

**PENGARUH JARAK ANODA – KATODA DAN WAKTU
COATING (PELAPISAN) STAINLESS STEEL TIPE 304
DENGAN SILIKA SECARA DEPOSISI ELEKTROFORESIS
UNTUK PERLINDUNGAN KOROSI**

TUGAS SARJANA

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Riau*



OLEH :

RIDHO ARDI PRADANA

14.331.0535

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

2021

HALAMAN PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

PENGARUH JARAK ANODA-KATODA DAN WAKTU
COATING (PELAPISAN) STAINLESS STEEL TIPE 304
DENGAN SILIKA SECARA DEPOSISI ELEKTROFORESIS
UNTUK PERLINDUNGAN KOROSI

Disusun Oleh :

RIDHO ARDI PRADANA

NPM : 143310535

PEKANBARU

Disetujui Oleh :

Dr. DEDIKARNI, S.T., M.Sc
Dosen Pembimbing

Tanggal : 10/07/2021

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PENGARUH JARAK ANODA-KATODA DAN WAKTU
COATING (PELAPISAN) STAINLESS STEEL TIPE 304
DENGAN SILIKA SECARA DEPOSISI ELEKTROFORESIS
UNTUK PERLINDUNGAN KOROSI

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

Disusun Oleh :

RIDHO ARDI PRADANA

NPM : 145310535

PEKANBARU

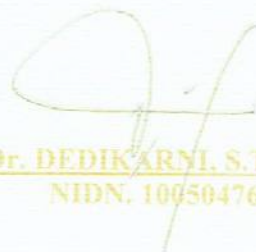
MENGETAHUI

PEMBIMBING

Ketua Prodi Teknik Mesin



JHONNI RAHMAN, B.Eng., M.Eng., PhD
NIDN. 1009038504



Dr. DEDI KARNI, S.T., M.Sc
NIDN. 1005047603

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ridho Ardi Pradana
Tempat/Tgl Lahir : Ladang Darek, 12 Oktober 1996
Alamat : Pangkalan Kerinci
Fakultas : Teknik
Jurusan : Teknik Mesin
Program Studi : Teknik Mesin
Jenjang Pendidikan : Strata-1 (S1)

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang saya tulis adalah benar dan asli hasil dari penelitian yang telah saya lakukan dengan judul **“PENGARUH JARAK ANODA – KATODA DAN WAKTU COATING (PELAPISAN) STAINLESS STEEL TIPE 304 DENGAN SILIKA SECARA DEPOSISI ELEKTROFORESIS UNTUK PERLINDUNGAN KOROSI”**. Apabila dikemudian hari ada yang merasa dirugikan dan atau menuntut karena penelitian ini menggunakan sebagian hasil tulisan atau karya orang lain tanpa mencantumkan nama penulis yang bersangkutan, atau terbukti karya ilmiah ini **bukan** karya saya sendiri atau **plagiat** hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Pekanbaru, 14 Desember 2021
Yang membuat pernyataan,




Ridho Ardi Pradana

Abstrak

Baja mulai menjadi material yang sering digunakan dalam berbagai hal. Baja sendiri memiliki banyak tipe, dan salah satu jenis yang sering digunakan sebagai konstruksi dalam industri adalah *stainless steel* 304 (SS304). Permasalahan yang sering terjadi pada material ini adalah korosi. Dalam menghambat terjadinya korosi ini dilakukan pengendalian dengan cara pelapisan (*coating*). Metode yang digunakan adalah *electrophoretic deposition* (deposisi elektroforesis). Salah satu bahan yang digunakan sebagai alternatif pelapis adalah silika. Silika juga dapat digunakan sebagai bahan isolator karena memiliki nilai konduktivitas termal yang rendah. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pengaruh jarak dan waktu pelapisan silika dengan proses deposisi elektroforesis pada *stainless steel* 304. Penelitian ini menggunakan variasi jarak 5 cm, 8 cm, dan 10 cm serta dengan variasi waktu dalam proses elektroforesis 10 menit, 15 menit, dan 20 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin dekat jarak antar elektroda dan semakin lama waktu proses elektroforesis, maka semakin baik hasil lapisan yang didapatkan. Pertambahan berat *stainless steel* 304 mengalami peningkatan dan penurunan dengan variasi jarak antar elektroda dan lamanya waktu pelapisan. Pelapisan dengan jarak 5 cm dan waktu 20 menit menghasilkan pelapisan silika terbaik yang mampu menjadi isolator dengan nilai konduktivitas termal terendah yaitu 24,11 W/m°C, serta mampu mencegah terjadinya korosi karena mendapatkan nilai laju korosi terendah dengan nilai 0,372 mmpy.

Kata kunci: elektroforesis, silika, *stainless steel* 304, korosi.

Abstract

Steel is starting to become a material that is often used in various ways. Steel itself has many types, and one type that is often used as construction in industry is stainless steel 304 (SS304). The problem that often occurs in this material is corrosion. In inhibiting the occurrence of this corrosion, control is carried out by means of coating (coating). The method used is electrophoretic deposition (electrophoretic deposition). One of the materials used as an alternative coating is silica. Silica can also be used as an insulator because it has a low thermal conductivity value. This study aims to obtain the effect of the distance and time of silica coating with the electrophoretic deposition process on stainless steel 304. This study used variations in distance of 5 cm, 8 cm, and 10 cm as well as with variations in time in the electrophoresis process of 10 minutes, 15 minutes, and 20 minutes. . The results showed that the closer the distance between the electrodes and the longer the electrophoresis process, the better the coating results obtained. The weight gain of stainless steel 304 increases and decreases with variations in the distance between the electrodes and the length of time for coating. Coating with a distance of 5 cm and a time of 20 minutes produces the best silica coating which is able to become an insulator with the lowest thermal conductivity value of 24.11 W/m°C, and is able to prevent corrosion because it gets the lowest corrosion rate value with a value of 0.372 mmpy.

Keywords: electrophoresis, silica, stainless steel 304, corrosion.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamualaikum, Wr.Wb.

Allhamdulillah, Puji dan syukur kehadiran Allah S.W.T yang selalu melimpah kan rahmat dan hidayah-Nya sehingga kita masih diberi kesehatan, kesempatan dan nikmat iman dan islam, agar penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Sarjana ini sesuai dengan penulis harapkan. Tak lupa pula shalawat berangkai salam kita hadiahkan kepada Nabi Muhammad SAW, berkat perjuangannya kita dapat menikmati ilmu pengetahuan hingga saat ini.

Tugas Akhir Sarjana yang berjudul **“PENGARUH JARAK ANODA – KATODA DAN WAKTU COATING (PELAPISAN) STAINLESS STEEL TIPE 304 DENGAN SILIKA SECARA DEPOSISI ELEKTROFORESIS UNTUK PERLINDUNGAN KOROSI”**. Penulisan Tugas Akhir Sarjana ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan kurikulum akademis guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin Universitas Islam Riau. Selain itu penulisan Tugas Akhir Sarjana ini juga bertujuan agar mahasiswa bisa berfikir secara logis dan ilmiah serta bias menuangkan pemikirannya secara sistematis dan terstruktur.

Tugas Akhir Sarjana ini tidak akan terwujud tanpa bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati penulis ucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua Orang tua tercinta yakni Bapak Edi Wandoyo dan Ibu Yeni Artati yang telah memberikan motivasi, semangat, dan dukungan kepada penulis, baik dukungan secara moril maupun materil.
2. Bapak Dr. Eng. Muslim, S.T., M.T., selaku Ketua Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
3. Bapak Jhonni Rahman, B.Eng., M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
4. Bapak Rafil Arizona, S.T., M.Eng., selaku Sekretariat Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
5. Bapak Dr. Dedikarni, S.T., M.Sc. selaku pembimbing skripsi tugas akhir saya.
6. Seluruh Dosen pengajar Prodi Teknik Mesin.
7. Rekan satu angkatan Teknik Mesin 2014, terkhusus kelas C Teknik Mesin 2014 yang tak bisa saya sebutkan satu persatu terimakasih persahabatan dari awal hingga akhir masa perkuliahan (Salam Solidarity Forever).

Semoga apa yang diberikan mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT, Aamiin. Penulis berharap Tugas Akhir Sarjana ini dapat memberikan manfaat dan sumbangan pemikiran khususnya dibidang Teknik Mesin.

Tugas Akhir Sarjana ini belum sepenuhnya sempurna. Oleh karena itu, bila ada kekurangan di dalam Tugas Akhir Sarjana ini dapat menjadi pertimbangan bagi penulis-penulis lain agar menjadi sebuah karya tulis yang lebih baik dan mohon kritik serta saran yang membangun bagi penulis.

Wassalamualaikum, Wr.Wb.



Pekanbaru, 23 November 2021

Penulis

Ridho Ardi Pradana

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standard komposisi kimia SS304, 304L, dan 309	10
Tabel 2.2 Standard kekuatan mekanik SS304 dan SS304L	11
Tabel 2.3 Sifat-sifat fisik SS304	11
Tabel 2.4. Komposisi dan kegunaan berbagai <i>grade waterglass</i>	13
Tabel 2.5. Konstanta perhitungan laju korosi berdasarkan satuannya	23
Tabel 2.6. Perbandingan tingkat klasifikasi laju korosi dengan tingkat ekspresi secara metrik	23
Tabel 3.1 Pertambahan berat pada spesimen setelah proses elektroforesis	47
Tabel 3.2 Data Pengujian Konduktivitas Termal	48
Tabel 3.3 Data hasil perhitungan kehilangan berat setelah perendaman dengan larutan NaCl	49
Tabel 4.1 Analisa pertambahan berat spesimen setelah dicoating dengan metode elektroforesis	52
Tabel 4.2 Data hasil pengujian konduktivitas termal	54
Tabel 4.3 Data hasil perhitungan nilai konduktivitas termal	59
Tabel 4.4 Hasil perhitungan selisih berat spesimen uji yang telah dicoating dan direndam larutan NaCl	61
Tabel 4.5 Nilai laju korosi pada spesimen uji setelah dilakukan perhitungan dengan metode kehilangan berat (<i>weigh loss</i>)	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema pengujian konduktivitas termal	14
Gambar 2.2	Sketsa yang menggambarkan aliran panas konduksi	15
Gambar 2.3	Korosi merata.....	18
Gambar 2.4	Korosi Galvanik.....	18
Gambar 2.5	Korosi Celah.....	19
Gambar 2.6	Korosi Sumuran	19
Gambar 2.7	Korosi Batas Butir	20
Gambar 2.8	<i>Errrosion Corrosion</i>	20
Gambar 2.9	<i>Dealloying corrosion</i>	21
Gambar 2.10	Korosi Mikrobiologis	21
Gambar 2.11	<i>Hydrogen Damage</i>	22
Gambar 2.12	Pergerakan partikel pada proses elektroforesis.....	28
Gambar 2.13	Klasifikasi tangki	31
Gambar 2.14	Jenis-Jenis <i>Fixed Roof Tank</i> : (a) <i>Self Supported Cone Roof</i> , (b) <i>Center Supported Cone Roof</i> , (c) <i>Supported Cone Roof</i> , (d) <i>Externally Supported Cone Roof</i>	33
Gambar 2.15	Tangki <i>Ekternal Floating Roof</i> berjenis <i>Poontoon Roof</i>	35
Gambar 2.16	Tangki <i>Eksternal Floating Roof</i> berjenis <i>Double Deck</i>	35
Gambar 2.17	Tangki <i>Internal Floating Roof</i>	36
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	38
Gambar 3.2	Gelas Ukur	39
Gambar 3.3	Alat Pemotong Baja/Gerinda	39

Gambar 3.4	<i>Hotplate</i>	40
Gambar 3.5	Kain Majun	40
Gambar 3.6	Penggaris.....	40
Gambar 3.7	Sarung Tangan	40
Gambar 3.8	Sendok Pengaduk.....	40
Gambar 3.9	<i>Stopwacth</i>	40
Gambar 3.10	Termometer infrared	41
Gambar 3.11	Timbangan Digital	41
Gambar 3.12	Kertas Amplas	41
Gambar 3.13	<i>Aquades</i>	42
Gambar 3.14	Asam Asetat (CH_3COOH).....	42
Gambar 3.15	Isopropanol	42
Gambar 3.16	Kalium Hidroksida (KOH)	42
Gambar 3.17	Natrium Klorida (NaCl).....	42
Gambar 3.18	<i>Water Glass</i> (Sodium Silikat).....	43
Gambar 3.19	Alumunium.....	43
Gambar 3.20	<i>Stainless Steel 304</i>	43
Gambar 3.21	Rangkaian alat pembuatan sol silika	45
Gambar 3.22	Skematik rangkaian alat deposisi elektroforesis	45
Gambar 3.23	Alat uji konduktivitas termal	47
Gambar 4.1	Spesimen yang dicoating dengan proses elektroforesis.....	51

Gambar 4.2. Grafik penambahan berat spesimen uji.....	52
Gambar 4.3. Grafik nilai konduktivitas termal setiap spesimen uji yang telah dicoating	59
Gambar 4.4. Grafik nilai Laju Korosi Spesimen.....	68



DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II	8
TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Teori Dasar	8
2.2 <i>Stainless Steel</i>	9
2.2.1 <i>Stainless stel 304</i>	10
2.3 Silika	11

2.4	<i>Waterglass</i>	12
2.5	Konduktivitas Termal.....	13
2.6	Korosi	16
2.6.1	Definisi Korosi	16
2.6.2	Jenis-jenis Korosi	17
2.6.3	Laju Korosi	22
2.6.4	Pengendalian Korosi	24
2.7	Elektroforesis	26
2.7.1	Prinsip Kerja Elektroforesis	27
2.7.2	Faktor-faktor yang mempengaruhi Elektroforesis	28
2.8	Klasifikasi Tangki Penyimpanan	31
2.8.1	Menurut internal pressure.....	31
2.8.2	Menurut tipe konstruksi	32
2.8.3	<i>Design dan Code Standard</i>	36
BAB III		37
METODOLOGI		37
3.1	Diagram Alir	37
3.2	Waktu dan Tempat	38
3.3	Alat dan Bahan	38
3.3.1	Alat	38

2.3.2	Bahan	40
3.4	Metode Penelitian.....	42
3.4.1	Preparasi Spesimen Uji	43
3.4.2	Pembuatan Larutan Elektrolit SiO ₂	43
3.4.3	Proses Elektroforesis	44
3.5	Prosedur Pengujian.....	45
3.5.1	Analisa Pertambahan Berat	45
3.5.2	Uji Konduktivitas Termal.....	46
3.5.3	Analisa <i>weight loss</i> (kehilangan berat).....	47
BAB IV		51
Hasil dan Pembahasan		51
4.1	Proses Elektroforesis	51
4.2	Pengaruh Jarak dan Waktu Proses Elektroforesis	52
4.3	Pengujian Konduktivitas Termal.....	54
4.3.1	Perhitungan Nilai Konduktivitas Termal	55
4.4	Perhitungan Laju Korosi	61
4.4.1	Perhitungan Laju Korosi dengan Variasi jarak 5 cm	64
4.4.2	Perhitungan Laju Korosi dengan Variasi jarak 8 cm	66
4.4.3	Perhitungan Laju Korosi dengan Variasi jarak 10 cm	68
4.4.4	Perhitungan Laju Korosi Spesimen tanpa <i>dicoating</i>	69

4.5	Pembahasan	70
4.5.1	Pengaruh jarak dan waktu terhadap pertambahan berat spesimen dalam proses elektroforesis	70
4.5.2	Pengaruh jarak dan waktu terhadap kemampuan spesimen sebagai isolator	70
4.5.3	Pengaruh jarak dan waktu terhadap laju korosi	71
BAB V		72
KESIMPULAN DAN SARAN		72
5.1	Kesimpulan	72
5.2	Saran	72
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejak abad ke-17, mulai banyak ditemukan teknik produksi baja yang lebih efisien. Baja mulai menjadi bahan material yang sering digunakan dalam berbagai hal. Kemudian baja menjadi material utama dalam pembangunan-pembangunan infrastruktur, alat transformasi, persenjataan, dan alat-alat perkakas (Afandi, Y.K., dkk. 2015). Baja sendiri memiliki banyak tipe, dan salah satu jenis yang sering digunakan sebagai konstruksi dalam industri adalah *stainless steel* tipe 304 (SS 304). *Stainless steel* tipe 304 adalah baja tahan karat tipe austenitik yang merupakan paduan besi, 18% Cr, 8,8% Ni dan logam lain dalam jumlah kecil. *Stainless steel* tipe 304 sering digunakan sebagai bahan konstruksi utama dalam beberapa industri, antara lain industri nuklir, petroleum, energi, obat-obatan, industri kimia dan elektrokimia (Fouda, A.S. dan Ellithy, A.S. 2009).

Permasalahan yang sering terjadi pada material baja ini adalah korosi. Korosi ini merupakan lawan utama dari baja itu sendiri. Korosi ialah reaksi elektrokimia antara logam dengan lingkungannya (Riszki, T.I. dan Harmami. 2015). Timbulnya korosi ini akan sangat merugikan karena dapat menimbulkan kerusakan, penurunan penampilan, ongkos *maintenance* membesar, kontaminasi produk, serta keamanan berkurang. Dari beberapa kasus korosi yang telah terjadi, maka diambil salah satu kasus korosi yang terjadi pada *storage tank* (tangki penyimpanan) berbahan *stainless steel* 304. Maka dari itu, penelitian ini bertujuan

untuk menghambat terjadinya korosi pada *storage tank* (tangki penyimpanan) yang digunakan didalam pabrik-pabrik industri.

Proses terkorosinya logam adalah proses yang spontan dan tidak dapat dicegah. Serangan korosi hanya dapat dikendalikan sehingga struktur komponen logam masa pakai yang lebih panjang (Widharto, 1999). Dalam menghambat terjadinya korosi ini dilakukan pengendalian dengan cara pelapisan (*coating*). Metode yang digunakan adalah *electrophoretic deposition* (deposisi elektroforesis) . Deposisi elektroforesis adalah proses pembentukan endapan pada permukaan elektroda melalui perpindahan yang terdispersi dalam larutan menuju permukaan elektroda menggunakan medan listrik (Jonathan, J., dkk., 2006).

Dalam penelitian oleh Castro dkk. (2008) mengenai pelapisan *stainless steel* dengan silika menggunakan sol-gel berbahan TEOS (*tetraethoxysilane*), MTES (*methyltriethoxysilane*) dan *sodium hydroxide* menggunakan *dip coating* dan *electrophoresis deposition* (EDP) menunjukkan bahwa dari segi ketahanan terhadap korosi, pelapisan logam dengan EDP menghasilkan lapisan yang lebih tebal dan padat dengan perlindungan yang lebih baik dibandingkan *dip coating* jika menggunakan sol yang encer dan stabil. Selain itu, beberapa kelebihan metode EDP adalah biaya yang dibutuhkan lebih murah, lebih ramah lingkungan dan laju deposisi lebih cepat (Basra dan Liu, 2007).

Teknik deposisi pada metode ini mempergunakan prinsip pergerakan partikel yang terjadi akibat adanya medan listrik yang diberikan katoda dan anoda (Nuryadi, 2010). Beberapa parameter penting pada metode elektroforesis antara lain ukuran partikel, konstanta dielektrik larutan, kekentalan larutan dan zeta

potensial. Pada metode deposisi elektroforesis tebal tipis lapisan yang terbentuk dapat diatur dengan mengatur tegangan dan waktu deposisi pada saat elektroforesis (Nuryadi, 2010 ; Rahayu S.,dkk. 2012). Pada proses deposisi elektroforesis terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi laju migrasi partikel, yaitu muatan partikel, arus listrik yang digunakan, suhu, dan sifat dari media yang digunakan. Oleh sebab itu, jarak antara anoda dengan katoda serta waktu yang dilakukan pada proses disposisi elektroforesis sangat berpengaruh terhadap proses pelapisan (*coating*).

Salah satu bahan yang digunakan sebagai alternatif pelapis adalah silika. Scott dkk., (1993) menyatakan, karena berpori silika bersifat amorf, mempunyai daya serap tinggi, serta sebagian berada dalam bentuk terhidrat. Silika amorf memiliki densitas yang rendah, luas permukaan yang besar dan porositas yang tinggi. Silika merupakan salah satu material nano porous serta dapat digunakan sebagai bahan isolator. Sato dkk. (2008) mengatakan granula silika aerogel menunjukkan sebuah nilai konduktivitas panas yang rendah, hingga $0,016 \text{ Wm}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{K}^{-1}$ pada kondisi 300°K dan 1 atm. Nilai konduktivitas panas dari material ini lebih rendah daripada konduktivitas panas udara pada kondisi suhu dan tekanan yang sama ($0,026 \text{ Wm}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{K}^{-1}$). Konduktivitas panas dari bubuk silika dapat mencapai nilai $0,002 \text{ Wm}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{K}^{-1}$ di bawah vakum dan $0,027 \text{ Wm}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{K}^{-1}$ pada suhu kamar dan tekanan 1 atm.

Beberapa sifat dari lapisan silika yang mendukung penggunaannya sebagai alternatif pelapis pada permukaan logam adalah daya adhesi yang kuat, sifat penahanan yang baik sehingga memungkinkan untuk menahan difusi uap air, ion-

ion maupun oksigen ke permukaan logam sehingga dapat melindungi logam dari korosi (Suari, 2019). Pelapisan *stainless steel* 304 menggunakan silika dengan variasi jarak dan waktu akan dilakukan pada penelitian ini untuk mengetahui pengaruhnya dalam proses elektroforesis terhadap kualitas *coating* silika pada *stainless steel* tipe 304 yang dilihat dari ketebalan lapisan, nilai konduktivitas termal, dan laju korosi dengan menggunakan media asam sulfat (H_2SO_4).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah pengaruh jarak dan waktu yang digunakan pada proses desposisi elektroforesis terhadap *stainless steel* tipe 304?
2. Bagaimanakah pengaruh jarak dan waktu yang digunakan pada proses desposisi elektroforesis terhadap laju nilai konduktivitas termal pada *stainless steel* tipe 304?
3. Bagaimanakah pengaruh jarak dan waktu yang digunakan pada proses desposisi elektroforesis terhadap laju korosi pada *stainless steel* tipe 304.

1.3 Tujuan Penelitian.

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan pengaruh jarak dan waktu yang digunakan pada proses desposisi elektroforesis terhadap *stainless steel* tipe 304.
2. Mendapatkan pengaruh jarak dan waktu yang digunakan pada proses desposisi elektroforesis terhadap nilai konduktivitas termal pada *stainless steel* tipe 304.
3. Mendapatkan pengaruh jarak dan waktu yang digunakan pada proses desposisi elektroforesis terhadap laju korosi pada *stainless steel* tipe 304.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Material yang akan dilapisi adalah *stainless steel* tipe 304.
2. Variasi jarak antar elektroda yaitu 5 cm, 8 cm, dan 10 cm.
3. Variasi waktu dalam proses elektroforesis 10 menit, 15 menit, dan 20 menit.
4. Voltase yang digunakan 2,5 volt.
5. Pengujian dilakukan dengan analisa pertambahan berat, uji konduktivitas termal, dan uji laju korosi menggunakan metode *weight loss* (kehilangan berat).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Sebagai informasi mengenai pengaruh jarak dan waktu dalam proses elektroforesis *stainless steel* tipe 304.
2. Sebagai informasi mengenai nilai konduktivitas termal pada *stainless steel* tipe 304 yang telah dilapisi dengan silika gel.
3. Sebagai dasar atau acuan dalam memperlambat laju korosi pada *storage tank* (tangki penyimpanan).

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penulisan tugas akhir ini dikelompokkan kedalam beberapa pembahasan, yaitu:

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini dibahas tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dibahas tentang landasan teori yang diperoleh dari literatur untuk mendukung penelitian tentang pengaruh jarak anoda-katoda dan waktu *coating* (pelapisan) *stainless steel* tipe 304 dengan silika secara elektroforesis untuk perlindungan korosi.

BAB III : METODOLOGI

Bab ini membahas tentang waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan penelitian dan prosedur dalam pembuatan dan pengujian dalam proses elektroforesis.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini dibahas tentang hasil penelitian dan pembahasan data hasil penelitian proses *coating* (pelapisan) *stainless steel* tipe 304 dengan silika secara elektroforesis.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari data yang sudah diperoleh dan pembahasan dari penulis tentang studi kasus yang diambil.

DAFTAR PUSTAKA

Bersihkan *literature-literature* atau referensi-referensi yang diperoleh penulis untuk menunjang penyusunan penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Dasar

Logam merupakan unsur atau senyawa yang biasanya keras tak tembus cahaya, berkilau, dan memiliki konduktivitas listrik dan termal yang baik. Dalam tabel periodik sekitar 91 dari 118 unsur adalah logam, sisanya adalah nonlogam atau metaloid. Dalam ilmu logam, jenis-jenis logam dikelompokkan menjadi 4 kelompok, yaitu:

- Logam berat, misalnya besi, nikel, khorm, tembaga, timah.
- Logam ringan, misalnya alumunium, magnesium, titanium, kalsium.
- Logam mulia, misalnya emas, perak, dan platina.
- Logam tahan api, misalnya wolfram, titanium, sirkonium, dan molibden.

Sedangkan jenis logam berdasarkan bahan dasar yang membentuknya dibagi menjadi dua kelompok, yaitu:

- Logam besi (*ferrous*) yaitu logam paduan yang terdiri dari campuran unsur karbon dengan besi.
- Logam bukan besi (*nonferrous*) yaitu logam yang tidak mengandung besi.

2.2 *Stainless steel*

Stainles steel adalah baja paduan yang mengandung minimal 10,5% Cr. Meskipun seluruh kategori *stainless steel* didasarkan pada kandungan *crhom* (Cr),

namun unsur paduan lainnya ditambahkan untuk memperbaiki sifat-sifatnya sesuai pengaplikasiannya. Kategori *stainless steel* tidak sama seperti baja lain yang didasarkan pada persentase karbon tetapi didasarkan pada struktur metalurginya. Ada lima golongan utama dari *stainless steel* (*Handbook of Metalurgy Science Oxford University*, 1989), yaitu:

a. *Austenitic stainless steel*

Stainless steel ini mengandung sedikitnya 16% *chrom*, 6% nikel, dan logam lainnya dalam jumlah kecil.

b. *Ferritic stainless steel*

Kadar *chrom* pada ferritic bervariasi antara 10,5 – 18%.

c. *Martensitic stainless steel*

Stainless steel jenis ini memiliki unsur utama *chrom* maksimal 16% dan *carbon* relatif tinggi serta hanya memiliki *nickel* 2%.

d. *Duplex stainless steel*

Duplex stainless steel memiliki bentuk mikrostruktur campuran austenitic dan ferritic.

e. *Precipitation Hardening steel*

Precipitation hardening steel adalah *stainless steel* yang keras dan kuat akibat dari dibentuknya presipitat (endapan) dalam struktur logam.

Sehingga gerakan deformasi terhambat dan memperkuat material *stainless steel*.

2.2.1 *Stainless Steel 304*

Baja paduan *stainless steel 304* merupakan jenis baja tahan karat *austenitic stainless steel* yang memiliki komposisi 0,042%C, 1,19%Mn, 0,034%P, 0,006%S, 0,049%Si, 18,24%Cr, 8,15%Ni, dan sisanya Fe (Sumarji, 2011). Pada dasarnya baja jenis ini adalah baja non-magnetik dikarenakan kekurangan dalam hal elektrik dan konduktif secara termal daripada baja karbon (Putra, 2018).

Adapun persyaratan standard komposisi kimia dan sifat-sifat dari *stainless steel 304* yang dapat ditampilkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.1. Standard komposisi kimia SS304, 304L, dan 309 (Nirmolo, 2012).

Desain		Komposisi Kimia									
UNS	Nama umum	C	Cr	Mn	Mo	N	Ni	P	S	Si	Lainnya
S30400	SS304	0,08 max.	18,0 - 20,0	2,00 max.	-	0,1	8,0 - 10,5	0,045 max.	0,030 max.	0,75	-
S30403	SS304L	0,03 max.	18,0 - 20,0	2,00 max.	-	0,1	8,0 - 12,0	0,045 max.	0,030 max.	0,75	-
S30900	SS309	0,20 max.	22,0 - 24,0	2,00 max.	-	0,1	12,0 - 15,0	0,045 max.	0,030 max.	1,0 max.	-

Tabel 2.2. Standard kekuatan mekanik SS304 dan SS304L(Nirmolo, 2012).

Kekuatan mekanik							
UNS	Nama unum	ASTM	Bentuk	YS	TS	Elongasi pada 50 mm min, %	Kekerasan
S30400	SS304	A240	Pelat	30 ksi min.	75 ksi min.	40	201 BHN max.
				205 MPa min.	515 Mpa min.		92 HRB max.
S30403	SS304L	A240	Pelat	25 ksi min.	70 ksi min.	40	201 BHN max.
				170 MPa min.	485 MPa min.		92 HRB max.

Tabel 2.3 Sifat-sifat fisik SS304(Nirmolo, 2012).

Sifat – sifat fisik	
Density, kg/m ³	7900
Mean coefficient of thermal expansion, x10 ⁻⁶ K ⁻¹	16,5 (20°C – 200°C) 17,5 (20°C – 400°C)
Specific heat pada 20°C, J/Kg.K	500
Temperatur lebur, °C	1400 – 1450
Modulus of elasticity, Gpa	200
Thermal conductivity pada 20°C, W/m.K	15
Elctrical resistivity pada 20°C, Ω mm ² /m	0,73

2.3 Silika

Silika merupakan senyawa atau unsur kimia yang memiliki rumus molekul SiO₂ (silikon dioksida) yang terdiri dari silikon dan oksigen yang dapat diperoleh dari silika mineral, nabati, dan sintesis kristal (Bergman dan Goncalves, 2007). Silika secara alami terdapat dalam bentuk kristalin dan amorfus (NTP, 2005). Kristalin silika terdapat dalam tiga bentuk utama, yaitu kuarsa, tridimit, dan

kristobalit. Sedangkan struktur amorfus dapat ditemukan dalam bentuk opal, *flint*, kaca silika, *diatomaceous eart*, dan *vitreous silica* (IARC, 1997; NIOSH, 2002).

Sato dkk. (2008) menggunakan silika aerogel yang membentuk matriks solid sangat rapat dengan morfologi sel terbuka yang diproduksi dengan sol-gel dan dikeringkan ekstraksi superkritis. Konduktivitas panas dari bubuk silika dapat mencapai nilai $0,002 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ di bawah vakum dan $0,027 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ pada suhu kamar dan tekanan 1 atm. Namun silika aerogel memiliki beberapa kelemahan, yaitu pembuatannya membutuhkan kondisi operasi superkritis, biaya yang mahal dan tidak ramah lingkungan.

2.4 *Waterglass*

Pada awalnya *waterglass* diproduksi dengan cara memanaskan pasir kuarsa dan Na_2CO_3 dalam tungku *open heart (fumace)* pada suhu 1400°C . Namun saat ini *waterglass* dapat diproduksi dari bahan-bahan yang mengandung silika dengan cara ekstraksi dengan larutan alkali, oleh karena itu *waterglass* dapat dibuat pada suhu yang relatif rendah yaitu $95 - 105^\circ\text{C}$ (Uhlmann dan Kreidl, 1980).

Waterglass selalu stabil dalam larutan murni dan alkali. Dalam larutan asam, ion silikat bereaksi dengan ion hidrogen untuk membentuk asam silikat, yang bila dipanaskan dan dibakar akan membentuk silika gel yang keras, bening seperti zat kaca yang dapat menyerap air dengan cepat (Fairus, S. dkk. 2009). *Waterglass* merupakan senyawa yang mengandung natrium oksida (Na_2O) dan silika (SiO_2). Senyawa ini dapat digunakan sebagai bahan alternatif pengganti

aerogel sebagai bahan dasar silika yang jika dikontrol dapat memberikan sifat-sifat silika aerogel dengan porositas besar. Selain itu penggunaan *waterglass* juga lebih murah, mudah didapat dan ramah lingkungan (Edika W., 2013).

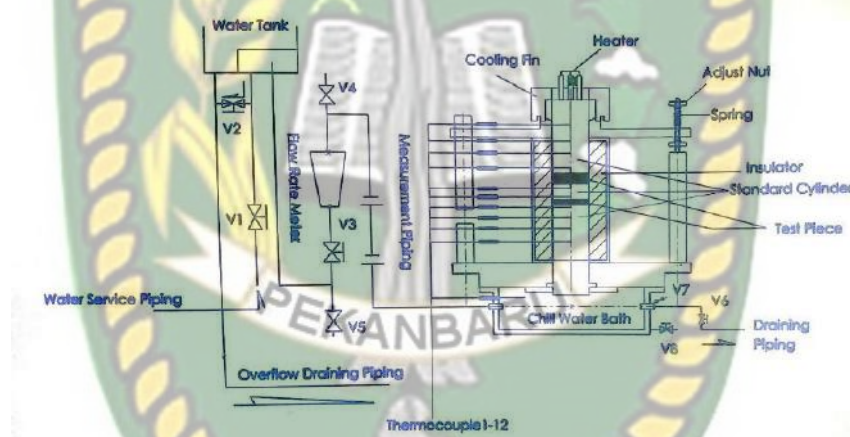
Tabel 2.4. Komposisi dan kegunaan berbagai *grade waterglass* (Fairus S., dkk., 2009).

Grade	Komposisi (%-berat)			<i>specific gravity</i>	Penggunaan
	SiO ₂	Na ₂ O	Solid		
A-60	37-38	18-19	55	1,711	Pelindung ata pelapis kabel listrik
A-58	35-36	17-18	54	1,672	Detergen, campuran pembersih kertas
A-50	31-31	11-13	46	1,530	Peroksida bleaching pada tekstil batik, pencegah karat pada pipa air dan tempat penyimpanan gas
A-42	23-25	15-17	37	1,420	Detergen
B-58	37-38	16-17	53	1,672	Sabun dan detergen
B-45	28-29	12-13	40	1,453	Pelapis las, pembersih logam dan elektrolisis
C-42	28-30	9-10	36	1,410	Semen keras, semen tahan panas, tahan asam, semen bangunan
Cullet	75,5	24	99,5	2,5	Pelarut adhesive agent pada plywood, pelapis dinding, box, lantai, pelapis logam, bahan mentah pembuatan <i>white carbon</i> dan silika gel

2.5 Konduktivias Termal

Konduktivitas termal adalah ukuran kemampuan dari material atau bahan untuk menghantar energi. Energi termal dihantarkan dalam zat padat melalui getaran kisi elektron bebas. Dalam elektron yang baik, dimana terdapat elektron bebas yang bergerak didalam struktur kisi bahan. Maka elektron itu, disamping dapat mengangkut muatan listrik dapat pula membawa energi termal dari daerah bersuhu tinggi ke daerah bersuhu rendah (Kurniawati, 1999). Konduktivitas termal merupakan salah satu sifat dasar dari material, yaitu laju perpindahan panas

yang melalui ketebalan unit material per satuan luas per gradien suhu. Nilai konduktivitas termal yang tinggi menunjukkan bahwa material tersebut adalah konduktor, sementara konduktivitas termal yang rendah menunjukkan material tersebut adalah isolator (Cengel, 2007). Jika nilai konduktivitas termal suatu bahan makin besar, maka makin besar juga panas yang mengalir melalui benda tersebut. Karena itu, bahan yang harga k -nya besar adalah penghantar panas yang baik, sedangkan bila k -nya kecil bahan itu kurang menghantar atau merupakan isolator (Garnier dkk., 2005).

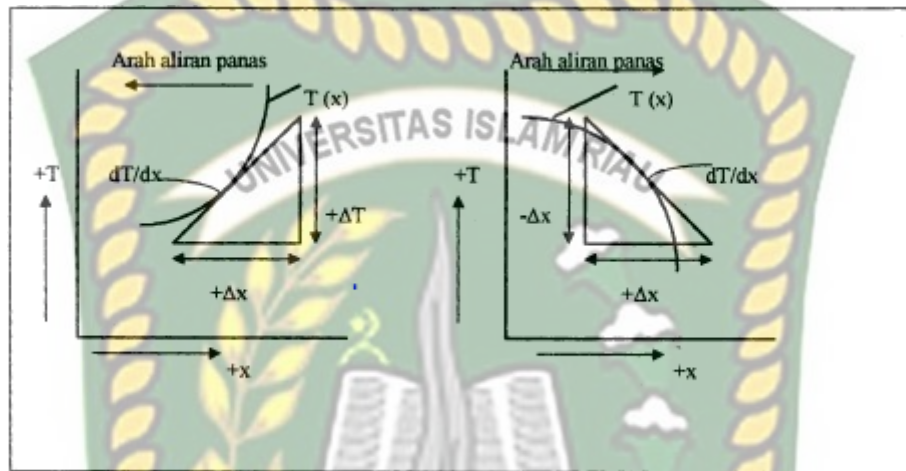


Gambar 2.1. Skema pengujian konduktitas termal (*Thermal Conductivity Measuring Apparatus Manual Book*)

Hubungan dasar untuk perpindahan cara konduksi diusulkan oleh ilmuwan Prancis J.B.J. Fourier (Kreith, 1986), hubungan ini menyatakan bahwa Q laju aliran panas dengan konduksi dalam suatu bahan, sama dengan hasil kali dari tiga buah besaran yaitu:

1. Konduktivitas termal bahan (k)

2. Luas penampang melalui mana panas mengalir dengan cara konduksi (A)
3. dT/dx yang merupakan gradien suhu pada penampang tersebut, yaitu laju perubahan suhu (T) terhadap jarak dalam arah aliran panas (x).



Gambar 2.2. Sketsa yang menggambarkan aliran panas konduksi (Kurniawati, 1999)

Laju konduksi dipengaruhi oleh konduktivitas termal dan luas penampang benda. Berdasarkan Hukum Fourier, laju perpindahan panas konduksi dapat ditentukan dengan persamaan:

$$Q = -k A \frac{dT}{dx} \quad (2.1)$$

(Holman, 1997)

Dimana:

Q	: Kalor yang dialirkan	(Watt)
A	: Luas penampang	(m ²)
dT	: Perubahan suhu	(°C)
dx	: Jarak	(m)
k	: konduksi termal	(Watt/m °C)

Tanda minus menunjukkan kalor mengalir ke tempat yang lebih rendah dalam skala suhu.

2.6 Korosi

2.6.1 Definisi Korosi

Korosi merupakan sebuah proses degradasi material akibat interaksi dengan lingkungan sekitarnya. Pada umumnya reaksi tersebut berupa reaksi elektrokimia yang menimbulkan reaksi korosi (Trethewey dkk., 1991). Korosi merupakan peristiwa alamiah yang terjadi pada suatu bahan dan proses kembalinya bahan ke kondisi semula saat bahan ditemukan dan diolah dari alam (Supriyanto, 2007).

Terjadinya korosi dikarenakan adanya beberapa faktor, yaitu:

1. Udara

Udara merupakan suatu campuran gas yang terdapat pada lapisan bumi dengan komposisi campuran gas yang tidak konsisten. Udara dapat menimbulkan

korosi karena dapat bersentuhan dengan permukaan logam yang lembab sehingga kemungkinan terjadinya korosi lebih besar.

2. Air

Air terbagi dua, yaitu air laut dan air tawar. Unsur-unsur yang bersifat korosif biasanya banyak terdapat di air laut. Air laut memiliki konduktivitas yang sangat tinggi dan ion klorida yang dapat menembus permukaan logam sehingga sangat berpengaruh terhadap laju korosi pada logam yang kontak langsung ataupun tidak (Kirk dan Othmer, 1965). Sedangkan pada air tawar memiliki zat terlarut yang membentuk asam, misalnya belerang dioksida, karbon dioksida, dan lainnya, kandungan ini lah yang mempercepat laju korosi (Sulaiman, 1978).

3. Tanah

Material yang sering terkena korosi didalam tanah berupa pipa, kabel, dan pada pondasi logam yang terendam didalamnya. Korosi yang terjadi di dalm tanah disebabkan oleh kurangnya oksigen.

4. Zat-zat kimia

Asam, basa, dan garam merupakan zat kimia yang dapat menyebabkan korosi. Ketiga zat kimia tersebut berupa cair atau gas. Suatu material dapat terkorosi oleh zat kimia dikarenakan material tersebut mengalami kontak langsung dengan zat kimia (Trethewey dan Chamberlin, 1991).

2.6.2 Jenis-jenis Korosi

Berdasarkan bentuknya, korosi dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu:

1. Korosi Merata (*Uniform Corrosion*)

Korosi ini terjadi secara merata pada seluruh permukaan logam paduan yang bersentuhan dengan elektrolit pada intensitas sama. Kerusakan yang diakibatkan korosi merata cukup besar, maka korosi jenis ini harus diwaspadai.



Gambar 2.3. Korosi merata (*ASM Handbook*, 1991).

2. Korosi Galvanik (*Galavanic Corrosion*)

Korosi galavanik terjadi apabila dua logam yang berbeda dalam satu elektrolit sehingga salah satu dari logam tersebut akan terserang korosi sedang yang lainnya terlindung dari korosi.



Gambar 2.4. Korosi Galvanik (*ASM Handbook*, 1991).

3. Korosi Celah (*Crevic Corrosion*)

Korosi ini merupakan jenis korosi lokal yang biasanya terjadi di sela-sela sambungan logam yang sejenis atau pada retakan di permukaan logam. Korosi ini disebabkan oleh perbedaan konsentrasi ion logam atau konsentrasi oksigen antara celah lingkungannya.



Gambar 2.5. Korosi Celah (Priyotomo, 2008).

4. Korosi Sumuran (*pitting Corrosion*)

Korosi sumuran terjadi karena suatu serangan intensif secara stempat membentuk suatu sumuran. Umumnya diameter sumuran yang terbentuk relatif kecil dan tumbuh mengikuti arah gravitasi, dengan diameternya lebih kecil daripada kedalamannya. Penyebab terjadinya korosi ini karena adanya perbedaan struktur logam sehingga terbentuk daerah anodik dan katodik.



Gambar 2.6. Foto korosi sumuran. (slideshare.net)

5. Korosi Batas Butir (*Intergranular Corrosion*)

Jenis korosi ini terjadi karena terbentuknya kromium karbida pada batas butir, dimana batas butir seringkali menjadi tempat berkumpulnya impuritas dan lebih tegang.



Gambar 2.7. Korosi batas butir (Budianto dkk, 2009).

6. Korosi Erosi

Korosi ini terjadi karena hadirnya fluida korosif yang mengalir pada permukaan material. Dengan kecepatan tinggi fluida korosif yang mengalir, akibatnya terjadi keausan mekanis atau abrasi, lapisan pelindung akhirnya terkikis sehingga terjadi korosi.



Gambar 2.8. *Errosion Corrosion* (Utomo, 2009).

7. *Dealloying*

Korosi jenis ini merupakan peristiwa lepasnya unsur-unsur paduan yang bersifat anodik dari logam paduan. Unsur-unsur paduan biasanya berupa elemen aktif terhadap beberapa elemen pelarut.



Gambar 2.9. *Dealloying corrosion* (slideshare.net).

8. Korosi Mikrobiologis

Korosi ini disebabkan oleh mikroorganisme yang melakukan metabolisme secara langsung dengan logam sehingga hasil akhir akan menimbulkan korosi, atau dapat pula hasil reaksinya membuat lingkungan yang korosif. Korosi yang terjadi karena mikroba Mikroorganisme yang mempengaruhi korosi antara lain bakteri, jamur, alga dan protozoa.



Gambar 2.10. Korosi Mikrobiologis (Utomo, 2009).

9. *Hydrogen Damage*

Korosi ini diakibatkan karena tegangan *internal* pada material karena adanya molekul-molekul gas hidrogen yang berdifusi ke dalam struktur atom logam.



Gambar 2.11. *Hydrogen Damage* (mechasource.blogspot.com).

2.6.3 Laju Korosi

Laju korosi merupakan banyaknya logam yang dilepas tiap satuan waktu pada permukaan tertentu. Pada umumnya, laju korosi dinyatakan dengan satuan *mils per year* (mpy). Satu *mils* setara dengan 0,001 inchi. Untuk menghitung laju korosi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu menggunakan metode kehilangan berat dan metode polarisasi elektrokimia. Berdasarkan metode kehilangan berat laju korosi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$CR = \frac{KW}{AtD} \quad (2.2)$$

Dimana: CR : Laju Korosi (m/tahun)
 K : Konstanta Laju Korosi (mpy)
 W : Selisih Massa (g)
 A : Luas Permukaan (cm²)
 t : Waktu perendaman (tahun)
 D : Massa Jenis (g/cm³)

Konstanta perhitungan laju korosi dapat dilihat pada tabel 2.1 dan kualitas ketahanan korosi suatu material dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut ini:

Tabel 2.5. Konstanta perhitungan laju korosi berdasarkan satuannya (Bunga; 2008).

Satuan Laju Korosi / <i>Corrosion Rate</i>	Konstanta
Mils per year (mpy)	3,45 x 10 ⁶
Inches per year (ipy)	3,45 x 10 ³
Milimeters per year (mm/y)	8,76 x 10 ⁴
Micrometers per year (µm/y)	8,76 x 10 ⁷

Tabel 2.6. Perbandingan tingkat klasifikasi laju korosi dengan tingkat ekspresi secara metrik (Fontana, 1986).

<i>Relative corrosion resistance</i>	Mpy	mm/yr	µm/yr	nm/yr	pm/s
<i>Outstanding</i>	< 1	< 0,02	< 25	< 2	< 1
<i>Excellent</i>	1 – 5	0,02 – 0,1	25 – 100	2 – 10	1 – 5
<i>Good</i>	5 – 20	0,1 – 0,5	100 – 500	10 – 50	20 – 50
<i>Fair</i>	20 – 50	0,5 – 1	500 – 1000	20 – 150	20 – 50
<i>Poor</i>	50 – 200	1 – 5	1000 – 5000	150 – 500	50 – 200
<i>Unacceptable</i>	200+	5+	5000+	500+	200+

Metode ini menggunakan jangka waktu penelitian hingga mendapatkan jumlah kehilangan berat (*weight loss*) akibat korosi yang terjadi.

Metoda polarisasi elektrokimia menggunakan rumus yang didasari pada Hukum Faraday yaitu menggunakan rumus sebagai berikut:

$$CR = K \frac{ai}{nD} \quad (2.3)$$

Keterangan: CR : Laju Korosi (mm/tahun)
K : Konstanta Laju Korosi (mmpy)
a : Berat atom logam
i : Densitas arus ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)
n : Jumlah elektron yang hilang
D : Massa jenis (g/cm^3)

Metode elektrokimia adalah metode mengukur laju korosi dengan mengukur beda potensial objek hingga didapat laju korosi yang terjadi, metode ini mengukur laju korosi pada saat diukur saja dimana memperkirakan laju tersebut dengan waktu yang panjang. Kelebihan metode ini adalah kita langsung dapat mengetahui laju korosi pada saat di ukur, hingga waktu pengukuran tidak memakan waktu yang lama. Kelemahan metode ini adalah tidak dapat menggambarkan secara pasti laju korosi yang terjadi secara akurat karena hanya dapat mengukur laju korosi hanya pada waktu tertentu saja, hingga secara umum pemakaian maupun kondisi untuk dapat ditreatmen tidak dapat diketahui.

2.6.4 Pengendalian Korosi

Korosi pada logam secara elektrokimia disebabkan karena komposisi

kimia logam yang tidak homogen. Proses terkorosinya logam adalah proses yang spontan dan tidak dapat dicegah. Serangan korosi hanya dapat dikendalikan sehingga struktur komponen logam mempunyai masa pakai yang lebih panjang (Widharto, 1999). Metode pengendalian korosi dapat dibedakan menjadi lima kategori, antara lain:

1. Pemilihan Desain

Usaha penanggulangan korosi sebaiknya sudah dilakukan sejak tahapan desain proses. Mulai dari pemilihan proses, penentuan kondisi-kondisi prosesnya, penentuan bahan-bahan kontruksinya, pemilihan *layout* saat kontruksi sampai pada tahap akhir.

2. Pemilihan Material

Bahan kontruksi harus dipilih yang tahan korosi. Diantara bahan-bahan yang sering digunakan dalam kontruksi adalah besi, alumunium, timah hitam, tembaga, nikel, dan sebagainya.

3. Perlakuan Lingkungan

Ada dua macam cara perlakuan lingkungan, yaitu:

a. Pengubahan media/elektrolit

Misalnya penurunan suhu, penurunan kecepatan alir, penghilangan oksigen dan mengubah konsentrasi elektrolit.

b. Penggunaan inhibitor

Inhibitor adalah senyawa kimia jika ditambahkan dalam jumlah yang kecil saja kepada lingkungan yang korosif akan menurunkan laju korosinya.

4. Pelapisan

Metode pelapisan (*coating*) adalah suatu upaya pengendalian korosi dengan menerapkan suatu lapisan pada permukaan logam. Misalnya dengan pengecatan atau penyepuhan logam. Penyepuhan besi biasanya menggunakan logam krom atau timah. Kedua logam ini dapat membentuk lapisan oksida yang tahan korosi lebih lanjut. Adapun beberapa cara pelapisan (*coating*) pada logam sebagai berikut: pelapisan dengan penyemprotan, pencelupan, dan elektrokimia. Salah satu cara pelapisan dengan elektrokimia adalah metode *electrophoresis deposition* (EDP).

5. Proteksi Katodik dan Anodik

Proteksi katodik merupakan metode pencegahan korosi pada logam dengan cara logam yang ingin dilindungi dijadikan lebih bersifat katodik. Proteksi katodik dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu yang dilakukan dengan arus listrik dari *power supply* yang kemudian disebut sebagai arus tanding dan jika dihubungkan dengan logam lain atau lebih dikenal dengan anoda tumbal.

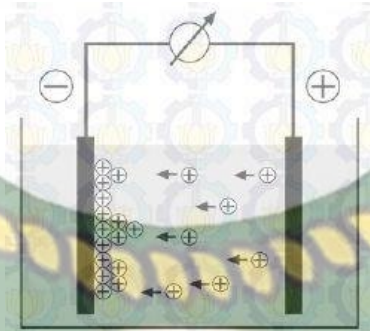
Proteksi anodik adalah metode perlindungan terhadap korosi dengan cara merubah potensial logam menjadi lebih positif. Metode ini juga digunakan untuk melindungi korosi *internal* pada tangki, namun hanya efektif jika logam dan lingkungan dapat membentuk lapisan pasif. Biaya instalasi, *maintenance*, dan *power* yang cukup besar merupakan parameter yang harus dipertimbangkan ketika memilih metode ini (Bolton, 1998).

2.7 Elektroforesis

Elektroforesis adalah teknik pemisahan komponen atau molekul bermuatan berdasarkan perbedaan tingkat migrasinya dalam medan listrik (Westmermeier, 2005). Medan listrik dialirkan pada suatu medium yang mengandung sampel yang akan dipisahkan. Teknik ini dapat digunakan dengan memanfaatkan muatan listrik yang ada pada makromolekul yang bermuatan negatif. Jika molekul yang bermuatan negatif dilewatkan melalui suatu medium, kemudian dialiri arus listrik dari suatu kutub ke kutub yang berlawanan muatannya maka molekul tersebut akan berkerak dari kutub negatif ke kutub positif (Yuwono T., 2005).

Electrophoretic Deposition (EDP) adalah istilah untuk berbagai proses industri yang meliputi *elektrocoating*, *electrodeposisi katodik*, *electrodeposisi anodik*, dan *pelapisan elektroforesis*, atau *lukisan elektroforetik*. Proses ini berguna untuk mengaplikasikan material ke permukaan yang konduktif secara elektrik. *Electrophoretic Deposition* (EDP) merupakan proses berbiaya rendah (Yamamoto K. dkk., 2008) dan mudah untuk dilakukan. Selain itu, ketebalan lapisan dapat dikontrol dengan mengendalikan waktu elektroforesis dan rapat arus (Ito K. dkk., 2008), juga tegangan (Grinis L. dkk., 2008).

Partikel yang bermuatan negatif akan terdeposisi pada elektroda positif (anoda), biasanya disebut *anodic electrophoretic depotision*. Partikel yang bermuatan positif akan terdeposisi pada elektroda negatif (katoda), biasanya disebut sebagai *cathodic electrophoretic deposition* (Besra L. Dan Liu M., 2007).



Gambar 2.12. Pergerakan partikel pada proses elektroforesis (Urch dkk., 2006).

2.7.1 Prinsip Kerja Elektroforesis

Menurut George Stokes besarnya gaya gesek pada fluida disebabkan viskositas fluida. Semakin besar viskositas (kekentalan) fluida maka akan semakin sulit suatu fluida untuk mengalir dan juga menunjukkan semakin sulit suatu benda bergerak dalam fluida tersebut. Didalam zat cair viskositas dihasilkan oleh gaya kohesi antara molekul zat cair. Gaya ini disebut gaya Stoke.

Laju dalam elektroforesis sangat bergantung pada kekentalan medium, ukuran atau bentuk dan muatan molekul. Kekuatan asam pada medium juga mempengaruhi besar muatan pada saat ionisasi berlangsung sehingga diperlukan larutan *buffer* untuk mengatasi masalah ini. Dan juga perlu dilakukan analisis terhadap kemampuan media untuk memisahkan molekul-molekul agar lebih efektif dan maksimal.

2.7.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi Elektroforesis

Proses pemisahan dengan elektroforesis sangat dipengaruhi oleh teknik pengerjaan dalam pengoperasian alat tersebut. Ada beberapa faktor penentu lainnya yang dapat mempengaruhi proses pemisahan yaitu :

a. Sampel

Sampel yang akan dipisahkan sangat memungkinkan memberi pengaruh laju perpindahan ditinjau dari muatan, ukuran, dan bentuk molekul. Jumlah muatan total akan berbanding lurus dengan laju perpindahan, konsentrasi muatan yang bermigrasi tergantung pada pH. Untuk ukuran molekul apabila yang diperoleh lebih besar menyebabkan perpindahan molekul menurun dan membutuhkan energi perpindahan yang cukup besar dibandingkan dengan bentuk molekul yang berbeda dengan ukuran yang sama.

b. Larutan *Buffer*

Larutan *buffer* berfungsi untuk mempertahankan pH di dalam medium pemisah, dan berfungsi sebagai media penyedia elektrolit pada proses pergerakan aliran listrik. Larutan *buffer* harus memiliki interaksi dengan molekul yang dipisahkan, dan pH yang digunakan menjadi perhatian sehingga kumpulan molekul dapat dipisahkan satu sama lain tetapi tidak mengalami perubahan struktur. Larutan penyangga harus dipilih dengan cermat, keterkaitan ion *buffer* dalam berinteraksi dengan senyawa yang diteliti, pH dipilih berdasarkan jenis campuran yang akan dipisahkan. Umumnya pemisahan dapat dicapai pada titik isolistrik (yaitu titik ketika pH suatu makromolekul bermuatan nol akibat bertambahnya atau kehilangan muatan), salah satu senyawa yang dipilih sebaiknya tidak mengakibatkan perubahan kimia atau perubahan struktur molekul yang akan diteliti. Kisaran kekuatan ionik larutan *buffer* pada 0,05-0,15 mol/L dan biasanya diambil nilai di antara kedua nilai ekstrem. Pada kekuatan ionik yang rendah akan terjadi pergerakan molekul yang cepat dan produksi panas yang

rendah, akan tetapi terjadi difusi yang nyata. Di pihak lain, pada kekuatan ionik yang tinggi, diperoleh pita-pita yang tajam, namun akan terjadi produksi panas yang lebih tinggi dan terjadi pergerakan molekul pada jarak yang pendek.

c. Medan listrik

Sumber listrik yang stabil sangat diperlukan untuk menghasilkan aliran listrik dengan tegangan yang konstan. Kekuatan ionik medan listrik pada kisaran 2-8 V/cm sesuai pada suhu ruang. Kekuatan medan magnet yang dihasilkan jika lebih besar dari 10 V/cm, maka dapat memberikan efek pemanasan yang dapat menyebabkan media penyangga kehilangan air yang diakibatkan proses penguapan. Hal tersebut juga mengakibatkan pergeseran hasil fragmen-fragmen. Pemanasan merupakan salah satu faktor yang mengakibatkan senyawa-senyawa terdenaturasi. Tetapi ada juga keuntungan elektroforesis pada voltase tinggi yang mengakibatkan pemisahan molekul sangat cepat. Sehingga senyawa-senyawa dengan berat molekul rendah akan mengalami proses difusi yang paling baik dipisahkan dalam kondisi elektroforesis tegangan tinggi.

2.8 Tangki Penyimpanan

Tangki adalah alat yang berguna untuk menyimpan *liquid*, *vapor*, bahkan padatan dalam jumlah besar yang digunakan untuk berbagai aplikasi proses. Tangki timbun atau penyimpanan, umumnya digunakan untuk menyimpan *liquid* dan kadang kalanya juga digunakan untuk menyimpan gas. Tangki penyimpanan dioperasikan dengan tidak adanya sedikit *internal pressure*, yang membedakannya dengan *pressure vessels* (Pullarcot, 2015). Ada beberapa jenis tangki timbun,

dilihat dari letaknya ada yang di atas tanah (*above ground tank*), di bawah tanah (*under ground tank*), dan setengah terpendam (*semi buried tank*). Menurut bentuknya, ada tangki dengan bentuk *vertical cylindrical*, *horizontal cylindrical*, *spherical* atau *rectangular*, tetapi *vertical cylindrical* adalah yang sering digunakan (Yeng, 2009).

2.8 Klasifikasi Tangki Penyimpanan

Salah satu hal yang penting dalam pengklasifikasian tangki timbun itu berdasarkan dari lokasinya yaitu ada yang di atas tanah dan di bawah tanah. Dimana desain dan pembuatannya berbeda antara satu dan yang lain. Jumlah tangki timbun yang berada di atas tanah jauh lebih banyak dari pada jumlah tangki yang berada di bawah tanah. Karena pada dasarnya, proses pembangunan tangki timbun yang berada diatas tanah lebih mudah daripada tangki timbun yang berada di bawah tanah (Nugraha, 2019). Klasifikasi tangki dapat dilihat pada Gambar 2.13 di bawah ini.



Gambar 2.13. Klasifikasi Tangki (Pullarcot, 2015)

2.8.1 Menurut *internal pressure*

Tangki penyimpanan diklasifikasikan menurut besar *internal pressure*-nya dapat dibedakan menjadi:

1. *Atmospheric pressure tank*, merupakan tangki yang dirancang untuk beroperasi dengan tekanan *internal* yang mendekati atau sama dengan tekanan atmosfer yaitu tekanan sampai 0.5 psig.. Tangki penyimpanan atmosferik pada umumnya dibuat dengan dilas, namun, ada juga beberapa tangki berivet berbaut.
2. *Low pressure tank*, yaitu tangki yang dioperasikan dengan tekanan di atas *atmospheric pressure tank*. Tekanannya yaitu sampai 15 psig.
3. *Pressure tank*, yaitu tangki yang beroperasi dengan tekanan diatas 15 psig, atau biasa disebut sebagai *pressure vessel*. Untuk *code* dan *standard* yang digunakan berbeda dengan yang digunakan untuk *atmospheric pressure tank* dan *low pressure tank* (Myers, 1997).

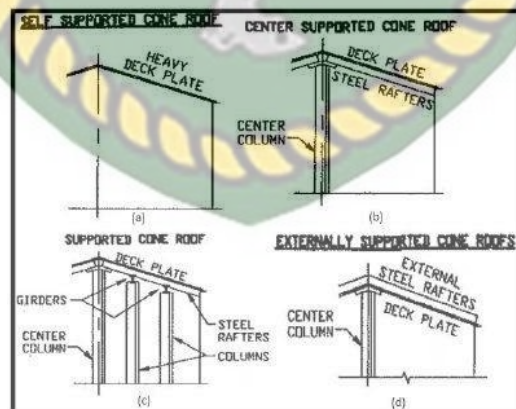
2.8.2 Menurut tipe konstruksi

Pengklasifikasian tangki berdasarkan dari tipe konstruksinya dapat dibedakan menjadi *fixed roof tank* dan *floating roof tank*.

a. Fixed roof tank

Adalah jenis tangki yang memiliki atap *fixed* atau tidak berubah ubah lokasi atapnya. Jenis tangki ini digunakan untuk menimbun atau menyimpan berbagai jenis fluida dengan tekanan uap rendah atau *atmosferik*. Tangki ini digunakan untuk fluida yang tidak mudah menguap (Sari, 2010). Untuk jenis dari *fixed roof tank* dapat dibedakan menjadi ;

1. *Flat roof*, adalah tangki yang digunakan untuk diameter kecil dan tanpa adanya support di konstruksinya.
2. *Self-supported cone roof*, adalah tangki yang memiliki atap berbentuk kerucut dan penompangnya adalah dinding tangki itu sendiri.
3. *Center-supported cone roof*, adalah tangki yang memiliki atap berbentuk kerucut dan penompangnya berada di tengah dan biasanya digunakan untuk tangki ukuran menengah.
4. *Supported cone roof*, adalah tangki timbun yang memiliki banyak *support* di *point* tertentu yang bertujuan untuk menahan beban atap semaksimal mungkin.
5. *Dome or umbrella roof*, tangki jenis ini sama kegunaannya sama dengan *fixed cone roof*, bedanya adalah bentuk *roof*-nya. bentuk tutupnya yang melengkung dengan titik pusat meridian di pucuk seperti payung untuk tipe *umbrella*, dan atap yang dibentuk dengan segmen melengkung seperti setengah lingkaran yang bergabung menjadi *self-supporting* untuk tipe *dome*.



Gambar 2.14. Jenis-Jenis *Fixed Roof Tank* : (a) *Self Supported Cone Roof*, (b) *Center Supported Cone Roof*, (c) *Supported Cone Roof*, (d) *Externally Supported Cone Roof* (Myers, 1997)

b. *Floating roof tank*

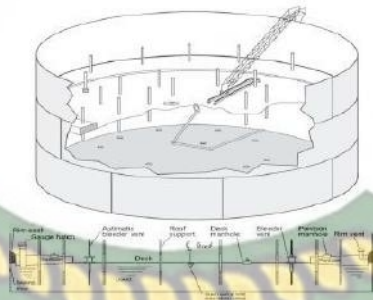
Semua tangki *floating roof* memiliki dinding tangki yang sama seperti tangki *fixed cone roof* . Tipe *floating roof tank* merupakan tangki penyimpanan yang atapnya bisa bergerak naik-turun sesuai dengan level *liquid* yang tersedia, ditunjukkan untuk menyimpan bahan-bahan yang mudah terbakar atau mudah menguap, misalnya untuk menyimpan kondensat dan minyak tanah. Keuntungannya yaitu tidak terdapat *vapour space* sehingga mengurangi kehilangan akibat penguapan dan mengurangi risiko kebakaran (Sari, 2010).

Design floating roof sendiri harus bisa memperhitungkan daya apungnya terhadap segala kondisi yang terjadi pada atapnya, baik itu karena air hujan dan angin. Untuk jenisnya, *floating roof* dapat dibedakan menjadi :

1. *Eksternal floating roof*

Adalah jenis *floating roof tank* yang memiliki atap terbuka, dimana atapnya dapat naik turun mengandalkan daya apungnya, tergantung level dari *liquid*-nya. *Eksternal floating roof* dapat diklasifikasikan lagi menjadi 2 jenis, yaitu:

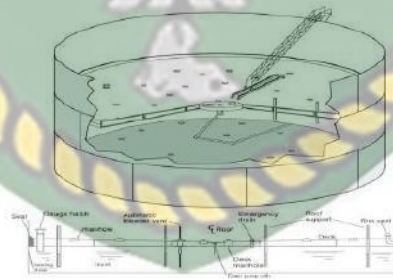
a. *Pontoon roof*, adalah jenis tangki *eksternal floating roof* yang menggunakan *pontoon* sebagai alat pengapungnya. Jenis ini biasa digunakan untuk tangki berdiameter 10-30 m (Pullarcot, 2015)



Gambar 2.15. Tangki *Eksternal Floating Roof* berjenis *Poontoon Roof*

(EEMUA 159, 2014)

- b. *Double deck roof*, adalah jenis tangki *eksternal floating roof* yang memiliki dek ganda sebagai *struktur roof*-nya. Tangki ini digunakan untuk diameter diatas 30 m. Karena *double deck*-nya yang memiliki kekuatan dan ketahanan yang baik.



Gambar 2.16. Tangki *Eksternal Floating Roof* berjenis *Double Deck*

(EEMUA 159, 2014)

2. *Internal floating roof*

Adalah jenis *floating roof tank* dan memiliki atap yang dapat bergerak naik turun sesuai dengan level *liquid* yang tersedia, sama seperti *eksternal floating roof* tetapi yang membedakan adalah tangki ini memiliki cover fixed roof di atasnya. Cover ini bertujuan untuk mengurangi evaporasi dan polusi udara. Catatan, *fixed roof tank* dapat dengan mudah diubah menjadi *internal floating roof tank* dengan menambah floating roof kedalam tangkinya, dan juga *eksternal floating roof* dapat menjadi *internal floating roof* dengan menambah *fixed roof* di atasnya (Myers, 1997).



Gambar 2.17 Tangki *Internal Floating Roof* (Nugraha, 2019)

2.8.3 *Design dan Code Standard*

Desain dan Kontruksi dari tangki timbun telah diatur oleh beberapa standar (Yeng, 2009), yang dapat dilihat dibawah ini:

- *American Standards API 650 (Welded Steel Tanks for Oil Storage)*
- *British Standards BS 2654 (Manufacture of Vertical Storage Tanks with Buttwelded Shells for the Petroleum Industry)*
- *The European Standards - German Code Din 4119 – Part 1 and 2 (Above Ground Cylindrical Flat Bottomed Storage Tanks of Metallic Materials) - The*

French Code, Codres – (Code Francais de construction des reservoirs cylindriques verticaux en acier U.C.S.I.P. et S.N.C.T.)

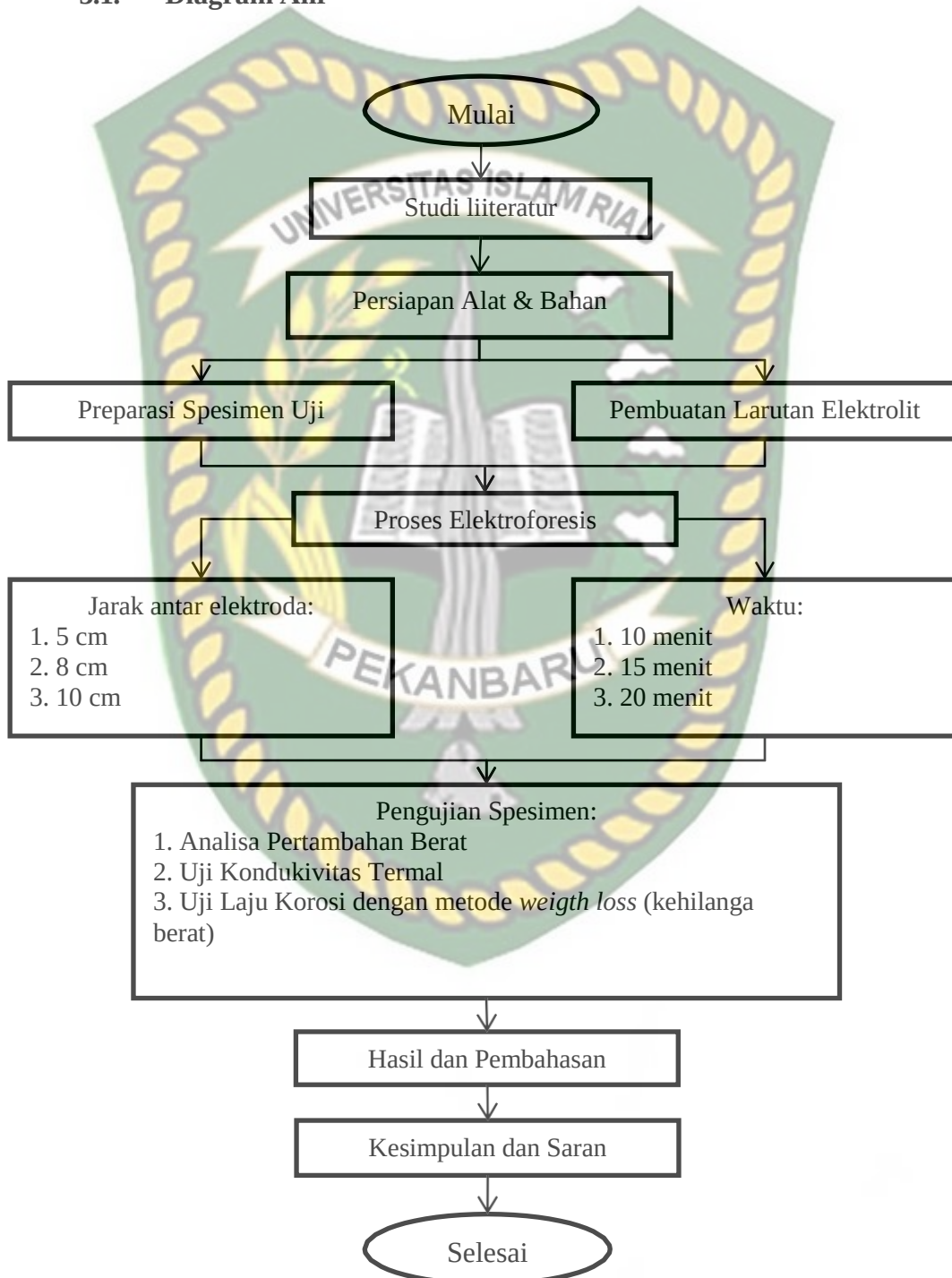
- *The EEMUA Standards (The Engineering Equipments and Materials Users Association)*
- Standar perusahaan seperti (DEP) dan Petronas (PTS)



BAB III

METODOLOGI

3.1. Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2. Waktu dan Tempat

1. Waktu penelitian akan dilakukan dan direncanakan maksimal selama 2 bulan, terhitung dari bulan Agustus sampai Oktober 2021.
2. Proses pembuatan spesimen dilakukan di Jalan Pinang, Pangkalan Kerinci.

3.3. Alat dan Bahan

3.3.1. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari: alat pemotong baja/gerinda, *stopwath*, kertas amplas, gelas ukur, *hotplate*, termometer dan alat bantu lainnya, seperti sarung tangan, sendok, kain lap dan sebagainya.



Gambar 3.2. Gelas Ukur



Gambar 3.3. Alat pemotong baja / Gerinda



Gambar 3.4 *Hotplate*



Gambar 3.5. Kain Majun



Gambar 3.6. Penggaris



Gambar 3.7. Sarung Tangan



Gambar 3.8. Sendok Pengaduk



Gambar 3.9. Stopwacth



Gambar 3.10. Termometer Infrared



Gambar 3.11. Timbangan Digital



Gambar 3.12. Kertas Amplas

3.3.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah: *stainless steel* tipe 304, karbon, natrium silikat/*water glass*, natrium klorida (NaCl), kalium hidroksida (KOH), asam asetat (CH_3COOH), isopropanol, *aquades*, dan asam sulfat (H_2SO_4).



Gambar 3.13. Aquades



Gambar 3.14. Asam Asetat
(CH_3COOH)



Gambar 3.15. Isopropanol



Gambar 3.16. Kalium Hidroksida
(KOH)



Gambar 3.17. Natrium Klorida(NaCl)



Gambar 3.18. *Water Glass*
(Sodium Silikat)



Gambar 3.19. Aluminium



Gambar 3.20. *Stainless Steel 304*

3.4. Metode Penelitian

Prosedur kerja penelitian dibagi menjadi tiga tahapan, yaitu tahap preparasi sampel uji, pembuatan larutan elektrolit dan proses elektroforesis serta melakukan prosedur pengujian untuk melihat laju korosi pada *stainless steel* yang telah dielektroforesis.

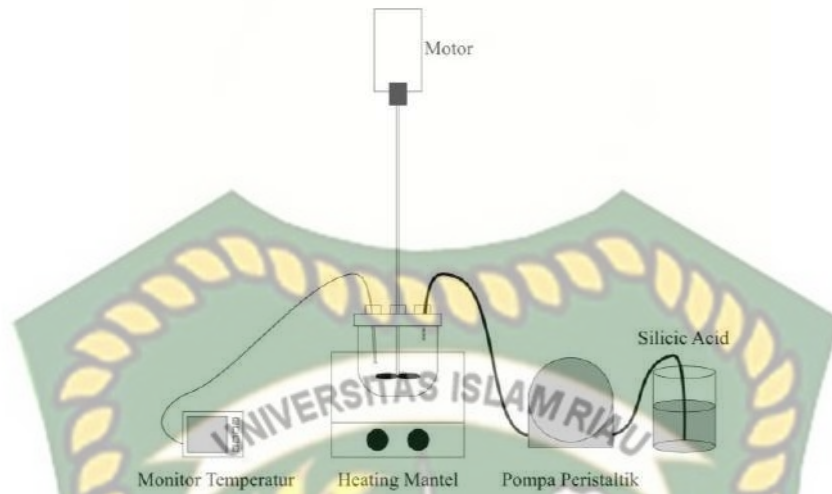
3.4.1 Preparasi Spesimen Uji

Spesimen uji (*Stainless steel* sebagai elektroda primer dan aluminium sebagai elektroda tumbal) yang akan digunakan dalam proses elektroforesis dipreparasi dengan tahapan sebagai berikut:

1. Spesimen uji dipotong sesuai ukuran dengan alat pemotong baja.
2. Ukurannya 5 cm x 3 cm x 0,3 cm.
3. Bersihkan spesimen uji dan haluskan permukaan spesimen dengan kertas amplas.
4. Bilas spesimen uji dengan aquades untuk menghilangkan sisa-sisa kotoran pada spesimen.
5. Spesimen uji siap untuk dielektroforesis.

3.4.2 Pembuatan Larutan Elektrolit SiO_2

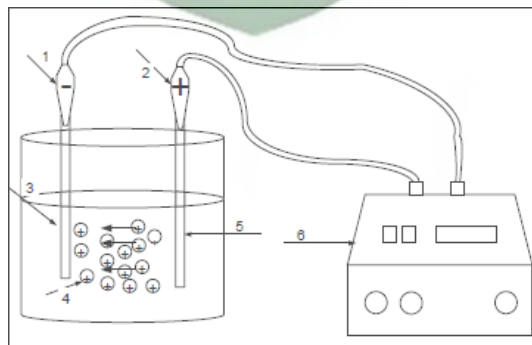
Membuat sol silika dari *water glass* dengan konsentrasi 2,5% berat. Larutan dilewatkan resin penukar ion H^+ dengan perbandingan 1:1 selama 30 menit dan disertai pengadukan sehingga terbentuk *silicic acid* dengan pH 2. Kemudian ditambahkan KOH 1% berat dengan perbandingan volume KOH : *silicic acid* = 1:10 dengan suhu dijaga konstan 60°C disertai dengan pengadukan. Hal ini berguna untuk mengontrol ukuran partikel silika dalam sol (Tsai, 2004). Silika yang diperoleh dicampur dengan CH_3COOH dan isopropanol dengan perbandingan mol CH_3COOH : isopropanol : SiO_2 sebesar 0,1938 : 0,5048 : 0,0028 (Plsko dkk., 2014).



Gambar 3.21. Rangkaian alat pembuatan sol silika (Saputra dkk. 2012)

3.4.3 Proses elektroforesis.

Pada proses elektroforesis larutan CH_3COOH : isopropanol : SiO_2 digunakan sebagai larutan elektrolit dan *function generator* sebagai sumber arus. *Stainless steel* dihubungkan dengan kutub positif (sebagai anoda) dan alumunium dihubungkan dengan kutub negatif (sebagai katoda). Jarak antara *Stainless steel* dan alumunium disesuaikan dengan variasi yang ditentukan, dengan voltase 2,5 volt dan elektroforesis dilakukan selama variasi waktu yang ditentukan.



Gambar 3.22. Skematik rangkaian alat deposisi elektroforesis (Zuriadi dkk.,2015).

3.5 Prosedur Pengujian

3.5.1 Analisa Pertambahan Berat

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pertambahan berat dari lapisan silika yang terbentuk dipermukaan spesimen. Pengujian ini dilakukan dengan menghitung berat spesimen sebelum diberi perlakuan dan sesudah diberi perlakuan elektroforesis. Kemudian hasil dari pengujian yang diperoleh selanjutnya akan ditampilkan berupa tabel dan grafik.

Tabel 3.1. Pertambahan berat pada specimen setelah proses elektroforesis.

No.	Jarak antar Elektroda (cm)	Waktu (menit)	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Pertambahan Berat (gram)
1	5	10			
		15			
		20			
2	8	10			
		15			
		20			
3	10	10			
		15			
		20			

3.5.2 Uji Konduktivitas Termal

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai konduktivitas termal spesimen uji dengan membandingkan perbedaan temperatur. Pengukuran menggunakan alat konduktivitas termal yaitu *Thermal Conductivity Measurement Apparatus*.



Gambar 3.23. Alat uji konduktivitas termal (Suarsana, 2017)

Kemudian data hasil dari pengujian ini akan ditampilkan dalam bentuk tabel.

Tabel 3.2. Data Pengujian Konduktivitas Termal

Spesimen	Waktu T (menit)	Suhu 1 T1 (°C)	Suhu 2 T2 (°C)	Voltase V (Volt)	Perubahan suhu dT (°C)	Jarak dx (m)	Kalor yang dialirkan Q (Watt)
1							
2							
3							
4							
5							

6							
7							
8							
9							

3.5.3 Analisa *weight loss* (kehilangan berat)

Metode *weight loss* atau kehilangan berat merupakan metode yang dapat digunakan untuk mendapatkan laju korosi. Prinsip dari metode ini adalah dengan menghitung banyaknya material yang hilang atau kehilangan berat setelah dilakukan pengujian rendaman sesuai dengan standar ASTM G31-72 (Santoso, 2019). Berdasarkan ASTM G31-72, untuk pengujian celup skala laboratorium, volume minimal larutan untuk pengujian adalah (ASTM Internasional, 2004):

$$\text{Volume larutan} = 0,4 \times \text{luas permukaan sampel} \quad (3.1)$$

Tabel 3.3. Data hasil perhitungan kehilangan berat setelah perendaman dengan larutan NaCl (natrium silikat).

No.	Jam	Berat yang berkurang									
		Sp0	Sp 1	Sp2	Sp3	Sp4	Sp5	Sp6	Sp7	Sp8	Sp9
1	168										
2											
3											
4											
5											
6											
7											

Persamaan yang digunakan dalam menghitung laju korosi yaitu:

$$CR = \frac{kW}{AtD} \quad (3.2)$$

Keterangan: CR : Laju Korosi (m/tahun)

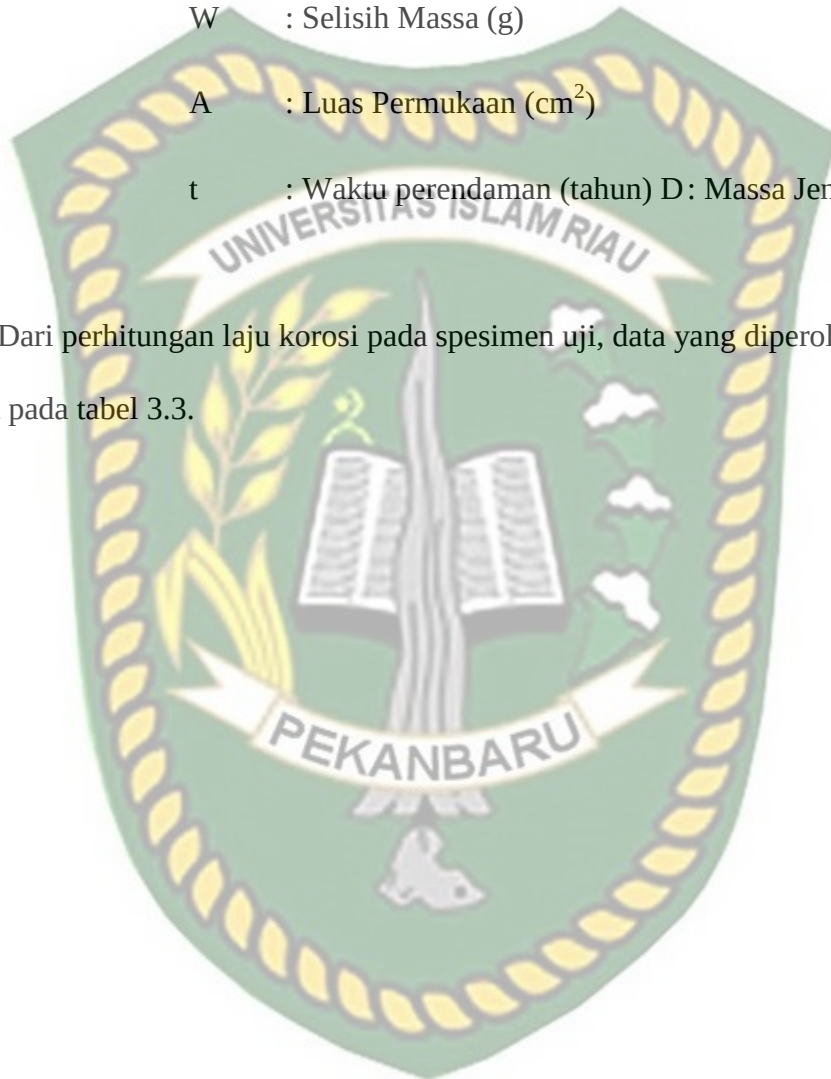
K : Konstanta Laju Korosi (mpy)

W : Selisih Massa (g)

A : Luas Permukaan (cm²)

t : Waktu perendaman (tahun) D : Massa Jenis (g/cm³)

Dari perhitungan laju korosi pada spesimen uji, data yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 3.3.



BAB IV

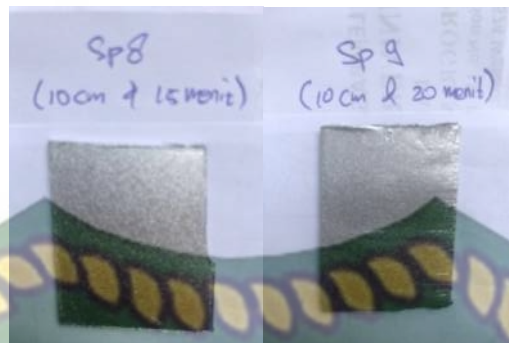
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Elektroforesis

Arus yang diberikan saat proses elektroforesis menyebabkan molekul kitosan yang bermuatan bergerak menuju katoda. Saat proses elektroforesis berlangsung, dihasilkan gelembung-gelembung udara dipermukaan katoda (spesimen). Hal ini disebabkan karena pada katoda terjadi reaksi katodik yang menghasilkan gas H_2 . Silika gel yang bergerak menuju katoda membentuk endapan pada permukaan katoda.

Hasil spesimen Stainless Steel tipe 304 yang telah dilakukan proses elektroforesis dengan silika gel ditunjukkan pada Gambar 4.1.





Gambar 4.1. Spesimen yang dicoating dengan proses elektroforesis

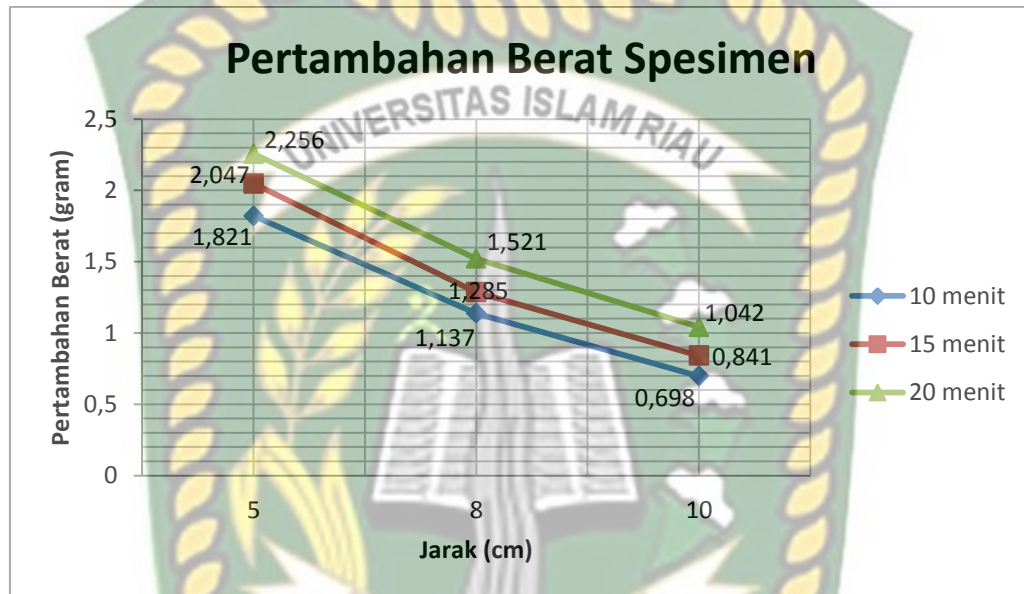
4.2 Pengaruh Jarak dan Waktu pada Proses Elektroforesis

Pelapisan *Stainless Steel* tipe 304 dengan silika gel dilakukan dengan menggunakan tegangan 2,5 V dengan jarak dan waktu yang bervariasi mengalami pertambahan berat yang berbeda-beda pada setiap spesimen. Pertambahan berat pada setiap spesimen sesuai dengan variasi jarak dan waktu pelapisan dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1. Analisa pertambahan berat spesimen setelah dicoating dengan metode elektroforesis.

Spesimen (jarak dan waktu)	Berat Awal (W_0) (gram)	Berat Akhir (W_1) (gram)	Pertambahan Berat (ΔW) (gram)
Sp1(5 cm &10 m)	31,17	32,991	1,821
Sp2(5 cm &15 m)	31,11	33,157	2,047
Sp3(5 cm &20 m)	31,06	33,316	2,256
Sp4(8 cm &10 m)	31,12	32,257	1,137
Sp5(8 cm &15 m)	31,05	32,335	1,285
Sp6(8 cm &20 m)	31,08	32,601	1,521
Sp7(10 cm &10 m)	30,92	31,618	0,698
Sp8(10 cm &15 m)	31,12	31,961	0,841
Sp9(10 cm &20 m)	31,18	32,222	1,042

Dari tabel hasil data penambahan berat spesimen setelah *dicoating*, diperoleh hubungan antara variasi jarak dan waktu dalam proses elektroforesis dengan penambahan berat spesimen yang dapat ditampilkan dalam bentuk grafik pada gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.2. Grafik penambahan berat spesimen uji.

Pertambahan berat terjadi karena silika gel dan elektroda tumbal (aluminium) yang melapisi katoda (*stainless steel 304*). Dari grafik 4.2. Dapat dilihat bahwa penambahan berat yang tertinggi terjadi pada spesimen 3 dengan variasi jarak 5 cm dan waktu 20 menit dalam proses elektroforesis dengan nilai penambahan beratnya adalah 2,256 gram. Sedangkan penambahan berat spesimen yang terendah terjadi pada spesimen 7 dengan variasi jarak 10 cm dan waktu 10 menit dalam proses elektroforesis dengan nilai penambahan beratnya adalah 0,698 gram. Dari grafik tersebut, juga dapat disimpulkan bahwa penambahan berat semakin meningkat jika jarak antar elektroda semakin dekat serta waktu pelapisan semakin lama.

4.3 Pengujian Konduktivitas Termal

Pengujian konduktivitas termal dilakukan menggunakan prinsip perbedaan temperatur antara kedua sisi material, yang salah satu sisi diberikan panas dan satu lagi sisi lainnya dipertahankan temperaturnya dengan mengalirkan air pendingin. Spesimen yang telah dibuat dengan ukuran 5 cm x 3 cm x 0,3 cm diletakkan pada alat penguji, kemudian diambil data dalam bentuk tabel yang dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.2. Data hasil pengujian konduktivitas termal.

Spesimen	Waktu T (detik)	Suhu 1 T1 (°C)	Suhu 2 T2 (°C)	Perubahan suhu dT (°C)	Jarak dx (m)	Luas Penampang A (m ²)	Kalor yang dialirkan Q (Watt)
1	120	42,2	55,8	13,6	0,04	0,00169	16
2	120	41,7	56,1	14,4	0,04	0,00172	16
3	120	41,4	56,5	15,1	0,04	0,00176	16
4	120	43,1	57,4	14,3	0,04	0,00165	16
5	120	42,5	57,1	14,6	0,04	0,00167	16
6	120	41,9	56,7	14,8	0,04	0,00167	16
7	120	44,8	58,6	13,8	0,04	0,00161	16
8	120	44,7	58,1	13,4	0,04	0,00163	16
9	120	43,6	57,9	14,3	0,04	0,00165	16

Untuk menghitung nilai konduktivitas termal dari spesimen uji, persamaan yang digunakan dalam pengolahan data adalah:

$$Q = k A \frac{dT}{dx} \quad \Rightarrow \quad k = \frac{Q \times dx}{A \times dT}$$

Dimana:

Q : Kalor yang dialirkan (Watt)

A : Luas penampang (m²)

dT : Perubahan suhu (°C)

dx : Jarak (m)
 k : konduksi termal (Watt/m °C)

4.3.1 Perhitungan Nilai Konduktivitas Termal

1. Spesimen 1 (5 cm dalam 10 menit)

Diketahui: $Q = 16 \text{ Watt}$

$$A_1 = 0,00169 \text{ m}^2$$

$$dT_1 = 13,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$dx_1 = 0,04 \text{ m}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 k &= \frac{Q \times dx_1}{A_1 \times dT_1} = \frac{16 \text{ W} \times 0,04 \text{ m}}{0,00169 \text{ m}^2 \times 13,6 \text{ } ^\circ\text{C}} \\
 &= \frac{0,64 \text{ Wm}}{0,02305 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}} \\
 &= 27,77 \text{ W/m}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

2. Spesimen 2 (5 cm dalam 15 menit)

Diketahui: $Q = 16 \text{ Watt}$

$$A_2 = 0,00172 \text{ m}^2$$

$$dT_2 = 14,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$dx_2 = 0,04 \text{ m}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 k &= \frac{Q \times dx_2}{A_2 \times dT_2} = \frac{16 \text{ W} \times 0,04 \text{ m}}{0,00172 \text{ m}^2 \times 14,4 \text{ } ^\circ\text{C}} \\
 &= \frac{0,64 \text{ Wm}}{0,02477 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}} \\
 &= 25,83 \text{ W/m}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

3. Spesimen 3 (5 cm dalam 20 menit)

Diketahui: $Q = 16 \text{ Watt}$

$A_3 = 0,00176 \text{ m}^2$

$dT_3 = 15,1 \text{ } ^\circ\text{C}$

$dx_3 = 0,04 \text{ m}$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} k &= \frac{Q \times dx_3}{A_3 \times dT_3} = \frac{16 \text{ W} \times 0,04 \text{ m}}{0,00176 \text{ m}^2 \times 15,1 \text{ } ^\circ\text{C}} \\ &= \frac{0,64 \text{ Wm}}{0,02655 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}} \\ &= 24,11 \text{ W/m}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

4. Spesimen 4 (8 cm dalam 10 menit)

Diketahui: $Q = 16 \text{ Watt}$

$A_4 = 0,00165 \text{ m}^2$

$dT_4 = 14,3 \text{ } ^\circ\text{C}$

$dx_4 = 0,04 \text{ m}$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} k &= \frac{Q \times dx_4}{A_4 \times dT_4} = \frac{16 \text{ W} \times 0,04 \text{ m}}{0,00165 \text{ m}^2 \times 14,3 \text{ } ^\circ\text{C}} \\ &= \frac{0,64 \text{ Wm}}{0,00165 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}} \\ &= 27,10 \text{ W/m}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

5. Spesimen 5 (8 cm dalam 15 menit)

Diketahui: $Q = 16 \text{ Watt}$

$A_5 = 0,00167 \text{ m}^2$

$dT_5 = 14,6 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$dx_5 = 0,04 \text{ m}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} k &= \frac{Q \times dx_5}{A_5 \times dT_5} = \frac{16 \text{ W} \times 0,04 \text{ m}}{0,00167 \text{ m}^2 \times 14,6^\circ\text{C}} \\ &= \frac{0,64 \text{ Wm}}{0,02431 \text{ m}^2\text{ }^\circ\text{C}} \\ &= 26,31 \text{ W/m}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

6. Spesimen 6 (8 cm dalam 20 menit)

Diketahui:

$$\begin{aligned} Q &= 16 \text{ Watt} \\ A_6 &= 0,00167 \text{ m}^2 \\ dT_6 &= 14,8^\circ\text{C} \\ dx_6 &= 0,04 \text{ m} \end{aligned}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} k &= \frac{Q \times dx_6}{A_6 \times dT_6} = \frac{16 \text{ W} \times 0,04 \text{ m}}{0,00167 \text{ m}^2 \times 14,8^\circ\text{C}} \\ &= \frac{0,64 \text{ Wm}}{0,02479 \text{ m}^2\text{ }^\circ\text{C}} \\ &= 25,82 \text{ W/m}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

7. Spesimen 7 (10 cm dalam 10 menit)

Diketahui:

$$\begin{aligned} Q &= 16 \text{ Watt} \\ A_7 &= 0,00161 \text{ m}^2 \\ dT_7 &= 13,8^\circ\text{C} \\ dx_7 &= 0,04 \text{ m} \end{aligned}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 k &= \frac{Q \times dx_7}{A_7 \times dT_7} = \frac{16 \text{ W} \times 0,04 \text{ m}}{0,00161 \text{ m}^2 \times 13,8^\circ\text{C}} \\
 &= \frac{0,64 \text{ Wm}}{0,02222 \text{ m}^2^\circ\text{C}} \\
 &= 28,81 \text{ W/m}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

8. Spesimen 9 (10 cm dalam 15 menit)

Diketahui: $Q = 16 \text{ Watt}$

$A_8 = 0,00163 \text{ m}^2$

$dT_8 = 13,4^\circ\text{C}$

$dx_8 = 0,04 \text{ m}$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 k &= \frac{Q \times dx_8}{A_8 \times dT_8} = \frac{16 \text{ W} \times 0,04 \text{ m}}{0,00163 \text{ m}^2 \times 13,4^\circ\text{C}} \\
 &= \frac{0,64 \text{ Wm}}{0,02184 \text{ m}^2^\circ\text{C}} \\
 &= 29,31 \text{ W/m}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

9. Spesimen 9 (10 cm dalam 20 menit)

Diketahui: $Q = 16 \text{ Watt}$

$A_9 = 0,00165 \text{ m}^2$

$dT_9 = 14,3^\circ\text{C}$

$dx_9 = 0,04 \text{ m}$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 k &= \frac{Q \times dx_9}{A_9 \times dT_9} = \frac{16 \text{ W} \times 0,04 \text{ m}}{0,00165 \text{ m}^2 \times 14,3^\circ\text{C}} \\
 &= \frac{0,64 \text{ Wm}}{0,02362 \text{ m}^2^\circ\text{C}} \\
 &= 27,10 \text{ W/m}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

10. Spesimen tanpa coating

Diketahui: $Q = 16 \text{ Watt}$

$A_0 = 0,00151 \text{ m}^2$

$dT_0 = 8,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$dx_0 = 0,04 \text{ m}$

Penyelesaian:

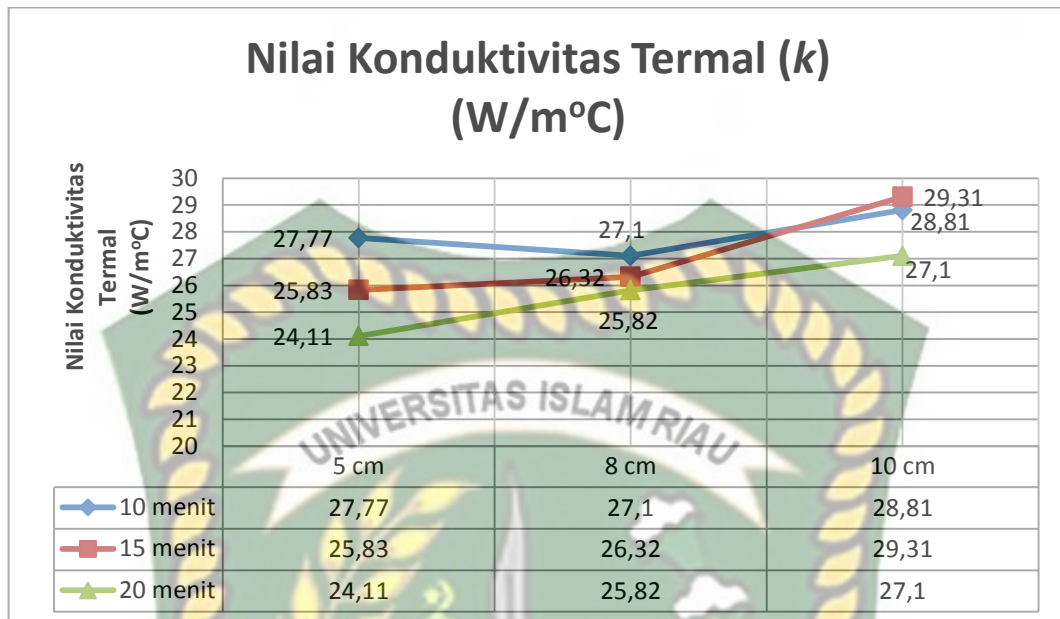
$$\begin{aligned}
 k &= \frac{Q \times dx_0}{A_0 \times dT_0} = \frac{16 \text{ W} \times 0,04 \text{ m}}{0,0015 \text{ m}^2 \times 8,8^{\circ}\text{C}} \\
 &= \frac{0,64 \text{ Wm}}{0,01320 \text{ m}^2^{\circ}\text{C}} \\
 &= 48,48 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}
 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai konduktivitas termal, data hasil perhitungan dapat dilihat dalam bentuk tabel 4.3. sebagai berikut.

Tabel 4.3. Data hasil perhitungan nilai konduktivitas termal.

No.	Spesimen	Nilai Konduktivitas Termal (k) (W/m ^o C)
1	Sp1	27,77
2	Sp2	25,83
3	Sp3	24,11
4	Sp4	27,10
5	Sp5	26,32
6	Sp6	25,82
7	Sp7	28,81
8	Sp8	29,31
9	Sp9	27,10
10	Sp0	48,48

Dari data tabel 4.3, nilai konduktivitas termal dapat ditampilkan dalam bentuk grafik. Dari gambar 4.3. Nilai konduktivitas termal dari setiap spesimen uji, dapat dilihat dalam bentuk grafik.



Gambar 4.3. Nilai konduktivitas termal setiap spesimen uji yang telah dicoating.

Dari grafik diatas, dapat dilihat nilai konduktivitas termal dari setiap spesimen uji. Spesimen yang memiliki nilai tertinggi yaitu spesimen yang tidak dicoating dengan metode elektroforesis dengan nilai 48,48 W/m°C. Sedangkan untuk spesimen yang dicoating yang memiliki nilai konduktivitas termal yang tertinggi adalah spesimen 8 dengan nilai konduktivitas termal 29,31 W/m°C. Untuk nilai konduktivitas termal terendah dimiliki oleh spesimen 3 dengan nilai konduktivitas termalnya sebesar 24,11 W/m°C. Jadi semakin tinggi nilai konduktivitas termal, maka semakin cepat kemampuan spesimen untuk menghantarkan panas. Dan sebaliknya, semakin rendah nilai konduktivitas termalnya, maka semakin lambat kemampuan spesimen untuk menghantarkan panas.

4.4 Perhitungan Laju Korosi

Perhitungan laju korosi pada penelitian ini menggunakan metode kehilangan berat. Formula untuk menghitung laju korosi dengan metode kehilangan berat adalah sebagai berikut :

$$CR = \frac{kW}{AtD}$$

Dimana:

- CR = Laju Korosi (mmpy)
- K = Konstanta Laju Korosi (mmpy) $\Rightarrow 8,76 \times 10^4$ mmpy
- W = Selisih Massa (g)
- A = Luar Permukaan (cm²)
 $\Rightarrow A = 2 ((pxl) + (pxt) + (lxt))$
- t = Waktu Perendaman (jam)
- D = Massa Jenis Logam (g/cm³)
 $\Rightarrow D = \frac{w}{p \times l \times t}$

1. Waktu perendaman

Lama waktu yang ditetapkan untuk perendaman spesimen uji dengan larutan NaCl adalah 168 jam.

3. Selisih massa spesimen uji

Selisih massa spesimen uji didapat dari perhitungan berat spesimen uji yang telah diberi perlakuan elektroforesis, kemudian dikurangi berat spesimen uji setelah diberi perlakuan rendaman dengan larutan NaCl selama 168 jam. Hasil dari perhitungan yang diperoleh akan ditampilkan dalam tabel dan grafik.

Tabel 4.4. Hasil perhitungan selisih berat spesimen uji yang telah dicoating dan direndam dengan larutan NaCl.

Spesimen Uji	Luas Penampang A (cm ²)	Berat Awal (W ₀) (gram)	Berat Akhir (W ₁) (gram)	Selisih Berat (ΔW) (gram)
Sp0 (tidak dicoating)	34,80	31,07	30,696	0,374
Sp1 (5 cm & 10 m)	40,35	32,991	32,800	0,191
Sp2 (5 cm & 15 m)	41,25	33,157	32,287	0,187
Sp3 (5 cm & 20 m)	42,42	33,316	33,180	0,136
Sp4 (8 cm & 10 m)	38,06	32,257	32,061	0,196
Sp5 (8 cm & 15 m)	38,52	32,335	32,135	0,203
Sp6 (8 cm & 20 m)	39,07	32,601	32,421	0,180
Sp7 (10 cm & 10 m)	37,33	31,618	31,347	0,271
Sp8 (10 cm & 15 m)	38,26	31,961	31,715	0,246
Sp9 (10 cm & 20 m)	38,90	32,222	32,008	0,214

4.4.1 Perhitungan Laju Korosi dengan Variasi Jarak 5 cm

1. Spesimen 1 dengan waktu 10 menit

Diketahui: W₀ = 32,800 g

W_{sp1} = 0,191 g

A_{sp1} = 40,35 cm²

Penyelesaian:

a. Menghitung densitas (massa jenis logam yang telah direndam NaCl)

$$\begin{aligned}
 D &= \frac{w}{p \times l \times t} = \frac{32,800 \text{ g}}{5,28 \text{ cm} \times 3,21 \text{ cm} \times 0,38 \text{ cm}} \\
 &= \frac{32,800 \text{ g}}{6,44 \text{ cm}^3} \\
 &= 5,093 \text{ g/cm}^3
 \end{aligned}$$

b. Menghitung laju korosi w_{sp1}

$$CR = \frac{kw_{sp1}}{AtD} = \frac{8,76 \times 10^4 \times 0,191 \text{ g}}{40,35 \text{ cm}^2 \times 168 \times 5,093 \text{ g/cm}^3}$$

$$= \frac{16.731}{34.525,57}$$

$$= 0,485 \text{ mmpy}$$

2. Spesimen 2 dengan waktu 15 menit

Diketahui: $W_0 = 32,287 \text{ g}$

$$W_{sp2} = 0,187 \text{ g}$$

$$A_{sp2} = 41,25 \text{ cm}^2$$

Penyelesaian:

a. Menghitung densitas (massa jenis logam yang telah dicoating)

$$\begin{aligned} D &= \frac{w}{p \times l \times t} = \frac{32,287 \text{ g}}{5,31 \text{ cm} \times 3,24 \text{ cm} \times 0,4 \text{ cm}} \\ &= \frac{32,287 \text{ g}}{6,88 \text{ cm}^3} \\ &= 4,693 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

b. Menghitung laju korosi w_{sp2}

$$\begin{aligned} CR &= \frac{kw_{sp2}}{AtD} = \frac{8,76 \times 10^4 \times 0,187 \text{ g}}{41,25 \text{ cm}^2 \times 168 \times 4,693 \text{ g/cm}^3} \\ &= \frac{16.381,2}{32.521,64} \\ &= 0,504 \text{ mmpy} \end{aligned}$$

3. Spesimen 3 dengan waktu 20 menit

Diketahui: $W_0 = 33,180 \text{ g}$

$$W_{sp3} = 0,136 \text{ g}$$

$$A_{sp3} = 42,42 \text{ cm}^2$$

Penyelesaian:

a. Menghitung densitas (massa jenis logam yang telah dicoating)

$$D = \frac{w}{p \times l \times t} = \frac{33,180 \text{ g}}{5,36 \text{ cm} \times 3,28 \text{ cm} \times 0,42 \text{ cm}}$$

$$= \frac{33,180 \text{ g}}{42,42 \text{ cm}^3}$$

$$= 4,496 \text{ g/cm}^3$$

b. Menghitung laju korosi w_{sp3}

$$\begin{aligned} CR &= \frac{kw_{sp3}}{AtD} = \frac{8,76 \times 10^4 \times 0,136 \text{ g}}{42,42 \text{ cm}^2 \times 168 \times 4,496 \text{ g/cm}^3} \\ &= \frac{11.913,6}{32.040,55} \\ &= 0,372 \text{ mmpy} \end{aligned}$$

4.4.2 Perhitungan Laju Korosi dengan Variasi Jarak 8 cm

1. Spesimen 4 dengan waktu 10 menit

$$\begin{aligned} \text{Diketahui: } W_0 &= 32,061 \text{ g} \\ W_{sp4} &= 0,196 \text{ g} \\ A_{sp4} &= 38,06 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Penyelesaian:

a. Menghitung densitas (massa jenis logam yang telah dicoating)

$$\begin{aligned} D &= \frac{w}{p \times l \times t} = \frac{32,061 \text{ g}}{5,21 \text{ cm} \times 3,17 \text{ cm} \times 0,3 \text{ cm}} \\ &= \frac{32,061 \text{ g}}{4,95 \text{ cm}^3} \\ &= 6,477 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

b. Menghitung laju korosi w_{sp4}

$$\begin{aligned} CR &= \frac{kw_{sp4}}{AtD} = \frac{8,76 \times 10^4 \times 0,196 \text{ g}}{38,06 \text{ cm}^2 \times 168 \times 6,477 \text{ g/cm}^3} \\ &= \frac{11.913,6}{41.414,26} \\ &= 0,415 \text{ mmpy} \end{aligned}$$

2. Spesimen 5 dengan waktu 15 menit

$$\begin{aligned} \text{Diketahui: } W_0 &= 32,135 \text{ g} \\ W_{sp5} &= 0,203 \text{ g} \end{aligned}$$

$$A_{sp5} = 38,52 \text{ cm}^2$$

Penyelesaian:

a. Menghitung densitas (massa jenis logam yang telah dicoating)

$$\begin{aligned} D &= \frac{w}{p \times l \times t} = \frac{32,135 \text{ g}}{5,22 \text{ cm} \times 3,19 \text{ cm} \times 0,31 \text{ cm}} \\ &= \frac{32,135 \text{ g}}{5,16 \text{ cm}^3} \\ &= 6,228 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

b. Menghitung laju korosi w_{sp5}

$$\begin{aligned} CR &= \frac{kw_{sp5}}{AtD} = \frac{8,76 \times 10^4 \times 0,203 \text{ g}}{38,52 \text{ cm}^2 \times 168 \times 6,228 \text{ g/cm}^3} \\ &= \frac{17.782,8}{40.301,77} \\ &= 0,441 \text{ mmpy} \end{aligned}$$

3. Spesimen 6 dengan waktu 20 menit

Diketahui: $W_0 = 32,421 \text{ g}$

$W_{sp6} = 0,180 \text{ g}$

$A_{sp6} = 39,07 \text{ cm}^2$

Penyelesaian:

a. Menghitung densitas (massa jenis logam yang telah dicoating)

$$\begin{aligned} D &= \frac{w}{p \times l \times t} = \frac{32,421 \text{ g}}{5,25 \text{ cm} \times 3,19 \text{ cm} \times 0,33 \text{ cm}} \\ &= \frac{32,421 \text{ g}}{5,36 \text{ cm}^3} \\ &= 5,683 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

b. Menghitung laju korosi w_{sp6}

$$CR = \frac{kw_{sp6}}{AtD} = \frac{8,76 \times 10^4 \times 0,180 \text{ g}}{39,07 \text{ cm}^2 \times 168 \times 5,683 \text{ g/cm}^3}$$

$$= \frac{15.768}{38.481,68}$$

$$= 0,410 \text{ mmpy}$$

4.4.3 Perhitungan Laju Korosi dengan Variasi Jarak 10 cm

1. Spesimen 7 dengan waktu 10 menit

Diketahui: $W_0 = 31,347 \text{ g}$

$$W_{sp7} = 0,271 \text{ g}$$

$$A_{sp7} = 37,33 \text{ cm}^2$$

Penyelesaian:

a. Menghitung densitas (massa jenis logam yang telah dicoating)

$$D = \frac{w}{p \times l \times t} = \frac{31,347 \text{ g}}{5,16 \text{ cm} \times 3,12 \text{ cm} \times 0,31 \text{ cm}}$$

$$= \frac{31,347 \text{ g}}{4,99 \text{ cm}^3}$$

$$= 6,282 \text{ g/cm}^3$$

b. Menghitung laju korosi w_{sp7}

$$CR = \frac{kw_{sp7}}{AtD} = \frac{8,76 \times 10^4 \times 0,271 \text{ g}}{37,33 \text{ cm}^2 \times 168 \times 6,282 \text{ g/cm}^3}$$

$$= \frac{23.739,6}{39.396,96}$$

$$= 0,603 \text{ mmpy}$$

2. Spesimen 8 dengan waktu 15 menit

Diketahui: $W_0 = 31,715 \text{ g}$

$$W_{sp8} = 0,246 \text{ g}$$

$$A_{sp8} = 38,26 \text{ cm}^2$$

Penyelesaian:

a. Menghitung densitas (massa jenis logam yang telah dicoating)

$$\begin{aligned}
 D &= \frac{w}{p \times l \times t} = \frac{31,715 \text{ g}}{5,19 \text{ cm} \times 3,14 \text{ cm} \times 0,34 \text{ cm}} \\
 &= \frac{31,715 \text{ g}}{5,54 \text{ cm}^3} \\
 &= 5,725 \text{ g/cm}^3
 \end{aligned}$$

b. Menghitung laju korosi w_{sp8}

$$\begin{aligned}
 CR &= \frac{kw_{sp8}}{AtD} = \frac{8,76 \times 10^4 \times 0,246 \text{ g}}{38,26 \text{ cm}^2 \times 168 \times 5,725 \text{ g/cm}^3} \\
 &= \frac{21.549,6}{36.796,73} \\
 &= 0,586 \text{ mmpy}
 \end{aligned}$$

3. Spesimen 9 dengan waktu 20 menit

Diketahui: $W_0 = 32,008 \text{ g}$

$W_{sp9} = 0,214 \text{ g}$

$A_{sp9} = 38,9 \text{ cm}^2$

Penyelesaian:

a. Menghitung densitas (massa jenis logam yang telah dicoating)

$$\begin{aligned}
 D &= \frac{w}{p \times l \times t} = \frac{32,008 \text{ g}}{5,21 \text{ cm} \times 3,17 \text{ cm} \times 0,35 \text{ cm}} \\
 &= \frac{32,008 \text{ g}}{5,78 \text{ cm}^3} \\
 &= 5,538 \text{ g/cm}^3
 \end{aligned}$$

b. Menghitung laju korosi w_{sp9}

$$\begin{aligned}
 CR &= \frac{kw_{sp9}}{AtD} = \frac{8,76 \times 10^4 \times 0,214 \text{ g}}{38,9 \text{ cm}^2 \times 168 \times 5,538 \text{ g/cm}^3} \\
 &= \frac{18.746,4}{36.190,08} \\
 &= 0,518 \text{ mmpy}
 \end{aligned}$$

4.4.4 Perhitungan Laju Korosi Spesimen tanpa dicoating

Diketahui: $W_0 = 30,696 \text{ g}$

$W_{sp0} = 0,374 \text{ g}$

$A_{sp0} = 34,8 \text{ cm}^2$

Penyelesaian:

a. Menghitung densitas (massa jenis logam yang telah dicoating)

$$\begin{aligned}
 D &= \frac{w}{p \times l \times t} = \frac{30,696 \text{ g}}{5 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} \times 0,3 \text{ cm}} \\
 &= \frac{30,696 \text{ g}}{4,5 \text{ cm}^3} \\
 &= 6,821 \text{ g/cm}^3
 \end{aligned}$$

b. Menghitung laju korosi w_{sp0}

$$\begin{aligned}
 CR &= \frac{kw_{sp0}}{AtD} = \frac{8,76 \times 10^4 \times 0,374 \text{ g}}{34,8 \text{ cm}^2 \times 168 \times 6,821 \text{ g/cm}^3} \\
 &= \frac{32,762,4}{39.880,24} \\
 &= 0,822 \text{ mmpy}
 \end{aligned}$$

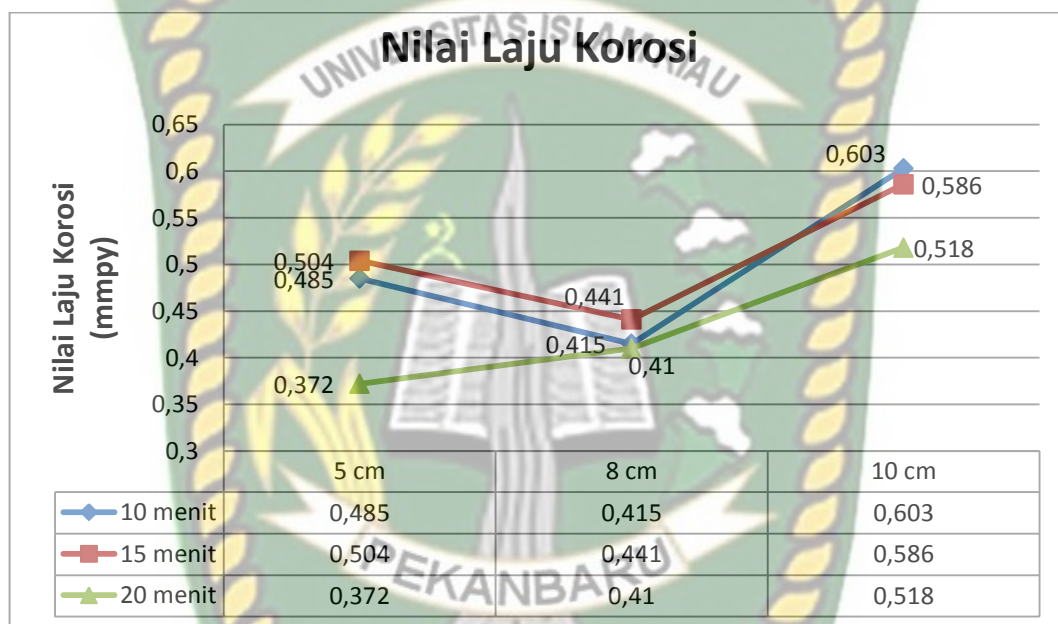
Setelah dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai laju korosi pada setiap spesimen uji, data hasil perhitungan dapat dilihat dalam bentuk tabel dan grafik.

Tabel 4.5. Nilai laju korosi pada spesimen uji setelah dilakukan perhitungan dengan metode kehilangan berat (*weight loss*).

No.	Spesimen	Nilai Laju Korosi (mmpy)
1	Sp1	0,485
2	Sp2	0,504
3	Sp3	0,372
4	Sp4	0,415
5	Sp5	0,441
6	Sp6	0,410
7	Sp7	0,603
8	Sp8	0,586

9	Sp9	0,518
10	Sp0	0,822

Dari data tabel 4.4, nilai laju korosi dapat ditampilkan dalam bentuk grafik. Dari gambar 4.4. Nilai laju korosi dari setiap spesimen uji, dapat dilihat dalam bentuk grafik.



Gambar 4.4. Nilai Laju Korosi Spesimen.

Dari grafik nilai laju korosi pada spesimen dapat diketahui, bahwa nilai laju korosi tertinggi diperoleh pada spesimen 0 (tidak dicoating) sebesar 0,822 mmpy. Untuk spesimen yang dicoating, nilai laju korosi yang tinggi diperoleh pada spesimen 7 (10 cm & 10 menit) dengan nilai sebesar 0,603 mmpy. Sedangkan nilai laju korosi terendah diperoleh pada spesimen 3 (5 cm & 20 menit) dengan nilai sebesar 0,372 mmpy.

4.5. Pembahasan

4.5.1 Pengaruh jarak dan waktu terhadap pertambahan berat spesimen dalam proses elektroforesis.

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, variasi jarak antar elektroda dan waktu dalam proses elektroforesis dapat berpengaruh terhadap pertambahan berat pada spesimen uji. Hal ini dikarenakan larutan elektrolit yaitu silika gel dan elektroda tumbal yaitu alumunium dapat menempel pada elektroda utama yaitu *stainless steel* 304. Banyaknya jumlah molekul-molekul dari silika gel dan alumunium yang dapat menempel pada *stainless steel* 304 dipengaruhi oleh jarak antar elektroda dan waktu dalam proses elektroforesis. Dari data hasil perhitungan pertambahan berat spesimen setelah dilakukan proses elektroforesis, semakin dekat jarak antar elektroda dan semakin lama waktu dalam proses elektroforesis maka semakin besar pertambahan berat dari spesimen uji. Dan sebaliknya, semakin jauh jarak antar elektroda dan semakin cepat waktu dalam proses elektroforesis maka semakin kecil pertambahan berat spesimen uji.

4.5.2 Pengaruh jarak dan waktu terhadap kemampuan spesimen sebagai isolator.

Dari hasil pengujian konduktivitas termal serta dilakukan perhitungan berdasarkan persamaan, nilai konduktivitas termal pada spesimen yang telah *dicoating* dan tidak *dicoating* berbeda-beda. Hal ini disebabkan karena pertambahan berat spesimen juga berbeda-beda. Dari data hasil menunjukkan bahwa pertambahan berat spesimen yang lebih besar mampu menerima perubahan

suhu yang lebih tinggi, sehingga mempengaruhi nilai konduktivitas termal dari spesimen uji. Dari pengujian konduktivitas termal serta dilakukan perhitungan, semakin tinggi nilai konduktivitas termal maka semakin cepat kemampuan spesimen untuk menghantarkan panas. Sebaliknya, semakin rendah nilai konduktivitas termal maka semakin lambat kemampuan spesimen untuk menghantarkan panas. Dari hasil perhitungan, spesimen 3 (5 cm & 20 menit) mendapatkan nilai konduktivitas termal terendah sebesar 24,11 W/m°C. Hal ini disebabkan karena jumlah molekul silika dan alumunium yang lebih banyak yang dapat dibuktikan dari besarnya pertambahan berat spesimen uji setelah melalui proses elektroforesis. Dapat disimpulkan bahwa, pelapisan silika gel terhadap *stainless steel* 304 mampu menjadikan material sebagai isolator.

4.5.3 Pengaruh jarak dan waktu terhadap laju korosi.

Dari hasil pengujian dan perhitungan data dengan metode kehilangan berat (*weight loss*), spesimen yang memiliki pertambahan berat yang lebih besar mampu meminimalisir kehilangan berat spesimen uji. Dari pengujian dan perhitungan data, semakin kecil kehilangan berat spesimen maka semakin kecil pula nilai laju korosi yang diperoleh. Dan sebaliknya, semakin besar kehilangan berat spesimen maka semakin tinggi pula nilai laju korosi yang diperoleh. Dari hasil perhitungan, spesimen 3 (5 cm & 20 menit) memperoleh nilai laju korosi sebesar 0,372 mmpy. Hal ini disebabkan karena selisih kehilangan berat spesimen sangat kecil setelah dilakukan perendaman dengan larutan korosif yaitu NaCl. Dapat disimpulkan bahwa, pelapisan silika gel terhadap *stainless steel* 304 mampu

meminimalisirkan kehilangan berat spesimen serta mampu memperkecil terjadinya korosi.



Dokumen ini adalah Arsip Milik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi jarak antar elektroda serta waktu pelapisan dengan metode elektroforesis berpengaruh terhadap pertambahan berat material *stainless steel* 304. Semakin dekat jarak elektroda serta semakin lama waktu pelapisan maka semakin besar pertambahan berat terjadi.

2. Besarnya jumlah pertambahan berat spesimen dapat mempengaruhi sifat konduktivitas termal dari material. Semakin banyak pertambahan berat spesimen setelah proses elektroforesis maka semakin rendah nilai konduktivitas termal spesimen. Jadi, pelapisan silika gel terhadap *stainless steel* 304 dapat mempengaruhi nilai konduktivitas termal serta mampu menjadi bahan isolator.

3. Pelapisan silika gel dapat berpengaruh terhadap laju korosi *stainless steel* 304. Hal ini dikarenakan, semakin banyak jumlah molekul silika gel yang menempel pada *stainless steel* 304 dapat mengurangi jumlah kehilangan berat material setelah dilakukan perendaman selama 168 jam dengan media korosif yaitu NaCl.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya mengenai penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Permukaan material uji harus benar – benar bebas dari yang memungkinkan dapat mempengaruhi hasil pengujian serta membuat permukaan lebih halus pelapisan material lebih baik lagi.

2. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan penerapan pengujian dengan metode lain untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.



DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, Y. K., Arief, I. S., Teknik, J., Perkapalan, S., & Kelautan, F. T. (2015). *Analisa Laju Korosi pada Pelat Baja Karbon dengan Variasi Ketebalan Coating*. 4(1), 1–5.
- Aprilia, L., Nuryadi, R., Rianti, W., & Gustiono, D. (2006). *PREPARASI LAPISAN HIDROKSIAPATIT PADA SUBSTRAT STAINLESS STEEL 316 DENGAN METODE DEPOSISI*. 47–52.
- Besra, L., Liu, M. (2007). *A Review on fundamentals and applications of electrophoretic deposition (EDP)*, *Progres in Materials Science*, 52, 1-61.
- Castro, Y., Duran, A., Damborenea, J., Conde, A. (2008). *Electrochemical Behaviour of Silica Basic Hybrid Coatings Deposited on Stainless Steel by Dip Coating and EDP*, *Journal of Surface and Coating Technology*, 53, 6008-6017.
- Fouda, A.S., dan Ellithy, A.S. (2009). *Inhibition Effect of 4 Phenylthiazole derivatives on corrosion of 304L Stainless Steel in HCl Solution*, *Corrosion Science*, 85, 864-875.
- Jhonathan, J., Tassel, V., dan Rndall, C.A., (2006). *Mechanismsof Electrophoretic Deposition*, *Key Engineering Materials*, 167-174.
- M., Rahayu, S., Nuryadi, R., & Purwati, L. A. H. (2012). *Pengaruh Tegangan dan Waktu Deposisi Terhadap Pelapisan*.

- Made, N., Putri, I., Ratnasari, D., & Tulaini, S. (2019). *Pelapisan Silika pada Stainless Steel secara Elektroforesis Disertai Anodisasi untuk Perlindungan Korosi Silica Coating on Stainless Steel by Electrophoresis with Anodization for Corrosion Protection*. 14(1), 97–103.
- Plsko, A., Pegacova, J., Sulcova, J., Bielikova, B., Tomagova, M., Michelkova, K., Rodova, A., (2014). *Nanocomposite films prepared from stabilized aqueous SiO₂ sols*, *Journal of Non-Crystalline Solids*, 401,129-133.
- Riszki, T. I., Kimia, J., Matematika, F., Alam, P., Sepuluh, I. T., & Baja, A. P. S. (2015). *Pengaruh Suhu terhadap Kualitas Coating (Pelapisan) Stainless Steel Tipe 304 dengan Kitosan secara Elektroforesis*. 4(1), 25–28.
- Rotor, J. (2011). *Sumarji, Jurnal ROTOR , Volume 4 Nomor1, Januari 2011* 1. 4, 1–8.
- Saputra, R. I., Kurniasari, R., & Affandi, S. (2012). *Pelapisan Baja Dengan Nanosilika Secara Elektroforesis Untuk Perlindungan Terhadap Korosi*. 1(1), 1–3.
- Tsai, M.S. (2004). *The study of formation colloidal silica via sodium silicate, Materials Sience and Engineering*;B, 106, 52-55.
- Utomo, B. (2009). *Jenis korosi dan penanggulangannya*. 6(2), 138–141.
- Zuriadi, M. R., Fadli, A., Amri, A., Jurusan, M., Kimia, T., Jurusan, D., ... Riau, U. (n.d.). *PELAPISAN PERMUKAAN STAINLESS STEEL 316L MENGGUNAKAN HIDROKSIAPATIT DENGAN METODE DEPOSISI*. 1–7.