



SKRIPSI - SK091304

OPTIMASI WAKTU DAN POTENSIAL DALAM PELAPISAN KITOSAN PADA *TIN PLATE* SECARA ELEKTROFORESIS

SORAYA FIRDAUSI
NRP 1410 100 001

Pembimbing
Dra. Harmami, MS

JURUSAN KIMIA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2014



SCRIPT - SK091304

TIME AND POTENTIAL OPTIMATION OF CHITOSAN COATING ON TIN PLATE BY ELECTROPHORESIS

SORAYA FIRDAUSI
NRP 1410 100 001

Supervisor
Dra. Harmami, MS

DEPARTMENT OF CHEMISTRY
Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2014

OPTIMASI WAKTU DAN POTENSIAL DALAM PELAPISAN KITOSAN PADA *TIN PLATE* SECARA ELEKTROFORESIS

Nama Mahasiswa : Soraya Firdausi
NRP : 1410100001
Jurusan : Kimia FMIPA-ITS
Pembimbing : Dra. Harmami, MS

Abstrak

Pelapisan kitosan pada *Tin plate* secara elektroforesis telah diteliti. Kualitas hasil pelapisan dikaji dari homogenitas ketebalan lapisan kitosan dan ketahanan korosinya dalam media 3% NaCl. Ketebalan lapisan kitosan pada *Tin plate* mengalami peningkatan dan penurunan dengan variasi lamanya waktu dan pemberian potensial pada proses elektroforesis. Pelapisan kitosan pada variasi waktu 10 menit dengan potensial 2,5 Volt menghasilkan ketebalan lapisan kitosan yang terbaik yaitu $64,80 \pm 5,15 \mu\text{m}$ dan mampu menurunkan laju korosi *Tin plate* dari $6,1172 \mu\text{A}$ menjadi $1,7980 \mu\text{A}$.

Kata kunci: Elektroforesis, Kitosan, *Tin plate*.

TIME AND POTENTIAL OPTIMATION OF CHITOSAN COATING ON TIN PLATE BY ELECTROPHORESIS

Student's Name : Soraya Firdausi
NRP : 1410100001
Department : Chemistry, Faculty of
Mathematics and Science-ITS
Supervisor : Dra. Harmami, MS.

Abstract

Chitosan coating on Tin plate by electrophoresis has been investigated. The coating quality was tested by homogeneity analysis and corrosion resistance ability in 3% NaCl. Chitosan coating yield showed increasing and decreasing by variation of time and potential. The best time and potential variation in 10 minutes and 2,5 Volt which reduce the corrosion rate from 6,1172 μA to 1,7980 μA .

Key word : Electrophoresis, Chitosan, *Tin plate*.

**OPTIMASI WAKTU DAN POTENSIAL DALAM
PELAPISAN KITOSAN PADA *TIN PLATE* SECARA
ELEKTROFORESIS**

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:

SORAYA FIRDAUSI

NRP. 1410 100 001

JURUSAN KIMIA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2014

LEMBAR PENGESAHAN
OPTIMASI WAKTU DAN POTENSIAL DALAM
PELAPISAN KITOSAN PADA *TIN PLATE* SECARA
ELEKTROFORESIS

SKRIPSI

Disusun Oleh :

SORAYA FIRDAUSI
NRP. 1410 100 001

Surabaya, 5 Agustus 2014

Menyetujui,

Dosen Pembimbing,



Dra. Harmami, MS
NIP. 19611216 198803 2 002

Mengetahui :
Ketua Jurusan Kimia,



Hamzah Fansuri, M.Si, Ph.D
NIP. 19691017 199412 1 001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan dengan baik naskah Tugas Akhir yang berjudul **”Optimasi Waktu dan Potensial dalam Pelapisan KITOSAN pada Tin plate Secara Elektroforesis”**. Tulisan ini tidak akan terwujud tanpa bantuan, dukungan, doa serta dorongan semangat dari semua pihak. Untuk itu penulis sangat berterima kasih kepada:

1. Dra. Harmami, MS selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama proses penyusunan naskah Tugas Akhir ini.
2. Hamzah Fansuri, M.Si, Ph.D selaku Ketua Jurusan Kimia atas fasilitas yang telah diberikan hingga naskah Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
3. Dr.rer.nat Fredy Kurniawan, M.Si selaku Kepala Laboratorium Instrumentasi dan Sains Analitik yang telah membantu secara administrasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Semua pihak yang telah membantu yang tidak mungkin saya sebutkan 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, 5 Agustus 2014

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	3
1.3 Tujuan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1 <i>Tin plate</i> /Pelat timah	5
2.2 Pelapisan pada <i>Tin plate</i>	6
2.2.1 Pengertian	6
2.2.2 Metode-metode Pelapisan	7
2.2.3 Kitosan sebagai Pelapis	9
2.3 Korosi	12
2.3.1 Pengertian	12
2.3.2 Korosi pada <i>Tin plate</i>	13
2.3.3 Kinetika Korosi	16
2.4 Karakterisasi	17
2.4.1 Pengukuran Ketebalan Lapisan	17
2.4.2 Pengukuran Laju Korosi	18
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 Preparasi Spesimen <i>Tin plate</i>	21
3.2.2 Pembuatan Larutan 1% Asam Asetat (V/V)	21
3.2.3 Pembuatan Larutan 0,3% Kitosan (W/V)	22
3.2.4 Pembuatan Larutan 3% NaCl (V/V)	22
3.2.5 Metode <i>Coating Tin plate</i>	22
3.2.6 Metode Uji Ketebalan Lapisan Kitosan	22
3.2.7 Metode Polarisasi Potensiodinamik	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Pengaruh Variasi Waktu Elektroforesis terhadap Homogenitas Ketebalan Lapisan	26
4.2 Pengaruh Variasi Potensial terhadap Homogenitas Ketebalan Lapisan	27
4.3 Pengaruh Variasi Waktu Elektroforesis terhadap Laju Korosi	29
4.4 Pengaruh Variasi Potensial terhadap Laju Korosi	33
BAB V KESIMPULAN	39
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Susunan kandungan <i>Tin plate</i>	6
Gambar 2.2	Ilustrasi proses Elektroforesis (a) Katodik Elektroforesis (b) Anodik Elektroforesis	9
Gambar 2.3	Struktur Kitosan	9
Gambar 2.4	Contoh Korosi Sumur	14
Gambar 2.5	Proses Korosi pada <i>Tin plate</i>	15
Gambar 2.6	Minitest 600 Microprocessor Coating Thickness Gauge	18
Gambar 4.1	Kurva Polarisasi <i>Tin Plate</i> dengan Variasi Waktu Elektroforesis	29
Gambar 4.2	Korosi <i>Pitting Tin plate</i> dengan Variasi Waktu Elektroforesis (a) 10 menit; (b) 20 menit; (c) 30 menit; (d) 40 menit; (e) 50 menit	31
Gambar 4.3	Kurva Polarisasi <i>Tin plate</i> dengan Variasi Potensial	34
Gambar 4.4	Korosi <i>Pitting Tin plate</i> dengan Variasi Potensial (a) 2,5 Volt; (b) 5 Volt; (c) 7,5 Volt; (d) 10 Volt	35

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Ketebalan Lapisan Kitosan pada Variasi Waktu Elektroforesis	26
Tabel 4.2	Ketebalan Lapisan Kitosan pada Variasi Potensial	28
Tabel 4.3	Parameter Korosi dalam Larutan 3% NaCl dengan <i>Coating</i> Kitosan pada Variasi Waktu	30
Tabel 4.4	Parameter Korosi dalam Larutan 3% NaCl dengan <i>Coating</i> Kitosan pada Variasi Potensial	34

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berkembangnya teknologi yang semakin hari semakin canggih acapkali menimbulkan dampak positif, namun tidak sedikit pula dampak negatif yang ditimbulkan. Salah satu dampak positif dalam dunia industri yaitu meningkatnya teknologi dalam bidang pengemasan makanan dan minuman yang semakin modern dan praktis. Pengemasan makanan dan minuman saat ini banyak memanfaatkan *Tin plate* atau yang lebih dikenal oleh masyarakat umum dengan istilah kaleng. Penggunaan kaleng *Tin plate* dalam jumlah yang banyak terdapat pada industri pengemasan daging, ikan dan buah (Addi dkk., 2013).

Tin plate atau kaleng pelat timah merupakan salah satu bahan pengemas yang telah digunakan sekitar 80% sebagai bahan alternatif baru yang terdiri dari paduan baja karbon yang berlapis timah murni pada kedua sisinya (Martins, 2012). *Tin plate* terdiri atas lembaran tipis baja karbon yang terlapis oleh timah murni pada kedua sisinya (Che dkk., 2012). *Tin plate* terlapis di kedua sisinya dengan timah murni yang dikombinasikan oleh kekuatan baja (Da-hai dkk., 2012). *Tin plate* termasuk bahan yang tidak homogen dengan struktur yang berlapis yang terdiri dari selapis tipis baja karbon dengan campuran timah murni di kedua sisinya (Mora dkk., 2003). Penggunaan *Tin plate* sebagai bahan pengemas karena penampilannya yang lebih menarik, mengkilat, murah, dan mudah dibentuk. Walaupun pemanfaatannya sebagai pengemas makanan kaleng telah banyak diaplikasikan, tetapi terdapat masalah yang cukup serius selama proses penggunaannya. Salah satu permasalahan tersebut adalah kemungkinan terjadinya korosi sebagai bentuk interaksi antara

kemasan dengan produk pangan di dalam kemasan (Da Hai dkk., 2012; Sutrisno, 2013) yang memicu permasalahan lain berupa kerusakan pada bagian segel kemasan dan perubahan warna produk di dalam kemasan (Che dkk., 2012). Pencegahan korosi yang umum dilakukan adalah pemberian pelapis yang disebut dengan enamel. Enamel yang banyak digunakan berupa epoksi-fenolik, vinil, phenolic lacquers, butadiena, dan acrylic atau dengan penambahan inhibitor (Sutrisno, 2013). Salah satu penggunaan inhibitor ramah lingkungan pencegah korosi adalah kitosan. Kitosan akan bekerja dengan cara mengadsorp permukaan logam sehingga dapat menghalangi terjadinya interaksi langsung antara logam dan produk di dalam kemasan. Kitosan juga digunakan sebagai bahan pelapis organik *Tin plate* yang ramah lingkungan, tidak beracun dan ekonomis. Kitosan merupakan polisakarida alami yang dapat ditemukan pada cangkang dari golongan *Crustacea* seperti udang, kepiting, kulit ari serangga dan dinding sel dari fungi. Kitosan termasuk produk N-terdeasetil kitin dan kemampuannya yang tinggi dalam membentuk lapisan film, aktivitas antimikroba, biodegradabilitas, dan biokompatibilitas membuatnya semakin diminati penggunaannya di dalam industri. Kitosan mirip dengan selulosa dan terklasifikasi sebagai poliamina linear (Senel dkk., 2004).

Penelitian mengenai penggunaan kitosan sebagai bahan pelapis organik yang ramah lingkungan telah dilakukan oleh Gebhardt dkk (2012) pada stainless steel AISI 316 L yang menunjukkan bahwa pelapisan dengan kitosan memberikan banyak keuntungan diantaranya mampu mencegah terjadinya proses *pitting* atau korosi sumur serta menurunkan nilai potensial korosi dan densitas arus korosi. Stainless steel yang tidak terlapsi kitosan memiliki i_{corr} sebesar $1,03 \times 10^{-7}$ A/cm², sedangkan stainless steel yang terlapsi kitosan mampu menurunkan nilai i_{corr} menjadi $5,6 \times 10^{-8}$ A/cm². Metode pelapisan yang digunakan oleh Gebhardt yaitu dengan metode

elektroforesis. Penelitian lain mengenai penggunaan kitosan sebagai pelapis juga dilakukan oleh Kumar dkk (2006) yaitu dengan memodifikasi struktur kitosan dengan campuran epoxy dan vanadate yang diaplikasikan pada paduan Aluminium 2024 T3, dimana kitosan mengandung gugus hidroksil dan amina yang sangat reaktif dan dapat membentuk kompleks dengan ion logam pada permukaan Aluminium. Penelitiannya menunjukkan bahwa hasil dari uji EIS pada sampel terlapis kitosan termodifikasi memiliki daya tahan korosi yang lebih baik dengan nilai impedansi yang paling tinggi daripada sampel yang tidak terlapis. Penelitian lain yang memanfaatkan biopolimer alami kitosan sebagai bahan pelapis anti korosi dilakukan oleh Mehdipour dkk pada tahun 2012. Mehdipour menggunakan metode pelapisan yang sama dengan Gebhardt dkk (2012) yaitu metode elektroforesis. Berdasarkan kurva polarisasi dari stainless steel 316 L terlapis dan tidak terlapis kitosan menunjukkan bahwa pelapisan kitosan pada sampel mampu menurunkan densitas arus korosi hingga 52% yaitu dari $6,97 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ menjadi $3,3 \mu\text{A}/\text{cm}^2$.

Metode elektroforesis dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya waktu elektroforesis, pemberian potensial, konsentrasi suspensi, dan konduktivitas substrat (Besra dkk., 2007). Pengaruh waktu elektroforesis berhubungan dengan banyaknya jumlah molekul kitosan yang akan terdeposit, sedangkan variasi potensial berpengaruh terhadap kecepatan gerakan molekul kitosan. Pada penelitian ini dilakukan *coating* kitosan pada *Tin plate* secara elektroforesis dengan variasi waktu dan pemberian potensial.

1.2 Permasalahan

Permasalahan yang terdapat pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh variasi waktu elektroforesis dan potensial terhadap kualitas hasil *coating*.

1.3 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk optimasi waktu dan potensial pada proses elektroforesis sehingga didapatkan kualitas lapisan yang homogen dan tahan terhadap korosi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 *Tin plate*/Pelat timah

Tin plate atau pelat timah merupakan lembaran tipis baja karbon yang terlapisi kedua sisinya dengan timah murni. *Tin plate* merupakan bahan pengemas yang banyak digunakan dalam industri pengalengan makanan seperti daging, ikan dan buah (Addi dkk., 2013). Aplikasi penggunaan pelat timah dalam industri pengalengan sebagai bahan pengemas sekitar 80%. Hal ini karena *Tin plate* memiliki penampilan yang menarik, mengkilat, memiliki ketahanan korosi yang cukup baik, dan mudah dibentuk (Che dkk., 2012). Ketebalan *Tin plate* dapat mencapai 0,25 mm, dimana lapisan timahnya berfungsi sebagai pelindung anoda (Martins dkk., 2012). *Tin plate* terdiri dari baja karbon, dengan ketebalan lembaran tipis baja lunak bervariasi sekitar 0,15-0,5 mm, sedang ketebalan lapisan timahnya sekitar 0,4-2,5 μm pada setiap permukaannya. Kombinasi antara baja dan timah menghasilkan produk dengan kekuatan yang baik, kualitas pembuatan yang sempurna dengan kelenturannya membuat *Tin plate* sebagai bahan yang mudah dibentuk tanpa mengalami keretakan pada bagian permukaannya ((Da-Hai dkk., 2012).

Meskipun memiliki banyak keunggulan, *Tin plate* juga memiliki beberapa kelemahan. Penggunaan *Tin plate* pada industri makanan yang memiliki lapisan timah pada kedua sisi permukaan baja karbon mampu bertindak sebagai agen proteksi korosi, akan tetapi dalam jangka panjang dapat menyebabkan terjadinya korosi, rusaknya segel penutup produk dan terjadinya perubahan warna produk akibat adanya reaksi antara makanan yang mengandung sulfur atau yang lebih dikenal dengan istilah *sulphur staining/feathering*. Disisi

lain, penelitian kandungan jumlah timah pada kemasan kaleng yang digunakan untuk pengemas makanan kaleng dapat berpengaruh pada produk makanan yang dapat mengganggu kesehatan dan keselamatan konsumen (Che dkk., 2012). Secara umum keseluruhan kandungan timah pada *Tin plate* sekitar 1,0-1,25% (Sutrisno, 2013). Susunan *Tin plate* dapat dilihat pada gambar 2.1, pada bagian teratas *Tin plate* terdapat lapisan timah yang melapisi baja karbon.



Gambar 2.1 Susunan Kandungan *Tin plate*

(Da-Hai dkk., 2012)

Pelapisan timah dapat dilakukan dengan cara *hot dipped* yaitu dengan mencelupkan baja karbon ke dalam cairan timah panas. Cara lain yang umum dilakukan adalah dengan elektrolisa (Sutrisno, 2013).

2.2 Pelapisan pada *Tin plate*

2.2.1 Pengertian

Pelapisan merupakan metode pencegahan korosi yang paling mudah dan sederhana dibandingkan dengan metode-metode lainnya. Pelapisan bertujuan untuk mempertahankan dan memelihara penampilan fisik dari suatu logam (Jones, 1991). Pengendalian korosi dapat dilakukan dengan *coating* atau pelapisan, dimana cara ini merupakan cara yang efektif jika ditinjau dari sedikitnya energi yang dibutuhkan serta nilai ekonomisnya (Raj, 2009). Jenis penggunaan metode pengendalian korosi mengacu pada jenis korosinya dan lingkungannya. *Coating* dapat berperan sebagai lapisan penghalang yang membatasi permukaan logam dengan lingkungannya. Disisi lain, penambahan bahan kimia sebagai

inhibitor pada proses *coating* dapat meningkatkan kemampuan proteksi suatu logam terhadap korosi (Gang Hu dkk., 2012).

2.2.2 Metode – metode Pelapisan

a. *Painting*

Pelapisan logam dengan menggunakan cat merupakan metode tertua yang digunakan untuk melindungi logam dari peristiwa korosi. Metode ini sering digunakan karena tidak hanya melindungi logam dari korosi tetapi juga dapat meningkatkan penampilan dari logam yang dilindungi dengan adanya warna dari cat itu sendiri (Trethewey, 1991). Kelebihan metode pengecatan adalah fleksibel, menutupi permukaan logam dengan bentuk geometri yang kompleks. Sedangkan kelemahan metode ini adalah menggunakan pelarut organik dan tahapan yang banyak (Gang Hu dkk., 2012).

b. *Powder Coating*

Pelapisan bubuk diaplikasikan dengan menggunakan *electrostatic powder spraying*. Kelebihan pelapisan dengan teknik ini adalah kecepatan dalam pembentukan lapisan yang dihasilkan dari pelelehan bahan coatingnya, tidak membutuhkan teknik perawatan yang mahal, tidak membutuhkan pelarut, ramah lingkungan, tingkat toksisitas yang rendah, tidak mudah terbakar dan ketebalan lapisan dapat mencapai 100-500 μm . Teknik ini banyak digunakan untuk pengelasan pada pelapisan bagian kelim kaleng. Kelemahan metode ini antara lain penyimpanan bubuk sebagai bahan pelapis harus sangat kering dan tidak boleh lembab sedikitpun, kesulitan dalam mengontrol ketebalan lapisan, kesulitan dalam melapisi area yang ceruk, dan membutuhkan temperatur yang tinggi (Gang Hu dkk., 2012).

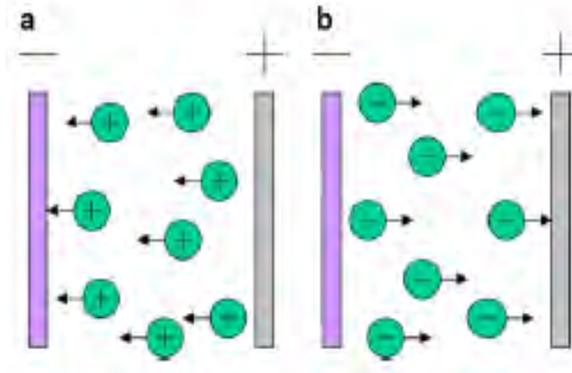
c. **Elektroforesis**

Elektroforesis merupakan metode yang tepat untuk membuat keramik, polimer, endapan, serta meningkatkan tampilan suatu logam. Elektroforesis merupakan metode pembentuk koloid yang membuat suatu partikel memiliki muatan akibat pengaruh aliran listrik yang diberikan (Gebhardt dkk., 2012). Metode ini terbilang cukup sederhana karena dapat dilakukan pada suhu ruangan, ekonomis, peralatan yang dibutuhkan sangat sederhana, prosesnya tidak membutuhkan waktu lama, serta tidak memiliki syarat khusus apakah bahan *coating* yang digunakan berupa bahan organik maupun non-organik (Gang Hu dkk., 2012).

Elektroforesis dibagi menjadi dua jenis berdasarkan pada bagian mana arus tersebut diberikan. Pertama, katodik elektroforesis yaitu ketika partikel bermuatan positif dan endapan terdeposit pada katoda seperti pada Gambar 2.2 (a). Kedua, anodik elektroforesis yaitu ketika partikel bermuatan negatif dan endapan terjadi pada anoda seperti pada ilustrasi Gambar 2.2 (b). Katodik Elektroforesis lebih populer dibandingkan anodik elektroforesis. Kelebihan lain yang dimiliki oleh metode ini antara lain : kemampuan dalam mengontrol ketebalan lapisan endapan, mampu membentuk lapisan kompleks pada permukaan substrat, membutuhkan peralatan yang sederhana, emisi yang dihasilkan kecil dan prosesnya otomatis (Mehdipour dkk., 2012). Walaupun memiliki banyak keunggulan, akan tetapi metode ini juga memiliki beberapa kelemahan diantaranya, harus dilakukan kontrol secara berkala terhadap wadah, larutan, dan aliran listrik, ketebalan lapisan hanya mampu mencapai 15-30 μm , serta lapisan tidak terlalu halus (Gang Hu dkk., 2012).

Proses yang terjadi pada metode elektroforesis yaitu sebanyak dua tahap. Pertama, suspensi partikel akan bermigrasi ke elektroda setelah dialiri aliran listrik. Tahapan kedua adalah partikel tadi akan terdeposit pada elektroda dan

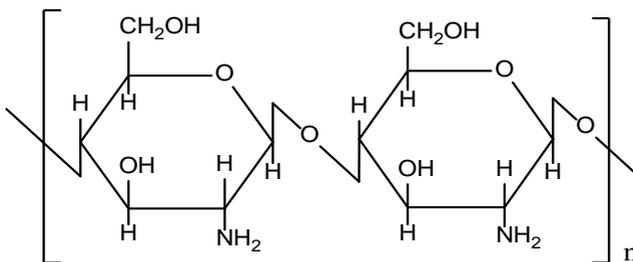
membentuk lapisan film yang tebal dan homogen (Gebhardt dkk., 2012).



Gambar 2.2 Ilustrasi proses Elektroforesis. (a) Katodik Elektroforesis dan (b) Anodik Elektroforesis (Gang Hu dkk., 2012)

2.2.3 Kitosan sebagai Pelapis

Kitosan dengan rumus molekul $(C_6H_{11}NO_4)_n$ diperoleh dari deasetilasi kitin. Kitosan secara alamiah dapat ditemukan pada beberapa organisme laut seperti udang, kepiting dan rajungan. Struktur dari kitosan dapat dilihat pada gambar 2.3 dibawah ini.



Gambar 2.3 Struktur Kitosan

Perkembangan penggunaan kitosan meningkat pada tahun 1940-an terlebih dengan makin diperlukannya bahan alami oleh berbagai industri sekitar tahun 1970-an. Penggunaan kitosan untuk aplikasi khusus seperti farmasi, kesehatan, bidang industri seperti membran, makanan, biokimia, bioteknologi, pangan, pengolahan limbah, kosmetik, agroindustri, perkayuan, polimer dan kertas. Kitosan termasuk produk N-terdeasetil kitin dan kemampuannya dalam membentuk film, aktivitas antimikroba, biodegradabilitas, dan biokompatibilitas membuatnya semakin diminati penggunaannya dalam industri (Senel dkk., 2004). Kitosan merupakan polisakarida alami yang dapat ditemukan pada cangkang dari golongan *Crustacea* seperti udang, kepiting, kulit ari serangga dan dinding sel dari fungi. Kitosan dapat diperoleh dengan menghilangkan asetil dari kitin, akan tetapi untuk mengeliminasi semua asetil tidaklah mudah (Yao dkk., 2012). Kitosan serupa dengan selulosa dan diklasifikasikan sebagai poliamida linear. Kitosan tidak larut pada larutan encer, tetapi dapat larut pada larutan dengan pH kurang dari 6,5 (Kumar dkk., 2006). Kitosan tidak dapat larut dalam air dan dalam pelarut organik. Akan tetapi kitosan terprotonasi dapat terlarut dalam air, air-etaol, campuran air-metanol pada pH rendah (Zhitomirsky dkk., 2007).

Kitosan merupakan salah satu bahan organik yang tidak beracun dan banyak diminati dalam bidang pelapisan. Kemampuan kitosan dapat melekat dengan baik pada permukaan yang memiliki muatan negatif dan dapat secara spontan meng-adsorb permukaan logam atau oksidanya. Kitosan dapat membentuk kompleks dengan ion logam dan membentuk gel dengan polianion. Gugus hidroksil dan gugus amina pada kitosan sangat reaktif. Oleh sebab itu kitosan sangat baik sebagai bahan pembentuk lapisan pada logam (Kumar dkk., 2006).

Penggunaan kitosan sebagai bahan pelapis organik telah banyak dilakukan sebelumnya. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Ahmed dkk (2012) bahwa kitosan dapat digunakan sebagai pelapis organik pada paduan baja lunak dalam media asam sulfat 0,5M. Dimana penggunaan kitosan dengan metode elektroforesis dapat meningkatkan kemampuan perlindungan terhadap paduan baja lunak. Kitosan mampu menurunkan laju korosi paduan baja lunak dalam media 0,5M asam sulfat dengan membentuk lapisan film pada permukaan baja lunak. Pengukuran menggunakan EIS menunjukkan bahwa kitosan memberikan efisiensi impedansi yang baik yaitu sebesar 98,1%. Penelitian lain yang dilakukan oleh Kumar dkk (2006) menyatakan bahwa kitosan yang dicampurkan dengan *epoxy* dan vanadat mampu menurunkan laju korosi pada paduan Aluminium 2024 T3 dengan membentuk lapisan seperti gel pada permukaan Aluminium. Kitosan bekerja maksimum sebagai pencegah korosi pada pH 3-5. Penggunaan kitosan sebagai bahan pelapis organik juga telah dilakukan oleh Gebhardt dkk (2012), dimana spesimen yang digunakan berupa stainless steel. Metode yang digunakan berupa elektroforesis dengan potensial yang diberikan sebesar 2,5 Volt, 5 Volt dan 10 Volt selama 7 menit. Dari kurva polarisasi potensiodinamik dan spektroskopi impedansi elektrokimia, diperoleh hasil bahwa spesimen yang terlapsi dengan kitosan memiliki laju korosi yang lebih kecil yaitu sebesar $5,6 \times 10^{-8}$ A/cm² dibandingkan dengan spesimen yang tidak terlapsi kitosan yaitu sebesar $1,03 \times 10^{-7}$ A/cm². Penelitian lain yang memanfaatkan kitosan sebagai bahan *coating* organik adalah Mehdipour dkk (2012) dengan spesimen berupa stainless steel 316 L berukuran 20 mm x 25 mm. Dari pengujian SEM pada lapisan kitosan yang terbentuk, didapatkan ketebalan lapisan kitosan pada permukaan spesimen sebesar 7 μ m dan memiliki permukaan lapisan yang sangat halus tanpa ada retakan. Kitosan yang

melapisi stainless steel 316 L mampu mereduksi densitas arus korosi hingga 52% yaitu dari $6,97 \mu/\text{cm}^2$ menjadi $3,3 \mu/\text{cm}^2$.

2.3 Korosi

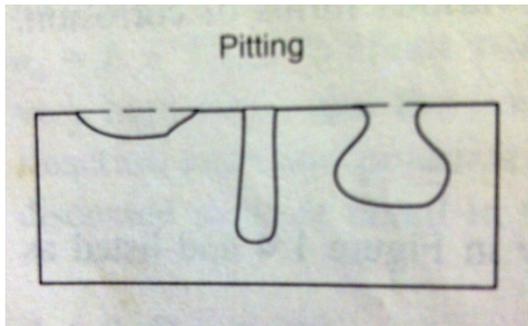
2.3.1 Pengertian

Suatu bahan yang mengandung logam tentu saja berpotensi mengalami korosi baik akibat udara maupun lingkungan yang berair. Korosi logam merupakan masalah yang sangat dihindari oleh industri. Oleh karena itu telah banyak penelitian yang mempelajari bagaimana cara pencegahan dan perlindungan terhadap suatu bahan logam. Ilmu korosi modern mengungkapkan bahwasanya korosi logam merupakan reaksi pasangan elektrokimia yang terdiri dari oksidasi logam dan reduksi oksidan katodik. Teori elektrokimia tidak hanya diaplikasikan untuk korosi basah pada logam di suhu normal tetapi juga korosi kering suatu logam pada temperatur tinggi (Sharma, 2012).

Sebagian masyarakat mengartikan korosi sebagai *karat*, yaitu suatu yang dianggap sebagai musuh yang merugikan bagi manusia. Karat adalah sebutan yang belakangan ini hanya dikhususkan bagi korosi pada besi. Sedangkan korosi merupakan gejala destruktif yang mempengaruhi hampir semua logam (Trethewey, 1991). Dapat dikatakan sebagai korosi jika terjadi kerusakan pada logam yang disebabkan oleh reaksi kimia atau elektrokimia dengan lingkungannya (Supomo, 2003). Korosi juga dapat diartikan sebagai suatu hasil destruktif reaksi kimia antara logam atau paduan logam dengan lingkungannya. Korosi pada logam dibagi menjadi dua kelas yaitu basah dan kering. Pada korosi kering, kerusakan terjadi pada gas atau logam penghubung dan air tidak banyak mempengaruhi reaksi yang terjadi. Sedangkan pada korosi basah, korosi terjadi pada pengubungannya berupa metal atau solution.

Berdasarkan *American Society for Testing and Material's corrosion glossary*, korosi adalah reaksi kimia atau

kurva anodik mengalami transisi aktif-pasif pada penambahan larutan buffer sitrat, larutan Na_2CO_3 , larutan natrium borat, larutan NaOH dan larutan asam sitrat. Akan tetapi proses korosi pada *Tin plate* sangat kompleks meliputi struktur stratifikasi dan heterogenitasnya. Proses korosi pada *Tin plate* bergantung pada beberapa faktor yaitu bahan kalengnya, pelapisan dengan bahan organik alami, enamel, komposisi yang terkandung pada produk, dan media yang digunakan (Addi dkk., 2013). Bentuk korosi yang terjadi pada *Tin plate* adalah korosi sumur atau *pitting corrosion*. Korosi sumur terjadi akibat adanya kerusakan lokal pada permukaan logam yang tidak hanya menghasilkan lubang pada permukaannya saja, tetapi lubang yang cukup dalam seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 berikut ini,

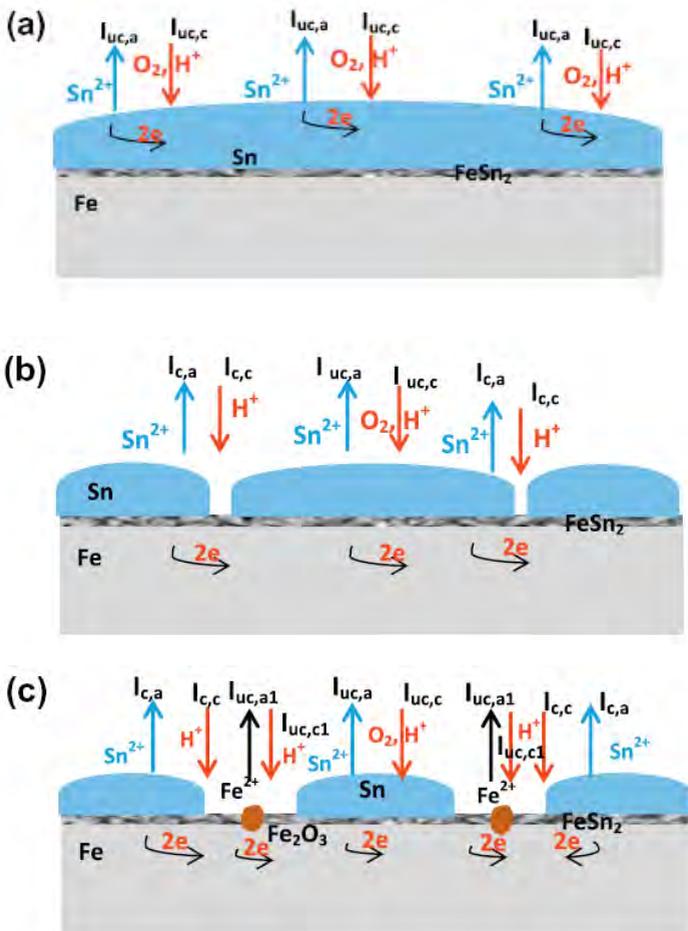


Gambar 2.4 Korosi Sumur

(Shreir dkk., 1995)

Proses tahapan terjadinya korosi pada *Tin plate* dapat dilihat pada Gambar 2.5. Pada media asam, timah akan menjadi pelindung dengan menyediakan dirinya sendiri yang akan terkorosi untuk melindungi substrat baja karbon. Mekanisme proses korosi yang terjadi pada tin plate dalam media NaCl 0,5 M adalah sebanyak dua tahap. Pada Gambar 2.5 (a) merupakan proses ketika oksigen yang berasal dari udara menuju permukaan larutan pada bagian baja karbon.

Akibatnya lapisan paling atas yang merupakan paduan Sn-Fe akan terkelupas dan menimbulkan celah sehingga oksigen semakin leluasa menyerang baja karbon yang ditunjukkan oleh Gambar 2.5 (b) (Martins, 2012).



Gambar 2.5 Proses Korosi pada *Tin plate*

Lapisan Sn-Fe yang ada sangatlah tipis, maka lambat laun baja karbon akan terkorosi juga dengan membentuk korosi sumur seperti pada Gambar 2.5 (c). Karena adanya perbedaan potensial antara timah dan baja karbon serta rusaknya lapisan timah, maka korosi terjadi dengan merusak permukaan *Tin plate* akibatnya semakin banyaknya baja karbon yang terkelupas. Korosi terjadi akibat adanya reaksi pada katodik, dimana oksigen mereduksi lapisan timah yang ada pada permukaan tin plate. Elektron mengalir dari baja karbon menuju bagian permukaan yang kaya akan oksigen, reaksi yang terjadi adalah :

Reaksi anoda :



Reaksi katoda :



(Da-Hai dkk., 2012)

2.3.3 Kinetika Korosi

Kinetika korosi selalu berhubungan dengan laju korosi pada suatu logam atau paduan. Laju korosi dari tiap-tiap logam tidak sama, tergantung pada sifat bahan dan lingkungannya. Dalam suatu reaksi elektrokimia terjadi perpindahan elektron dari reduktor ke oksidator. Aliran elektron diukur sebagai arus (I) dalam ampere dimana satu ampere sama dengan satu coulomb muatan ($6,2 \times 10^{18}$ elektron) per detik. Menurut hukum Faraday :

$$m = \frac{I t a}{n F}$$

dimana :

m = massa logam yang teroksidasi

- I = arus yang digunakan
 t = waktu yang diperlukan
 a = berat molekul
 n = jumlah elektron yang terlibat
 F = bilangan Faraday

Banyaknya massa yang teroksidasi (m) disebabkan oleh reaksi dalam waktu tertentu (t) per satuan luas (A) akan menghasilkan laju korosi (r),

$$r = \frac{m}{tA} = \frac{ia}{nF}$$

Sehingga, laju korosi logam dengan adanya densitas (D) dapat dituliskan menjadi:

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

Atau

$$r = \frac{0,00327 a i}{n D} \quad (\text{dalam mmpy})$$

dimana D dalam g/cm^3 dan 0,129 dan 0,00327 merupakan suatu tetapan atau konstanta (Jones, 1991).

2.4 Karakterisasi

2.4.1 Pengukuran Ketebalan Lapisan

Pengukuran ketebalan lapisan dilakukan dengan menggunakan instrumen Minitest 600 Microprocessor Coating Thickness Gauge seperti yang terlihat pada gambar 2.6. Dimana pada instrumen ini terdapat sensor yang mampu mengukur ketebalan yang dihasilkan. Sebelum diuji ketebalannya, sensor terlebih dahulu mengukur ketebalan *Tin plate* yang tidak dilapisi sebagai data blanko. Selanjutnya sensor akan menghasilkan angka yang tertera pada layar yang menunjukkan ketebalan hasil coating. Pengujian ketebalan

lapisan dilakukan pada lima titik diagonalnya dan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan rata-rata ketebalan dan standar deviasi.



Gambar 2.6 Minitest 600 Microprocessor Coating Thickness Gauge

2.4.2 Pengukuran Laju Korosi

Pengukuran laju korosi dilakukan dengan instrumen autolab Metrohm tipe AUT84948 dengan 3 elektroda. Elektroda acuan adalah elektroda tipe calomel (SCE), elektroda bantu berupa platina dan elektroda kerja adalah spesimen *Tin plate*. Elektroda kerja, elektroda bantu, dan elektroda acuan dirangkai menjadi suatu sel dengan larutan elektrolit berupa media korosi yaitu 3% NaCl baik tanpa dan dengan *coating* kitosan. Sistem yang sudah dirangkai tersebut kemudian dihubungkan dengan potensiostat dan komputer untuk membaca data yang diperoleh. Pengukuran polarisasi

ini dilakukan *scan* dari -400 mV sampai +200 mV dengan *scan rate* 1 mV/s pada suhu kamar.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari neraca analitis, mikroskop optik, Minitest 600 Microprocessor Coating Thickness Gauge, autolab Metrohm tipe AUT84948 dan peralatan gelas yaitu pengaduk magnetik, gelas beaker, gelas ukur, labu ukur, pipet ukur, corong kaca, kaca arloji, cawan petri, botol timbang, spatula, buret, dan erlenmeyer.

3.1.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *Tin plate*, NaCl p.a, Asam asetat glasial, Kitosan *food grade* dengan DD 85% dan akuades.

3.2 Prosedur Kerja

3.2.1 Preparasi Spesimen *Tin plate*

Tin plate dengan ketebalan 0,26 mm dipotong dengan ukuran 4 cmx1 cmx0,26 mm. *Tin plate* selanjutnya dicat dengan aquaprof hingga bagian *Tin plate* tersisa 1x1 cm².

3.2.2 Pembuatan Larutan 1% Asam Asetat (V/\sqrt{V})

Larutan asam asetat dibuat dengan cara melarutkan 1ml asam asetat dengan akuades dalam labu ukur 100 ml hingga tanda batas (Zhang dkk., 2013).

3.2.3 Pembuatan Larutan 0,3% Kitosan (W/V)

Pembuatan larutan kitosan dilakukan dengan cara melarutkan 0,3 gram kitosan dengan 1% asam asetat dalam labu ukur 100 mL hingga tanda batas (Gebhardt dkk., 2012).

3.2.4 Pembuatan Larutan 3% NaCl (W/V)

Larutan NaCl dibuat dengan cara melarutkan 30 gram NaCl dengan akuades dalam labu ukur 1 liter hingga tanda batas.

3.2.5 Metode *Coating Tin plate*

Metode *coating* kitosan pada *Tin plate* dilakukan dengan cara elektroforesis. Jenis elektroforesis yang digunakan adalah katodik elektroforesis. *Tin plate* dengan luas penampang 1cmx1cm dicuci bersih dengan akuades lalu dikeringkan. Selanjutnya *Tin plate* sebagai katoda dan logam Platina sebagai anoda dicelupkan kedalam bak yang telah berisi larutan 0,3% kitosan dan diberi aliran listrik melalui power supply. Variasi waktu yang digunakan yaitu 10-50 menit dengan rentang 10 menit. Dimana potensial yang diberikan sebesar 2,5 Volt. Setelah diketahui waktu optimum, maka dilakukan *coating* untuk variasi potensial 5 Volt, 7,5 Volt dan 10 Volt. Sehingga didapatkan potensial optimum pada waktu optimum.

3.2.6 Metode Uji Ketebalan Lapisan Kitosan

Instrumen yang digunakan berupa Minitest 600 Microprocessor Coating Thickness Gauge. Dimana pada instrumen ini terdapat sensor yang mampu mengukur ketebalan yang dihasilkan. Sebelum diuji ketebalannya, sensor terlebih dahulu mengukur ketebalan tin plate yang tidak dicoating sebagai blanko. Selanjutnya sensor akan menghasilkan angka yang tertera pada layar yang menunjukkan ketebalan hasil *coating*. Uji ketebalan dilakukan

pada lima titik berbeda pada diagonalnya, selanjutnya dilakukan perhitungan rata-rata dan standar deviasi ketebalan yang diperoleh.

3.2.7 Metode Polarisasi Potensiodinamik

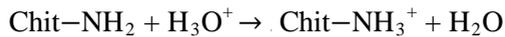
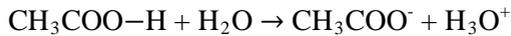
Metode ini dikerjakan dengan autolab Metrohm tipe AUT84948 dengan 3 elektroda. Elektroda acuan adalah elektroda Ag,AgCl, elektroda bantu berupa Platina dan elektroda kerja adalah spesimen *Tin plate*. Elektroda kerja, elektroda bantu, dan elektroda acuan dirangkai menjadi suatu sel dengan larutan elektrolit berupa media korosi yaitu 3% NaCl baik tanpa dan dengan *coating* kitosan. Sistem yang sudah dirangkai tersebut kemudian dihubungkan dengan potensiostat dan komputer. Pengukuran polarisasi ini dilakukan *scan* dari -400 mV sampai +200 mV dengan *scan rate* 1 mV/s pada suhu kamar.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

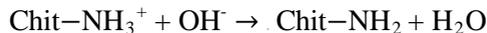
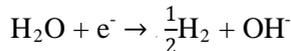
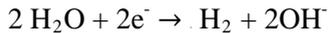
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini tentang optimasi waktu dan potensial dalam pelapisan kitosan pada *Tin plate* secara elektroforesis. Elektroforesis adalah metode dalam pembuatan keramik, polimer, endapan, dan meningkatkan kualitas suatu logam (Gebhardt dkk., 2012). Kitosan dilarutkan dengan 1% asam asetat dan menyebabkan gugus amina pada kitosan mengalami protonasi seperti reaksi berikut :



Pada pH yang rendah, kitosan akan berubah menjadi polielektrolit kationik. Pada proses elektroforesis, arus searah yang diberikan membuat kitosan terprotonasi bergerak menuju permukaan katoda dengan reaksi sebagai berikut :



Kitosan kehilangan muatan positifnya akibat tingginya pH pada daerah katoda karena adanya OH^- yang terbentuk, sehingga terbentuk lapisan kitosan pada permukaan katoda. Reaksi yang terjadi pada anoda adalah sebagai berikut :



4.1 Pengaruh Variasi Waktu Elektroforesis terhadap Homogenitas Ketebalan Lapisan

Coating dilakukan secara elektroforesis dengan variasi waktu 10-50 menit dan rentang waktu 10 menit. Spesimen yang telah dicoating dengan kitosan, diuji ketebalan lapisannya sebanyak lima titik pada bidang diagonalnya, seperti ditunjukkan pada Tabel 4.1. Homogenitas ketebalan lapisan hasil *coating* dapat diketahui dari besar kecilnya simpangan baku dari hasil pengukuran ketebalan.

Tabel 4.1 Ketebalan Lapisan Kitosan pada Variasi Waktu Elektroforesis

Waktu (menit)	Ketebalan (μm)
10	64,80 \pm 5,15
20	56,26 \pm 7,33
30	57,13 \pm 8,07
40	57,86 \pm 10,36
50	60,86 \pm 10,05

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa variasi waktu elektroforesis berpengaruh terhadap homogenitas ketebalan lapisan pada permukaan spesimen, semakin lama waktu yang diberikan, maka semakin tidak merata hasil lapisan yang diperoleh. Semakin lama waktu elektroforesis yang diberikan, semakin besar pula simpangan baku yang didapatkan. Simpangan baku terkecil didapatkan pada variasi 10 menit, sedangkan simpangan baku terbesar didapatkan pada variasi 40 menit. Artinya homogenitas ketebalan terbaik didapatkan pada variasi waktu 10 menit. Secara teori, semakin lama waktu elektroforesis yang diberikan, maka akan berbanding

lurus dengan banyaknya lapisan yang terbentuk. Akan tetapi tidak selamanya dengan memperpanjang waktu elektroforesis dapat menghasilkan lapisan yang semakin tebal. Jika waktu deposisi elektroforesis semakin lama, maka akan menurunkan laju deposisinya karena adanya pembentukan lapisan pembatas yang dihasilkan dari pelapisan itu sendiri yang menghalangi partikel lain menempel pada permukaan spesimen. Didapatkan waktu elektroforesis optimum yang menghasilkan homogenitas ketebalan lapisan terbaik pada variasi waktu 10 menit. Sesuai dengan parameter proses elektroforesis, bahwa semakin lama waktu elektroforesis yang diberikan dengan besar potensial yang tetap, akan mempengaruhi penurunan laju elektroforesis yang berpengaruh dengan semakin tidak meratanya lapisan yang terbentuk (Besra dkk., 2007).

4.2 Pengaruh Variasi Potensial terhadap Homogenitas Ketebalan Lapisan

Setelah diketahui waktu elektroforesis optimum pada variasi 10 menit, maka dilakukan *coating* kitosan dengan variasi potensial. Variasi potensial yang diberikan yaitu 2,5 Volt, 5 Volt, 7,5 Volt dan 10 Volt. Pengujian ketebalan lapisan dilakukan sebanyak lima titik pada bidang diagonalnya. Homogenitas ketebalan lapisan diketahui dari besar kecilnya simpangan baku yang diperoleh dari hasil pengukuran ketebalan. Tabel 4.2 menunjukkan bahwa variasi potensial yang diberikan berpengaruh terhadap homogenitas ketebalan lapisan. Semakin besar potensial yang diberikan, semakin tidak merata ketebalan lapisan yang diperoleh. Simpangan baku tekecil didapatkan pada pemberian potensial sebesar 5 Volt, sedangkan simpangan baku terbesar didapatkan pada pemberian potensial 10 Volt. Maka homogenitas ketebalan terbaik didapatkan ketika pemberian potensial sebesar 5 Volt.

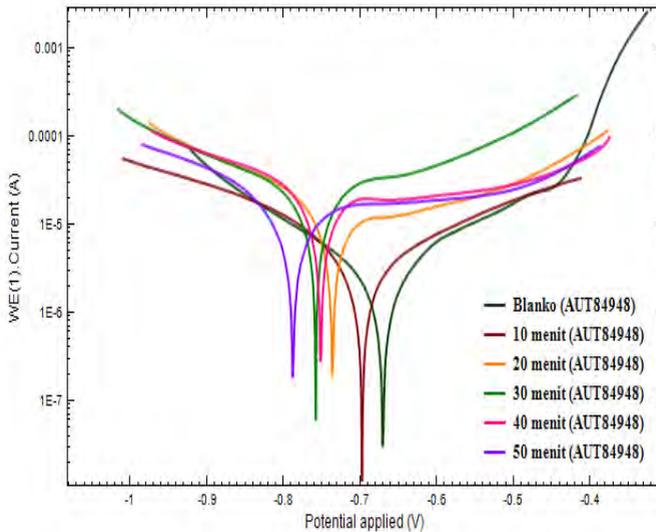
Tabel 4.2 Ketebalan Lapisan Kitosan pada Variasi Potensial

Potensial (Volt)	Ketebalan (μm)
2,5	64,80 \pm 5,15
5	69,00 \pm 3,48
7,5	67,20 \pm 7,69
10	66,47 \pm 10,36

Besra dkk (2007) menjelaskan bahwa formasi pembentukan lapisan pada spesimen dipengaruhi oleh kinetiknya. Hal ini berhubungan dengan laju akumulasi partikel yang akan melapisi permukaan spesimen. Terjadinya gerakan memutar akibat semakin besarnya potensial yang diberikan pada larutan di dalam bak *coating* mempengaruhi proses pelapisan karena terganggu oleh aliran memutar yang terbentuk disekitarnya. Selain itu partikel yang seharusnya mampu melapisi permukaan spesimen dengan sempurna bergerak cukup cepat akibat aliran turbulen yang terjadi, sehingga partikel yang seharusnya menempel pada permukaan spesimen tidak memiliki banyak waktu untuk mendapatkan posisi sempurna untuk membentuk struktur *close-packed*. Pemberian potensial yang semakin tinggi memberikan desakan tekanan yang semakin tinggi pula sehingga mempengaruhi pergerakan dari partikel kitosan. Selain itu, Mehdipour dkk (2012) menjelaskan bahwa semakin tinggi potensial yang diberikan, maka partikel akan bergerak secara berkelompok sehingga akan diperoleh lapisan yang menggumpal/mengumpul pada permukaan spesimen dan hal inilah yang menyebabkan tidak meratanya ketebalan lapisan yang dihasilkan pada pemberian potensial yang semakin besar.

4.3 Pengaruh Variasi Waktu Elektroforesis terhadap Laju Korosi

Pengaruh waktu elektroforesis terhadap laju korosi *Tin plate* diamati dengan metode polarisasi potensiodinamik. Hasil polarisasi katodik dan anodik *Tin plate* baik yang tidak terlapsi dan terlapsi kitosan ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Kurva Polarisation *Tin Plate* dengan Variasi Waktu Elektroforesis

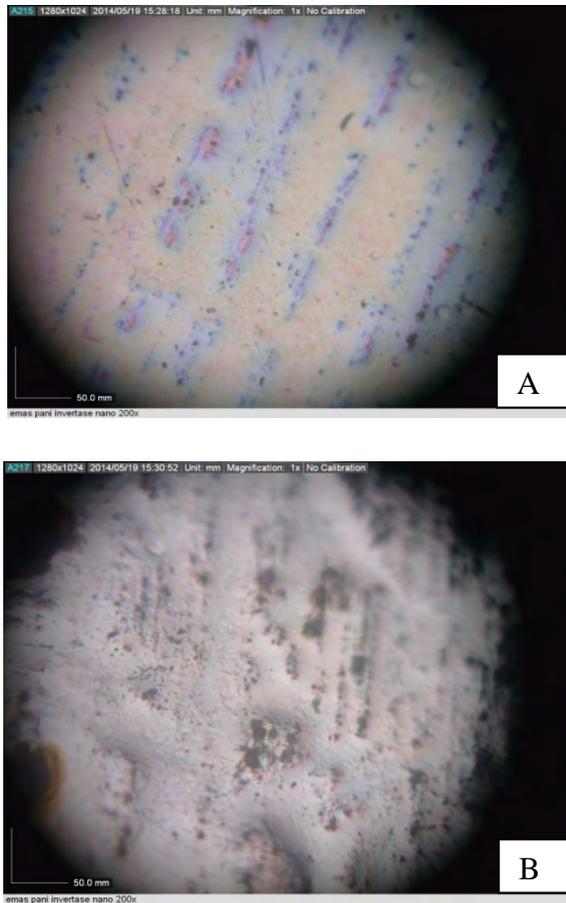
Hasil polarisasi katodik dan anodik *Tin plate* diekstrapolasi sehingga didapatkan parameter korosi berupa arus korosi (I_{kor}) dan potensial korosi (E_{kor}) pada Tabel 4.3. Pelapisan dengan kitosan mampu menurunkan arus korosi (I_{kor}) *Tin plate* dalam media 3% NaCl, semakin lama waktu elektroforesis yang diberikan, semakin besar arus korosi dan potensial korosi yang dihasilkan. Artinya terdapat batasan waktu elektroforesis

optimum guna menghasilkan arus korosi terkecil. Waktu optimum yang menghasilkan arus korosi terkecil yaitu pada variasi 10 menit dengan nilai arus korosi sebesar 1,7980 μA dan potensial korosi sebesar -731,370 mV.

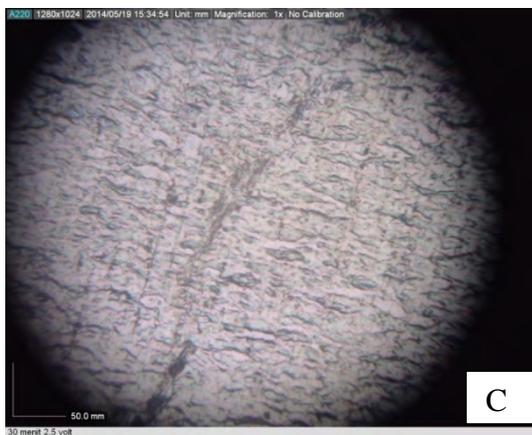
Tabel 4.3 Parameter Korosi dalam Larutan NaCl 3% dengan *Coating* kitosan pada Variasi Waktu

Waktu	I_{kor} (μA)	E_{kor} (mV)
0 menit	6,1172	-670,820
10 menit	1,7980	-731,370
20 menit	3,6312	-757,053
30 menit	5,0506	-773,696
40 menit	5,6884	-775,476
50 menit	5,55976	-770,026

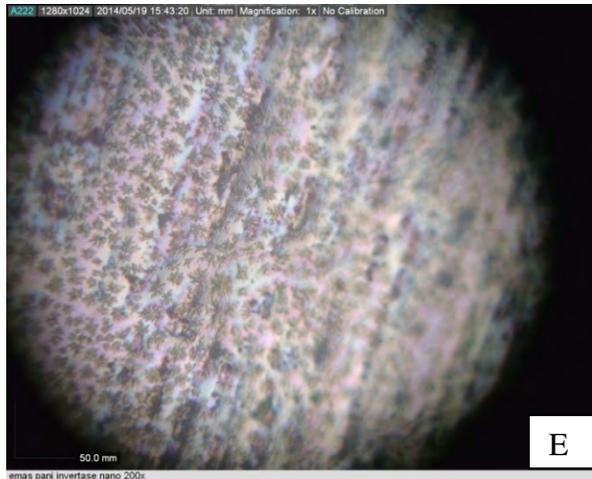
Hal ini diperkuat dengan pengujian permukaan *Tin plate* menggunakan mikroskop optik. Gambar 4.2 menunjukkan terjadinya korosi sumur (*pitting*) pada *Tin plate*, gambar (a) menunjukkan hanya sebagian permukaan *Tin plate* saja yang mengalami korosi sumur, tetapi pada gambar 4.2 (e) terlihat bahwa lubang-lubang kecil yang terjadi semakin luas. Maka semakin lama waktu elektroforesis yang diberikan justru semakin luas permukaan tin plate yang terkorosi. Dari hasil pengujian ketahanan korosi diketahui bahwa lapisan kitosan mampu menurunkan laju korosi *Tin plate* dalam media 3% NaCl sebesar 70,6%.



Gambar 4.2 Korosi *Pitting Tin plate* dengan Variasi Waktu Elektroforesis (a) 10 menit; (b) 20 menit



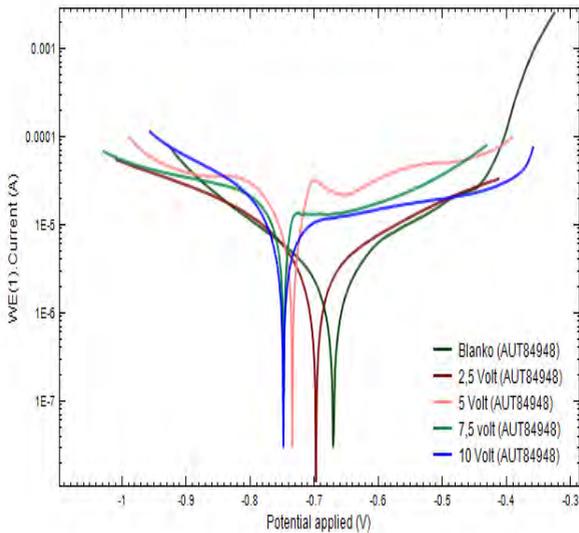
Gambar 4.2 Korosi *Pitting Tin plate* dengan Variasi Waktu Elektroforesis (c) 30 menit; (d) 40 menit



Gambar 4.2 Korosi *Pitting Tin plate* dengan Variasi Waktu Elektroforesis (e) 50 menit

4.4 Pengaruh Variasi Potensial terhadap Laju Korosi

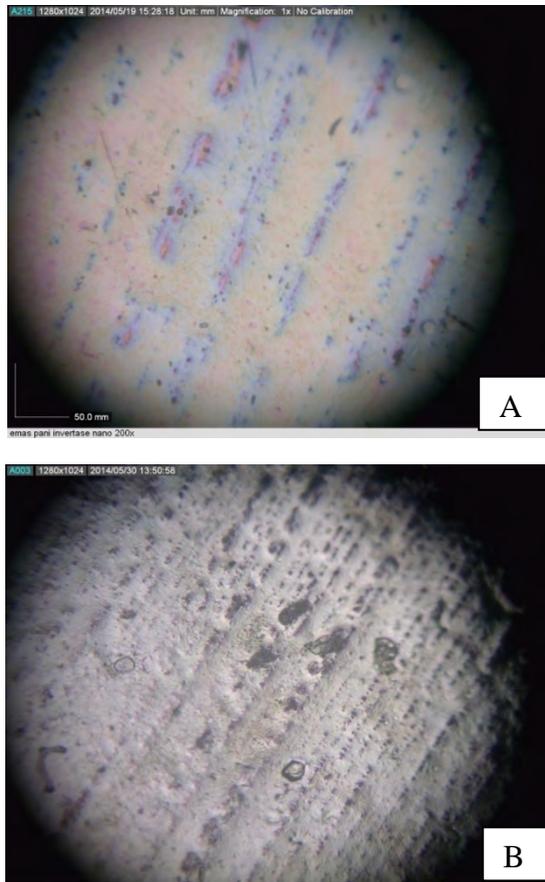
Pengaruh variasi potensial terhadap laju korosi *Tin plate* diamati dengan metode polarisasi potensiodinamik. Hasil polarisasi katodik dan anodik *Tin plate* baik yang tidak terlapis dan terlapis kitosan ditunjukkan pada Gambar 4.3. Hasil polarisasi katodik dan anodik *Tin plate* diekstrapolasi sehingga didapatkan parameter korosi berupa arus korosi (I_{kor}) dan potensial korosi (E_{kor}) pada Tabel 4.4. Pelapisan dengan kitosan mampu menurunkan arus korosi (I_{kor}) *Tin plate* dalam media 3% NaCl, tetapi semakin besar potensial yang diberikan, semakin besar pula arus korosi dan potensial korosi yang dihasilkan. Artinya terdapat batasan pemberian potensial optimum guna menghasilkan arus korosi terkecil. Potensial optimum yang menghasilkan arus korosi terkecil yaitu pada pemberian potensial sebesar 2,5 Volt dengan nilai arus korosi sebesar 1,7980 μ A dan potensial korosi sebesar -731,370 mV.



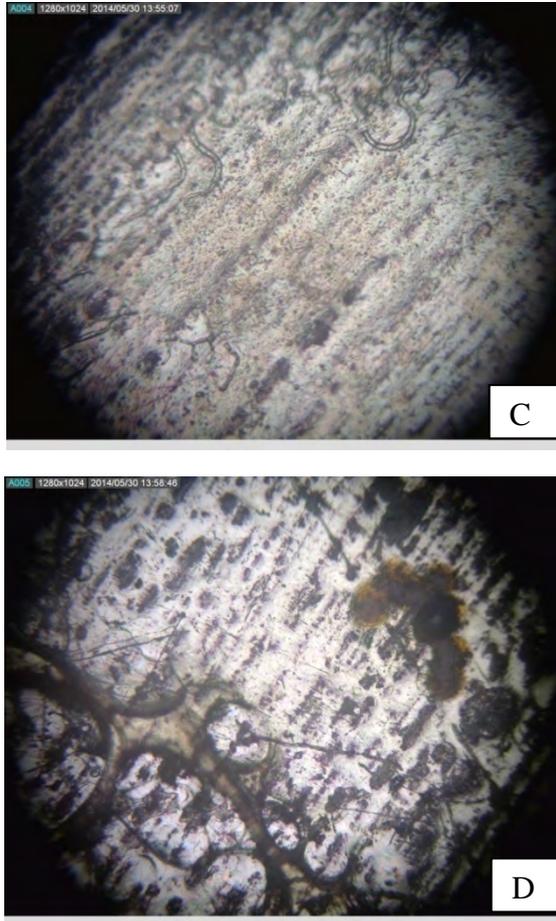
Gambar 4.3 Kurva Polarisasi *Tin plate* dengan Variasi Potensial

Tabel 4.4 Parameter Korosi dalam Larutan NaCl 3% dengan *Coating* Kitosan pada Variasi Potensial

Potensial	I_{kor} (μA)	E_{kor} (mV)
0 Volt	6,1172	-670,820
2,5 Volt	1,7980	-731,370
5 Volt	2,3093	-740,886
7,5 Volt	4,6075	-742,996
10 Volt	18,524	-747,283



Gambar 4.4 Korosi *Pitting Tin plate* dengan Variasi Potensial
(a) 2,5 Volt; (b) 5 Volt



Gambar 4.4 Korosi *Pitting Tin plate* dengan Variasi Potensial (c) 7,5 Volt; (d) 10 Volt

Gambar 4.4 menunjukkan hasil pengujian permukaan *Tin plate* dengan mikroskop optik. Jenis korosi yang terjadi pada *Tin plate* berupa korosi sumur/*pitting*. Semakin besar potensial yang diberikan maka semakin luas korosi sumur

yang terjadi. Gambar 4.4 (a) menunjukkan hanya sebagian permukaan *Tin plate* saja yang mengalami korosi sumur, tetapi pada Gambar 4.4 (d) menunjukkan semakin luasnya korosi sumur yang terjadi pada *Tin plate*. Artinya, pemberian potensial sebesar 2,5 Volt mampu memberikan homogenitas ketebalan lapisan yang baik, sehingga mampu menurunkan laju korosi *Tin plate* dalam media 3% NaCl.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai optimasi waktu dan potensial dalam pelapisan kitosan pada *Tin plate* secara elektroforesis, maka dapat disimpulkan bahwa pelapisan kitosan dengan metode elektroforesis pada *Tin plate* mampu menghasilkan lapisan kitosan yang baik pada variasi waktu optimum 10 menit dan potensial 2,5 Volt dengan ketebalan $64,80 \pm 5,15 \mu\text{m}$ dan mampu menurunkan laju korosi sebesar 70,6%.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah lebih fokus terhadap pengaruh variasi waktu dan variasi potensial dengan rentang yang lebih kecil sehingga dapat diaplikasikan untuk pencegahan korosi *Tin plate* pada dunia industri. Selain itu, perlu dikembangkan penggunaan larutan kitosan dengan berbagai konsentrasi sebagai bahan pelapis *Tin plate*.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, R.A., Farghali, R.A., Fekry, A.M. (2012). Study for the Stability and Corrosion Inhibition of Electrophoretic Deposited Chitosan on Mild Steel Alloy in Acidic Medium. *International Journal of Electrochemical Science* **7**, 7270-7282.
- Addi, E.H., Zaanoun, I., Addi, A.A., Fouad, A., Bazzi, L., Outzoughit, A. (2013). Corrosion Behaviour of Tin plate in Synthetic Industrial Water. *International Journal of Electrochemical Science* **8**, 7842-7852.
- Besra, L., Liu, Me. (2007). A Review on Fundamentals and Applications of Electrophoretic Deposition (EPD). *Progress in Materials Science* **52**, 1-61.
- Che, Y., Han, Z., Luo, B., Xia, D., Shi, J., Gao, Z., Wang, J. (2012). Corrosion Mechanism Differences of Tinplate in Aerated and Deaerated Citric Acid Solution. *International Journal of Electrochemical Science* **7**, 9997-10007.
- Cicek, V., Numan, B.A. (2011). *Corrosion Chemistry*. John Wiley and Sons, Canada.
- Da-hai,X., Shi-Zhe, S., Ji-Hui, W., Hui-Chao, B., Yu-xuan, J., Zhe-wen, H. (2012). Corrosion Behavior of Tin plate in NaCl Solution. *Transactions of Nonferrous Metal Society of China* **22**, 717-724.
- El-Sherbini, F.E., Wahaab, A.S., Deyab, M. (2005). Ethoxylated Fatty Acids as Inhibitors for the Corrosion of Zinc in Acid Media. *Materials Chemistry and Physics* **89**, 183-191.
- Jones, D.A. (1991). *Principles and Prevention of Corrosion*. Macmillan Publishing Company, Canada.

Gang Hu, R., Zhang, S., Fu Bu, J., Jian Lin, C., Ling Song, G. (2012). Recent Progress in Corrosion Protection of Magnesium Alloy by Organic Coatings. *Progress in Organic Coatings* **73**, 129-141.

Gebhardt, F., Seuss, S., Turhan, M.C., Hornberger, H., Virtanen, S., Boccaccini, A.R. (2012). Characterization of Electrophoretic Chitosan Coatings on Stainless Steel. *Material Letters* **66**, 302-304.

Kumar,G., Buchheit, R.G. (2006). Development and Characterization of Corrosion Resistant Coatings using Natural Biopolymer Chitosan. *ECS Transactions* **1**, 101-117.

Martins, J. L. (2012). Corrosion Problems in Tin plate Cans for Storing Contact Glues for Shoes. *Engineering Failure Analysis* **26**, 358-265.

Mehdipour, M., Afshar , A. (2012). A Study of the Electrophoretic Depositon of Bioactive Glass-Chitosan Composite Coating. *Ceramic International* **38**, 471-476.

Mora, N., Cano, E., Polo, J.L., Puente, J.M., Bastidas, J.M. (2013). Corrosion Protection Properties of Cerium Layers Formed on Tin plate. *Corrosion Science* **46**, 563-578.

Raj, B. (2009). *Corrosion Prevention and Controls*. Alpha Science International LTD, Oxford.

Senel, S., McClure, S. J. (2004). Potential Applications of Chitosan in Veterinary Medicine. *Advanced Drug Delivery Reviews* **56**, 1467–1480.

Sharma, K. S. (2012). *Green Corrosion Chemistry and Engineering*. JECRC, Jaipur India.

Shreir, L.L., Jarman, R.A., Burstein, G.T. (1995). *Corrosion Volume 1*. Jordan Hill, Oxford.

Supomo, H. (2003). *Korosi*. Teknik Perkapalan ITS, Surabaya.

Sutrisno. (2013). Kajian Tinning (Sn Plating) dalam Dunia Industri. *Jurnal Foundry* **3**, 1-6.

Threthewey, K.R. (1991). *Korosi Untuk Mahasiswa dan Rekayasawan*. Gramedia, Jakarta.

Yao, K., Li, J., Yao, F., Yin, Y. (2012). *Chitosan – Based Hydrogels Function and Applications*. CRC Press Taylor & Francis Group, Broken Sound Parkway NW, Boca Raton.

Zhang, Y., Wang, M. (2013). Chitosan/Colloid Au Modified Gold Film Microelectrode for Iodide Determination. *International Journal of Electrochemical Science* **8**, 4595-4609.

Zhitomirsky, I., Hashambhoy, A. (2007). Chitosan-Mediated Electrosynthesis of Organic-Inorganic Nanocomposites. *Journal of Materials Processing Technology* **191**, 68-72.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BIODATA PENULIS



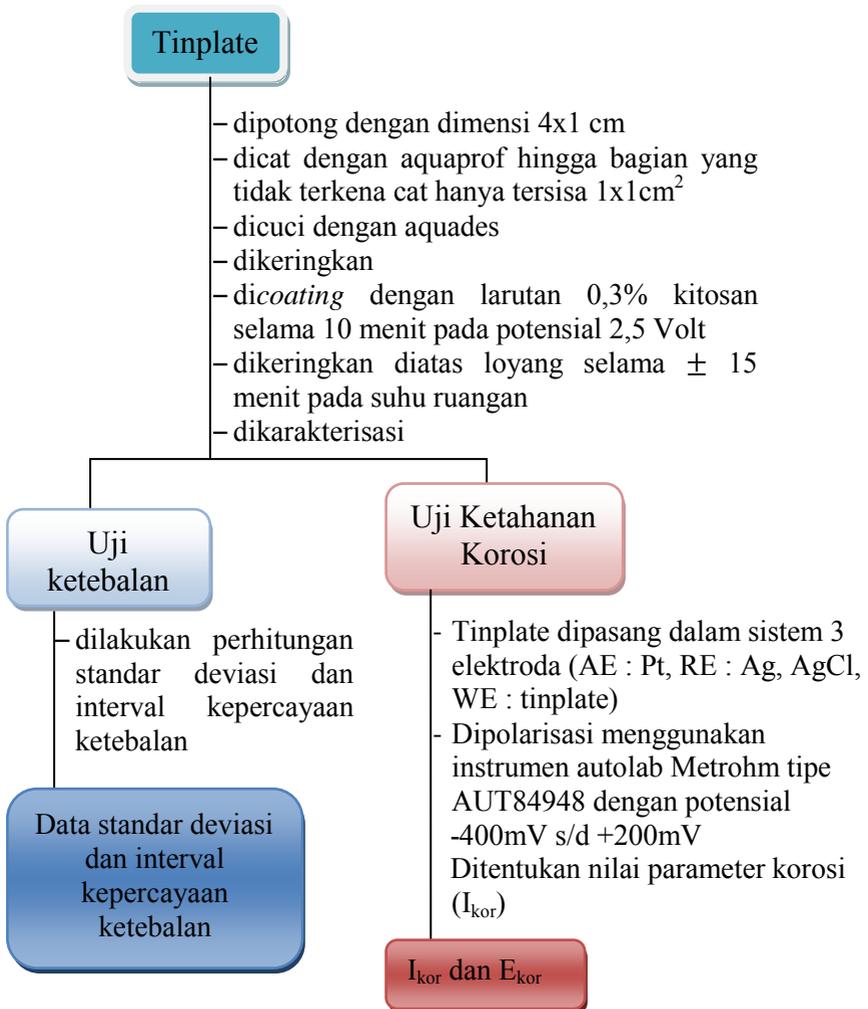
Penulis dilahirkan di Jember, 21 Juli 1991 dengan nama lengkap Soraya Firdausi. Pendidikan formal yang telah ditempuh oleh penulis, yaitu di SD Negeri 1 Besuki, SMP Negeri 1 Situbondo dan SMA Negeri 1 Probolinggo. Setelah lulus dari SMA Negeri 1 Probolinggo, penulis mengikuti PMDK Reguler dan diterima di jurusan Kimia ITS Surabaya pada tahun 2010 dan terdaftar dengan NRP. 1410 100 001. 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) sebagai Kepala Bidang Internal Departemen Hubungan Mahasiswa (2012) serta pernah menjadi asisten praktikum pada kuliah Kimia Dasar I dan Metode Pemisahan dan Pemurnian. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail raya_soraya21@gmail.com.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Skema Kerja	45
Lampiran B	Pembuatan Larutan	47
Lampiran C	Data Pengujian Ketebalan Lapisan	51
Lampiran D	Perhitungan Standart Deviasi dan Interval Kepercayaan	53
Lampiran E	Kurva Polarisasi	57
Lampiran F	Tabel Distribusi Normal Standar	69

LAMPIRAN A
SKEMA KERJA



“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

LAMPIRAN B**PEMBUATAN LARUTAN****A. Pembuatan Larutan 1% Asam Asetat (V/v)*****Teoritis:***

Pembuatan larutan 1% asam asetat, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$1\% \text{ asam asetat} = \frac{1 \text{ ml asam asetat}}{100 \text{ ml larutan}}$$

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$100\% \times V_1 = 1\% \times 100 \text{ ml}$$

$$V_1 = 1 \text{ ml}$$

Praktek:

Larutan asam asetat glasial diambil sebanyak 1 ml, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml dan ditambahkan akuades sampai tanda batas.

B. Pembuatan Larutan 0,3% Kitosan (W/V)

Teoritis:

Pembuatan larutan 0,3% kitosan, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Larutan 0,3\% kitosan} = \frac{0,3 \text{ gram kitosan}}{100 \text{ ml larutan}}$$

Praktek:

Pembuatan larutan 0,3% kitosan dengan melarutkan 0,33 gram Kitosan dengan larutan 1% asam asetat dalam beaker glass sampai larut, kemudian dimasukkan kedalam labu ukur 100 ml dan ditambahkan larutan 1% asam asetat hingga tanda batas, sehingga didapatkan larutan kitosan dengan konsentrasi 0,3% (W/V).

C. Pembuatan Larutan 3% NaCl (W/V)

Teoritis:

Pembuatan larutan 3% NaCl, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Larutan 3\% NaCl} = \frac{3 \text{ gram}}{100 \text{ ml larutan}}$$

$$\text{Larutan 3\% NaCl} = \frac{30 \text{ gram}}{1000 \text{ ml larutan}}$$

Praktek:

Pembuatan larutan 3% NaCl dengan melarutkan 30 gram NaCl dengan akuades dalam beaker glass sampai larut, kemudian dimasukkan kedalam labu ukur 1000 ml dan ditambahkan akuades hingga tanda batas, sehingga didapatkan larutan NaCl sebagai media korosi dengan konsentrasi 3% (W/V).

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

LAMPIRAN C

DATA PENGUJIAN KETEBALAN LAPISAN

Tabel C.1 Hasil Pengujian Ketebalan Lapisan Kitosan dengan Variasi Waktu

waktu	Spesimen	Ketebalan (μm)				
		1	2	3	4	5
10 menit	1	64	66	67	62	60
	2	66	68	68	62	66
	3	64	66	68	61	64
20 menit	1	52	56	63	52	55
	2	55	58	60	55	56
	3	54	52	64	56	56
30 menit	1	50	57	62	50	54
	2	56	59	67	61	56
	3	54	60	60	55	56
40 menit	1	56	59	68	56	57
	2	51	58	67	54	56
	3	51	60	63	54	58
50 menit	1	55	57	67	58	55
	2	57	58	63	68	56
	3	58	69	68	66	58

Tabel C.2 Hasil Pengujian Ketebalan Lapisan Kitosan dengan Variasi potensial

Potensial	Spesimen	Ketebalan (μm)				
		1	2	3	4	5
2,5 Volt	1	64	66	67	62	60
	2	66	68	68	62	66
	3	64	66	68	61	64
5 Volt	1	71	71	70	69	69
	2	69	71	71	66	67
	3	67	71	70	66	67
7,5 Volt	1	64	69	70	62	72
	2	60	63	66	62	61
	3	69	77	74	75	64
10 Volt	1	58	71	71	59	63
	2	64	75	76	65	71
	3	62	63	65	62	72

LAMPIRAN D

PERHITUNGAN STANDART DEVIASI DAN INTERVAL KEPERCAYAAN

Perhitungan Standart Deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \Delta\bar{x})^2}{n-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{32,8}{5-1}}$$

$$S = 2,86$$

(untuk spesimen lain digunakan cara yang sama)

Perhitungan Interval Kepercayaan (μ)

$$\bar{x} - Z_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \sigma_{\bar{x}} < \text{ketebalan} < \bar{x} + Z_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \sigma_{\bar{x}}$$

$$63,8 - (1,96 \cdot 2,86) < \text{ketebalan} < 63,8 + (1,96 \cdot 2,86)$$

$$63,8 - 5,6056 < \text{ketebalan} < 63,8 + 5,6056$$

Maka dapat dikatakan ketebalan lapisan kitosan pada spesimen 1 dengan variasi waktu 10 m enit sebesar $63,8 \pm 5,6056$.

(untuk spesimen lain digunakan cara yang sama)

Tabel D.1 Data Standart Deviasi dan Interval Kepercayaan Ketebalan Lapisan Kitosan pada Variasi Waktu

waktu	Spe- simen	x	\bar{x}	s	\bar{s}	Kete- balan
10 menit	1	63,8	64,8	2,86	2,63	64,8±5,15
	2	66		2,45		
	3	64,6		2,6		
20 menit	1	55,6	56,26	4,5	3,74	56,26±7,33
	2	56,8		2,16		
	3	56,4		4,56		
30 menit	1	54,6	57,13	5,07	4,12	57,13±8,07
	2	59,8		4,54		
	3	57		2,82		
40 menit	1	59,2	57,86	5,07	5,29	57,86±10,36
	2	57,2		6,05		
	3	57,2		4,76		
50 menit	1	58,4	60,86	4,97	5,13	60,86±10,05
	2	60,4		5,02		
	3	63,8		5,4		

Tabel D.1 Data Standart Deviasi dan Interval Kepercayaan Ketebalan Lapisan Kitosan pada Variasi Potensial

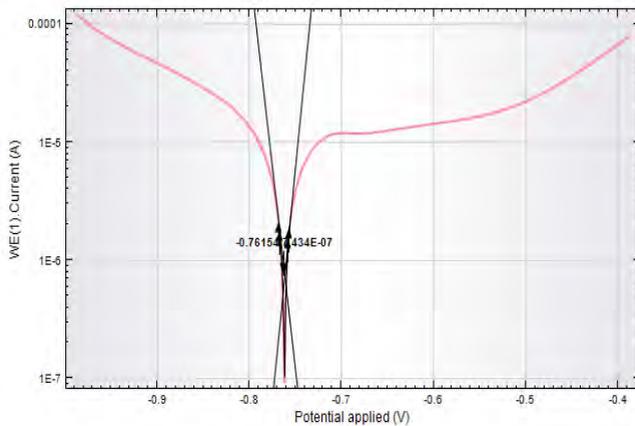
Poten-sial	Spe-simen	x	\bar{x}	s	\bar{s}	Kete-balan
2,5 Volt	1	63,8	64,8	2,86	2,63	64,8±5,15
	2	66		2,45		
	3	64,6		2,6		
5 Volt	1	70	69	1	1,78	69±3,48
	2	68,8		2,2		
	3	68,2		2,16		
7,5 Volt	1	67,4	67,2	4,2	3,92	67,2±7,69
	2	62,4		2,32		
	3	71,8		5,26		
10 Volt	1	64,4	66,46	6,3	5,28	66,47±10,36
	2	70,2		5,54		
	3	64,8		4,02		

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

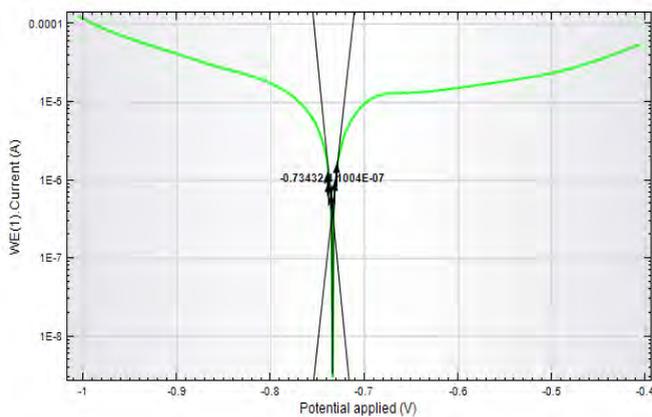
LAMPIRAN E

KURVA POLARISASI

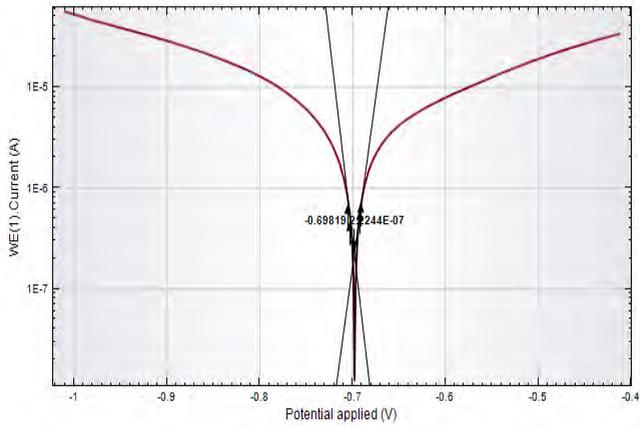
E.1 Variasi Waktu 10 menit dengan Potensial 2,5 Volt



Gambar E.1 Spesimen 1

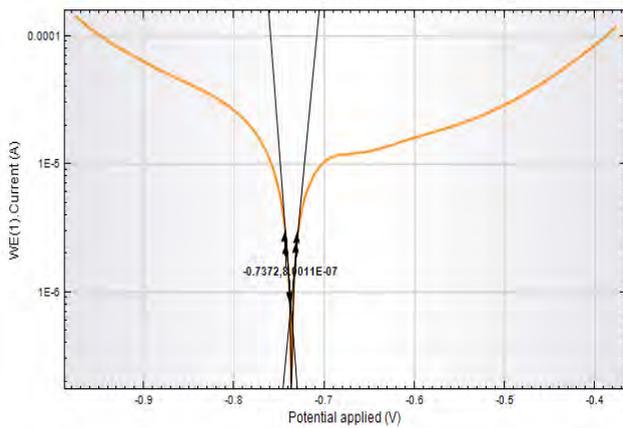


Gambar E.2 Spesimen 2

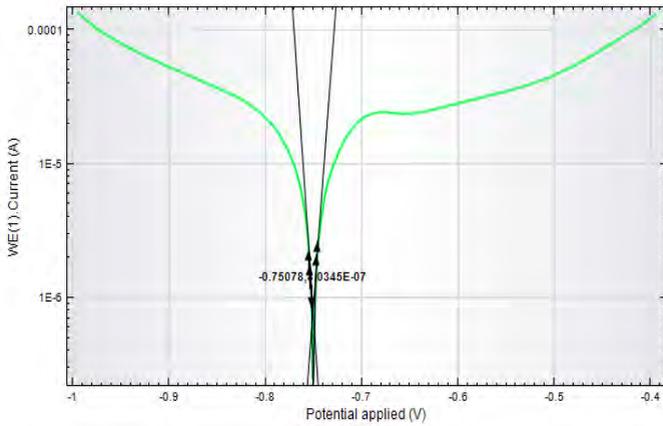


Gambar E.3 Spesimen 3

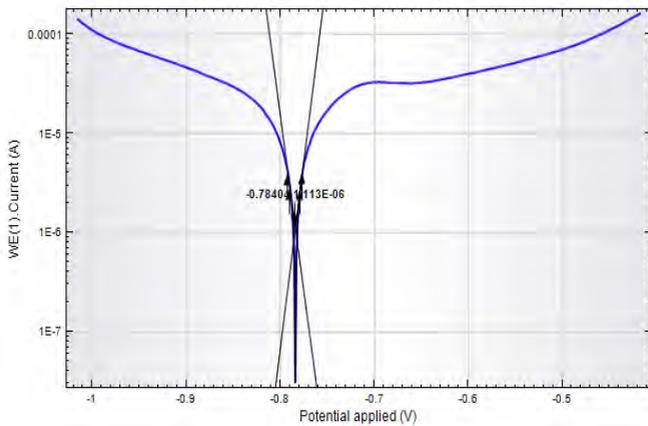
E.2 Variasi Waktu 20 menit dengan Potensial 2,5 Volt



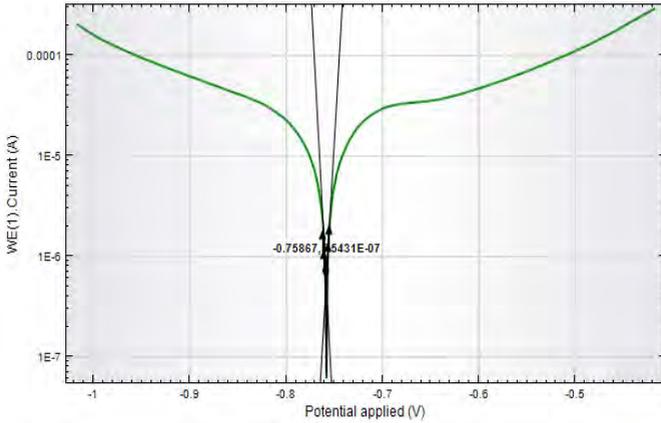
Gambar E.4 Spesimen 1



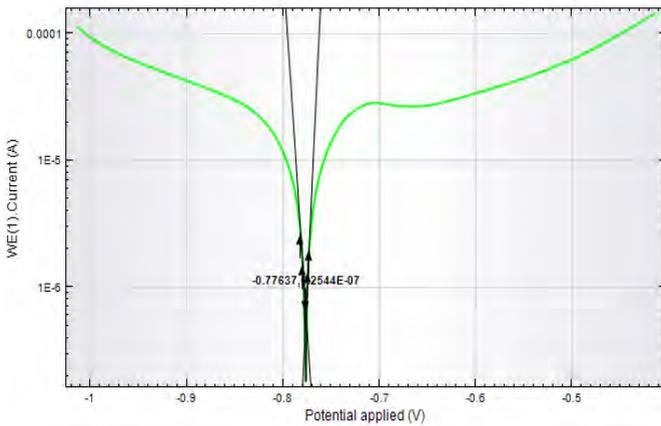
Gambar E.5 Spesimen 2



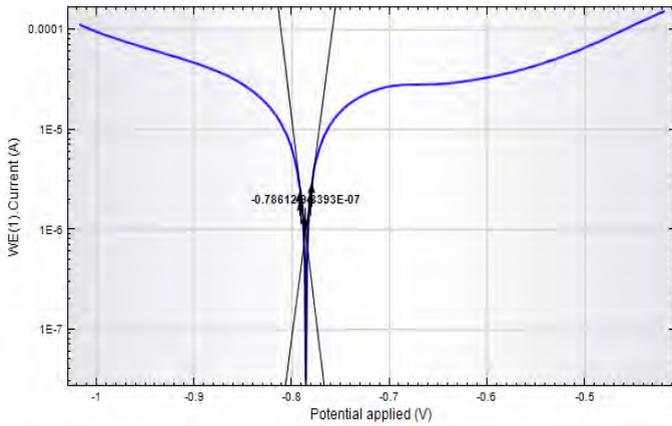
Gambar E.6 Spesimen 3

E.3 Variasi Waktu 30 menit dengan Potensial 2,5 Volt

Gambar E.7 Spesimen 1

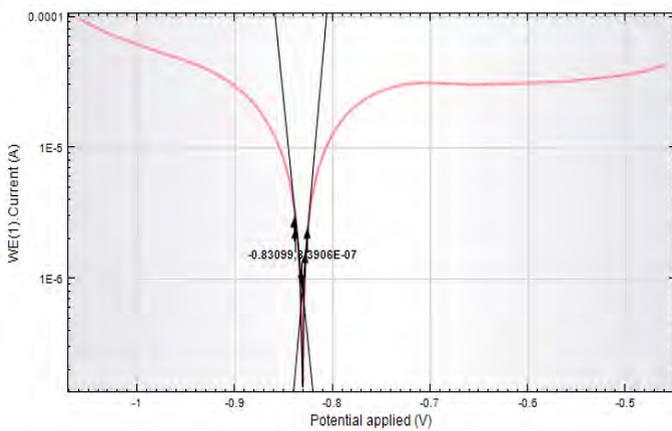


Gambar E.8 Spesimen 2

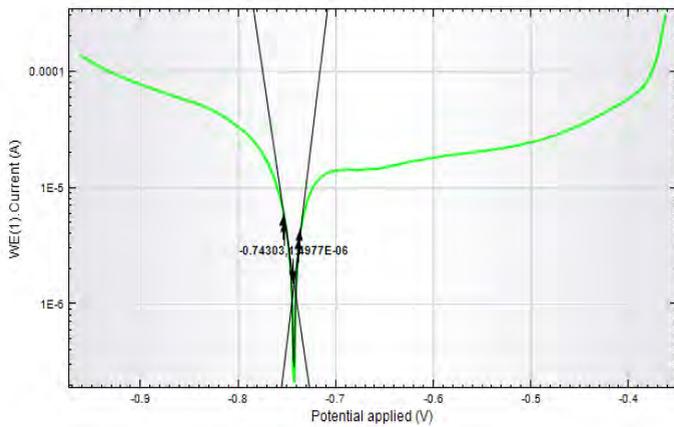


Gambar E.9 Spesimen 3

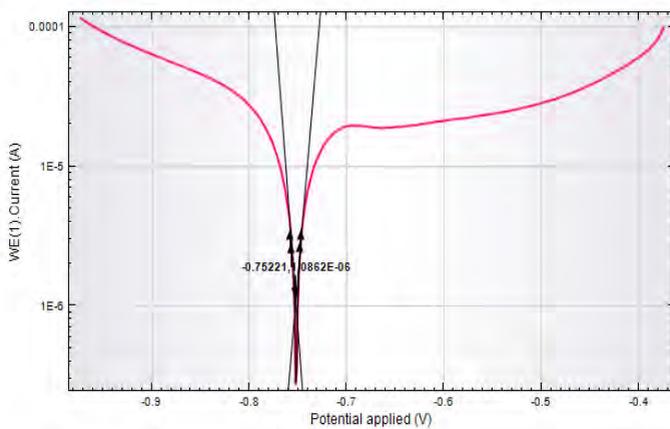
E.4 Variasi Waktu 40 menit dengan Potensial 2,5 Volt



Gambar E.10 Spesimen 1

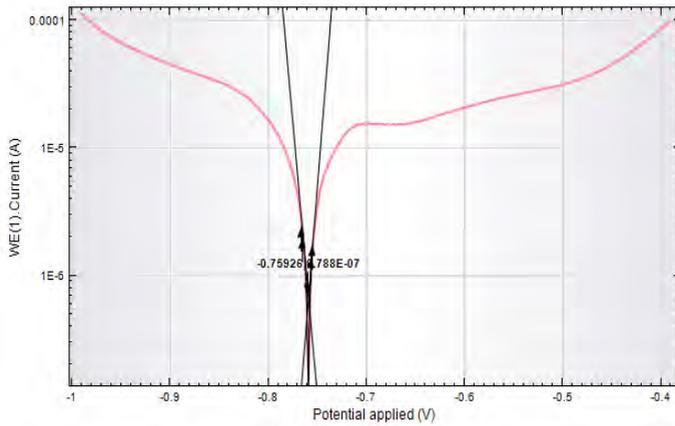


Gambar E.11 Spesimen 2

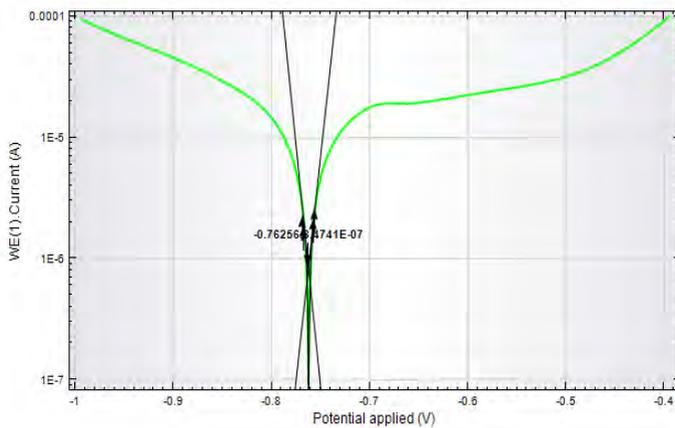


Gambar E.12 Spesimen 3

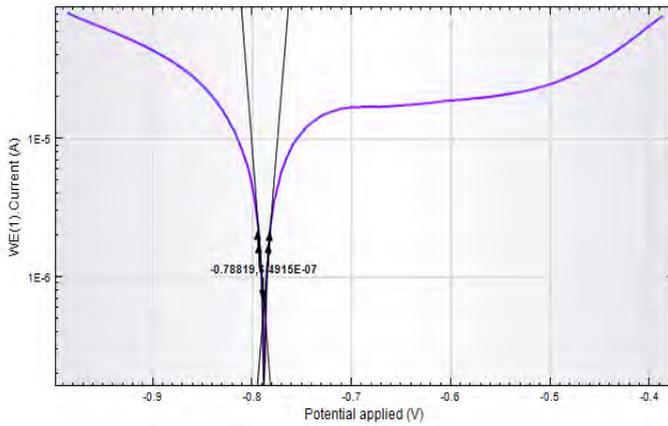
E.5 Variasi Waktu 50 menit dengan Potensial 2,5 Volt



Gambar E.13 Spesimen 1

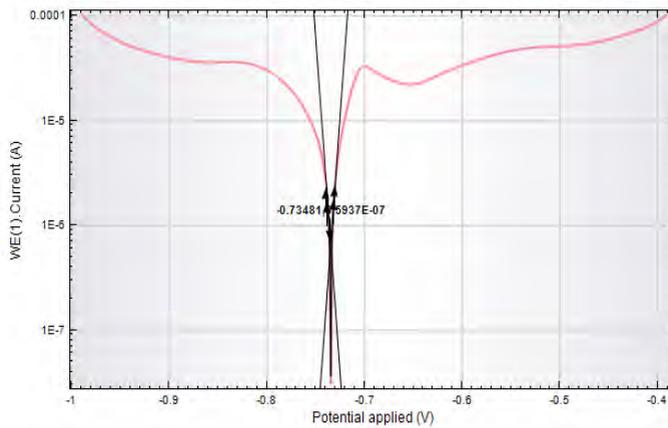


Gambar E.14 Spesimen 2

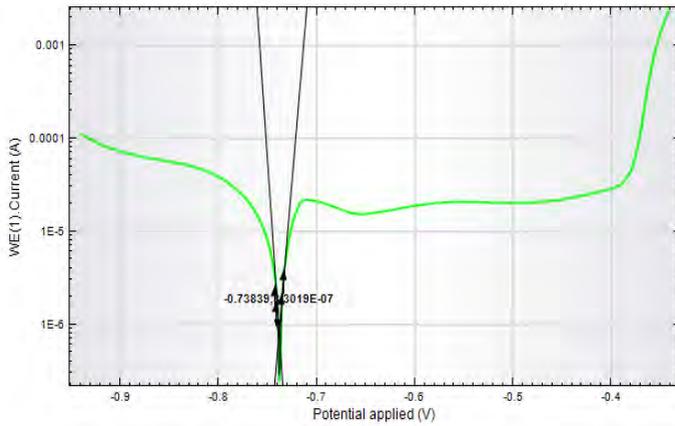


Gambar E.15 Spesimen 3

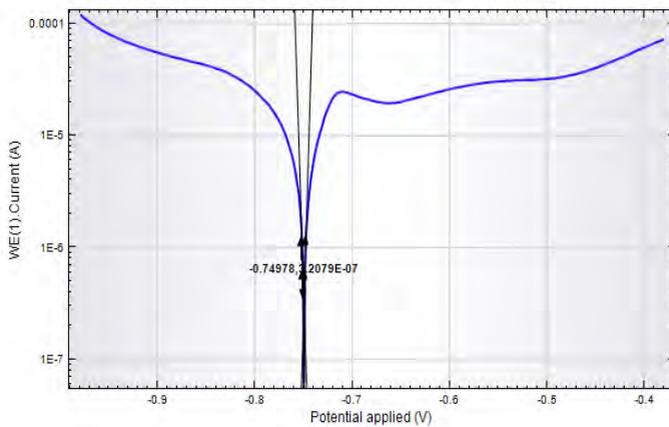
E.5 Variasi Potensial 5 Volt



Gambar E.16 Spesimen 1

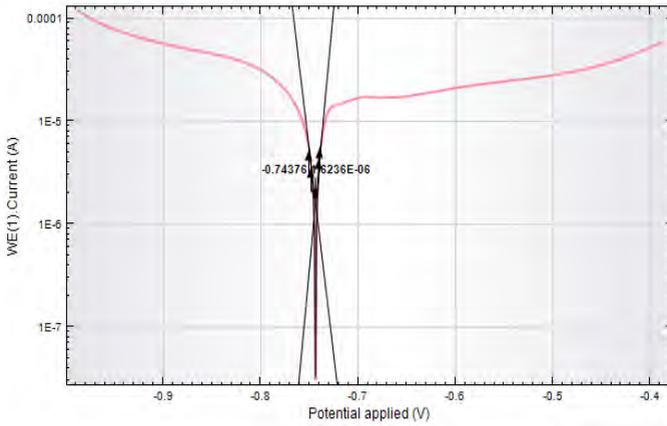


Gambar E.17 Spesimen 2

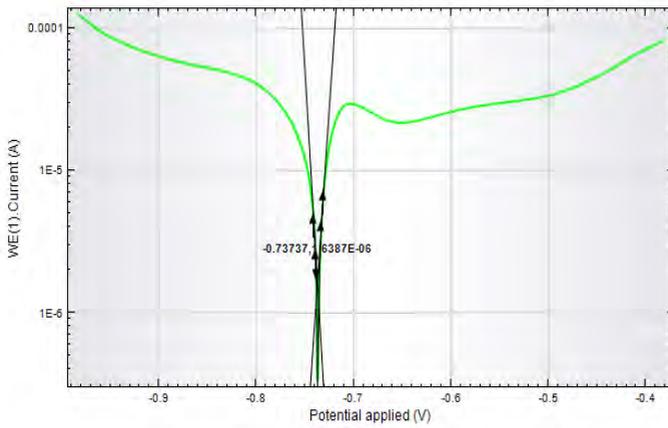


Gambar E.18 Spesimen 3

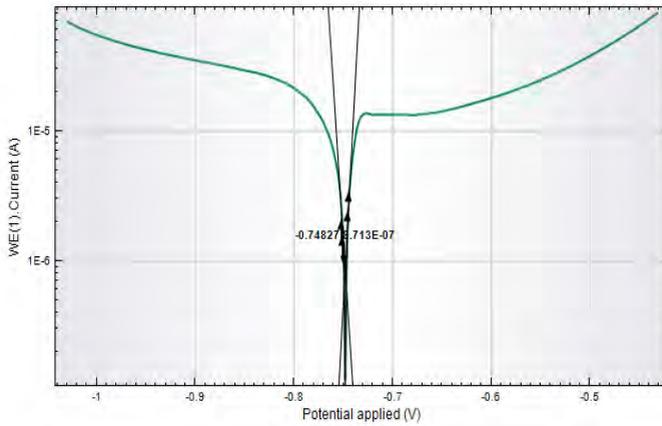
E.6 Variasi Potensial 7,5 Volt



Gambar E.19 Spesimen 1

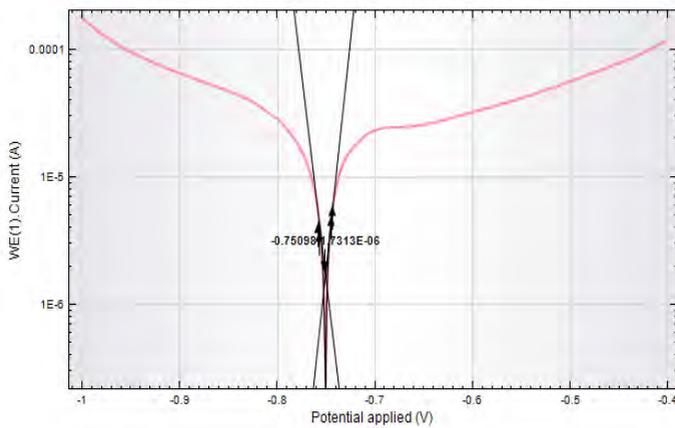


Gambar E.20 Spesimen 2

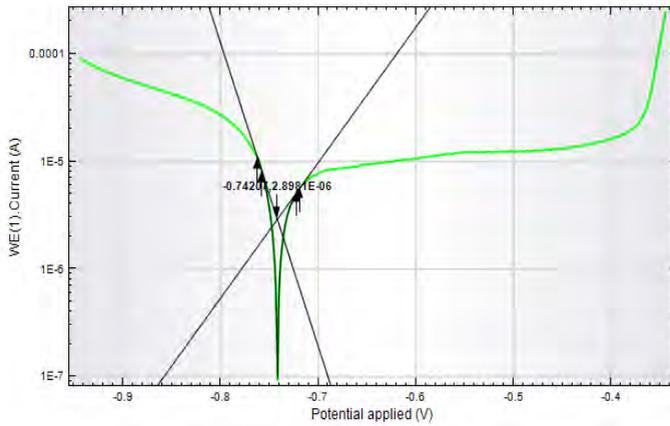


Gambar E.21 Spesimen 3

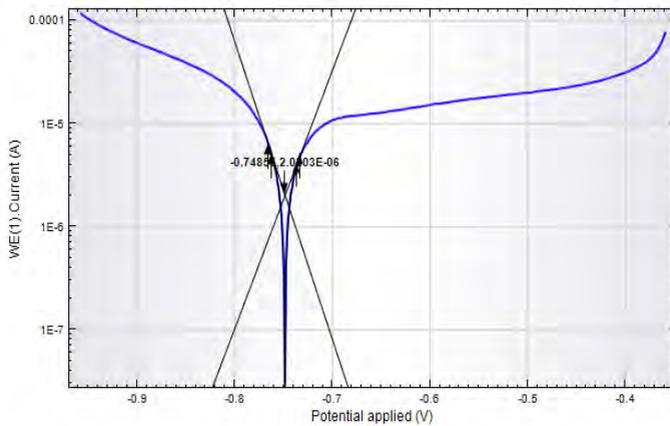
E.7 Variasi Potensial 10 Volt



Gambar E.22 Spesimen 1



Gambar E.23 Spesimen 2

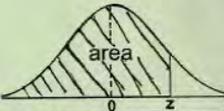


Gambar E.24 Spesimen 3

LAMPIRAN F

TABEL DISTRIBUSI NORMAL STANDAR

TABEL DISTRIBUSI NORMAL STANDAR



z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.00	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.10	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.20	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.30	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.40	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.50	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.60	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.70	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.80	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.90	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.00	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.10	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.20	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.30	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.40	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.50	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.60	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.70	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.80	0.9641	0.9649	0.9655	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.90	0.9713	0.9719	0.9725	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.00	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.10	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.20	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.30	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.40	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.50	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.60	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.70	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.80	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.90	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.00	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.10	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.20	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.30	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.40	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998
3.50	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998

Gambar F.1 Tabel Distribusi Normal Standar

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “