



**PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG TELUR UNTUK INHIBITOR
KOROSI PADA LOGAM 316L DI MEDIA AIR LAUT**

TESIS

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Program Studi Magister Teknik Mesin

Disusun Oleh:

MUHAMMAD ALFATTAH

55822120005

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN**

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MERCU BUANA

JAKARTA

2024



**PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG TELUR UNTUK INHIBITOR
KOROSI PADA LOGAM 316L DI MEDIA AIR LAUT**

TESIS

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Program Studi Magister Teknik Mesin

Disusun Oleh:

MUHAMMAD ALFATTAH

55822120005

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MERCU BUANA

JAKARTA

2024

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tesis ini diajukan oleh :

Nama : Muhammad Alfattah
NIM : 55822120005
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi / Tesis : Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Untuk Inhibitor Korosi Pada Logam 316L di Media Air Laut

Telah berhasil dipertahankan pada sidang di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Strata S2 pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Disahkan Oleh :

Pembimbing : I Gusti Ayu Arwati, Dra., MT., Ph.D
NIDN : 0010046408
Ketua Penguji : Dafit Feriyanto M.Eng., Ph.D
NIDN : 118900633
Anggota Penguji : Hadi Pranoto, MT., Ph.D
NIDN : 0302077304



(*[Signature]*)
(*[Signature]*)
(*[Signature]*)

Jakarta, 19 November 2024

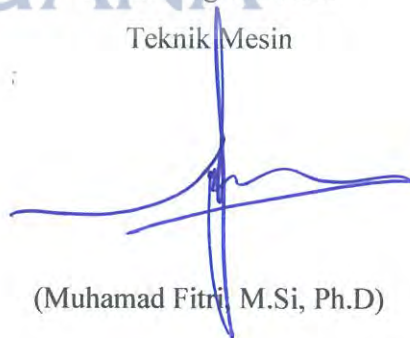
Mengetahui,

Dekan
Fakultas Teknik

Ketua Program Studi
Teknik Mesin



(Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, MT.)



(Muhamad Fitri, M.Si, Ph.D)

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa semua pernyataan dalam Tesis ini :

Judul : Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Untuk Inhibitor Korosi Pada Logam 316L di Media Air Laut
Nama : Muhammad Alfattah
N I M : 55822120005
Program Studi : Teknik Mesin
Tanggal : 30 November 2024

Merupakan hasil studi pustaka, penelitian lapangan, dan karya saya sendiri dengan bimbingan Komisi Dosen Pembimbing yang ditetapkan dengan Surat Keputusan Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.

Karya ilmiah ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan pada program sejenis di perguruan tinggi lain. Semua informasi, data, dan hasil pengolahannya yang digunakan, telah dinyatakan secara jelas sumbernya dan dapat diperiksa kebenarannya.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 30 November 2024



Muhammad Alfattah

SURAT KETERANGAN HASIL *SIMILARITY*

Menerangkan bahwa Karya Ilmiah atas nama :

Nama : **Muhammad Alfattah**
NIM : **55822120005**
Program Studi : **Magister Teknik Mesin**
Judul Tugas Akhir / Tesis : **PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG TELUR
UNTUK INHIBITOR KOROSI PADA LOGAM 316L
DI MEDIA AIR LAUT**

Telah dilakukan pengecekan similarity menggunakan aplikasi/sistem Turnitin pada **21 Oktober 2024** dengan hasil presentase sebesar **17%** dan dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Demikian surat keterangan ini dibuat dan digunakan sebagaimana mestinya

Jakarta, 22 Oktober 2024

Administrator Turnitin,

UNIVERSITAS
MERCU BUANA 

Saras Nur Praticha, S.Psi., MM

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT atas limpahan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis yang berjudul “Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Untuk Inhibitor Korosi Pada Logam 316L di Media Air Laut”. Penulisan disusun untuk dapat memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Magister program studi Teknik Mesin Universitas Mercubuana. Dalam Proses pelaksanaan Tesis ini penulis telah mendapatkan banyak bimbingan, saran dan dukungan dari banyak pihak.

Ucapan terima kasih ini dipersembahkan untuk orang-orang yang telah berjasa dalam penyusunan Tesis ini, yaitu:

1. Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M.Eng, selaku Rektor Universitas Mercubuana
2. Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana
3. Dr. Muhamad Fitri, M.Si, Ph.D., selaku Kepala Program Studi Fakultas Teknik Mesin Universitas Mercu Buana Jakarta
4. Dra. I Gusti Ayu Arwati, M.T., Ph.D, selaku pembimbing Tesis Universitas Mercubuana
5. Kepada kedua orang tua saya, Bapak Arifin dan Ibu Khusniyah, adik tersayang Lailatul Mahmudah yang selalu memberikan semangat, doa dan dukungan.
6. Rekan-rekan seperjuangan Magister Teknik Mesin Universitas Mercu Buana, terima kasih atas bantuan dan semangat yang telah diberikan

Dalam hal ini penulis memohon maaf atas segala kekurangan yang mungkin terjadi dalam penyusunan laporan Tesis ini. Semoga Tesis ini dapat memberikan manfaat kepada seluruh pihak yang membaca

Jakarta, 30 November 2024



Muhammad Alfattah

ABSTRAK

Kegiatan penambangan minyak bumi dan gas bumi di darat dan di lepas pantai terdapat sistem perpipaan untuk mengalirkan fluida, menggunakan material 316L. Pipa ini mengalami korosi karena terendam pada lingkungan korosif yaitu air laut yang menyebabkan kerusakan permukaan maupun struktur dari pipa. Korosi ini dapat dicegah dengan pelapisan inhibitor. Namun, sebagian besar inhibitor mempunyai efek berbahaya terhadap lingkungan, mahal dan beracun. Menggunakan inhibitor ramah lingkungan menawarkan pendekatan yang efektif untuk mengatasi korosi pipa, karena perhatian semakin berfokus pada pilihan yang ekonomis dan ramah lingkungan. Penelitian ini menyelidiki penerapan limbah dari cangkang telur ayam domestik sebagai inhibitor korosi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi efektivitas, morfologi, dan sifat kimia dari baja tahan karat 316L ketika diperlakukan dengan inhibitor berbasis cangkang telur ini. Penelitian ini menggunakan beberapa teknik, termasuk pelapisan EPD, polarisasi potensiodinamik, SEM, dan spektroskopi Raman di air laut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju korosi terendah diamati pada spesimen yang diperlakukan dengan konsentrasi inhibitor 14g, dengan nilai $4,4292 \times 10^{-4}$ mmpy dan efisiensi 97,1 %. Analisis SEM mengungkapkan bahwa sampel tanpa inhibitor menunjukkan banyak rongga kecil di permukaannya. Sebaliknya, sampel dengan konsentrasi inhibitor 14g menunjukkan pengurangan rongga ini dan penampilan permukaan yang lebih gelap karena adanya lapisan bubuk cangkang telur yang teradsorpsi. Spektroskopi Raman dari sampel yang diperlakukan dengan 14 gram bubuk cangkang telur menunjukkan bahwa produk akhir dari korosi telah menghilang, tetapi masih ada fitur α -FeOOH dan intensitasnya sangat berkurang drastis. Ini menandakan bahwa penggunaan pelapisan cangkang telur telah secara efektif mencegah korosi.

Kata Kunci: Pipa, Inhibitor, *Stainless Steel 316L*, EPD, Elektrokimia, SEM, Spektroskopi Raman

UTILIZATION OF EGGSHELL WASTE FOR CORROSION INHIBITOR OF 316L METAL IN SEAWATER MEDIA

ABSTRACT

Onshore and offshore oil and gas mining activities have piping systems to drain fluids, using 316L material. This pipe is corroded because it is submerged in a corrosive environment, namely sea water, which causes damage to the surface and structure of the pipe. This corrosion can be prevented by coating inhibitors. However, most inhibitors are environmentally harmful, expensive and toxic. Using environmentally friendly inhibitors offers an effective approach to address pipeline corrosion, as attention increasingly focuses on economical and environmentally friendly options. This study investigated the application of domestic chicken eggshell waste as a corrosion inhibitor. The objective of this study was to evaluate the effectiveness, morphology, and chemical properties of 316L stainless steel when treated with this eggshell-based inhibitor. The study employed several techniques, including EPD coating, potentiodynamic polarization, SEM, and Raman spectroscopy in seawater. The results showed that the lowest corrosion rate was observed in the specimen treated with 14g inhibitor concentration, with a value of $4,4292 \times 10^{-4}$ mmpy and 97,1 % efficiency. SEM analysis revealed that the sample without inhibitor showed many small voids on its surface. In contrast, the sample with 14g inhibitor concentration showed a reduction of these voids and a darker surface appearance due to the presence of an adsorbed layer of eggshell powder. Raman spectroscopy of the samples treated with 14 grams of eggshell powder showed that the end products of corrosion had disappeared, but there were still features of α -FeOOH and their intensity was greatly reduced. This indicates that the use of eggshell coating has effectively prevented corrosion.

Keywords: Pipe, Inhibitor, Stainless Steel 316L, EPD, Electrochemical, SEM, Raman Spectroscopy

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
PERNYATAAN SIMILARITY CHECK	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR SIMBOL	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	4
1.3 TUJUAN	4
1.4 NOVELTY	4
1.5 MANFAAT	5
1.6 RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	5
1.7 METODE PENGUMPULAN DATA	6
1.8 SISTEMATIKA PENULISAN	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 KOROSI	8
2.2 STAINLESS STEEL 316L	8
2.3 JENIS KOROSI STAINLESS STEEL 316L	9
2.3.1 Korosi Seragam (Uniform Corrosion)	9
2.3.2 Korosi Sumuran	10
2.3.3 Korosi Erosi	10
2.3.4 Korosi Galvanik	10

2.3.5	Korosi Celah	11
2.4	LAJU KOROSI	12
2.5	CANGKANG TELUR	12
2.5.1	Lapisan Cangkang Telur	13
2.6	INHIBITOR	14
2.7	<i>ELECTROPHORETIC DEPOSITION (EPD)</i>	15
2.8	METODE ELEKTROKIMIA	16
2.9	PENGUJIAN <i>SCANNING ELECTRON MICROSCOPE (SEM)</i>	19
2.10	PENGUJIAN SPEKTROSKOPI RAMAN	20
2.11	AIR LAUT	21
2.12	PENELITIAN TERDAHULU	21
BAB III	METODOLOGI	26
3.1	DIAGRAM ALIR	26
3.2	TAHAPAN PROSES PENELITIAN	27
3.3	PEMBUATAN SAMPEL	30
3.4	PEMBUATAN LARUTAN	31
3.4.1	Pembuatan larutan <i>Pickling</i>	31
3.4.2	Pembuatan Larutan Inhibitor	33
3.5	PROSES <i>ELECTROPHORETIC DEPOSITION</i>	33
3.6	PENGUJIAN MENGGUNAKAN METODE ELEKTROKIMIA	34
3.7	PENGUJIAN <i>SCANNING ELECTRON MICROSCOPE (SEM)</i>	36
3.8	PENGUJIAN SPEKTROSKOPI RAMAN	37
3.9	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	38
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1	ANALISIS ELEKTROKIMIA	40
4.1.1	Polarisasi Potensiodinamik	40
4.1.2	Polarisasi Potensiodinamik Menggunakan Variasi Suhu	44

4.2 SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (SEM)	45
4.3 SPEKTROSKOPI RAMAN	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	50
5.1 KESIMPULAN	50
5.2 SARAN	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	61



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Korosi Seragam (Uniform Corrosion)	9
Gambar 2. 2 Korosi Sumuran	10
Gambar 2. 3 Korosi Erosi	10
Gambar 2. 4 Korosi Galvanik	11
Gambar 2. 5 Korosi Celah	11
Gambar 2. 6 Skema Proses <i>EPD</i>	15
Gambar 2. 7 Kurva Polarisasi Tafel	17
Gambar 2. 8 Contoh plot <i>potentiodynamic polarization</i> pada kurva <i>anodic</i>	18
Gambar 2. 9 Skema Dasar <i>SEM</i>	20
Gambar 3. 1 Diagram Alir Tesis	26
Gambar 3. 2 Desain Pemotongan Material	30
Gambar 3. 3 Spesimen Pengujian	30
Gambar 3. 4 Media Air Laut	31
Gambar 3. 5 Proses <i>Electrophoretic Deposition</i>	34
Gambar 3. 6 Rangkaian Alat Pengujian Polarisasi Potensiodinamik	35
Gambar 3. 7 Alat Pengujian <i>SEM</i> Quanta 650	37
Gambar 3. 8 <i>Raman Imaging Microscope DXR3i (ThermoFisher Scientific)</i>	38
Gambar 4. 1 Grafik Polarisasi Potensiodinamik Potensial (E) Terhadap Arus (I) Stainless Steel 316L Dengan Variasi Inhibitor Cangkang Telur Pada Media Air Laut	41
Gambar 4. 2 Grafik Efisiensi Inhibitor Cangkang Telur pada Stainless Steel 316L .	43
Gambar 4. 3 Hasil SEM Stainless Steel 316L	47
Gambar 4. 4 Spektra Raman untuk SL136L dengan tanpa inhibitor cangkang cangkang telur (merah), dan dilapisi 14 gr cangkang telur (biru)	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi Stainless Steel 316L	9
Tabel 2. 2 Nilai Tingkat Ketahanan Berdasarkan Laju Korosi	12
Tabel 2. 3 Komposisi Nutrisi Cangkang Telur	13
Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu pada Media Air Laut	21
Tabel 2. 5 Literature Review Penggunaan Inhibitor Cangkang Telur	22
Tabel 3. 1 Alat-alat Penelitian	27
Tabel 3. 2 Bahan-Bahan Penelitian	28
Tabel 4. 1 Hasil Analisis Tafel Potensiodinamik Stainless Steel 316L Dengan Variasi Inhibitor Cangkang Telur Pada Media Air Laut	41
Tabel 4. 2 Hasil Analisis Tafel Potensiodinamik Stainless Steel 316L Dengan Variasi Suhu dan Inhibitor Cangkang Telur Pada Media Air Laut	45
Tabel 4. 3 Mode vibrasi dan intensitas dari spektra Raman sampel SL136L tanpa inhibitor dan dilapisi inhibitor cangkang telur	48



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
P	Beban yang diterapkan [Kg]
L	Panjang diagonal rata-rata [mm]



DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
<i>CR</i>	<i>Corrosion Rate</i>
<i>EW</i>	<i>Equivalent Weight</i>
<i>IE</i>	<i>Inhibitor Efficient</i>
<i>SEM</i>	<i>Scanning Electron Microscope</i>
<i>SE</i>	<i>Secondary Electron</i>
<i>BSE</i>	<i>Back Scattered Electron</i>
BRIN	Badan Riset dan Inovasi Nasional
<i>EPD</i>	<i>Electrophoretic Depositon</i>



UNIVERSITAS
MERCU BUANA