PENGARUH WAKTU DAN TEGANGAN PADA PELAPISAN *STAINLESS STEEL* 316L MENGGUNAKAN KITOSAN TERHADAP LAJU KOROSI DAN TEBAL LAPISAN DENGAN METODE ELEKTRODEPOSISI

SKRIPSI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK MANUFAKTUR

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

PRABOWO WICAKSONO

NIM. 155060201111028

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2019

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH WAKTU DAN TEGANGAN PADA PELAPISAN *STAINLESS STEEL* 316L MENGGUNAKAN KITOSAN TERHADAP LAJU KOROSI DAN TEBAL LAPISAN DENGAN METODE ELEKTRODEPOSISI

SKRIPSI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK MANUFAKTUR

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

PRABOWO WICAKSONO
NIM. 155060201111028

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada
tanggal 13 Desember 2019

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Dr. Putu Hadi Setyarini, ST., MT.	**Prof. Dr. Ir. Rudy Soenoko, M.Eng.Sc.**
NIP. 19770806 200312 2 001	**NIP. 19841007 201212 1 001**

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1

Dr.Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT.
NIP. 19740930 200012 1 001

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

IDENTITAS TIM PENGUJI SKRIPSI

JUDUL SKRIPSI

Pengaruh Waktu dan Tegangan pada Pelapisan *Stainless Steel* 316L Menggunakan Kitosan Terhadap Laju Korosi dan Tebal Lapisan Dengan Metode Elektrodeposisi

Nama Mahasiswa : Prabowo Wicaksono
NIM : 155060201111028
Program Studi : Teknik Mesin
Konsentrasi : Teknik Manufaktur

KOMISI PEMBIMBING

Dosen Pembimbing 1 : Dr. Putu Hadi Setyarini, ST., MT.
Dosen Pembimbing 2 : Prof. Dr. Ir. Rudy Soenoko, M.Eng.Sc.

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji 1 : Dr. Sugiarto, ST., MT.
Dosen Penguji 2 : Dr.Eng Mega Nur Sasongko, ST., MT.
Dosen Penguji 3 : Redi Bintarto, ST., M.Eng.Pract.

Tanggal Ujian : 27 November 2019
SK Penguji : 2432/UN10.F07/SK/2019

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 13 Desember 2019

Mahasiswa

Prabowo Wicaksono

NIM. 155060201111028

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
repository.ub.ac.id

TURNITIN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA

SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 145/UN10.F07.12.21/PP/2019

Sertifikat ini diberikan kepada :

PRABOWO WICAKSONO

Dengan Judul Skripsi :

PENGARUH WAKTU DAN TEGANGAN PADA PELAPISAN *STAINLESS STEEL* 316L MENGGUNAKAN KITOSAN TERHADAP LAJU KOROSI DAN TEBAL LAPISAN DENGAN METODE ELEKTRODEPOSISI

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi ≤ 20 %, dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal 16 DEC 2019

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D
NIP. 19670518 199412 1 001

Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin

Dr.Eng Mega Nur Sasongko, ST, MT
NIP. 19740930 200012 1 001

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Pengaruh Waktu dan Tegangan pada Pelapisan *Stainless Steel* 316L Menggunakan Kitosan Terhadap Laju Korosi dan Tebal Lapisan dengan Metode Elektrodeposisi" ini dengan baik.

Pada kesempatan kali ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang teklah membantu, membimbing dan memberi dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini. Penulis dengan tulus mengucapkan terima kasih kepada:

1. Djarot B. Darmadi Ir., MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
2. Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng., Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
3. Mega Nur Sasongko, ST., MT., Dr.Eng. selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
4. Tjuk Oerbandono, Ir., MSc.CSE selaku Ketua Kelompok Dasar Keahlian Konsentrasi Produksi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
5. Dr. Putu Hadi Setyarini, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan, nasehat, dan motivasi untuk kesempurnaan penyusunan skripsi ini.
6. Prof. Dr. Rudy Soenoko , ST., M.Eng selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan, nasehat, dan motivasi untuk kesempurnaan penyusunan skripsi ini.
7. Prof. Dr Ir. Wahyono Suprapto, MT.Met. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan pengarahan dan motivasi demi kelancaran akademik penulis.
8. Seluruh dosen pengampu Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang yang telah memberikan banyak ilmu untuk mendukung penyusunan skripsi ini.
9. Seluruh staf dan karyawan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang yang telah memberikan pelayanan terbaik.
10. Kedua orangtua saya, Bapak Triyono dan Ibu Huriati yang selalu memberikan doa, nasehat, semangat, dan dukungan kapanpun dan dimanapun.
11. Adik saya Firdaus Tri Pamungkas dan Kakak saya Herry Kristianto yang selalu memberikan doa, semangat, dan dukungan kapanpun dan dimanapun.
12. Teman-teman Teknik Mesin 2015, terimakasih atas kebersamaan, solidaritas dan semua kenangan yang tak akan terlupakan.
13. Teman-teman komunitas Run Malang Run yang selalu memberikan pengalaman baru dan dukungan.

14. Teman-teman Kost-363 yang selalu menghibur dan memberikan keceriaan di akhir pekan.
15. Teman-teman SMANSASI Kota Indramayu di Malang (Mulki dan Ashri) yang selalu membagikan cerita suka dan duka tentang perkuliah dan mendukung satu sama lain.
16. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang dapat membangun dan membantu perkembangan penulis demi penyusunan skripsi dengan baik. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak sehingga menjadi acuan untuk penelitian lebih lanjut untuk kemajuan kita bersama.

Malang, November 2019

Penulis

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ..... **i**
DAFTAR ISI ..... **iii**
DAFTAR TABEL ..... **v**
DAFTAR GAMBAR ..... **vi**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **viii**
RINGKASAN ..... **ix**
SUMMARY ..... **x**
BAB 1 PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan Penelitian 3
1.5 Manfaat Penelitian 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **5**
2.1 Penelitian Sebelumnya 5
2.2 *Stainless Steel* 7
2.2.1 Sifat *Stainless Steel* 8
2.2.2 *Stainless Steel* 316L 8
2.3 Pelapisan *(Coating)* 9
2.4 Elektrodeposisi 9
2.4.1 Mekanisme Elektrodeposisi 10
2.4.2 Waktu Elektrodeposisi 11
2.4.3 Tegangan Elektrodeposisi 12
2.4.4 Komponen Elektrodeposisi 12
2.5 Kitosan 12
2.5.1 Sifat Kitosan 13
2.5.2 Aplikasi Kitosan 13
2.6 Korosi 14
2.6.1 Faktor Terjadinya Korosi 14
2.6.2 Proses Korosi 15
2.7 Metode Pengukuran Laju Korosi 15
2.8 Hipotesis 17
BAB III METODE PENELITIAN **19**
3.1 Metode Penelitian 19
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian 19

3.3 Variabel Penelitian 19
3.4 Alat dan Bahan Penelitian 20
3.4.1 Alat Penelitian 20
3.4.2 Bahan Penelitian 26
3.5 Dimensi Benda Kerja 28
3.6 Prosedur Penelitian 29
3.6.1 Persiapan Pembuatan Spesimen 29
3.6.2 Prosedur Pembuatan Larutan 29
3.6.3 Proses Elektrodeposisi 31
3.6.4 Proses Pengujian *Coating Thickness* 31
3.6.5 Proses Pengujian Elektrokimia 31
3.6.6 Proses Pengujian SEM *(Scanning Electron Microscopy)* 32
3.7 Skema Penelitian 32
3.8 Diagram Alir Penelitian 33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 35
4.1 Proses Elektrodeposisi 35
4.2 Hasil dan Pembahasan Ketebalan Lapisan 37
4.3 Hasil dan Pembahasan Morfologi Lapisan 38
4.4 Hasil dan Pembahasan Laju Korosi 41
BAB V PENUTUP 45
5.1 Kesimpulan 45
5.2 Saran 45
DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil Potensial Korosi dan Arus Korosi dari Uji Polarisasi Potensiodinamik 5
Tabel 2.2 Hasil Pengujian Ketebalan Lapisan 6
Tabel 3.1 Komposisi Kimia *Stainless Steel* 316L 28
Tabel 4.1 Hasil Variasi Waktu Terhadap Ketebalan Lapisan 37
Tabel 4.2 Hasil Variasi Tegangan Terhadap Ketebalan Lapisan 38
Tabel 4.3 Hasil Pengaruh Variasi Waktu Terhadap Laju Korosi 41
Tabel 4.4 Hasil Pengaruh Variasi Tegangan Terhadap Laju Korosi 42

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tampilan spesimen yang telah dilapisi kitosan, a) Suhu 50° C, b) Suhu 45 ° C, c) Suhu 40 °C, d) Suhu 35 °C, dan e) Suhu ruangan 6
Gambar 2.2 Hasil visualisasi dari lapisan tembaga yang ada pada substrat *stainles steel* pada -0.25 V dengan variasi waktu (a) 60, (b) 120, (c) 180, (d) 300, (e) 600, dan (f) 900 detik 7
Gambar 2.3 Penurunan *stainless steel* 304 9
Gambar 2.4 Pergerakan partikel ion pada saat proses elektrodeposisi 10
Gambar 2.5 Kurva potensial anodik katodik 16
Gambar 3.1 Alat elektrodeposisi 20
Gambar 3.2 Kabel 21
Gambar 3.3 Penjepit 21
Gambar 3.4 Gelas ukur 21
Gambar 3.5 Labu ukur 22
Gambar 3.6 Neraca 22
Gambar 3.7 Spatula kaca 22
Gambar 3.8 Pipet kaca 23
Gambar 3.9 Tabung ukur 23
Gambar 3.10 Metrohm Autolab PGSTAT 204 24
Gambar 3.11 *Coating Thickness Gauge* TT260 25
Gambar 3.12 SEM *(Scanning Electron Microscopy)* 25
Gambar 3.13 Kitosan 26
Gambar 3.14 Karbon 26
Gambar 3.15 Aquades 27
Gambar 3.16 *No drop* 27
Gambar 3.17 Larutan PBS *(Phosphate Buffered Saline)* 28
Gambar 3.18 Asam asetat 28
Gambar 3.19 *Stainless Steel* 316L 28
Gambar 3.20 Dimensi benda kerja dengan satuan dalam mm 28
Gambar 3.21 Skema Penelitian 32
Gambar 3.22 Diagram Alir Penelitian 33
Gambar 4.1 Skema reaksi elektrodeposisi 35
Gambar 4.2 Hasil SEM dengan variasi waktu 20 menit dengan tegangan 15 volt 39
Gambar 4.3 Hasil SEM dengan variasi waktu 20 menit dengan tegangan 5 volt 40
Gambar 4.4 Kurva polarisasi *stainless steel* 316L dengan variasi waktu pelapisan 41
Gambar 4.5 Kurva polarisasi *stainless steel* 316L dengan variasi tegangan pelapisan 42

repository.ub.ac.id

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Pengujian Ketebalan Lapisan
Lampiran 2 Perhitungan Simpangan Baku
Lampiran 3 Kurva Polarisasi
Lampiran 4 Sertifikat *Stainless Steel* 316L
Lampiran 5 Sertifikat Kitosan
Lampiran 6 Pengujian FTIR

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

RINGKASAN

Prabowo Wicaksono, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, November 2019, *Pengaruh Waktu Dan Tegangan Pada Pelapisan Stainless Steel 316L Menggunakan Kitosan Terhadap Laju Korosi Dan Tebal Lapisan,* Dosen Pembimbing: Putu Hadi Setyarini dan Rudy Soenoko.

Logam umumnya memiliki sifat kuat sehingga sering digunakan dalam aplikasi struktural. Dalam bidang kesehatan logam digunakan sebagai implan tulang, dimana dalam penggunaan tersebut dibutuhkan sifat kuat dari logam. Namun logam memiliki kecenderungan mengalami korosi dengan lingkunganya. Untuk meningkatkan ketahanan logam terhadap korosi umumnya dilakukan pelapisan atau *coating*. Penelitian ini ditujukan untuk memberikan lapisan pada permukaan *stainless steel* 316L agar memutus interaksi antara logam dengan lingkungan. Metode ini adalah mendepositkan suatu zat ke permukaan substrat (material yang akan dilapisi). Pencegahan korosi dilakukan dengan cara melapisi salah satunya dengan metode elektrodeposisi. Proses elektrodeposisi menggunakan kitosan sebagai pelapis pada *stainless steel* 316L. Elektrodeposisi pada *stainless steel* 316L dari penelitian ini menggunakan variasi waktu 10, 20, dan 30 menit dengan tegangan 15 volt. Selanjutnya variasi tegangan sebesar 5, 10, dan 15 volt dengan waktu 20 menit. Spesimen dilakukan pengukuran laju korosi dengan potensiodinamik dengan menggunakan *software* NOVA, pengukuran ketebalan hasil lapisan dengan menggunakan *coating thickness gauge* serta pengujian SEM *(Scanning Electron Microscopy)*. Berdasarkan data hasil penelitian didapatkan bahwa pada spesimen tanpa perlakuan memiliki laju korosi yang paling tinggi yaitu 0,40388 mmpy sedangkan laju korosi paling rendah pada variasi 15 volt yang menghasilkan 0,069743 mmpy. Data ketebalan lapisan paling tipis terdapat pada variasi 5 volt dengan nilai 52,54 ± 0,79% dan ketebalan lapisan tertinggi pada variasi 15 volt dengan nilai 69,58 ± 0,89%. Pada penelitian ini diketahui bahwa waktu terbaik yang digunakan dalam proses elektrodeposisi yaitu 20 menit karena menghasilkan laju korosi yang rendah, dan pada tegangan sebesar 15 volt.

Kata kunci: Pelapisan, Kitosan, Korosi, Elektrodeposisi, *stainless steel* 316L

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

SUMMARY

Prabowo Wicaksono, *Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering University of Brawijaya, November* 2019, *The Effect of Time and Voltage On Stainless Steel 316L Coating Using Chitosan Toward Corrosion Rate and Thickness With Electrodeposition Method. Academic supervisor*: Putu Hadi Setyarini dan Rudy Soenoko.

Metal generally has strong properties so they are often used in structural application. In medical application metal is used as bone implant, where the use of strong metal properties is needed. But metals have a tendency to corrode with their environment. To increase resistance metal from corrosion, commonly used coating. This study aimed to provide a coating on the surface of 316L stainless steel in order to break the interaction between metals and the environment. This method is to deposit a substance to the surface of the substrate (the material to be coated). Corrosion prevention is done by coating one of them by electrodeposition method.The electrodeposition process use chitosan as a coating on stainless steel 316L. Electrodeposition on stainless steel 316L from this study uses 10, 20, and 30 minutes time variations with a voltage of 15 volts. Furthermore, voltage variations of 5, 10, and 15 volts within 20 minutes. Specimens were measured for corrosion rate with potentiodynamics using NOVA software, thickness measurement of the coating using coating thickness gauge and SEM (Scanning Electron Microscopy) testing. Based on experimental result, it was found that the specimens without treatment had the highest corrosion rate of 0.40388 mmpy while the lowest corrosion rate at a variation of 15 volts produced 0.069743 mmpy. The thinnest layer thickness data is found in the variation of 5 volts with a value of 52.54 ± 0.79% and the highest layer thickness in the variation of 15 volts with a value of 69.58 ± 0.89%. In this study it is known that the best time used in the electrodeposition process is 20 minutes because it produces a low corrosion rate, and at a voltage of 15 volts.

Keywords: Coatings, Chitosan, Corrosion, Electrodepositon, Stainless Steel 316L

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada bidang kesehatan terutama dalam implan tulang penggunaan logam sangat berguna karena logam memiliki sifat kuat, kaku, ketahanan terhadap kelelahan, dan ketahan terhadap korosi, serta *biocompatibility*. Logam yang umum digunakan adalah Ti *alloy*, Co-Cr *alloy*, dan *stainless steel* (Long, 2008). *Stainless steel* 316L ini menjadi pilihan material untuk implan tulang karena memiliki ketahanan korosi cukup baik selain platina dan titanium. Komposisi dari *stainless steel* 316L yaitu Cr, Ni, Mo dengan kadar C yang rendah sehingga menjadikan material ini lebih kuat dibandingkan dengan *steel*. Selain itu, *stainless steel* 316L memiliki sifat mekanik yang baik, dan biaya yang relatif rendah untuk memproses dan memperolehnya (Ruan, 2006).

Dari keunggulan *stainless steel* 316L yang tahan terhadap korosi maka *stainless steel* 316L dapat digunakan sebagai biomaterial dimana material jenis ini dapat berinteraksi dengan sistem biologis untuk mengobati, menambah, atau mengganti jaringan, organ atau fungsi tubuh (Leali dan Meroll, 2009). Sebagai material implan , *stainless steel* 316L yang sering mengalami kontak dengan senyawa asam dan garam akan cepat mengalami proses korosi. Hal ini dibuktikan adanya fenomena infeksi pada pasien pengguna implan tulang. Oleh karena itu, diperlukan perlakuan tambahan untuk mencegah terjadinya korosi sehingga harapannya proses terjadinya korosi dapat diperpanjang umur pemakaian.

Korosi merupakan salah satu masalah yang sedang dihadapi oleh ahli teknik, karena korosi itu sendiri adalah suatu proses kerusakan material oleh suatu reaksi kimia yang merupakan akibat interaksi antara logam dengan keadaan disekelilingnya. Berbagai usaha terhadap pengendalian korosi yang sekarang gencar dilakukan adalah untuk mengendalikan kerusakan material yang diakibatkannya, agar laju korosi yang terjadi dapat ditekan serendah mungkin dan dapat melampaui nilai ekonominya, atau jangan sampai logam menjadi rusak sebelum waktunya.

Salah satu metode perlindungan logam terhadap serangan korosi adalah dengan cara pelapisan, yaitu dengan metode elektroforesis deposisi. Elektroforesis deposisi adalah proses pembentukan endapan pada permukaan elektroda melalui pemindahan partikel yang terdispersi dalam larutan menuju permukaan elektroda dengan menggunakan medan listrik (Tassel dan Randall, 2006).

Bahan yang digunakan dalam metode elektroforesis deposisi yaitu kitosan. Kitosan ini merupakan senyawa kimia yang berasal dari kitin yang diperoleh dari kulit, kepala, dan ekor udang melalui proses deasetilasi. (Butler, dkk, 1996). Kitosan memiliki sifat – sifat yang unik yaitu mempunyai ketahanan terhadap perkembangan bakteri, tidak beracun untuk makhluk hidup, *biocompability*, *biodegrability*. Kitosan juga dapat membentuk membran atau film sehingga dapat digunakan sebagai pelapis yang diaplikasikan teradap logam yang berubungan dengan makhluk hidup.

Penelitian ini dilakukan untuk memahami dan mengetahui pengarah tegangan dan waktu pada pelapisan *stainless steel* 316L dengan menggunakan metode elektroforesis deposisi. Perlakukan pengujian korosi dengan potensiodinamik menggunakan larutan PBS (*Phospate Buffer Saline*). Diharapkan dengan dilakukannya penelitian ini dengan media kitosan sebagai pelapis maka akan meningkatkan ketahanan dari *stainless steel* 316L terhadap terjadinya korosi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan yang dirumuskan dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh pelapisan *(coating)* terhadap ketebalan lapisan, pembentukan lapisan dan laju korosi pada *stainless steel* 316L dengan menggunakan metode elektrodeposisi.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang difokuskan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Material yang digunakan sebagai katoda adalah *stainless steel* 316L
2. Material yang digunakan sebagai anoda adalah karbon
3. Bahan yang akan melapisi *stainless steel* 316L adalah kitosan
4. Pelarut yang di gunakan adalah larutan asam asetat
5. Temperatur yang digunakan adalah temperatur ruangan
6. Molar pada elektrolit dianggap sama untuk setiap spesimen

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh dari pelapisan *(coating) stainless steel* 316L dengan menggunakan metode elektodeposisi terhadap ketebalan lapisan, pembentukan lapisan, dan laju korosi.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

1. Memberikan pengetahuan tentang proses pelapisan *(coating)* pada penulis dan pembaca.
2. Menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan pelapisan *(coating)* menggunakan kitosan pada *stainless steel* 316L.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Penelitian yang dilakukan oleh A. Simchi (2009) menggunakan kitosan sebagai pelapis logam dengan material benda kerja *stainless steel* 316L. Beliau juga meneliti pengaruh pH terhadap mobilitas kitosan selama proses elektroforesis dan diperoleh pH optimum proses pelapisan adalah 4,1.

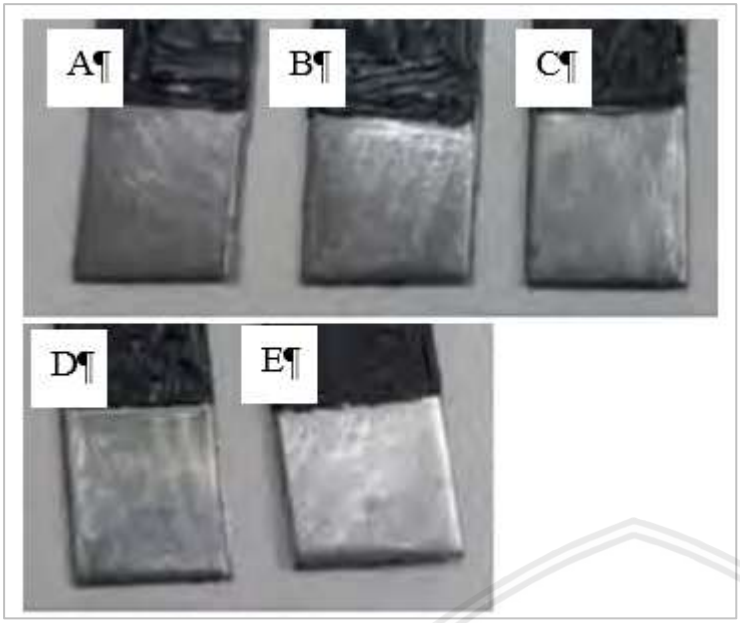
Penelitian yang dilakukan oleh Mehdipour (2012) menggunakan kitosan sebagai bahan pelapis dengan material benda kerja *stainless steel* 316L. Spesimen dibuat dengan ukuran 20 mm x 50 mm dengan jarak antara anoda dan katoda sebesar 10 mm. Pengujian SEM pada lapisan kitosan yang memiliki ketebalan sebesar 7 µm pada permukaan spesimen dan memiliki permukaan lapisan yang sangat halus tanpa ada retakan dengan menggunakan tegangan sebesar 15 volt. Kitosan yang melapisi stainless steel 316L mampu mereduksi densitas arus korosi hingga 52% yaitu dari 6,97 µA/cm.2 menjadi 3,3 µA/cm2.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan Riszki (2015) mengenai pengaruh suhu terhadap kualitas *coating stainless steel* 304 dengan kitosan secara elektroforesis, maka dapat disimpulkan bahwa kenaikan suhu menghasilkan kualitas lapisan yang semakin baik yang ditunjukkan oleh parameter ketebalan lapisan dan laju korosi, tetapi tidak berpengaruh terhadap tekstur permukaan lapisan kitosan. Berdasarkan penelitian ini hasil terbaik didapat pada suhu 50^{o}C yang menghasilkan ketebalan sebesar 49,73 ± 6,86 µm dan laju korosi sebesar 0,00065 mpy. Sebagaimana ditunjukan pada Tabel 2.1 dan Gambar 2.1.

Tabel 2.1
Hasil Potensial Korosi dan Arus Korosi dari Uji Polarisasi Potensiodinamik

Suhu	Potensial Korosi (E_{corr})	Laju Korosi
Blanko	-278,570 mV	0,00121 mpy
Suhu ruang	-260,920 mV	0,00087 mpy
35^{o}C	-254,850 mV	0,00076 mpy
40^{o}C	-234,650 mV	0,00071 mpy
45^{o}C	-223,210 mV	0,00069 mpy
50^{o}C	-220,130 mV	0,00065 mpy

Sumber: Riszki (2015)



Gambar 2.1 Tampilan spesimen yang telah dilapisi kitosan, a) Suhu 50^{o} C, b) Suhu 45^{o}C, c) Suhu 40^{o}C, d) Suhu 35^{o}C, dan e) Suhu ruangan
Sumber: Riszki (2015)

Sementara itu Fajrin (2018) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi kuat arus pada pelapisan *tinplate* menggunakan kitosan dengan metode elektrodeposisi menjelaskan bahwa semakin tinggi arus yang digunakan dalam pengujian akan menghasilkan laju korosi yang semakin kecil yaitu 0,00061927 mpy pada variasi 8 A dan juga didapatkan efisiensi *coating* sebesar 99,4%. Semakin tinggi kuat arus yang digunakan juga akan menyebabkan ketebalan lapisan yang dihasilkan semakin tebal yaitu 78,9 µm dan simpangan baku paling kecil yaitu ± 1,58%. Semakin kecil simpangan baku yang diperoleh maka homogenitas lapisan semakin tinggi, dimana dapat melindungi permukaan *tinplate* secara merata. Hasil pengujian ketebalan labisan ditunjukkan pada Tabel 2.2.

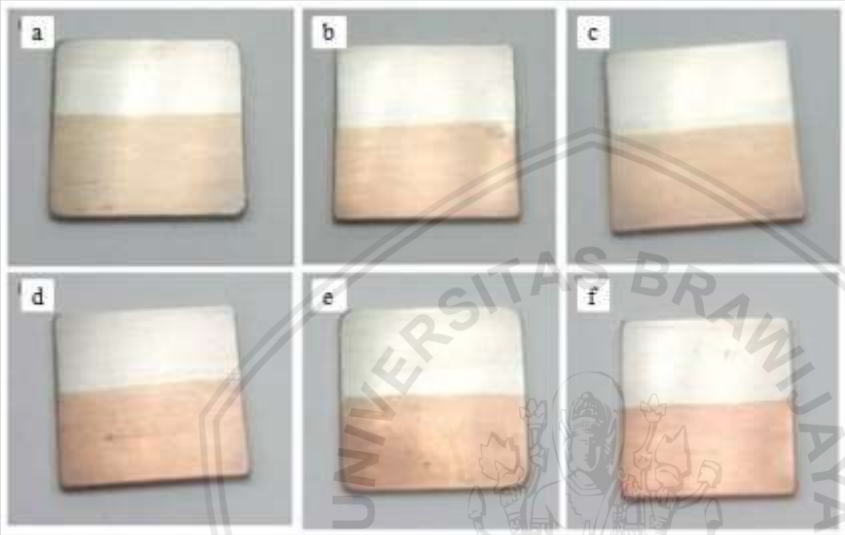
Tabel 2.2
Hasil Pengujian Ketebalan Lapisan

Kuat Arus (A)	Ketebalan Lapisan (µm)
2	29,5 ± 4,62%
4	45,7 ± 3,80%
6	67,7 ± 2,31%
8	78,9 ± 1,58%

Sumber: Fajrin (2018)

Norziehana (2017) melakukan penelitian karakterisitik tembaga pada substrat *stainless steel* 304 dengan metode elektrodeposisi dalam media asam sulfat (H_2SO_4). Dalam penenelitiannya, dilakukan penghilangan lapisan yang terbentuk pada bagian luar sebuah dari permukaan *stainlless stell* tersebut. Variasi yang digunakan adalah waktu dan tegangan sehingga mendapatkan efisiensi yang cukup tinggi dan didapatkan hasil yang maksimum. Sebelum melakukan penentapan variabel dilakukan sebuah penelitian dengan memasukan

voltamogram siklik dari subtrat *stainless steel* yang ada lalu didapatkan konsentrasi yang dikandung dalam 0,01 M $CuSO_4$ dengan pH 1 dengan tingkat scan 10m V/s. Kemudian dilakukan perhitungan dengan kurva XRD dari lapisan tembaga yang terdapat pada substrat *stainless steel* pada tiap potensi deposisi yang berbeda, didapatkan hasil kepadatan arus terbaik pada tegangan -0.25 V dan variasi waktu 60 detik, 120 detik, 180 detik, 300 detik, 600 detik, 900 detik. Dan didapatkan hasil visualisasi dari lapisan tembaga. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Hasil visualisasi dari lapisan tembaga yang ada pada substrat *stainles steel* pada -0.25 V dengan variasi waktu (a) 60, (b) 120, (c) 180, (d) 300, (e) 600, dan (f) 900 detik
Sumber: Norziehana (2017)

2.2 *Stainless Steel*

Stainless steel merupakan paduan baja tahan karat yang mengandung unsur 10,5% kromium yang dapat mencegah proses korosi. Kemampuan tahan karat diperoleh dari terbentuknya lapisan film oksida kromium. Lapisan oksida kromium ini yang akan menghalangi terjadinya reaksi besi (Fe) dengan oksigen yang menyebabkan korosi. *Stainless steel* dipakai pada berbagai bidang sepeti konstruksi, penerbangan, otomotif, dan lain sebagainya. Karbon digunakan untuk memperkuat dan meningkatkan kekerasan logam. Namun, meningkatkan kandungan karbon memiliki efek mengurangi perlindungan terhadap korosi karena bentuk karbida krom mengurangi jumlah Cr bebas (Groover, 2010). Kandungan unsur dalam *stainless steel* berbeda beda tergantung seri dan kebutuhan dari *stainless steel* itu sendiri.

2.2.1 Sifat S*tainless Steel*

Beberapa sifat yang dimiliki *stainless steel*, antara lain:

1. Tahan Karat

   Stainless steel memiliki kandungan unsur kromium(Cr) yang tinggi yaitu 10,5% dan membuat material ini tahan terhadap karat tanpa memerlukan proses pengecatan untuk perlindungan korosi. *Stainless steel* mempunyai lapisan oksida pada permukaannya yang tetap stabil apabila material mengalami kerusakan seperti dipotong dan mencegah terjadi kontak antara permukaan benda dengan lingkungan sekitar.

2. Kekerasan dan kekuatan yang cukup tinggi

   Stainless steel memiliki kekuatan dan kekerasan yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan logam lainnya. *Stainless steel* jenis austentik memiliki kekuatan tarik lebih tinggi dibandingkan dengan *stainless steel* jenis austenitik.

3. *Machinability* yang kurang baik

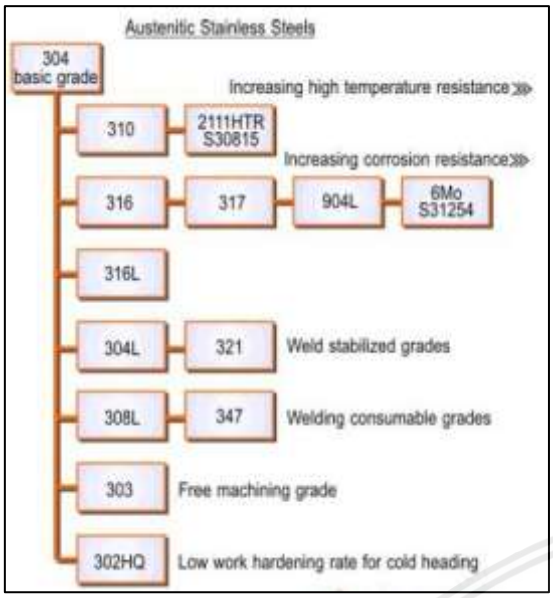
   Stainless steel memiliki sifat *machinability* yang kurang baik dibandingkan dengan *carbon steel* karena *stainless steel* lebih tangguh dan membutuhkan pengerjaan yang berulang-ulang. Penambahan perlakuan panas *hardening* sebelum permesinan dapat memudahkan proses pemotongan.

4. Tahan terhadap suhu tinggi dan rendah

   Pada saat suhu rendah yaitu sekitar suhu nol mutlak membuat kekuatan tarik *stainless steel* jenis austentik lebih tinggi dibandingkan pada saat suhu kamar, dibandingkan denga baja *stainless steel* jenis martensitik, feritik. Dan pada saat diberikan suhu yang tinggi, *stainless steel* tetap mampu untuk mempertahankan kekuatan serta ketahanan terhadap oksidasi dan korosi.

2.2.2 S*tainless Steel* 316L

Pada Gambar 2.3 dapat dilihat pembagian kelompok *austenitic stainless steel* dalam pembagian tersebut terdapat salah satu kelompoknya yaitu *stainless steel* 316L. *Stainless steel* 316L merupakan tipe *stainless steel chromium*-nikel yang memiliki kandungan Cr 16% dan Ni 10% serta termasuk dalam kelompok *austenitic stainless steel*. *Stainless steel* 316L merupakan turunan dari *stainless steel* 304, yang memiliki unsur *molybdenum*. Hal tersebut menyebabkan *stainless steel* 316L lebih tahan terhadap korosi (AzoM, 2001).



Gambar 2.3 Penurunan *stainless steel* 304
Sumber: AzoM (2001)

Stainless steel 316L ini pada umumnya digunakan dalam industri petrokimia, makanan, alat alat industri kertas, instrumen farmasi, peralatan medis, *boiler*, pipa tahan korosi, dan masih banyak lagi. *Stainless steel* 316L ini menjadi salah satu material yang digunakan untuk pembuatan bahan implan, yaitu ditanam dalam tubuh manusia. Menurut Joon B. Park (2003).

2.3 Pelapisan (*Coating*)

Pelapisan (*coating*) adalah suatu cara untuk menghindari korosi dengan cara melapisi atau melindungi bagian utama pada suatu logam. Lapisan pelindung merupakan salah satu cara untuk mengontrol laju korosi yang ada, dan paling banyak digunakan (Roberge, 2008). Pelapisan (*coating*) dapat menurunkan laju korosi karena memutuskan interaksi antara logam dengan lingkungannya melalui pembentukan lapisan film. Pelapisan *(coating*) biasanya bisa dalam bentuk organik dan anorganik, pemilihan pelapisan berdasarkan kegunaan yang dibutuhkan tergantung kepada metode pencegahan korosi yang akan dilakukan. Beberapa fungsi dari pelapisan (*coating*) yaitu untuk meningkatkan penampilan dan estetika, untuk perlindungan, dan meningkatkan produktivitas.

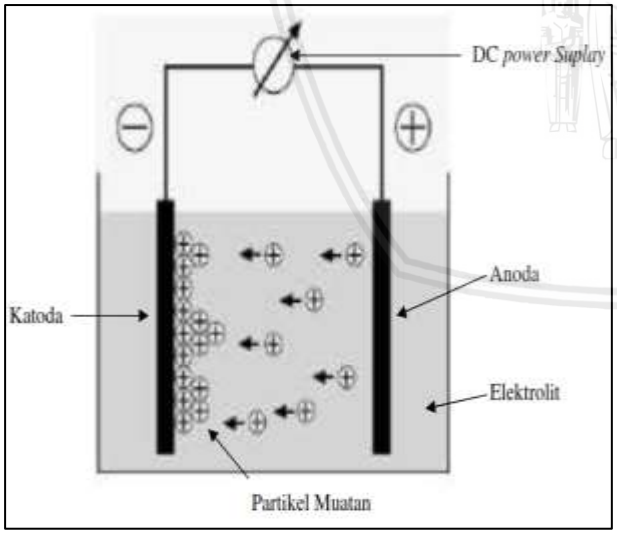
2.4 Elektrodeposisi

Elektrodeposisi adalah suatu proses pembentukan endapan pada permukaan elektroda melalui pemindahan partikel yang terdispersi dalam larutan menuju permukaan elektroda menggunakan medan listrik (Tassel dan Randall, 2006). Proses ini sering digunakan karena terbilang sederhana, dapat dilakakukan pada suhu ruangan, biaya yang dibutuhkan

ekonomis, waktu pembentukan lapisan relatif singkat, menggunakan peralatan yang sederhana, bentuk substrak pelapis tidak dibatasi, dan tidak berpengaruh apakah bahan *coating* yang digunakan merupakan bahan organik maupun non-organik.

Dengan proses elektrodeposisi, morfologi dan ketebalan yang diinginkan dapat diatur melalui rentang waktu elektrodeposisi, konsentrasi partikel terlarut, suhu larutan dan seberapa besar tegangan yang digunakan pada saat proses elektrodeposisi. Elektrodeposisi merupakan metode pelapisan yang menggunakan teknik pemisahan komponen atau molekul bermuatan berdasarkan tingkat migrasinya dalam sebuah medan listrik (Sarkar dkk, 1996). Elektrodeposisi juga dapat diartikan sebagai suatu proses pengendapan logam pada elektroda dengan cara memanfaatkan reaksi elektrokimia.

Pada proses deposisi, partikel bermuatan atau makromolekul polimer dalam suspensi akan bergerak menuju elektroda dibawah pengaruh medan listrik. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi laju migrasi partikel pada proses elektrodeposisi yaitu muatan partikel, medan listrik yang digunakan, suhu dan sifat dari media yang digunakan. Sedangkan ketebalan lapisan yang terbentuk selama proses elektrodeposisi dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut, yaitu waktu pelapisan, derajat keasaman, kerapatan arus, suhu, dan besar tegangan yang digunakan. Pergerakan partikel ion pada saat proses elektrodeposisi dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Pergerakan partikel ion pada saat proses elektrodeposisi
Sumber: Urch (2006)

2.4.1 Mekanisme Elektrodeposisi

Proses elektrodeposisi dilakukan untuk mengubah sifak fisik dan mekanik suatu material. Tujuan yang ingin dicapai saat dilakukannya proses elektrodeposisi yaitu untuk meningkatkan sifat mekanis pada subtrat, melindungi subtrat dari korosi dan memperindah

tampilan suatu material. Salah satu contoh perubahan fisik ketika material dilapisi dengan nikel maka bertambahnya daya tahan material terhadap korosi dan perubahan mekanik ketika material sudah mengalami pelapisan maka kekuatan tarik maupun tekan akan meningkat dibandingkan saat belum dilakukan pelapisan (Hartono dan Kaneko, 1992).

Dalam hal ini elektrodeposisi merupakan suatu aliran arus listrik yang mengalir dengan media larutan elektrolit sehingga dapat mengasilkan reaksi kimia. Kedua elektroda yang saling berhubungan dengan arus listrik menggunakan media cairan elektrolit, sehingga proses yang terjadi pada kedua elektroda tersebut dapat diamati. Lalu elektroda dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu sebagai katoda dan anoda. Pada elektroda bersifat anoda terdapat proses oksidasi yaitu pengurangan elektron, sedangkan pada yang bersifat katoda terjadi proses reduksi atau penambahan elektron dalam suatu zat.

Mekanisme dari elektrodeposisi meliputi dua tahap. Tahap pertama, medan listrik antar elektroda positif dan negatif menyebabkan partikel yang ada pada larutan bergerak kearah elektroda yang berlawanan dengan muatannya. Tahap kedua, partikel akan terdeposisi pada permukaan logam yang dijadikan elektroda, dan akan menutup rapat permukan logam secara homogen dalam bentuk lapisan film. (Corni, dkk, 2008). Faktor yang dapat mempengaruhi dari proses elektrodeposisi antara lain waktu, tegangan, suhu, dan derajat keasaman.

2.4.2 Waktu Elektrodeposisi

Basu dkk (2001) menemukan bahwa kecepatan deposisi tegangan terpasang konstan menurun dengan semakin lamanya waktu deposisi. Pada tegangan konstan diharapkan beda potensial antar kedua elektroda dibuat tetap, karena pada permukaan elektroda terbentuk lapisan pembatas yang membatasi pergerak partikel menuju elektroda. Lapisan pembatan ini terbentuk selama proses deposisi.

Semakin lama waktu saat pelapisan maka lapisan yang terbentuk semakin tidak seragam. Menurunnya keseragaman lapasin ini disebebkan oleh lapisan yang terbentuk pada permukaan elektroda. Pada tegangan konstan, seiring dengan waktu deposisi yang semakin lama maka terbentuk lapisan yang semakin tebal. Lapisan yang terbentuk ini berfungsi sebagai lapisan penghalang yang menurunkan densitas arus antara kedua elektroda selama proses deposisi. Menurunnya densitas arus menyebabkan menurunnya pergerakan kitosan menuju elektroda (Besra, 2007).

2.4.3 Tegangan Elektrodeposisi

Umumnya jumlah material yang terlapisi meningkat dengan meningkatnya tegangan terpasang. Semakin tinggi tegangan yang digunakan maka serbuk dapat terdeposisi lebih cepat tetapi kualitas dari deposit yang dihasilkan buruk. Pembentukan lapisan partikulat pada elektroda merupakan fenomena kinetika, akumulasi kecepatan partikel mempengaruhi hasil proses pelapisan. Untuk tegangan terpasang yang lebih tinggi dapat mengakibatkan gerak turbulen, sehingga proses pelapisan dan deposisi terganggu oleh arus disekitar media. Partikel bergerak begitu cepat sehingga partikel tidak dapat terdeposisi membentuk struktur *closed-packed.* Oleh karena itu, dalam medan yang besar pergerakan lateral terbatas pada lapisan yang telah terdeposisi, karena potensial yang lebih tinggi menyebabkan tekanan pada fluks partikel dan pergerak. Jadi tegangan mempengaruhi kecepatan deposisi dan struktur material yang melapisi (Besra, 2007).

2.4.4 Komponen Elektrodeposisi

Elektrodeposisi memiliki beberapa komponen yang penting, yang mana masing-masing komponen memiliki fungsi berbeda-beda. Komponen elektrodeposisi antara lain, yaitu:

1. Anoda, merupakan elektroda yang dihubungkan dengan kutub positif dari sumber arus yang digunakan, arus listrik yang digunakan pada proses ini adalah arus searah. Pada penelitian ini fungsi anoda hanya sebagai penghantar arus saja, biasa disebut dengan anoda tak larut. Anoda tak larut adalah jenis anoda yang tidak ikut bercampur dengan larutan elektrolit pada saat proses elektrodeposisi berlangsung. Anoda yang digunakan adalah karbon.
2. Katoda, merupakan elektroda yang nantinya akan dihubungkan dengan kutub negatif dari sumber arus yang digunakan. Yang digunakan sebagai katoda yaitu material yang akan dilapisi dan akan mengalamai proses reduksi, yaitu proses penambahan elektron yang terjadi pada suatu molekul. Pada saat sudah dimulai proses deposisi maka perpindahan elektron yang berpindah dari anoda menuju katoda akan mulai terjadi reduksi dan akan terbentuk lapisan pada material tersebut.
3. Larutan elektrolit, merupakan media penghantar listrik antara katoda dan anoda yang didalamnya terdapat ion-ion yang akan dilapisikan.

2.5 Kitosan

Kitosan merupakan polimer organik produk deasetilasi-N kitin dan memiliki sifat yang menarik, yaitu mempunyai aktivitas antibakteri, tidak beracun, biodegradabilitas, dan

biokompatibilitas. Kitosan kaya akan gugus hidroksi dan amino, sehingga mempunyai potensi digunakan sebagai bahan untuk proses pelapis dan dapat diaplikasikan pada logam (Sharmin, dkk, 2012). Menurut Mincea (2012), Kitosan adalah polimer dari proses ekstraksi pada hewan yang memiliki cangkang keras atau disebut *crustacea* dan merupakan biomaterial paling banyak setelah *cellulose*.

Tahun 1859 merupakan awal penemuan kitosan oleh C. Rouget dengan cara mereaksikan kitin dengan kalium hidroksida (KOH) pekat. Dalam tahun 1934 selanjutnya, Rigby mendapatkan dua paten, yaitu penemuan mengenai pembuatan kitosan dari kitin dan pembuatan film dari serat kitosan. Penggunaan kitin dan kitosan berikutnya meningkat pada tahun 1940-an dan semakin berkembang pada tahun 1970-an seiring dengan meningkatnya kebutuhan bahan alami dalam berbagai bidang industri (Bhuvaneshwari, 2007).

2.5.1 Sifat Kitosan

Kitosan adalah salah satu polimer yang bersifat *non-toxic*, *biocompatible*, *biodegradable* dan bersifat polikationik dalam suasana asam (Sugita, 2009). Sifat dan penampilan produk kitosan ini dipengaruhi oleh perbedaan kondisi, seperti jenis pelarut, konsentrasi, waktu dan suhu proses ekstraksi.

Kitosan memiliki sifat tidak larut dalam air tetapi larut dalam larutan asam dengan pH kurang dari 6 dan asam organik misalnya asam asetat, asam format dan asam laktat. Pelarut yang umum digunakan untuk melarutkan kitosan adalah asam asetat/asam cuka dengan konsentrasi 1%-2% dengan pH sekitar 4. Adanya gugus karboksil dalam asam asetat akan memudahkan pelarutan kitosan karena terjadinya interaksi hidrogen antara gugus karboksil dengan gugus amino dari kitosan (Sri, 2013).

2.5.2 Aplikasi Kitosan

Kegunaan dari produk kitosan semakin luas di masyarakat. Menurut Sugita (2009), mengatakan bahwa kitosan berfungsi sebagai kosmetik, anti koagulan, antitumor, obat pembuluh darah, bahan pembuatan lensa kontak, bahan shampo dan conditioner, aditif pada kosmetik. Membran dialis, pembalut luka, benang jahit bedah yang mudah diserap oleh tubuh, meningkatkan daya tahan tubuh, dan anti infeksi.

Kitosan diketahui mempunyai kemampuan untuk membentuk film, gel dan fiber karena berat molekulnya yang tinggi dan solubilitasnya dalam larutan asam yang encer (Vipin, 2011). Sifatnya yang *biodegradable* dan memiliki aktifitas antibakteri membuat kitosan

banyak diaplikasikan dalam bidang industri lainnya seperti, pengembangan biomaterial, industri kertas dan tekstil, bidang obat–obatan, bidang kecantikan serta dalam bidang makanan.

2.6 Korosi

Korosi secara awam lebih dikenal dengan istilah pengkaratan yang merupakan fenomena kimia bahan-bahan logam di berbagai macam kondisi lingkungan. Penyelidikan tentang sistem elektrokimia telah banyak membantu menjelaskan mengenai korosi ini, yaitu reaksi kimia antara logam dengan zat-zat yang ada disekitarnya atau dengan partikel-partikel lain yang ada di dalam logam itu sendiri. Jadi dilihat dari sudut pandang kimia, korosi pada dasarnya merupakan reaksi logam menjadi ion pada permukaan logam yang kontak langsung dengan lingkungan yang berair dan beroksigen (Chodijah, 2008).

Proses terjadinya korosi pada logam tidak dapat dihentikan, namun bisa dikendalikan atau diperlambat lajunya sehingga memperlambat proses perusakannya. Banyak cara yang dapat dilakukan untuk memperlambat laju korosi, salah satu caranya yaitu dengan menggunakan pelapisan . Pelapisan korosi bertujuan untuk mendapatkan sifat lebih tahan korosi dengan cara memberikan membran pada permukaan logam agar dapat mencegah logam kontak langsung dengan elektrolit dan lingkungannya.

2.6.1 Faktor Terjadinya Korosi

Faktor-faktor yang dapat mempercepat pembentukan korosi antara lain: (Hidayat, 2015)

1. Kontak langsung logam dengan H_2O dan O_2

   Oksigen dari udara yang larut dalam air akan tereduksi, sedangkan air berfungsi sebagai media tempat berlangsungnya reaksi redoks pada peristiwa korosi. Jika jumlah oksigen dan air yang kontak dengan logam semakin banyak maka semakin cepat korosi yang akan terjadi.
2. Keberadaan zat pengotor

   Zat pengotor di permukaan logam dapat menyebabkan terjadinya reaksi reduksi tambahan sehingga lebih rentan terjadi korosi.
3. Kontak dengan elektrolit

   Keberadaan elektrolit, seperti garam dalam air laut dapat mempercepat laju korosi dengan terjadinya reaksi tambahan, semakin besar konsentrasi elektrolit juga meningkatkan laju korosi.

4. Temperatur

   Semakin tinggi temperatur maka meningkat pula energi kinetik partikel sehingga kemungkinan terjadinya tumbukan efektif pada reaksi redoks semakin besar dan laju korosi akan semakin meningkat.

2.6.2 Proses Korosi

Secara umum mekanisme korosi yang terjadi di dalam suatu larutan berawal dari logam yang teroksidasi di dalam larutan dan melepaskan elektron untuk membentuk ion logam yang bermuatan positif. Larutan akan bertindak sebagai katoda dengan reaksi yang umum terjadi adalah pelepasan H_2 dan reduksi O_2, akibat H^+ dan H_2O yang tereduksi. Reaksi ini terjadi dipermukaan logam yang akan menyebabkan pengelupasan akibat pelarutan logam kedalam larutan secara berulang-ulang (Alfin, 2011). Reaksi korosi yang terjadi pada logam besi (Fe) dituliskan sebagai berikut:

$Fe(s) \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$ ..... (2-1)

Bahwa dapat dijabarkan Fe^{2+} bisa berpindah dan e^- akan tetap berada pada logam. Sedangkan pada katoda terdapat elektron yang akan berada pada $4e^-$. Sehingga akan beeaksi dengan oksigen (O_2) dan Air (H_2O).

$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$ ..... (2-2)

Maka dalam $2H_2O$ akan teroksidasi oleh Fe^{2+} dan menjadi $Fe(OH)_2$ karena zat asam dan air maka dapat terbentuk Fe_2O_3 (karat)

Katoda: $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$

Anoda: $Fe(s) \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$

$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$ ..... (2-3)

$2H^+ + 2H_2O + O_2 + 3Fe \rightarrow 3Fe^{2+} + 4OH^- + H_2$ ..... (2-4)

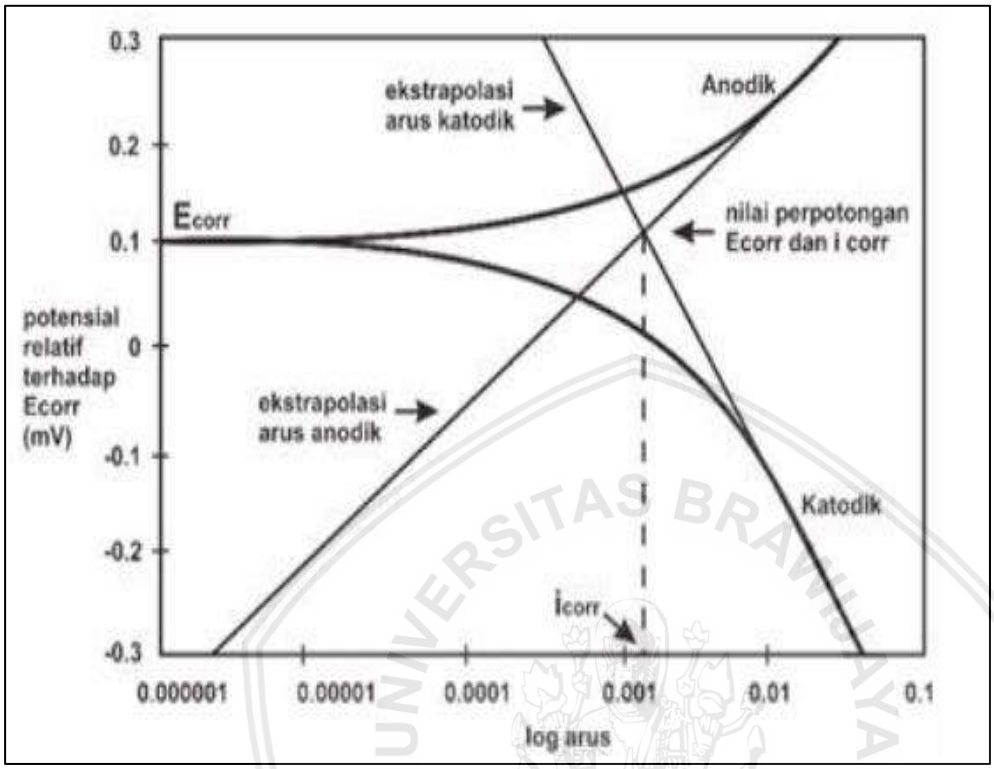
Dari reaksi $Fe(OH)_2$ dari udara (O_2) lalu terjadi oksidasi maka akan menjadi Fe_2O_3

2.7 Metode Pengukuran Laju Korosi

Untuk mengetahui laju korosi yang terjadi pada material, maka harus dilakukan pengujian. Pengujian laju korosi salah satunya menggunakan metode polarisasi potensiodinamik. Polarisasi adalah selisih antara potensial elektroda dan potensial korosi bebas, hal ini disebabkan karena logam tidak dalam keadaan setimbang (Gapsari, 2017).

Evaluasi korosi mempunyai dua peran penting , yaitu untuk memprediksi kesesuaian sebelum material digunakan dan untuk mengtahui mekanisme interaksi antara material yang digunakan dan untuk mengetahui mekanisme interaksi antara material dengan lingkungan.

Saat ini metode elektrokimia merupakan salah satu teknik yang paling banyak digunakan untuk mengevaluasi korosi karena proses evaluasinya yang relatif singkat dibandingkan metode pengurangan berat (Reive, 2011).



Gambar 2.5 Kurva potensial anodik katodik (Steven, 2017)

Dari gambar 2.5 dapat dijelaskan hasil pengujian polarisasi potensiodinamik ini berupa kurva plot antara potensial terhadap arus. Kemudian kurva tersebut diekstrapolasi tafel sehingga diperoleh nilai i_{corr}, E_{corr}, βa, βc. Polarisasi katodik dan anodik menghasilkan garis lurus dengan kemiringan (*slope*) tertentu. Titik potong antara polarisasi katodik dan anodik akan bernilai sama dengan potensial korosi (E_{corr}) dan arus korosi (I_{corr}). Dan laju korosi dapat ditentukan setelah mendapatkan nilai arus korosi (I_{corr}).

2.8 Hipotesis

Berdasarkan dasar teori yang telah ditulis diatas dan meninjau dari penelitian-penelitian sebelumnya, maka hipotesa yang dapat diperoleh yaitu semakin meningkatnya waktu dalam melakukan proses pelapisan dengan menggunakan tegangan yang sama maka akan semakin tinggi ketebalan hasil pelapisan menggunakan elektrodeposisi namun persebarannya tidak merata karena membutuhkan waktu tertentu untuk dapat menghasilkan ketebalan yang merata pada permukaan spesimen sehingga dapat mengurangi laju korosi. Semakin bertambahnya tegangan yang digunakan dalam melakukan proses pelapisan akan mengakibatkan pergerakan yang cepat pada partikel kitosan menuju katoda, maka semakin banyaknya jumlah kitosan yang terdosit pada permukaan spesimen dan kecepatan proses pelapisan meningkat menjadi lebih singkat.

Halaman ini sengaja dikosongkan

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan adalah metode eksperimental yang bertujuan untuk mengetahui laju korosi dan ketebalan lapisan pada logam *stainless steel* 316L menggunakan membran kitosan dengan proses elektrodeposisi.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tanggal April 2019 – Selesai. Tempat yang digunakan dalam proses penelitian yaitu:

1. Proses *coating* spesimen dilakukan di Laboratorium Fenomena Dasar Mesin Fakultas Teknik Mesin Universitas Brawijaya.
2. Proses pengujian laju korosi dilakukan di Laboratorium Metrologi Industri Fakultas Teknik Mesin Universitas Brawijaya
3. Pengukuran ketebalan lapisan spesimen dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Fakultas Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya.
4. Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dilakukan di Laboratorium Sentral Fakultas Teknik Mesin Universitas Brawijaya.

3.3 Variabel Penelitian

Terdapat tiga variabel yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain:

1. Variabel Bebas

   Variabel bebas adalah variabel yang dapat mempengaruhi atau menyebabkan adanya perubahan dan besarnya dapat ditentukan sendiri. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

   - Waktu optimum dalam pelapisan 10 menit,20 menit, dan 30 menit dengan tegangan 15 volt.
   - Tegangan optimum dalam pelapisan 5 volt,10 volt, dan 15 volt dengan waktu 20 menit.

2. Variabel Terikat

   Variabel terikat adalah variabel yang muncul karena adanya pengaruh dari variabel bebas. Variabel terikat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

   - Laju korosi pada spesimen
   - Ketebalan hasil lapisan pada spesimen

3. Variabel Terkontrol

   Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya pada keadaan tetap. Variabel terkontrol yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

   - Pelapis yang digunakan adalah kitosan
   - Temperatur yang digunakan adalah temperatur ruangan
   - Material yang akan dilapisi yaitu *stainless steel* 316L
   - Jarak anoda dan katoda sama yaitu sebesar 2 cm
   - Pelarut menggunakan asam asetat
   - Molaritas larutan elektrolit

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

3.4.1 Alat Penelitian

1. Alat Elektrodeposisi

   Alat pada Gambar 3.1 digunakan untuk proses *coating* dengan menggunakan *stainless steel* 316L sebagai katoda, karbon sebagai anoda dan kitosan sebagai pelapis yang dilarutkan menggunakan asam asetat.

Gambar 3.1 Alat elektrodeposisi

2. Kabel

   Kabel pada Gambar 3.2 berfungsi untuk menghubungkan katoda dan anoda dengan sumber tegangan yang digunakan saat proses *coating* dengan metode elektrodeposisi.

Gambar 3.2 Kabel

3. Penjepit

Penjepit pada Gambar 3.3 berfungsi untuk menahan agar anoda dan katoda tetep pada jarak yang sudah ditentukan sebelumnya. Penjepit juga digunakan untuk memegang katoda dan anoda kemudian dihubungkan dengan kabel ke sumber tegangan.

Gambar 3.3 Penjepit

4. Gelas Ukur

Gelas ukur pada Gambar 3.4 yang digunakan dalam penelitian ini berfungsi sebagai tempat untuk mencampurkan cairan pelarut dengan kitosan dan berfungsi sebagai tempat untuk reaksi elektrodeposisi.

Gambar 3.4 Gelas ukur

5. Labu Ukur

   Labu ukur pada Gambar 3.5 digunakan untuk mencampurkan cairan pelarut dan aquades yang akan digunakan.

Gambar 3.5 Labu ukur

6. Neraca

   Neraca pada Gambar 3.6 digunakan untuk mengukur massa dari kitosan yang akan dicampurkan dengan larutan elektrolit.

Gambar 3.6 Neraca

7. Spatula Kaca

   Spatula kaca pada Gambar 3.7 digunakan sebagai pengaduk kitosan agar larut dalam cairan pelarut yang akan digunakan.

Gambar 3.7 Spatula kaca

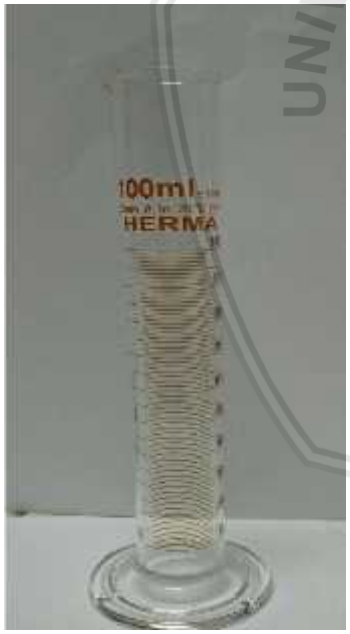
8. Pipet Kaca

   Pipet kaca pada Gambar 3.8 berfungsi memindahkan cairan yang digunakan untuk proses pembuatan larutan elektrolit.

Gambar 3.8 Pipet kaca

9. Tabung Ukur

   Tabung ukur pada Gambar 3.9 berfungsi untuk mengukur larutan kitosan yang akan digunakan tiap kali proses elektrodeposisi.



Gambar 3.9 Tabung ukur

10. Alat Potensiodinamik Autolab PGSTAT 204

    Alat pada Gambar 3.10 berfungsi untuk mengukur laju korosi yang terjadi pada lapisan *coating* setelah dilakukannya proses elektrodeposisi melalui pengujian elektrokimia.

Gambar 3.10 Metrohm Autolab PGSTAT 204

Spesifikasi:

Electrode connections	: 2, 3, dan 4
Potential range	: ± 10 V
Compliance voltage	: ± 20 V
Maximum current	: ± 400 mA
Current ranges	: 10 nA sampai 10 mA
Potential accuracy	: ± 0.2%
Potential resolution	: 150 µV
Current accuracy	: ± 0.2%
Current resolution	: 0.0003% (*of current range*)
Input impedance	: > 1 GOhm
Potentiostat bandwidth	: 1 MHz
Computer interface	: USB
Control software	: NOVA

11. *Coating Thickness Gauge*

    Alat pada Gambar 3.11 digunakan untuk mengukur ketebalan hasil lapisan *coating* yang dihasilkan dari proses elektrodeposisi.

Gambar 3.11 Coating Thickness Gauge TT260

Spesifikasi Alat:

The range of measured thickness	: 0 µm – 60 mm
Overal dimensions	: 120 mm x 60 mm x 25 mm
Operating temperature range	: -5 to 40ºC
Batteries	: 2 AAA
Time of continous work hours	: 20 *hours*

12. SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Alat pada gambar 3.12 digunakan untuk melihat morfologi dari permukaan yang terbentuk dari hasil pelapisan.

Gambar 3.12 SEM (*Scannig Elelctron Microscop*)

Spesifikasi Alat:

Merk	: Phenom G2 Pro
Buatan	: Belanda
Perbesaran	: 20-120x
Rentang Pembesaran	: 80-45000x
Pembesaan digital maksmal	: 12x
Resolusi	: 25 mm

3.4.2 Bahan Penelitian

1. Kitosan

   Kitosan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah kitosan *food grade* ditunjukan pada Gambar 3.13.

Gambar 3.13 Kitosan

Spesifikasi :

Biological sources	: *Shrimp shells*
Appearance	: *Pale yellow*
Viscosity	: 50 cps
Transparency	: 39 cm
pH	: 7,1
Particale size	: 80 *mesh*

2. Karbon

   Pada penelitian ini karbon digunakan sebagai anoda tidak terlarut, yang berfungsi hanya untuk menghantarkan arus listrik ditunjukan pada Gambar 3.14.

Gambar 3.14 Karbon

3. Aquades

   Aquades digunakan untuk campuran dari asam asetat agar mendapatkan konsentrasi larutan yang lebih rendah ditunjukan pada Gambar 3.15.

Gambar 3.15 Aquades

4. *No Drop*

   No Drop digunakan untuk menutupi permukaan spesimen yang tidak dihilangkan massanya selama proses elektrokimia ditunjukan pada Gambar 3.16.

Gambar 3.16 No drop

5. Larutan PBS *(Phosphate Buffered Saline)*

   Larutan PBS *(Phosphate Buffered Saline)* digunakan untuk mereaksikan logam hasil proses elektrokimia. Larutan ini standar dari biomedik Gambar 3.17.

Gambar 3.17 Larutan PBS *(Phosphate Buffered Saline)*

6. Asam Asetat

Asam asetat digunakan sebagai pelarut dari bahan pelapisnnya yaitu kitosan ditunjukan pada Gambar 3.18.

Gambar 3.18 Asam asetat

7. *Stainless Steel* 316L

Stainless Steel 316L ini akan digunakan sebagai benda kerja yang nantinya akan dilapisi ditunjukan pada Gambar 3.19.

Gambar 3.19 Stainless Steel 316L

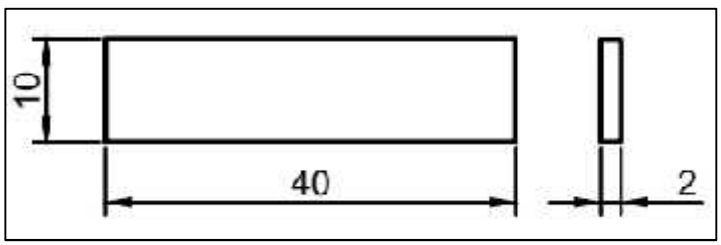
Tabel 3.1 dibawah ini menunjukkan komposi kimia pada *stainless steel* 316L.

Tabel 3.1
Komposisi Kimia *Stainless Steel* 316L.

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	N
0,023	0,46	1,81	0,031	0,001	17,1	10,1	2,03	0,032

3.5 Dimensi Benda Kerja

Stainless Steel 316L dibuat dengan dimensi 40 mm x 10 mm x 2 mm ditunjukan pada Gambar 3.20.



Gambar 3.20 Dimensi benda kerja dengan satuan dalam mm

3.6 Prosedur Penelitian

3.6.1 Persiapan Pembuatan Spesimen

Langkah-langkah yang harus dikerjakan:

1. Siapkan spesimen yaitu *stainless steel* 316L
2. Potong spesimen dengan dimensi 40 mm x 10 mm x 2 mm
3. Gosok spesimen menggunakan kertas amplas 500, 800, 1200, 1500 hingga permukaan bersih
4. Cuci spesimen dengan aquades dan keringkan dengan kain kering

3.6.2 Prosedur Pembuatan Larutan

Langkah-langkah yang harus dikerjakan:

1. Pembuatan larutan asam asetat 0,525 M
   a. Siapkan larutan asam asetan 3 ml
   b. Siapkan aquades sebanyak 100 ml
   c. Siapkan labu ukur berukuran 1000 ml
   d. Campurkan asam asetat dan aquades ke dalam labu ukur kemudian aduk hingga merata.
   e. Perhitungan asam asetat 0,525 M

Massa = ρ x V ..... (3-1)
Sumber: Gunadarma (2011)

= 1,05 gr/ml x 100 ml = 105 gr

n = Massa : Mr ..... (3-2)
Sumber: Gunadarma (2011)

= 105 g : 60 gr/mol = 1,75 mol

$$M = \frac{n\ (mol)}{Volume\ (L)}$$ ..... (3-3)
Sumber: Gunadarma (2011)

$$= \frac{1{,}75\ mol}{0{,}1\ L} = 17.500\ mol/L$$

$M_1V_1 = M_2V_2$ ..... (3-4)
Sumber: Gunawan (2004)

$17{,}5\ M \times V_1 = 0{,}525\ M \times 100\ mL$

$V_1 = 3\ mL$

2. Pembuatan larutan asam asetat 0,026 M
   a. Siapkan larutan asam asetan 25 ml dan 0,525 M
   b. Siapkan aquades sebanyak 500 ml
   c. Siapkan labu ukur berukuran 1000 ml
   d. Campurkan asam asetat 0,525 dan aquades ke dalam labu ukur kemudian aduk hingga merata.

   Perhitungan asam asetat 0,026 M

   $M_1V_1 = M_2V_2$ ..... (3-5)
   Sumber: Gunawan (2004)

   $0{,}525\ M \times V_1 = 0{,}026\ M \times 500\ mL$

   $V_1 = 24{,}7\ mL = 25\ mL$

3. Pembuatan larutan kitosan 0,4 %
   a. Siapkan kitosan sebanyak 0,4 gram
   b. Siapkan larutan asam asetat 0,026 M sebanyak 100 ml
   c. Campurkan antara asam asetat 0,026 M dan kitosan

   Perhitungan kitosan 0,4%

   $\% = \frac{\text{massa (g)}}{\text{volume (mL)}} \times 100\%$ ..... (3-6)

   Sumber: Gunadarma (2011)

   $0{,}4\% = \frac{\text{massa (g)}}{100\ mL} \times 100\%$

   Massa = 0,4 gram

4. Pembuatan larutan kitosan 0,08%
   a. Siapkan larutan kitosan sebanyak 0,4% sebanyak 10 ml
   b. Siapkan larutan asam asetat 0,026 M sebanyak 50 ml
   c. Campurkan antara asam asetat 0,026 M dan kitosan 0,4%

   Perhitungan kitosan 0,08%

   $M_1V_1 = M_2V_2$ ..... (3-7)

   Sumber: Gunawan (2004)

   $0{,}4\ \%\ M \times V_1 = 0{,}08\ \% \times 50\ mL$

   $V_1 = 10\ mL$

3.6.3 Proses Elektrodeposisi

Dalam melakukan penelitian dengan metode elektrodeposisi dibutuhkan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Persiapkan spesimen berupa *stainless steel* 316L sebagai anoda.
2. Persiapkan karbon sebagai katoda dengan diameter 3 mm dan panjang 40 mm.
3. Siapkan wadah gelas ukur berukuran 50 ml, isi dengan campuran asam asetat dan kitosan lalu masukkan anoda dan katoda dengan cara dijepit menggunakan penjepit buaya dengan jarak 2 cm.
4. Persiapkan alat elektrodeposisi dan sambungkan kabel ke sumber arus, kemudian hidupkan alat elektrodeposisi.
5. Lakukan variasi tegangan pelapisan sebesar 5 volt, 10 volt, dan 15 volt.
6. Lakukan variasi waktu pelapisan dengan waktu 10 menit, 20 menit dan 30 menit.

3.6.4 Proses Pengujian *Coating Thickness*

1. Persiapkan spesimen yang telah melewati proses elektrodeposisi untuk proses uji *coating thickness gauge*
2. Hidupkan tombol *on* pada alat *coating thickness gauge*
3. Arahkan *probe stylus* ke permukaan spesimen yang akan di uji
4. Tekan secara perlahan *stylus* ke permukaan spesimen hingga *display* alat menunjukkan hasil pengukuran ketebalan lapisan.
5. Catat hasil pengukuran tiap spesimennya.

3.6.5 Proses Pengujian Elektrokimia

1. Siapkan larutan PBS sebanyak 110 ml.
2. Persiapkan peralatan untuk pengujian elektrokimia, yaitu Potensiostat Autolab PGSTAT 204 yang dihubungkan dengan komputer dan *software* NOVA.
3. Letakkan spesimen *stainless steel* 316L pada elektroda kerja, kemudian Ag/AgCl dipasang sebagai elektroda pembanding, dan platina sebagai elektroda bantu. Kemudian masukkan ke dalam gelas ukur yang sudah terdapat larutan PBS di dalamnya.
4. Pada *software* NOVA yang sudah terhubung dengan Potensiostat Autolab PGSTAT 204 yang berfungsi sebagai sumber potensial diatur pada -1,15 V sampai 1,13 V, *scan rate* pada 0,01 V dan *step potential* pada 0,001V.

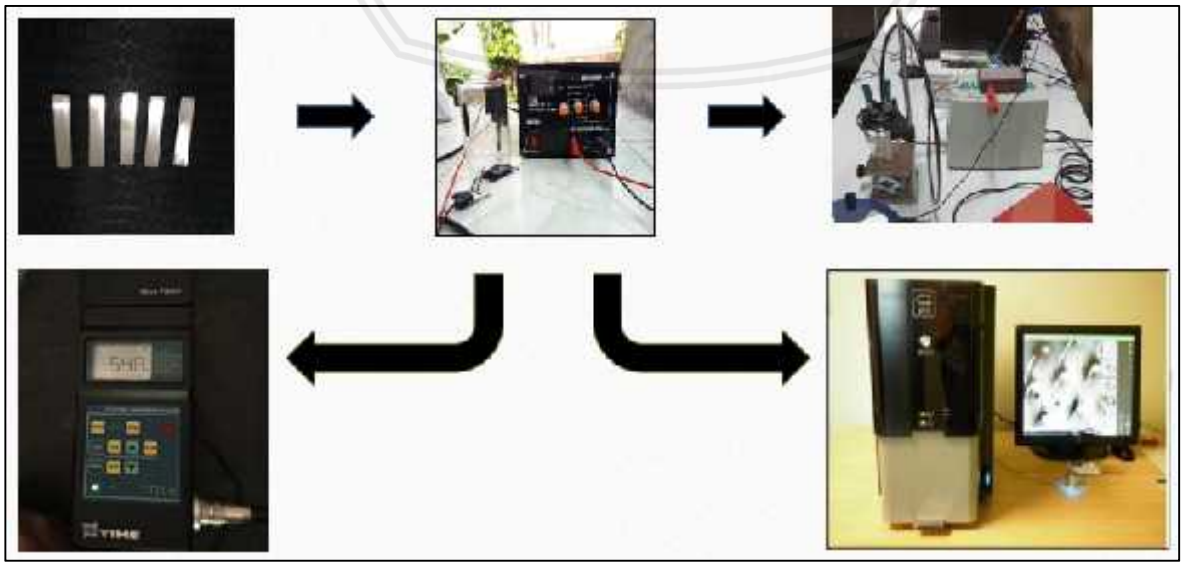
5. Setelah selesai diatur semuanya, klik tanda "*Start"* untuk memulai proses *scanning* yang berlangsung selama 15 menit, hal ini bertujuan untuk mencari nilai potensial yang akan digunakan untuk *running* pengujian tersebut.
6. Setelah nilai potensial ditemukan, berikutnya *software* NOVA di *running* pada potensial -1,15 V sampai dengan 01,13 V. Selama proses *running* secara otomatis *software* NOVA akan menampilkan pembuatan grafik tabel yang dibuat secara bertahap.
7. Setelah grafik tabel terbentuk, masukkan data massa jenis material yang diuji (gr/cm), *equivalent weight,* serta luas permukaan material yang diuji (cm^3). Date-data tersebut kemudian digunakan oleh *software* untuk menghitung laju korosinya.

3.6.6 Proses Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy)*

1. Siapkan spesimen *stainless steel* 316L yang akan dilakukan uji SEM (*Scanning Electron Microscopy)*
2. Nyalakan monitor dan SEM (*Scanning Electron Microscopy)*
3. Lalu ambil spesimen *stainless steel* 316L lalu letakan pada wadah tempat untuk melakukan uji SEM.
4. Pilih bagian yang ingin dilakukan uji SEM, Lalu lakukan perbesaran dengan perbesaran 140x dan 1500x
5. Simpan gambar dan lakukan analisis

3.7 Skema Penelitian

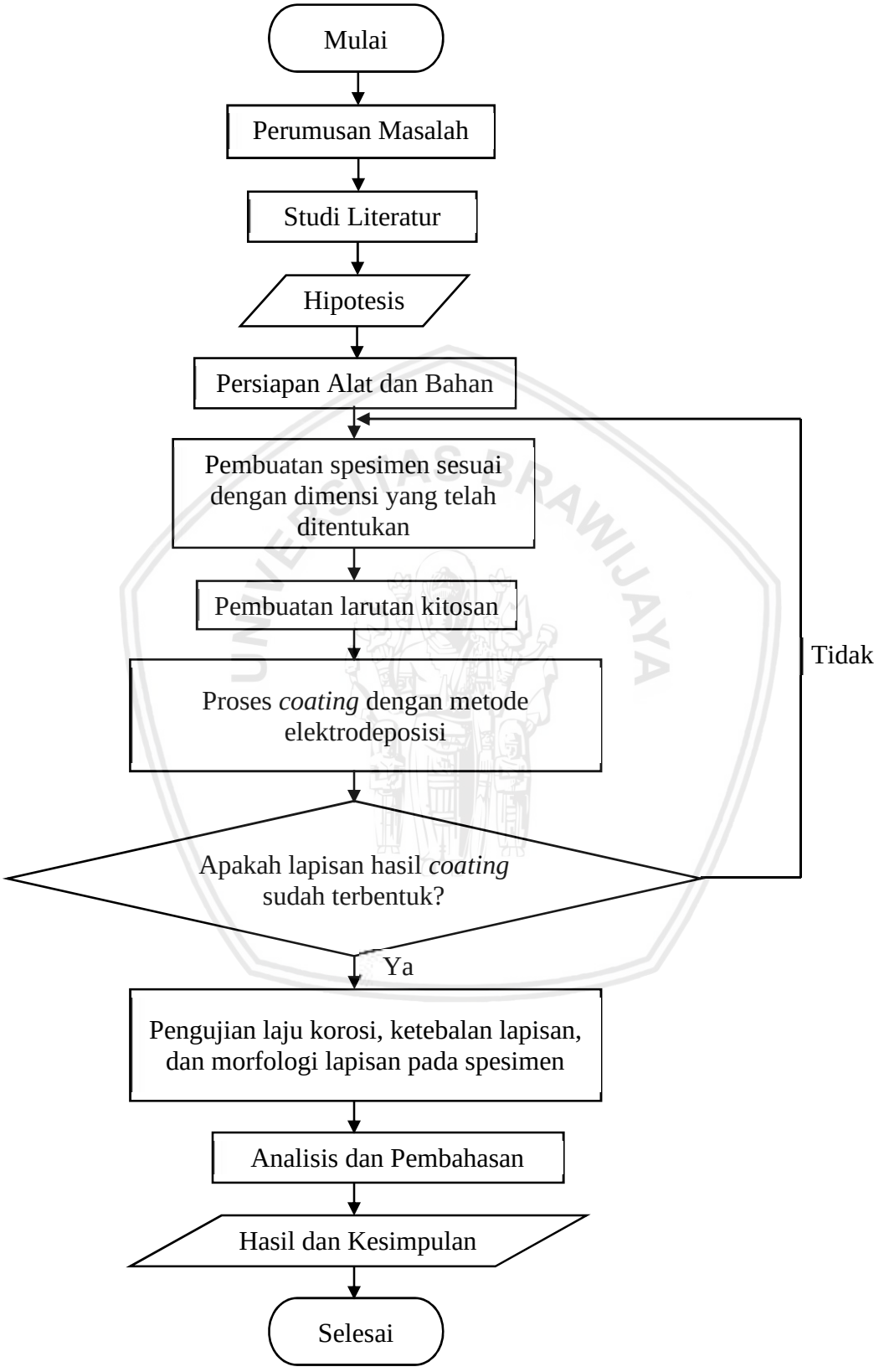
Skema penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.21.



Gambar 3.21 Skema Penelitian

3.8 Diagram Alir Penelitian

Gambar 3.22 merupakan diagram alir yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 3.22 Diagram Alir Penelitian

Halaman ini sengaja dikosongkan

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

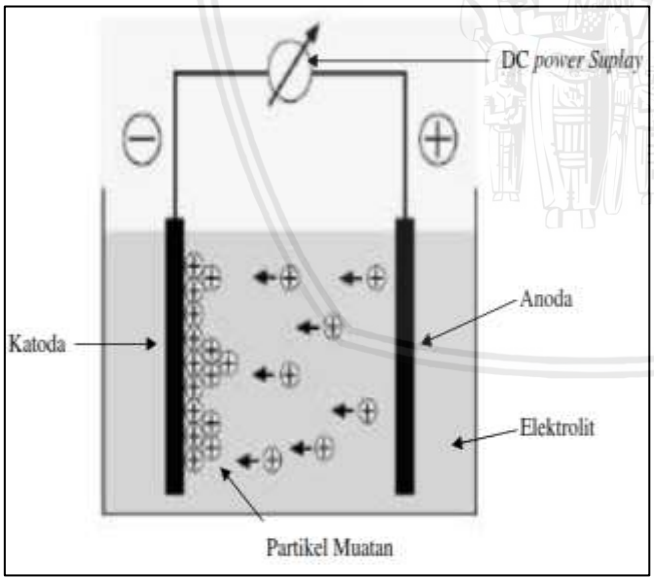
BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Elektrodeposisi

Mekanisme dari elektrodeposisi menggunakan kitosan dilakukan dengan spesimen *stainless steel* 316L melibatkan tiga komponen yaitu anoda, katoda, dan larutan elektrolit itu sendiri. Interaksi antara ketiga komponen tersebut menyebabkan benda kerja dapat terlapisi oleh kitosan. Gebhardt (2012) menyatakan bahwa penebalan lapisan ini dikarenakan adanya mekanisme protonasi pada kitosan. *Stainless steel* 316L sebagai spesimen diletakan pada kutub negatif sebagai katoda sedangkan karbon berperan sebagai anoda pada kutub positif. Larutan elektrolit yang di gunakan adalah asam asetat yang sehingga dapat melarutkan kitosan. Reaksi pada asam asetat dan kitosan yang terjadi adalah sebagai berikut:

$CH_3COO\text{-}H + H_2O \rightarrow CH_3COO^- + H_3O^-$ .....(4-1)

$Chit\text{-}NH_2 + H_3O^+ \rightarrow Chit\text{-}NH_3^+ + H_2O$ .....(4-2)



Gambar 4.1 Skema reaksi elektrodeposisi

Elektron yang terdapat pada karbon dapat berpindah menuju *stainless steel* ketika terdapat tegangan listrik yang mengalir pada kedua elektroda yang tercelup dalam larutan, reaksi pada masing-masing elektroda adalah sebagai berikut :

a) Anoda : Larutan elektrolit yang terdapat mengandung O_2, pada kitosan terdapat senyawa O_2 sehingga yang dapat terurai adalah air.

   Reaksi : $2H_2O \rightarrow 4H^+ + O_2 + 4e^-$

   Anoda yang digunakan selama proses adalah batang karbon yang bersifat inert yang dimana ketika elektron berpindah dari anoda ke katoda, ion karbon tidak menempel pada permukaan *stainlees steel* yang dilapisi melainkan akan mengendap pada dasar gelas ukur selama proses tersebut.

b) Katoda : Fe^{3+} maka H_2O akan terurai, bukan *stainlees steel*

   Reaksi : $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$

   Ketika elektron dari anoda berpindah menuju katoda, katoda akan mengalami pertambahan elektron, adanya penambahan elektron maka:

   $Chit\text{-}NH_3^+ + OH^- \rightarrow Chit\text{-}NH_2 + H_2O$

Saat $Chit\text{-}NH_3^+$ bereaksi dengan OH^- akan menghasilkan $Chit\text{-}NH_2$ dan H_2O. $Chit\text{-}NH_2$ adalah kitosan yang akan menempel pada permukaan lapisan oksida *stainlees steel*. Dan dapat meningkatkan ketahanan korosi pada *stainlees steel* dengan memberikan penghalang antara permukaan benda kerja dengan lingkungannya.

4.2 Hasil dan Pembahasan Ketebalan Lapisan

Spesimen *stainless steel* 316L yang telah dilakukan pelapisan dengan metode elektrodeposisi pada tegangan konstan 15 volt dengan variasi waktu di uji ketebalannya pada 5 titik yang berbeda. Dari titik tersebut didapatkan standar deviasi untuk mengetahui keragaman ketebalan dari lapisan kitosan yang terbentuk pada permukaan spesimen *stainlees steel* 316L. Pengaruh waktu pelapisan terhadap ketebalan dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1
Hasil Variasi Waktu Terhadap Ketebalan Lapisan

Variasi	Ketebalan Lapisan (µm)
10 Menit	60,26 ± 0,82
20 Menit	69,70 ± 0,88
30 Menit	76,74 ± 1,15

Secara umum ketebalan rata-rata lapisan akan meningkat seiring dengan lama waktu pelapisan. Setelah dilakukan proses pelapisan dengan kitosan terbentuk lapisan dengan ketebalan 60,26 µm untuk waktu pelapisan selama 10 menit, lalu meningkat menjadi 69,70 µm untuk waktu pelapisan selama 20 menit, dan tetap meningkat menjadi 76,74 µm untuk waktu pelapisan selama 30 menit. Dalam hal ini kenaikan ketebalan sesuai dengan lama waktu dalam melakukan proses elektrodesisi.

Keseragaman lapisan yang terbentuk dapat juga diketahui dari nilai standar deviasi. Standar deviasi menunjukan homogenitas dari pelapisan itu sendiri dimana semakin kecil nilai dari standar deviasi maka akan semakin homogen lapisan yang di dapatkan, semakin lama waktu melakukan pelapisan, maka nilai deviasinya semakin besar sehingga lapisan yang terbentuk semakin tidak seragam. Lapisan yang memiliki nilai standar deviasi yang rendah berarti memiliki tebal yang relatif seragam di bandingkan nilai yang tinggi. Pada tegangan konstan, seiring dengan deposisi yang semakin lama maka terbentuk lapisan yang semakin tebal.

Data hasil pengujian ketebalan lapisan pada *stainless steel* 316L dengan variasi tegangan dengan waktu optimal berdasarkan hasil pengujian korosi yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2
Hasil Variasi Tegangan Terhadap Ketebalan Lapisan

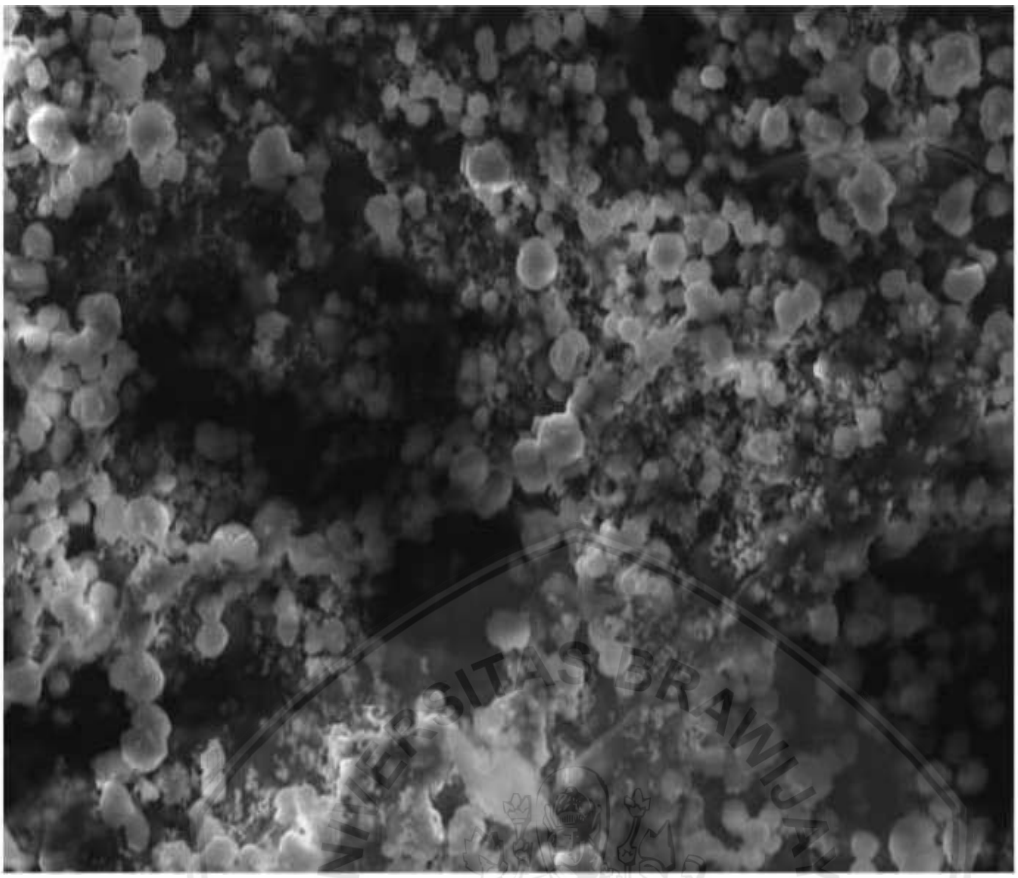
Variasi	Ketebalan Lapisan (µm)
5 Volt	52,54 ± 0,79
10 Volt	61,98 ± 0,86
15 Volt	69,58 ± 0,89

Ketebalan rata-rata lapisan kitosan meningkat seiring bertambahnya tegangan dengan waktu konstan. Hasil pengambilan data variasi tegangan terhadap ketebalan lapisan yang terbentuk adalah 52,54 μm pada tegangan 5 Volt, lalu bertambah menjadi 61,98 μm pada tegangan 10 volt, dan meningkat kembali dengan ketebalan lapisan terbentuk 69,58 μm pada tegangan 15 volt. Semakin besar tegangan yang digunakan dalam pelapisan akan semakin banyak kitosan yang menempel dipermukaan spesimen sehingga hasil ketebalan pelapisan meningkat.

Keseragaman lapisan yang terbentuk juga ditentukan melalui standar deviasi. Nilai standar deviasi ini mengalami peningkatan seiring bertambahnya ketebalan lapisan, tetapi dapat diketahui bahwa semakin besar nilai tegangan terpasang dalam pelapisan maka nilai standar deviasi semakin besar. Maka dari itu perlu dilihat hasil dari homogenitas lapisan yang terbentuk, hal ini dapat dilihat dari hasil angka ketebalan yang muncul dan besar kecilnya standar deviasi yang dihasilkan. Semakin kecil standar deviasi yang ditunjukan maka hasil homogenitas suatu lapisan dapat dikatakan cukup besar, Namun sebaliknya jika semakin besar standar deviasi maka homogenitas suatu lapisan semakin kecil.

4.3 Hasil dan Pembahasan Morfologi Lapisan

Dari hasil pengujian ketebalan serta laju korosi didapatkan hasil yang optimum yaitu pada variasi waktu 20 menit dengan tegangan 15 volt dan hasil yang paling minimum dengan variasi waktu 20 menit dengan tegangan 5 volt, maka dilakukan pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk melihat pembentukan lapisan yang ada pada permukaan spesimen tersebut didapatkan hasil seperti berikut:

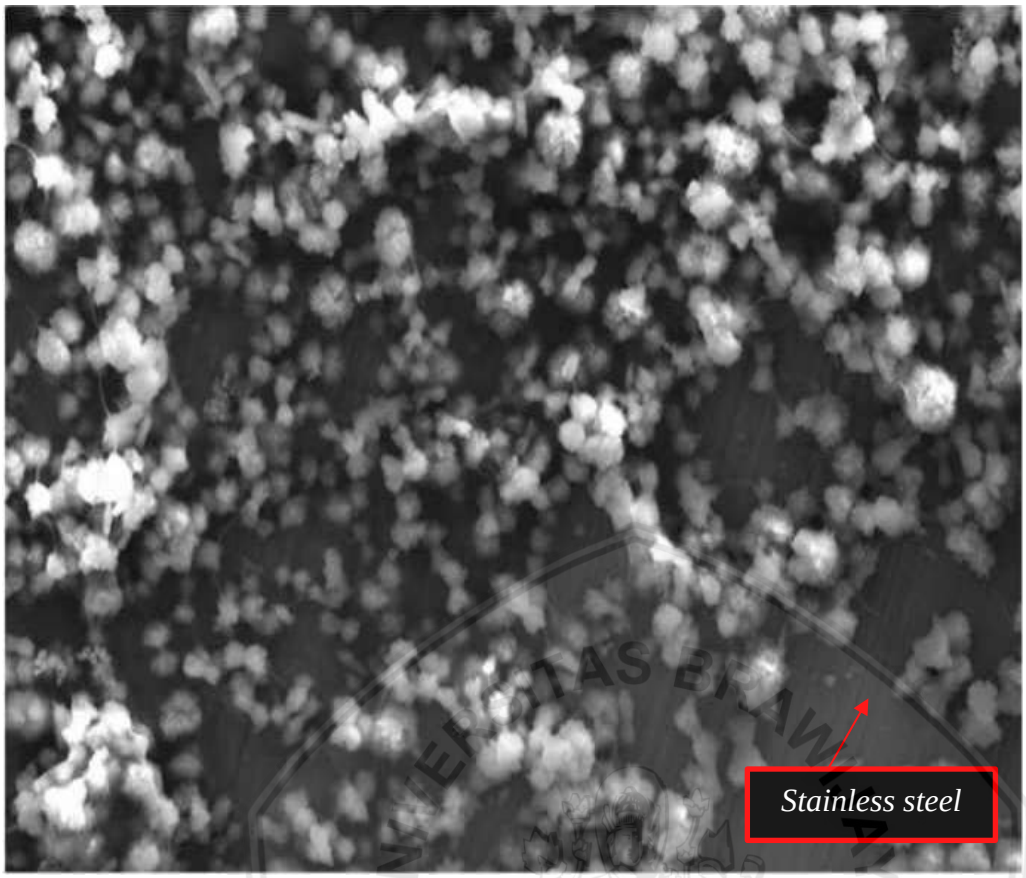


Gambar 4.2 Hasil SEM dengan variasi waktu 20 menit dengan tegangan 15 volt

Pada Gambar 4.2 menunjukan bahwa hasil dari lapisan secara elektrodeposisi dengan menggunakan kitosan menggunakan variasi waktu 20 menit dengan tegangan 15 volt yang dilihat dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*).

Pada gambar tersebut dapat diketahui bahwa hasil dari permukaan spesimen yang dilakukan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) terlihat adanya lapisan kitosan yang menempel pada permukaan spesimen, lapisan kitosan yang terbentuk cukup merata. Selain itu terlihat permukaan spesimen memiliki sedikit rongga yang terbentuk dari hasil melakukan proses pelapisan dengan metode elektrodeposisi. Rongga itu terbentuk karena saat proses pelapisan masih terbentuknya gelembung besar sehingga pada saat spesimen sudah kering terlihat sedikit adanya rongga. Namun dapat dipastikan bahwa butiran-butiran kitosan yang telah menempel.

Hasil pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*) pada *stainless steel* 316L dengan variasi waktu 20 menit dengan tegangan 5 volt dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Hasil SEM dengan variasi waktu 20 menit dengan tegangan 5 volt

Pada Gambar 4.3 dapat dilihat bagaimana pengaruh hasil dari lapisan spesimen secara elektrodeposisi dengan menggunakan kitosan menggunakan variasi waktu 20 menit dengan tegangan 5 volt yang dilihat dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*).

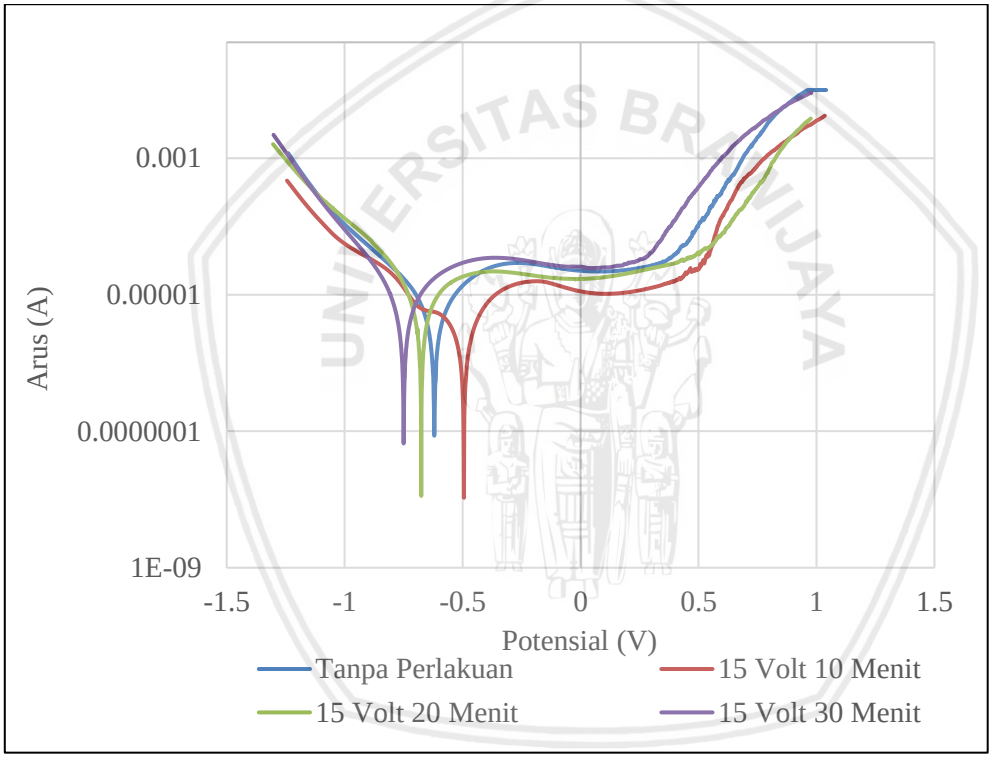
Pada gambar tersebut diketahui bahwa hasil dari permukaan spesimen yang dilakukan pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*) terlihat adanya kitosan yang menempel pada permukaan spesimen, kitosan yang terbentuk pada permukaan spesimen kurang merata karena terlihatnya permukaan spesimen yang tidak tertutupi kitosan. Selain itu terlihat permukaan spesimen memiliki rongga yang terbentuk dari hasil melakukan proses pelapisan dengan metode elektrodeposisi dan masih terlihat permukaan dari *stainless steel*. Rongga itu terbentuk karena saat proses pelapisan gelembung besar lebih dominan dibandingkan gelembung kecil sehingga pada saat spesimen sudah kering terlihat adanya rongga. Namun dapat dipastikan bahwa butiran-butiran yang telah menempel secara kurang merata pada permukaan spesimen itu adalah kitosan.

4.4 Hasil dan Pembahasan Laju Korosi

Pengukuran laju korosi yang dihasilkan dari variasi waktu dengan menggunakan alat. Berikut data pengujian dengan tegangan yang sama yaitu 15 volt untuk mengetahui waktu yang paling optimal, ditunjukan pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.4.

Tabel 4.3
Hasil Pengaruh Variasi Waktu Terhadap Laju Korosi

Variasi	βa (mV/dec)	βc (mV/dec)	Ecorr (mV)	Icorr (µA)	*Corrosion Rate* (mm/year)
TP	1.0162	2.6834	-792.35	38.909	0.40388
10 Menit	-12.158	705.830	-703.21	22.422	0.23275
20 Menit	153.550	248.970	-675.90	6.7188	0.06974
30 Menit	290.080	540.850	-687.56	12.797	0.13284



Gambar 4.4 Kurva polarisasi *stainless steel* 316L dengan variasi waktu pelapisan

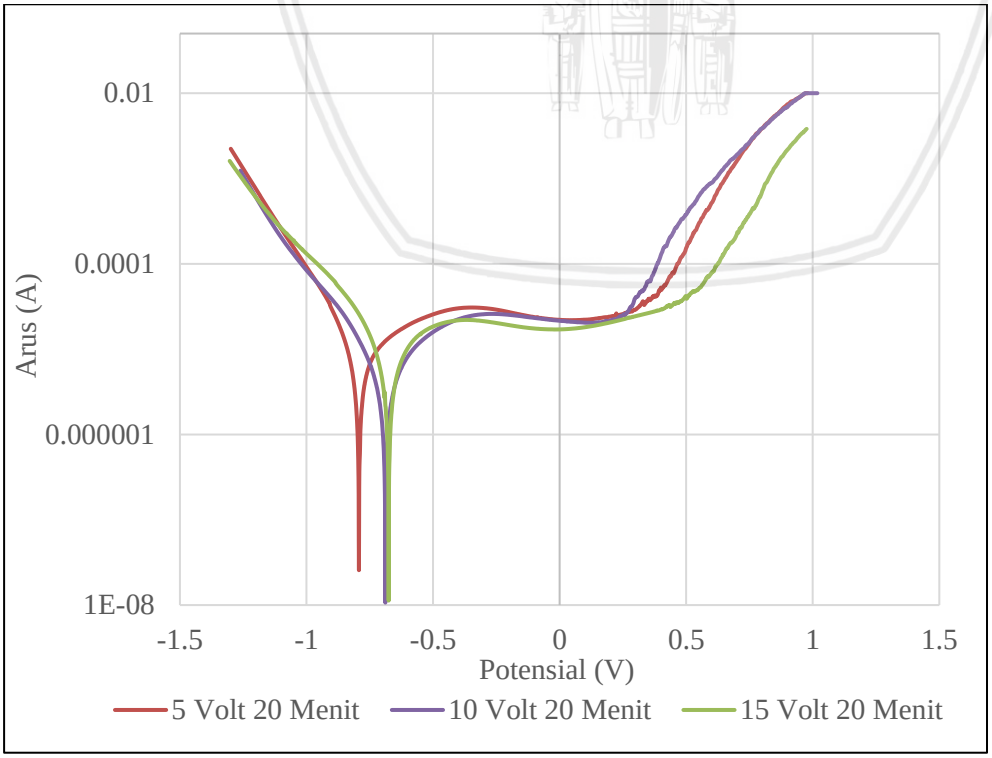
Hasil yang didapatkan menunjukan diagram polarisasi potensiodinamik pada spesimen *stainless steel* 316L yang tidak dilapisi dan dengan spesimen yang dilapisi kitosan dengan waktu pelapisan 10 menit, 20 menit, 30 menit. Nilai potensial korosi (E_{corr}) spesimen logam yang telah dilapisi oleh kitosan semakin kearah positif, mulai dari -792.35 mV menjadi -675.90 mV, tetapi pada waktu pelapisan 20 menit diperoleh nilai potensial korosi yang paling positif, yaitu -675,90 mV sehingga dapat diketahui bahwa waktu pelapisan 20 menit merupakan spesimen yang terkorosi paling lambat dan laju korosinya paling rendah karena memiliki densitas arus korosi paling rendah yaitu 0.069743 mm/year.

Dapat diketaui bahwa pelapisan dengan kitosan dapat menurunkan densitas arus korosi *stainless steel* 316L. Densitas arus korosi pada waktu pelapisan 20 menit bernilai paling kecil. Kerana lapisan yang terbentuk relatif lebih homogen, maka ketahanan terhadap korosinya juga semakin bagus. Sedangkan pada spesimen tanpa perlakuan memiliki laju korosi paling tinggi yaitu 0.40388 mm/year. Hal ini disebabkan karena permukaan spesimen tanpa perlakuan mudah terkontak langsung dengan lingkungan sehingga mudah terkorosi jika dibandingkan dengan spesimen yang terlapisi.

Selain itu dilakukan pengujian tegangan pelapisan terhadap laju korosi yang terjadi dari waktu optimal pelapisan. Karena didapatkan hasil ketahanan korosi terbaik pada waktu pelapisan 20 menit, maka pengujian tegangan pelapisan dilakukan pada tegangan 5 volt, 10 volt, dan 15 volt untuk mengetahui pengaruh tegangan pelapisan terhadap laju korosi yang didapatkan dengan waktu pelapisan 20 menit. Data laju korosi dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.5.

Tabel 4.4
Hasil Pengaruh Variasi Tegangan Terhadap Laju Korosi

Variasi	**βa (mV/dec)**	**βc (mV/dec)**	**Ecorr (mV)**	**Icorr (μA)**	***Corrosion Rate* (mm/year)**
5 Volt	344.100	-2.4036	-749.15	32.3390	0.33569
10 Volt	459.920	932.660	-696.02	13.6250	0.14143
15 Volt	153.550	248.970	-675.90	6.71880	0.06974



Gambar 4.5 Kurva polarisasi *stainless steel* 316L dengan variasi tegangan pelapisan

Hasil yang didapatkan menunjukan diagram polarisasi potensiodinamik pada spesimen *stainless steel* 316L yang dilakukan pelapisan kitosan pada tegangan 5 volt, 10 volt, dan 15 volt dengan waktu konstan yaitu 20 menit hasil optimum dari percobaan sebelumnya. Pola pergeseran nilai potensial korosi (E_{corr}) pada pengujian dengan variasi tegangan sama seperti dengan pengujian pada variasi waktu. Potensial korosi begeser kearah yang lebih positif untuk semua spesimen *stainless steel* 316L yang telah dilapisi dan potensial korosi paling positif didapat pada tegangan 15 volt. Semakin positif nilai potensial korosi berarti logam tersebut semakin sulit terkorosi.

Laju korosi *stainless steel* 316L yang telah dilapisi kitosan menurun secara signifikan, laju korosi menunjukan hasil dari ketahanan korosi yang paling baik di tunjukan pada tegangan terbesar yaitu 15 volt dengan nilai laju korosi 0.069743 mm/year, ketahanan korosi berikutnya diikuti oleh tegangan sebesar 10 volt dengan nilai 0.14143 mm/year dan ketahan yang paling buruk yaitu dengan tegangan sebesar 5 volt dengan nilai 0.33569 mm/year. Hal ini dikarenakan pada saat tegangan yang digunakan 5 volt kitosan yang menempel pada permukaan spesimen paling tipis jika dibandingkan dengan 10 volt dan 15 volt sehingga permukaan spesimen dengan mudahnya terkorosi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dalam melakukan pengujian laju korosi didapatkan hasil optimum pada spesimen dengan variasi waktu 20 menit dengan tegangan konstan yaitu sebesar 0,069743 mm/year. Dan dilanjutkan dengan variasi tegangan, tegangan yang digunakan sebesar 5 volt, 10 volt, dan 15 volt. Hasil pengujian laju korosi dengan variasi tegangan yaitu 0,33569 mm/year dengan tegangan 5 volt lalu 0,14143 mm/year dengan tegangan 10 volt dan 0,06974 mm/year dengan tegangan 15 volt. Dalam hal ini tegangan 15 volt mendapatkan hasil yang paling optimum yaitu sebesar 0,33569 mm/year. Ketebalan akan terus meningkat seiring dengan lama waktu dan besarnya tegangan yang akan digunakan. Namun dengan bertambahnya waktu dan tegangan akan membuat nilai dari simpangan baku akan semakin meningkat, yang berdampak pada ketebalan lapisan yang dihasilkan sehingga membentuk lapisan yang berbeda-beda tiap bagiannya. Lapisan dikatakan optimum jika memiliki nilai simpangan baku yang kecil, karena dengan nilai simpangan baku yang kecil maka homogenitas dari lapisan akan semakin besar. Maka dari itu perlu dilihat dari hasil homogenitas yang terbentuk. Hasil penelitian variasi waktu didapatkan ketebalan maksimum yaitu pada waktu 20 menit dengan tegangan konstan 15 volt sebesar 69,70 μm dengan nilai standar deviasi sebesar 0,88. Dan pada variasi tegangan didapatkan hasil optimum pada variasi 15 volt dengan waktu 20 menit sebesar 69,58 μm dengan nilai standar deviasi sebesar 0,89 Selanjutnya dilakukan pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk melihat pembentukan lapisan yang ada pada permukaan spesimen. Pada hasil pelapisan dengan variasi waktu 20 menit dengan tegangan 15 volt didapat hasil bahwa permukaan spesimen terlapisi dengan merata dan pada pelapisan dengan variasi waktu 20 menit dengan tegangan 5 volt didapat hasil bahwa permukaan spesimen terlapisi dengan tidak begitu merata.

5.2 Saran

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mencari tahu jenis larutan pelarut untuk kitosan yang lebih ekonomis tetapi dapat menghasilkan lapisan yang baik.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut menggunakan variasi yang sudah ada dan dibandingkan dengan variasi yang baru.

Halaman ini sengaja dikosongkan

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR PUSTAKA

Alfin, Al Hakim. 2011. Pengaruh Inhibitor Korosi Berbasis Senyawa Fenolik Untuk Proteksi Pipa Baja Karbon Pada Lingkungan 0.5, 1.5, 2.5, 3.5% NaCl Yang Mengandung Gas CO2. Skripsi, Universitas Indonesia.

AZoM. 2001. *Stainless Steel - Introduction to The Grades and Families*.

Besra, Laxmidhar, Meilin Liu. 2007. *A reveiew on fundamentals and applications of electrophoretic deposition* (EDP). India: Colloids and Materials Chemistry Group.

Bhuvaneshwari. 2007. *Solvent and substituent effects on the electrochemical oxidation of para - and meta -substituted anilines*. India. College Of Arts And Science Coimbatore.

Butler, B. L., P. J. Vergano, R. F. Testin, J. M.Bunn dan J. L. Wiles. 1996. *Mechanical and Barrier Properties of Edible Chitosan Films as affected by Composition and Storage*. Journal of Food Science, Vol 61.

Chodijah, Siti. 2008. Efektivitas Penggunaan Pelapisan Epoxy dalam Ketahan Korosi Pipa Baja ASTM A53. Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Corni, I., Ryan, M.P. dan Boccaccini, A.R. 2008. *Electophoretic Deposition: From Traditional Ceramics to Nanotechnology*. London: Imperial College London.

F. Gebhardt, S. Seuss, M. C. Turhan, H. Hornberger, S. Virtanen, and A. R. Boccaccini, *Characterization of electrophoretic chitosan coating on stainless steel.* Mater. Lett., vol. 66, pp. 302–304, 2012.

Fajrin, Efinda Novia. 2018. Pengaruh Variasi Kuat Arus Pada Pelapisan Tinplate Menggunakan Kitosan Dengan Metode Elektrodeposisi. Malang: Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Brawijaya.

Gapsari, F. 2017. Pengantar Korosi. Universitas Brawijaya Press.

Groover, Mikell P. 2010. *Fundamental of Modern Manufacturing, Material, Processes and System.* United State of America.

Gunawan,adi dan Roeswati. 2004.Tangkas Kimia. Surabaya : Kartika.

Hartono, A.J dan Kaneko T. 1992. Mengenal Pelapisan Logam. Yogyakarta: Andi Offcet.

Hidayat, Hari. 2015. Makalah Korosi. Yogyakarta: Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

Joon B. Park dan Joseph Bronzino. 2003. *Biomaterials Principals and Aplications*. CRC Press. Library of Congress Card Number 2002073352 Printed in the United States of America.

Lazic, Z.R. 2004. *Design of Experiments in Chemical Engineering*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA.481-502.

Leali, P. T., & Merolli, A. 2009. *Fundamentals of biomaterials. In Biomaterials in Hand Surgery* (pp. 1-11). Springer, Milano.

Long, P. H. 2008. *Medical devices in orthopedic applications*. Toxicologic pathology, 36(1), 85-91.

Mehdipour M dan Afsar A. 2012. *A Study of Electrophoretic Deposition of Bioactive Glass-Chitosan Composite Coating.*Ceramics International.

Mincea M, Negrulescu A, Ostafe V. 2012. *Preparation, modification, and application of chitin nanowhisker: A Review*. Reviews on Advanced Materials Science.

Nik Norziehana Che Isa, Yusairie Mohd 2017. *Characterization of Copper Coating Electrodeposited on Stainless Steel Substrate.* Malaysia. Fakultas Sains Terapan, Universitas Teknologi Mara.

Reive R. W., 2011. *Uhlig's Corrosion Handbook. Third Ed.* New Jersey: John Wiley and Sons, Inc.

Riszki, Trivina Ira dan Harmami. 2015. Pengaruh Suhu terhadap Kualitas Coating (Pelapisan) Stainless Steel Tipe 304 dengan Kitosan secara Elektroforesis. Surabaya: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Jurusan Kimia, Institut Teknologi Sepuluh November (ITS).

Roberge, P. 2008. *Handbook of Corrosion Engineering*. New York: McGraw Hill Book Company.

Ruan JM, Zou JP, Zhou ZC. 2006. *Hydroxyapatite-316L stainless steel fibre composite biomaterials fabricated by hot pressing*. Powder Metallurgy.

Saleh, Azhar A. 2014. Electroplating Teknik Pelapisan Logam dengan Cara Listrik. Bandung: Yrama Widya.

Sarkar P, Nicholson P. 1996. *Electrophoretic deposition (EPD): mechanism, kinetics and application to ceramics.* Amerika: American Ceramic Society.

Sharmin E., Ahmad S. dan Zafar F. 2012. *Renewable Resources in Corrosion Resistance*. Corrosion Resistance. Dr Shih. Croatia: In Tech.

Simchi, F. Pishbin, and A. R. Boccaccini, 2009. *Electrophoretic deposition of chitosan*. Mater. Lett., vol. 63.

Sri , Agustina., 2013. Pembuatan Kitosan Dari Cangkang Udang Dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Untuk Menurunkan Kadar Logam Cu. Seminar Nasional FMIPA 2013, IKIP Mataram.

Steven, Jodie. (2017). Pengaruh pH, Kecepatan Putar dan Rasio Volume Inhibitor Campuran Berbasis Imidazoline dan Parasetamol Terhadap Perlindungan Korosi Baja St 41 di

Lingkungan yang Mengandung Gas CO_2 dengan Menggunakan Metode Rotating Cylinder Electrode (RCE). Surabaya: Departemen Teknik Material dan Metalurgi.

Suarsana, I.K., 2008. Pengaruh Waktu Pelapisan Nikel pada Tembaga dalam Pelapisan Khrom Dekoratif. Bali: Teknik Mesin Udayana.

Sugita, P., Wukirsari, t., Sjahriza A dan Wahyono, D. 2009. Kitosan. Sumber Biomaterial Masa Depan. Bogor: IPB Press.

Tassel, Jonathan J. Van dan Clive A. Randall. 2006. *Mechanisms of Electrophoretic Deposition.* United State of America: University Park.

Urch, H., Franzka, S., Dahlhaus, D., Hartmann, N., Hasselbrink, E. dan Epple, M. 2006. *Preparation of Two-Dimensionally Patterned Layers of Functionalised Calcium Phospate Nanoparticles by Laser Direct Writing*. Journal of Materials Chemistry 16, 1798-1802.

Vipin, Bansal., 2011. *Applications of Chitosan and Chitosan Derivatives in Drug Delivery*. India, Departemen teknologi farmasi, meerut institusi teknologi dan teknik