

**ANALISIS LAJU KOROSI PADA PIPA MATERIAL ASTM A106 GRADE B
DAN MATERIAL ASTM A316L DENGAN MEDIA AIR LAUT
MENGUNAKAN METODE ELEKTROKIMIA**



UNIVERSITAS
MERCU BUANA
Nama : Achmad Rafiq Irvani
NIM : 41319120028
Program Studi : Teknik Mesin

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2023

TUGAS AKHIR

**ANALISIS LAJU KOROSI PADA PIPA MATERIAL ASTM A106 GRADE B
DAN MATERIAL ASTM A316L DENGAN MEDIA AIR LAUT
MENGUNAKAN METODE ELEKTROKIMIA**



UNIVERSITAS
Disusun Oleh:
MERCU BUANA

Nama : Achmad Rafiq Irvani

NIM : 41319120028

Program Studi : Teknik Mesin

**DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)
DESEMBER 2023**

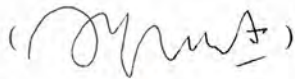
HALAMAN PENGESAHAN


Laporan Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Achmad Rafiq Irvani
NIM : 41319120028
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Laporan Tugas Akhir : ANALISIS LAJU KOROSI PADA PIPA MATERIAL ASTM A106 GRADE B DAN MATERIAL ASTM A316L DENGAN MEDIA AIR LAUT MENGGUNAKAN METODE ELEKTROKIMIA

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

Disahkan oleh:

Pembimbing : Dra. I Gusti Ayu Arwati, M.T., Ph.D. ()
NIDN : 197580672

Ketua Penguji : Sagir Alva, S.Si, M.Sc, Ph.D ()
NIDN : 1975801124

Penguji 2 : Dr. Nanang Ruhyat, ST., MT. ()
NIDN : 0323027301

Jakarta, 23 Desember 2023

Mengetahui,

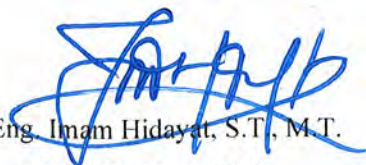
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.

NIK/NIP. 0307037202

Ketua Program Studi



Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T., M.T.

NIK/NIP. 112750348

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Achmad Rafiq Irvani
NIM : 41319120028
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Laporan Tugas Akhir : ANALISIS LAJU KOROSI PADA PIPA
MATERIAL ASTM A106 GRADE B DAN
MATERIAL ASTM A316L DENGAN MEDIA
AIR LAUT MENGGUNAKAN METODE
ELEKTROKIMIA

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau menjiplak terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

Jakarta, 23 Desember 2023



Achmad Rafiq Irvani

PENGHARGAAN

Puji serta syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunianya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “ANALISIS LAJU KOROSI PADA PIPA MATERIAL ASTM A106 GRADE B DAN MATERIAL ASTM A316L DENGAN MEDIA AIR LAUT MENGGUNAKAN METODE ELEKTROKIMIA” sesuai dengan waktu yang ditentukan.

Laporan tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program studi Sarjana Teknik Strata Satu (S1) di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Selama proses pelaksanaan penelitian serta penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, penulis mendapat banyak bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, baik secara moral maupun secara langsung. Dan Laporan Tugas Akhir ini juga dapat diselesaikan atas bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak, untuk itu penulis dengan tulus hati menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof Dr. Ir. Andi Adriansyah, M.Eng, selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Ibu Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Bapak Dr. Eng. Imam Hidayat, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
4. Bapak Gilang Awan Yudhistira, S.T, M.T, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
5. Bapak Gilang Awan Yudhistira, S.T., M.T., dan Bapak Muhammad Fitri, M.Si., Ph.D., selaku koordinator tugas akhir Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
6. Ibu Dra. I Gusti Ayu Arwati, M.T, Ph.D., sebagai Dosen pembimbing yang telah mengarahkan dan memberi nasehat selama penyusunan laporan tugas akhir ini.
7. Seluruh dosen dan karyawan Universitas Mercu Buana.

8. Ayah, Mama dan adik tercinta, yang selalu memberikan do'a serta dukungannya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan tugas akhir ini.
9. Teman-teman seperjuangan jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana yang selama ini memberikan bantuan dan dukungan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
10. Bapak Tirta Purna Irawan, S.T. dan Tim BRIN Laboratorium Puspitek, yang telah membantu dalam salah satu proses penelitian ini.
11. Rekan-rekan kerja di PT Sarku Enjinerig Utama yang selalu memberikan dukungan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
12. Sita Widiyanti, S.AB. yang selalu memberikan dukungan kepada penulis.

Penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Namun hal tersebut semata-mata bukan sesuatu yang disengaja, melainkan karena keterbatasan pengetahuan yang dimiliki. Oleh karena itu, segala saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penulis harapkan yang nantinya dapat digunakan untuk perbaikan maupun penyempurnaan selanjutnya.

Akhir kata penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 23 Desember 2023

Penulis



Achmad Rafiq Irvani

ABSTRAK

Pada pipa instalasi anjungan lepas pantai di antaranya menggunakan material logam baja karbon ASTM A106 Grade B dan material logam *Stainless Steel* ASTM A316L. Lingkungan laut yang korosif menjadi permasalahan serius dimana kerusakan akibat korosi dapat menyebabkan beberapa kecelakaan seperti kerusakan pada struktur, kegagalan pipa, kebocoran, dan kecelakaan lainnya.

Setelah dilakukan uji laju korosi menggunakan metode elektrokimia dengan pengujian polarisasi potensiodinamik didapatkan nilai hasil laju korosi yang menunjukkan bahwa nilai laju korosi kedua material sebelum dan setelah mendapat perlakuan perendaman di media air laut selama 96 jam mengalami kenaikan. Yang semula nilai rata-rata laju korosinya 0.032651 mmpy untuk material baja karbon ASTM A106 Grade B mengalami kenaikan menjadi 2.206175 mmpy. Sedangkan pada material *Stainless Steel* ASTM A316L yang semula nilai rata-rata laju korosinya 0,006197 mmpy mengalami kenaikan menjadi 0,212973 mmpy. Dari uji morfologi menunjukkan adanya perubahan pada struktur permukaan pada kedua material sebelum dan setelah mendapat perlakuan perendaman di media air laut selama 96 jam. Yang semula terlihat titik hitam atau lubang kecil mengalami perubahan menjadi lubang-lubang yang lebih besar dan menyebar di permukaannya. Dan setelah dilakukan uji kekerasan material dengan metode Vickers menunjukkan hasil bahwa nilai kekerasan kedua material sebelum dan setelah mendapat perlakuan perendaman di media air laut selama 96 jam mengalami penurunan nilai kekerasan. yang semula nilai kekerasannya sebesar 214,6HV3 untuk material logam baja karbon ASTM A106 Grade B nilai kekerasannya menurun menjadi 171,3HV3. Begitu juga dengan pipa logam material *Stainless Steel* ASTM A316L yang semula nilai rata-rata kekerasannya 198HV3 kekerasannya menurun menjadi 187HV3. Kesimpulannya yaitu semakin lama perlakuan perendaman maka akan semakin tinggi nilai laju korosi yang terjadi, perubahan struktur permukaan akan semakin besar dan menyebar, dan nilai kekerasan material akan semakin menurun.

Kata Kunci: Analisis laju korosi, Elektrokimia, Pengujian Vickers

ABSTRACT

The offshore platform installation pipes include ASTM A106 Grade B carbon steel metal material and ASTM A316L Stainless Steel metal material. The corrosive marine environment is a serious problem where damage due to corrosion can cause several accidents such as damage to structures, pipe failure, leaks, and other accidents.

After the corrosion rate test was carried out using the electrochemical method with potentiodynamic polarization testing, the corrosion rate results showed that the corrosion rate values for the two materials before and after being treated with immersion in sea water for 96 hours had increased. The initial average corrosion rate value of 0.032651 mmpy for ASTM A106 Grade B carbon steel material has increased to 2.206175 mmpy. Meanwhile, the ASTM A316L Stainless Steel material, which originally had an average corrosion rate of 0.006197 mmpy, has increased to 0.212973 mmpy. Morphological tests showed that there were changes in the surface structure of the two materials before and after being soaked in sea water for 96 hours. What initially looked like black dots or small holes changed into larger holes that spread across the surface. And after testing the hardness of the materials using the Vickers method, the results showed that the hardness values of the two materials before and after being soaked in sea water for 96 hours experienced a decrease in hardness values. which originally had a hardness value of 214.6HV3 for ASTM A106 Grade B carbon steel metal material, the hardness value decreased to 171.3HV3. Likewise, with ASTM A316L Stainless Steel metal pipes, which originally had an average hardness value of 198HV3, the hardness decreased to 187HV3. The conclusion is that the longer the immersion treatment, the higher the corrosion rate value that occurs, the changes in surface structure will be greater and more widespread, and the material hardness value will decrease.

Keywords: Corrosion rate analysis, Electrochemical, Vickers Test

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR SIMBOL	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH.....	3
1.3 TUJUAN	4
1.4 MANFAAT	4
1.5 RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	4
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 <i>AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL (ASTM)</i>	7
2.2 BAJA KARBON	7
2.2.1 PIPA BAJA KARBON ASTM A106.....	7
2.3 <i>STAINLESS STEEL</i>	11
2.3.1 PIPA <i>STAINLESS STEEL</i> ASTM A316/A316L	12
2.4 LARUTAN PICKLING.....	13
2.5 AIR LAUT	15
2.6 KOROSI.....	15
2.6.1 PROSES TERJADINYA KOROSI.....	18
2.6.2 JENIS-JENIS KOROSI	19
2.6.3 PRINSIP KOROSI	25

2.6.4	LAJU KOROSI	26
2.7	METODE ELEKTROKIMIA	27
2.7.1	SEL TIGA ELEKTRODA	28
2.8	PENGUJIAN MORFOLOGI	29
2.9	SIFAT MEKANIK MATERIAL	30
2.8.1	PENGUJIAN KEKERASAN MATERIAL	30
2.10	PENELITIAN TERDAHULU	35
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		44
3.1	DIAGRAM ALIR	44
3.2	TAHAPAN PROSES PENELITIAN	45
3.3	PEMBUATAN SAMPEL	48
3.4	TAHAP PERENDAMAN MATERIAL	50
3.5	PENGUJIAN MENGGUNAKAN METODE ELEKTROKIMIA	51
3.6	PENGUJIAN MORFOLOGI	54
3.7	PENGUJIAN KEKERASAN MATERIAL	55
BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN		56
4.1	PENGUJIAN LAJU KOROSI	56
4.2	HASIL PENGUJIAN MORFOLOGI	64
4.3	HASIL PENGUJIAN KEKERASAN MATERIAL	68
BAB V PENUTUP		70
5.1	KESIMPULAN	70
5.2	SARAN	71
DAFTAR PUSTAKA		73
LAMPIRAN		76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Pourbaix Fe	16
Gambar 2.2 Diagram Pourbaix Cr	17
Gambar 2.3 Korosi Seragam pada pipa Balast	19
Gambar 2.4 <i>Galvanic Corrosion</i>	20
Gambar 2.5 <i>Crevice Corrosion</i>	21
Gambar 2.6 <i>Pitting Corrosion</i>	21
Gambar 2.7 <i>Errosion Corrosion</i>	22
Gambar 2.8 <i>Stress Corrosion</i>	23
Gambar 2.9 <i>Fatigue Corrosion</i>	24
Gambar 2.10 Korosi Mikrobiologi	25
Gambar 2.11 Ilustrasi 4 elemen korosi elektrokimia	25
Gambar 2.12. Kurva Anodik Polarisasi Potensiodinamik	28
Gambar 2.13 Sel Tiga Elektroda	28
Gambar 2.14 Prinsip Uji Vickers	33
Gambar 2.15 Contoh Penulisan Hasil Uji Kekerasan Dengan Metode Vickers	34
Gambar 3.1 Diagram Alir Tugas Akhir	44
Gambar 3.2 Detail Perencanaan Pemotongan Material	49
Gambar 3.3 Spesimen Uji	49
Gambar 3.4 Media Air Laut	50
Gambar 3.5 Corrtest Potentiostat CS 350	51
Gambar 3.6 Mikroskop Digital KEYENCE VHX-6000	55
Gambar 3.7 <i>Vicker Hardness Tester</i> Frank Finotest	55
Gambar 4.1 Grafik Polarisasi Potensiodinamik Potensial (E) Terhadap Arus (I) Logam Baja Karbon ASTM A106 dengan Variasi Perendaman; Tanpa Perendaman; 24 jam perendaman; 48 jam perendaman; 72 jam perendaman; 96 jam perendaman dengan media air laut	57
Gambar 4.2 Grafik Polarisasi Potensiodinamik Potensial (E) Terhadap Arus (I) Logam <i>Stainless Steel</i> ASTM A316L dengan Variasi Perendaman; Tanpa	59

Perendaman; 24 jam perendaman; 48 jam perendaman; 72 jam perendaman; 96 jam perendaman dengan media air laut

Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Polarisasi Potensiodinamik Potensial (E) Terhadap Arus (I) Logam Baja Karbon ASTM A106 dan *Stainelss Steel* ASTM A316L dengan Variasi Perendaman; Tanpa Perendaman; dan 96 jam perendaman dengan media air laut

62



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Chemical Composition of ASTM A106 Pipes</i>	9
Tabel 2.2 <i>Tensile Requirements of ASTM A106</i>	10
Tabel 2.3 <i>Chemical Composition of ASTM A316/316L</i>	13
Tabel 2.4 Sifat Mekanik <i>Stainless Steel 316L</i> (Utomo, 2018)	13
Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu	35
Table 3.1 Alat Penelitian	45
Table 3.2 Bahan-bahan Penelitian	47
Tabel 4.1 Nilai Hasil Analisis Tabel Potensiodinamik Baja Variasi Perendaman Dengan Media Air Laut Karbon ASTM A106	57
Tabel 4.2 Nilai Hasil Analisis Tabel Potensiodinamik logam Variasi Perendaman Dengan Media Air Laut <i>Stainless Steel A316L</i>	60
Tabel 4.3 Perbandingan Nilai Hasil Analisis Tabel Potensiodinamik antara logam Baja Karbon ASTM A106 dengan <i>Stainless Steel A316L</i> Variasi Perendaman Dengan Media Air Laut	63
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Morfologi Baja Karbon ASTM A106 menggunakan Mikroskop Digital KEYENCE VHX-6000	66
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Morfologi <i>Stainless Steel ASTM A316L</i> menggunakan Mikroskop Digital KEYENCE VHX-6000	67
Tabel 4.6 Nilai Hasil Uji Kekerasan Material Baja Karbon ASTM A106 Menggunakan Metode Vickers	68
Tabel 4.7 Nilai Hasil Uji Kekerasan Material <i>Stainless Steel ASTM A316L</i> Menggunakan Metode Vickers	69
Gambar 5.1 Grafik Perbandingan Rata-rata Nilai Laju Korosi Antara Pipa Baja Karbon ASTM A106 Grade B dengan <i>Stainless Steel ASTM A316L</i>	70
Gambar 5.2 Perbandingan Nilai Rata-rata Kekerasan Antara Pipa Baja Karbon ASTM A106 Grade B dengan <i>Stainless Steel ASTM A316L</i>	71

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
$Fe_2O_3 \cdot nH_2O$	Rumus kimia karat besi
Cr_2O_3	<i>chromium (III) oxide</i>
Fe	Besi
C	Karbon
S	Sulfur
P	Fosfor
Si	Silikon
Mn	Mangan
Cr	Chromium
NaCl	Natrium Klorida
$HgCl_2$	Raksa (II) Klorida
$NaSO_4$	Natrium Sulfat
KCl	Kalium Klorida
$CaCl_2$	Kalsium Klorida
$NaHCO_3$	Natrium Bikarbonat
KBr	Kalium Bromida

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
FPSO	<i>Floating Production Storage and Offloading</i>
ASTM	<i>American Society for Testing and Material</i>
SEM	<i>Scanning Electron Microscope</i>
TEM	<i>transmission electron microscopy</i>
ERW	<i>Electric Resistance Welded</i>
ASME	<i>American Society of Mechanical Engineers</i>
API	<i>American Petroleum Institute</i>
ANSI	<i>American National Standard Institute</i>
mpy	<i>Mill per year</i>
SE	<i>Secondary Electron</i>
BSE	<i>Back Scattered Electron</i>
BRIN	<i>Badan Riset dan Inovasi Nasional</i>



UNIVERSITAS
MERCU BUANA