitor of Aluminium Corrosion in Hydrochloric Acid by Cellulose and Chitosan. *Journal of American Science* 9 (4), 580-586.
- Addi, E.H., Zaanoun, I., Addi, A.A., Fouad, A., Bazzi, L., and Outzoughit, A. (2013). Corrosion Behaviour of Tinplate in Synthetic Industrial Water. *International Journal of Electrochemical Science* 8, 7842-7852.
- Adejo, S.O., Yiase, S.G., Ahile, U.J., Tyohemba, T.G., and Gbertyo, J.A. (2013). Inhibitory Effect and Adsorption Parameters of Extract of Leaves of *Portulaca oleracea* of Aluminium in H_2SO_4 Solution. *Scholars Research Library* 5 (1), 25-32.
- Agarwal, P., and Landolt, D. (2011). Corrosion Inhibitors. *Corros. Sci.* 673–691.
- Arenas, M.A., Conde, A., and de Damborenea, J.J. (2002). Cerium: A Suitable Green Corrosion Inhibitor for Tinplate. *Corros. Sci.* 44, 511–520.
- Bammou, L., M. Mihit, R., Salghi, A. Bouyanzer, S.S., Al-Deyab, L. Bazzi, B., and Hammouti. (2011). Inhibition Effect of Natural Artemisia Oils Towards Tinplate Corrosion in HCl Solution. *Chemical Characterization and Electrochemical Study* 6, 1454 – 1467.
- Bastidas, J.M., Cabañes, J.M., Catalá, R., (1997). Evaluation of Prolonged Exposure of Lacquered Tinplate Cans to a Citrate Buffer Solution using Electrochemical Techniques. *Prog. Org. Coat.* 30, 9–14.
- Bentiss, F., Lagrenée, M., Mernari, B., Bouanis, M., and Traisnel, M (2002). Study of the Mechanism and Inhibiting Efficiency of

3,5-is(4-methylthiophenyl)-4H-1,2,4-triazole on Mildsteel Corrosion in Acidic Media. *Corrosion Science* 44 (3), 573-88.

Bruice, P.Y. (2001). *Organic Chemistry*. Prentice Hall, New Jersey.

Cicek, V., and Numan, B.A. (2011). *Corrosion Chemistry*. John Wiley and Sons, Canada.

Dada, A.O., Olalekan, A.P., and Olatunya, A.M. Langmuir, Freundlich, Temkin and Dubinin–Radushkevich. (2000). Isotherms Studies of Equilibrium Sorption of Zn^{2+} Unto Phosphoric Acid Modified Rice Husk. *International Journal of Applied Chemistry* 3 (1), 38-45.

Davis, J.R., (2000). *Corrosion: Understanding the Basics*. ASM International.

Dariva, G., and Galio. (2014). Principles, Mechanism, and Applications of Corrosion Inhibitor. *International Journal of Development of Corrosion Protection*.

Firdausi, S., dan Harmami. (2014). Optimasi Waktu dan Potensial dalam Pelapisan Kitosan pada Tin plate secara Elektroforesis. *Sains Dan Seni POMITS* 1, 1–5.

Galic, K., Mirjana, P., and Nada, C., (1994). The Effect of Inhibitors on the Corrosion of Tin in Sodium Chloride Solution. *Fac. Food Technol. Biotechnol.* 36, 785–795.

Handayani, M., dan Sulistiyono, E. (2009). Uji Persamaan Langmuir dan Freundlich pada Penyerapan Limbah Chrom (VI) oleh Zeolit. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir, 130-136. Bandung: PT. NBR. BATAN.

Havada, Z.Z., dan Sulistijono. (2013). Pengaruh Penambahan Ekstrak Tanaman (*Phyllanthus amarus*, *Aloe vera*) sebagai

Inhibitor pada Korosi Mild Steel dalam Media 0.1 M H_2SO_4 .
Tek. POMITS, 1–5.

Hoang, H. (2007). *Electrochemical Synthesis of Novel Polyaniline Montmorillonite*. McGraw-Hill.

Huang, X., Feng-Jun L., Ying M., Yu C., Zhao Z., and Jian-Qing Z. (2014). Effects of Reflowing Temperature and Ime on Alloy Layer of Tinsplate and Its Electrochemical Behavior in 3.5% NaCl Solution.

Jafarian, M., Gobal, F., Danaee, I., Biabani, R., and Mahjani, M.G. (2008). Electrochemical Studies of the Pitting Corrosion of Tin in Citric Acid Solution Containing Cl^- . *Electrochimica Acta* 53, 4528–4536.

Jones, D.A. (1992). *Principles and Prevention of Corrosion*. Macmillan Publisher Company.

Kalirajan, K., Petchiammal, A., P. Deepa Rani, S., and Selvaraj. (2012). Influence Of Hibiscus Esculenta Leaves on the Corrosion of Stainless Steel in acid medium. *Research Journal of Chemical Sciences* 2231 606X.

Kundari, N.A., dan Wiyuniati., (2008). Tinjauan Kesetimbangan Adsorpsi Tembaga dalam Limbah Pencuci PCB dengan Zeolit. *STTN-BATAN Seminar Nasional IV*, 489-496.

Kuznetsov, Y.I. (2002). Current State of the Theory of Metal Corrosion Inhibition. *Prot. Met* 38 (2), 103-111.

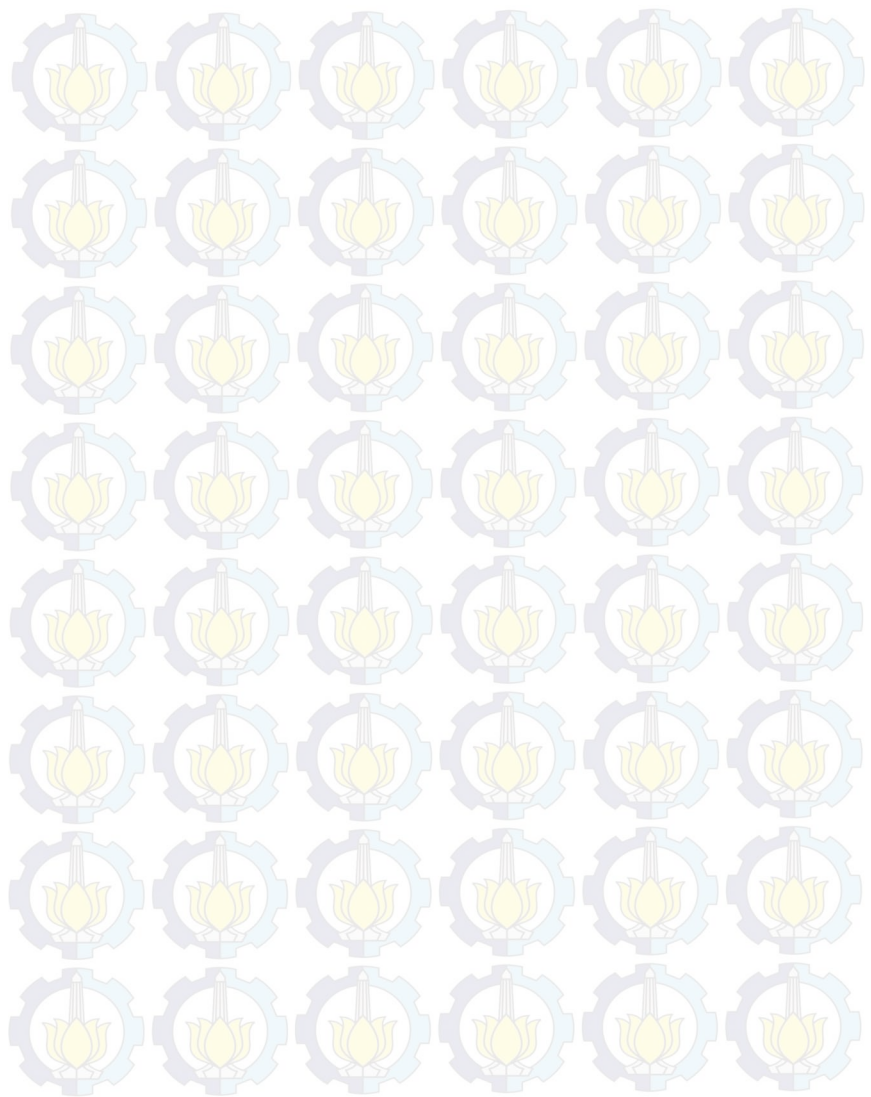
Martins, J.I., (2012). Corrosion Problems in Tinsplate Cans for Storing Contact Glues for Shoes. *Eng. Fail. Anal.* 26, 258–265.

Ninčević Grassino, A., Grabarić, Z., Pezzani, A., Fasanaro, G., and Lo Voi, A. (2009). Influence of Essential Onion Oil on Tin and

- Chromium Dissolution from Tinfoil. *Food Chem. Toxicol.* 47, 1556–1561.
- Odewunmi, N.A., Umoren, S.A., and Gasem, Z.M., (2015a). Utilization of Watermelon Rind Extract as a Green Corrosion Inhibitor for Mild Steel in Acidic Media. *J. Ind. Eng. Chem.* 21, 239–247.
- Odewunmi, N.A., Umoren, S.A., and Gasem, Z.M., (2015b). Watermelon Waste Products as Green Corrosion Inhibitors for Mild Steel in HCl Solution. *J. Environ. Chem. Eng.* 3, 286–296.
- Odewunmi, N.A., Umoren, S.A., Gasem, Z.M., Ganiyu, S.A., and Muhammad, Q. (2015). L-Citrulline: An Active Corrosion Inhibitor Component of Watermelon Rind Extract for Mild Steel in HCl Medium. *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.* 51, 177–185.
- Perez, Nestor. (2004). *Electrochemistry and Corrosion Science*. Kluwer Academic Publisher.
- Petchiammal, A., Deepa Rani P., Selvaraj, S., and Kalirajan, K., (2012). Corrosion Protection of Zinc in Natural Sea Water using Citrullus Vulgaris Peel as an Inhibitor 2 (4), 24–34.
- Radojčić, I., Berković, K., Kovač, S., and Vorkapić-Furač, J., (2008). Natural Honey and Black Radish Juice as Tin Corrosion Inhibitors. *Corros. Sci.* 50, 1498–1504.
- Stupnisek, E., A. Gazioda, and M. Madzarac. (2002). Evaluation of Non-Toxic Corrosion Inhibitors for Copper in Sulphuric Acid. *Electrochim. Acta.* 47.4189-4194.
- Sukreni, T., (2002). Kinetika Pertukaran Ion Pb dan Ni pada Zeolit, Tesis. Universitas Gajah Mada.
- Uhlig, H. (2008). *Corrosion and Corrosion Control*. John Wiley and Sons Inc.

- Wani, A.A., Dalbir Singh Sogi, Preeti Singh, Uma Shankar Shivhare. (2011). Characterization and Functional Properties of Watermelon (*Citrullus lanatus*) Seed Protein Isolates and Salt Assisted Protein Concentrates. *Food Sci Biotechnol* 20, 877–887.
- Xia, D., Song, S., Wang, J., Bi, H., Jiang, Y., Han, Z. (2012). Corrosion Behavior of Tinplate in NaCl Solution. *Trans. Nonferrous Met. Soc. China* 22, 717–724.
- Yao C., Zhewen H., Bing L., Dahai X., Jihui W., Jiangbo S., Zhiming G. (2012). Corrosion Mechanism Differences of Tinplate in Aerated and Deaerated Citric Acid Solution.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Gresik, 15 Juli 1994 dengan nama lengkap Dian Anjani Khoirunnisaa⁷. Pendidikan formal yang telah ditempuh oleh penulis, yaitu di SD Negeri 1 Banyulegi, SMP Negeri 1 Dawarblandong dan SMA Negeri 2 Mojokerto. Penulis di terima di jurusan Kimia ITS Surabaya pada tahun 2012 melalui jalur SNMPTN tulis, dan terdaftar dengan NRP. 1412 100 068.

Di Jurusan Kimia ini, Penulis mengambil bidang minat Instrumentasi dan Sains Analitik dibawah bimbingan Dra. Harmami, MS. Penulis pernah aktif dalam Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMKA) dan Unit Kegiatan Mahasiswa Kopma Dr. Angka ITS, serta pernah menjadi perwakilan ITS dalam Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional 27 Semarang kategori Program Kreativitas Mahasiswa Kewirausahaan. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail diananjani15@gmail.com.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

