

SKRIPSI
ANALISA LAJU KOROSI PADA MATERIAL BAJA
KARBON A53 DAN STAINLESS STEEL 316 DI
LINGKUNGAN AMONIA



OLEH :
RAHMAT SETIAWAN SITANGGANG
03051181320049

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2018

SKRIPSI
ANALISA LAJU KOROSI PADA MATERIAL BAJA
KARBON A53 DAN STAINLESS STEEL 316 DI
LINGKUNGAN AMONIA

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



OLEH:
RAHMAT SETIAWAN SITANGGANG
03051181320049

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2018

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISA LAJU KOROSI PADA MATERIAL BAJA KARBON A53 DAN STAINLESS STEEL 316 DI LINGKUNGAN AMONIA

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

OLEH:

RAHMAT SETIAWAN SITANGGANG
03051181320049



Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Inderalaya, Febuari 2018
Dosen Pembimbing

Ir. Helmy Alian, M.T
NIP. 19591015 198703 1 006

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No. : 003/TM/AK/2018
Diterima Tanggal : 24-2018
Paraf :

SKRIPSI

NAMA : RAMAT SETIAWAN SITANGGANG
NIM : 03051181320049
JURUSAN : TEKNIK MESIN
JUDUL : ANALISA LAJU KOROSI PADA MATERIAL
BAJA KARBON A53 DAN STAINLESS STEEL
316 DI LINGKUNGAN AMONIA
DIBERIKAN : April 2017
SELESAI : Februari 2018

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadadi Yani, ST, M.Eng, Ph.D
NIP.19711225199702 1 001

Indralaya, Maret 2018
Diperiksa dan disetujui oleh :
Pembimbing Skripsi,

Ir. Helmy Alian, M.T
NIP.19591015 198703 1 006

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul "Analisa Laju Korosi Pada Material Baja Karbon A53 dan Stainless Steel 316 Di Lingkungan Amonia" telah dipertahankan di hadapan Tim Pengaji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 21 Februari 2018

Indralaya, Februari 2018

Tim Pengaji Karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua:

1. Agung Mataram, S.T, M.T, Ph.D
NIP. 19790105 200312 1 002

(.....)

Anggota:

1. Muhammad Yanis, S.T, M.T
NIP. 19700228 199412 1 001
2. Gunawan, S.T, M.T, Ph.D
NIP. 19770507 2001712 1 001

(.....)

(.....)

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Iswadi Yanis, S.T, M.Eng, Ph.D
NIP. 19711225 199702 1 001

Dosen Pembimbing

Ir. Helmy Alian, M.T
NIP. 19591015 198703 1 006

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rahmat Setiawan Sitanggang

NIM : 03051181320049

Judul : Analisa Laju Korosi Pada Material Baja Karbon A5 Dan Stainless Steel
316 Di Lingkungan Amonia

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (Corresponding author)

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Inderalaya, Febuari 2018



RAHMAT SETIAWAN S
NIM.03051181320049

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rahmat Setiawan Sitanggang

NIM : 03051181320049

Judul : Analisa Laju Korosi Pada Material Baja Karbon A53 Dan Stainless Steel 316 Di Lingkungan Amonia

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Inderalaya, Febuari 2018



RAHMAT SETIAWAN S
NIM.03051181320023

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dalam rangka Tugas Akhir (Skripsi) yang dibuat untuk memenuhi syarat mengikuti Seminar dan Sidang sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dengan judul “Analisa Laju Korosi Pada Material Baja Karbon A53 Dan Stainless Steel 316 Di Lingkungan Amonia”.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan dalam penyusunan tugas akhir ini kepada:

1. Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan kasih sayang-Nya;
2. Kedua Orang Tua Humala Sitanggang dan Zainah, serta seluruh keluarga besar yang telah banyak memberikan do'a dan dukungan.
3. Bapak Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya;
4. Bapak Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya;
5. Bapak Ir. Helmy Alian, M.T selaku dosen pembimbing skripsi yang telah membimbing, mengarahkan dan membantu selama proses penyelesaian skripsi dan menjadi ibu kedua dihidup perantauan ini.
6. Bapak Dr. Ir. Hendri Chandra, M.T selaku dosen Pembimbing Akademik selama kuliah di Jurusan Teknik Mesin.
7. Seluruh staf pengajar Teknik Mesin Universitas Sriwijaya, untuk semua ilmunya selama penulis menimba ilmu di Teknik Mesin Universitas Sriwijaya
8. Para Karyawan dan staff Jurusan Teknik Mesin, Bapak Suyatno selaku koordinator Lab. Metallurgi, Kak Irwanto selaku koordinator lab CNC, Kak Yan dan Kak Sapril yang sangat membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

9. Rekan Seperjuangan Yoga, Haris, Achmad fiqih, Rio, Yogi, Ario, Usman, Al fiqhi, Aziz, Nopan dan teman-teman lainnya yang tidak dapat di sebutkan satu persatu
10. Rekan GBK fun yang selama ini menemani kehidupan penulis dikampus, menjadi teman sepermainan, selalu siap menghibur penulis bila dirundung kesedihan, selalu menjadi tempat istirahat bila sepulang kuliah.
11. Seluruh teman angkatan Teknik Mesin '13 Universtitas sriwijaya yang berjuang bersama dari awal PK2 hingga sekarang mulai menginjak semester yang sudah tidak muda lagi, semoga semua angkatan kita bisa meraih cita – cita nya kelak, aamiin.
12. Dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar penelitian ini menjadi lebih baik. Semoga penulisan skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semua pihak yang berkepentingan.

Indralaya, Febuari 2018

Penulis

RINGKASAN

ANALISA LAJU KOROSI PADA MATERIAL BAJA KARBON A53 DAN STAINLESS STEEL 316 DI LINGKUNGAN AMONIA
Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, Februari 2018

Rahmat Setiawan Sitanggang ; Dibimbing oleh Ir. Helmy Alian, M.T.

ANALYSIS OF CORROSION RATE ON MATERIAL OF CARBON STEEL AND STAINLESS STEEL IN AMONIA ENVIRONMENT.

xxix + 38 Halaman, 4 tabel, 13 gambar, 4 lampiran.

RINGKASAN

Penggunaan material baja sangat banyak digunakan pada dunia industri. Baja yang digunakan antaralain baja karbon rendah, baja karbon sedang, baja karbon tinggi serta baja tahan karat atau yang biasa disebut dengan stainless steel. Sering terjadi korosi menjadi penyebab terganggunya proses produksi. Pemilihan material yang tepat dapat menghemat biaya produksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju korosi pada material baja karbon A53 dan stainless steel 316 di lingkungan amonia. Pada penelitian ini dilakukan perendaman pada spesimen baja karbon A53 dan stainless steel 316 dengan larutan amonia. Larutan amonia menggunakan variasi konsentrasi yaitu 40%, 60%, dan 80% serta lama waktu perendaman spesimen adalah 240 jam, 480 jam, dan 720 jam. Adapun prosedur penelitian yaitu, studi literatur, persipan spesimen, alat dan bahan, pengujian korosi, analisa data, pembahasan dan kesimpulan. Data laju korosi yang didapat ditampilkan dalam tabel laju korosi , kemudian disusun dalam bentuk diagram garis agar lebih mudah dipahami.

Kata Kunci: : Pengujian laju Korosi, Amoniak, Baja Karbon A53, Stainless Steel 316, Laju Korosi.

SUMMARY

ANALYSIS OF CORROSION RATE ON MATERIAL OF CARBON STEEL AND STAINLESS STEEL IN AMONIA ENVIRONMENT
Final Project, February 2018

Rahmat Setiawan Sitanggang ; Supervised by Ir. Helmy Alian, M.T

ANALISA LAJU KOROSI PADA MATERIAL BAJA KARBON A53 DAN STAINLESS STEEL 316 DI LINGKUNGAN AMONIA

xxvii + 38 pages, 4 tables, 13 pictures, 4 attachment.

SUMMARY

The use of steel material is widely used in the industrial world. The steel used is low carbon steel, medium carbon steel, high carbon steel and stainless steel or also called stainless steel. Often corrosion causes the disruption of the production process. Selection of the right materials can save production costs. This research is intended to find out the corrosion rate on A53 carbon steel material and 316 stainless steel in ammonia environment. Ammonia solution using variation of concentration that is 40%, 60%, and 80% and the time of soaking of specimen is 240 hours, 480 hours and 720 hours. Ammonia solution using variation of concentration that is 40%, 60%, and 80% and the time of soaking of specimen is 240 hours, 480 hours and 720 hours. The research procedure is, literature studies, specimen specimens, tools and materials, corrosion testing, data analysis, discussion and conclusions. The obtained corrosion rate data is shown in the table of corrosion rates, then arranged in the form of line diagrams to be more easily understood.

Keywords: Corrosion Rate Testing, Ammonia, Carbon Steel A53, Stainless Steel 316, Corrosion Rate.

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Halaman Pengesahan.....	iii
Halaman Agenda	v
Halaman Persetujuan	vii
Halaman Pernyataan Publikasi	ix
Halaman Pernyataan Integritas.....	xi
Kata Pengantar	xiii
Ringkasan	xv
Summary	xvii
Daftar Isi.....	xix
Daftar Gambar.....	xxiii
Daftar Tabel.....	xxvii
Daftar Lampiran	xxix
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Metode Penelitian.....	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Korosi.....	7
2.1.1 Anoda	7
2.1.2 Katoda	8
2.1.3 Lingkungan	8
2.2 Bentuk- Bentuk Korosi	8
2.2.1 <i>Uniform Corrosion</i> (Korosi Seragam)	9
2.2.2 <i>Pitting Corrosion</i> (Korosi Sumuran)	9

2.2.3	<i>Galvanic corrosion</i> (Korosi Galvaik)	10
2.2.4	<i>Creavice Corrosion</i> (Korosi Cela)	11
2.2.5	<i>Stress Corrosion Cracking</i> (Korosi Retak Tegang)	11
2.3	Baja Karbon.....	12
2.3.1	Baja Karbon Rendah	12
2.3.2	Baja Karbon Sedang.....	12
2.3.3	Baja Karbon Tinggi.....	12
2.4	Baja Tahan Karat (<i>Stainless Steel</i>)	13
2.4.1	Baja Tahan Karat Austenitik (<i>Austenitic stainless steel</i>)	13
2.4.2	Baja Tahan Karat Feritik (<i>Feritic Stainless Steel</i>)	14
2.4.3	Baja tahan karat martensitik (<i>Martensitic Stainless Steel</i>).....	14
2.4.4	Dupleks.....	14
2.5	Baja Karbon A53.....	14
2.5.1	Mekanisme korosi	15
2.6	<i>Stainless steel 316</i>	15
2.6.1	Mekanisme Korosi <i>Stainless steel</i>	16
2.7	Amonia	17
2.8	Laju Korosi.....	18
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		19
3.1	Diagram Alir	19
3.2	Alat dan bahan Penelitian.....	20
3.2.1	Alat Penelitian	20
3.2.2	Bahan Penelitian.....	20
3.3	Prosedur Penelitian.....	20
3.3.1	Tahap Persiapan	21
3.3.2	Tahap Awal	23
3.4	Analisa Dan Pengolahan Data.....	24
3.5	Hasil Yang Diharapkan	38
3.5	Analisa Data	43
BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		45
4.1	Hasil Penelitian	45
4.2	Perhitungan Laju Korosi	45

4.2.1 Grafik Laju Korosi Baja Karbon A53 Dan <i>Stainless Stell 316</i>	31
BAB 5 PENUTUP	33
5.1 Kesimpulan	33
5.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Korosi Seragam Pada Pipa.....	9
Gambar 2.2	Korosi Sumuran	10
Gambar 2.3	Korosi Galvanik.....	10
Gambar 2.4	Korosi Celah	11
Gambar 2.5	Korosi Retak Tegangan	12
Gambar 3.1	Diagram Alir	19
Gambar 3.2	Larutan Amonia	21
Gambar 3.3	Dimensi Spesimen	22
Gambar 3.4	Neraca Digital	23
Gambar 3.5	Bak Laruan Amonia.....	23
Gambar 4.1	Grafik Kehilangan Berat Pada Material Baja Karbon A53	29
Gambar 4.2	Grafik Kehilangan Berat Pada Material Stainless Steel 316	29
Gambar 4.3	Grafik Laju Korosi Baja Karbon A53 Dan Stainless Steel 316	32

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data kehilangan berat baja karbon A53	27
Tabel 4.2 Data kehilangan berat stainless steel 316.....	28
Tabel 4.3 Data laju korosi baja karbon A53.....	31
Tabel 4.4 Data laju korosi stainless steel 316	31

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A.1 Spesimen baja karbon A53	37
Lampiran A.2 Spesimen stainless steel 316	37
Lampiran A.3 Penimbangan spesimen	37
Lampiran A.4 Pengujian laju korosi.....	38
Lampiran A.5 Larutan amonia	39

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Logam merupakan salah satu jenis bahan yang sering dimanfaatkan untuk dijadikan peralatan penunjang bagi kehidupan manusia dikarenakan logam memiliki banyak kelebihan dibandingkan bahan-bahan lain. Kelebihan tersebut menjadikan logam banyak dipilih sebagai bahan desain peralatan atau kontruksi (Ornelasari dan Marsudi, 2015).

Penggunaan dari material logam tersebut pun bermacam-macam sesuai dengan yang diperlukan. Pada pusat-pusat industri seperti otomotif sampai industri tradisional yang terdapat di daerah-daerah, juga menggunakan peralatan yang terbuat dari logam. Oleh sebab itu, timbul kreasi dan inovasi dari manusia sebagai pelaku industri untuk dapat memperbaiki sifat-sifat fisik dan mekanik dari logam tersebut (Nanulaitta, 2011). Baja banyak digunakan terutama untuk membuat alat-alat perkakas, alat pertanian, komponen - komponen otomotif, dan kebutuhan alat rumah tangga (Saefuloh dan Winisuda, 2017). Namun, ada kemungkinan bahwa komponen dalam industri tersebut akan mengalami kerusakan akibat dari proses oksidasi pada lingkungan sekitar. Korosi merupakan masalah yang sering ditemui pada komponen dalam proses produksi suatu industri. Korosi logam merupakan masalah ilmiah di seluruh dunia karena hal itu mempengaruhi industri metallurgi, kimia, konstruksi dan minyak (Durowaye *et.al*, 2014).

Pada industri penggunaan bahan-bahan kimia sangat sering digunakan,banyak dari bahan kimia tersebut dapat menyebabkan terjadinya korosi pada material logam yang berada pada lingkungan tersebut. Lingkungan tempat material berada sangat berpengaruh terhadap laju korosi yang terjadi. Logam pada umumnya akan terkorosi namun dengan tingkatan atau laju korosi yang berbeda-beda karena unsur paduan pada setiap material.

Pada industri pupuk bahan kimia yang banyak digunakan adalah amonia sebagai bahan dasar pembuatan pupuk. Amonia adalah bahan kimia yang sering digunakan dalam berbagai industri, lingkungan amonia yang korosif sangat berpengaruh terhadap laju korosi dalam lingkungan tersebut. Laju korosi suatu material dipengaruhi oleh bahan pengkorosif yang bereaksi dengan material tersebut oeh karena itu pemilihan material yang tepat akan menghemat biaya produksi dan perawatannya sehingga mengurangi biaya produksi.

Salah satu jenis material yang cukup menarik untuk diteliti adalah *Stainless Steel* 316 dan baja karbon A53 karena sifatnya yang tahan karat. Maka dari itu, perlu dilakukan pengujian korosi untuk mengetahui ketahanan korosi pada masing-masing material *stainless steel* 316 dan baja karbon A53 dengan variasi media korosif yaitu amonia.

Dalam penelitian ini, peneliti akan membahas tentang “**ANALISA LAJU KOROSI PADA MATERIAL BAJA KARBON A53 DAN STAINLESS STEEL 316 DI LINGKUNGAN AMONIA**”. Maka dari itu, aplikasi dari ilmu korosi tentu saja sangat diperlukan di dalamnya. Dari tugas akhir ini diharapkan bisa memberikan gambaran laju korosi dan karakteristik korosi di lingkungan amonia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka muncul pertanyaan yaitu pengaruh konsentrasi larutan amonia terhadap laju korosi pada material baja karbon A53 dan material *stainless steel* 316.

1.3 Batasan Masalah

Dalam suatu penelitian pastikan menemui permasalahan permasalahan disekitarnya, maka dalam penelitian yang akan dilakukan diperlukan suatu batasan guna mempermudah penelitian yang akan dilakukan. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini, antara lain :

1. Material yang digunakan dalam penelitian laju korosi adalah baja karbon A53 dan *stainless steel 316*.
2. Waktu pengkorosian spesimen adalah 240 jam, 480 jam, dan 720 jam.
3. Media pengkorosif yang digunakan adalah larutan amonia dengan konsentrasi 40%, 60%, dan 80%.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa pengaruh konsentrasi larutan amonia terhadap korosi pada material baja karbon A53 dan *stainless steel 316*.

1.5 Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini didapatkan laju korosi pada material baja karbon A53 dan *stainless steel 316* pada lingkungan amonia. Dari penelitian ini diharapkan dapat memperkaya pengetahuan ketahanan material baja serta kajian di bidang korosi.

1.6 Metode Penelitian

Adapun metode penulisan yang digunakan dalam proses penulisan skripsi ini adalah:

1. Studi Literatur
2. Pengujian Laboratorium
3. Analisa Data

1.7 Sistematika Penulisan

Pada penelitian skripsi ini, sistematika penulisan yang ada terdiri dari bab – bab yang berkaitan satu sama lain dimana pada masing – masing bab tersebut terdapat uraian dan gambaran yang mencakup seluruh pembahasan pada penelitian ini. Adapun bab – bab tersebut diantaranya :

BAB 1	Pendahuluan Membahas latar belakang penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.
BAB 2	Tinjauan Pustaka Membahas mengenai dasar teori yang digunakan dalam penelitian yang dilakukan.
BAB 3	Metodologi Penelitian Membahas mengenai diagram alir penelitian, alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian ini dan prosedur penelitian.
BAB 4	Hasil dan Pembahasan

Membahas pengolahan data yang didapat dari penelitian serta menganalisa data hasil penelitian tersebut.

BAB 5

Kesimpulan dan Saran

Membahas kesimpulan yang didapat dari analisa pengolahan data setelah melakukan penelitian, serta memberikan saran untuk kedepannya.

DAFTAR RUJUKAN

- Adrian., “Perilaku Korosi Material Baja Paduan Akibat Pengaruh Kondensat Yang Berasal Dari Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi”. Universitas Indonesia.
- Afandi, Yudha Kurniawan *et.al.*, 2015. “Analisa Laju Korosi pada Pelat Baja Karbon dengan Variasi Ketebalan Coating”, Teknik Sistem Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh September, Surabaya.
- American Society for Testing and Materials., 2004. “ASTM A240: Standard Specification for Chromium and Chromium-Nickel Stainless Steel Plate , Sheet , and Strip for Pressure Vessels and for General Applications”, ASTM International.
- ASM Handbook Volume 13, 2003: “Corrosion: Fundamentals, Testing, and Protection”, ASM International
- ASTM and Environments, C. A., 2010. “ASTM G1 - 03 Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens”, Annual Book of ASTM Standards.
- Callister, William., “Materials science and engineering: an introduction, Materials Science and Engineering”, John Wiley & Sons, Inc. 2007.
- Durowaye *et.al.*, 2014.“Corrosion inhibition of mild steel in acidic medium by methyl red (2 , 4-dimethylamino-2'-carboxylazobenzene)”, International Journal of Engineering and Technology.
- Fahmiati, Sri., 2012. “Pengaruh Suhu Umpan Pada Penyisihan Amonia Dari Air Limbah Menggunakan Kombinasi Proses Membran Dan Ozonasi”., universitas indonesia, Depok.
- Fotana, Mars Guy., “Corrosion-Engineering”, McGraw-Hill, Inc.1987.
- Maaß, Peter. dan Peißker, Peter. 2011.,“Corrosion and Corrosion Protection”, Wiley-Vch Verlag GmbH & Co. Kgaa, Weinheim. 2011.
- Nevada J. M. ,Nanulaitta. Dan Patty, Alexander.A. 2011 “Analisa Nilai Kekerasan Baja Karbon Rendah (S35c) Dengan Pengaruh Waktu Penahanan (Holding Time) Melalui Proses Pengarbonan Padat (Pack

- Carburizing) Dengan Pemanfaatan Cangkang Kerang Sebagai Katalisator”, Teknologi.
- Ornelasari, R. dan Marsudi., 2015. “Analisa Laju Korosi Pada Stainless Steel 304 Menggunakan Metode Astm G31-72 Pada Media Air Nira Aren”, Teknik Mesin, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya.
- Roberge, Pierre. R., “Handbook of Corrosion Engineering”. The McGrow-Hill Companies, Inc. United Stetes of America. 2000.
- Saefuloh, Iman dan Winisuda, Muhammad Gema., 2017. “Studi Analisa Kuat Arus Proses Elektroplating Dengan Pelapis Nikel Cobalt Terhadap Kekerasan , Ketahanan Korosi dan Penambahan Tebal Baja Karbon Rendah ST 47 ”, Teknik Mesin, Universitas Ageng Tirtayasa, Cilegon.
- Suhardi dan Arsyad, Hairul., 2011. “Studi Degradasi Material Pipa Jenis Baja Astm A53 Akibat Kombinasi Tegangan Dan Media Korosif Air Laut In-Situ Dengan Metode Pengujian C-Ring”, Teknik Mesin, Universitas Hasanudin, Makasar.
- Sumiarji., 2011. “Studi Perbandingan Ketahanan Korosi Stainless Steel Tipe Ss 304 Dan Ss 201 Menggunakan Metode U-Bend Test Secara Siklik Dengan Variasi Suhu Dan Ph”, Teknik Mesin, Universitas Jember, Jember.
- Utomo, B., 2009. “Jenis korosi dan penanggulangannya”, Teknik Pekapalan, Universitas Diponogoro.
- Yadla, Satya Vani. *et al.*, 2012 “ a Review on Corrosion of Metals and Protection” International Journal Of Engineering Science & Advanced Technology,
- Yunaidi., 2016., “Perbandingan Laju Korosi Pada Baja Karbon Rendah dan Stainless Steel Seri 201 , 304 , dan 430 dalam Media Nira”, Teknik Mesin Politeknik