

## TUGAS AKHIR

# ANALISA KOROSI RETAK TEGANGAN PADA STAINLESS STEEL (AISI 304) YANG DIBERI PERLAKUAN PANAS DENGAN VARIASI TEMPERATUR

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



**OLEH :**

**FAJAR FERDIAN MULYA**

**14.331.0146**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS ISLAM RIAU**

**PEKANBARU**

**2019**

# UNIVERSITAS ISLAM RIAU FAKULTAS TEKNIK

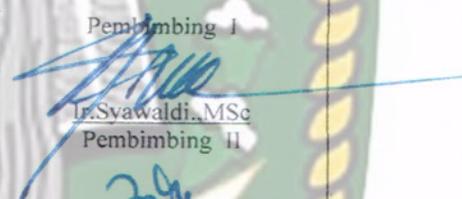
Alamat : Jalan Kaharuddin Nasution Km. 11 Kampus UIR Perhentian Marpoyan Pekanbaru

## USUL SKRIPSI

No	Nama Mahasiswa	N P M	Bidang Studi
1	Fajar Ferdian Mulya	143310146	Mesin

## JUDUL SKRIPSI

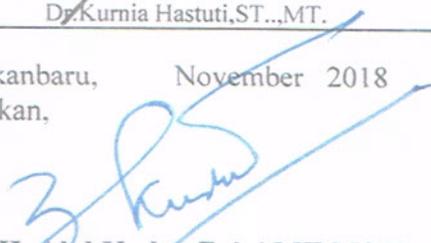
Analisis Korosi Tegangan pada Pelat Baja Yang Diberi Perlakuan Panas Dengan Variasi Temperatur .

PERSETUJUAN WD. II	PENDAFTARAN JUDUL PADA PROGRAM STUDI	PERSETUJUAN CALON SPONSOR DAN CO SPONSOR	CATATAN CO- SPONSOR
 <u>M.Arivon,ST.,MT.</u>	<p>Telah Terdaftar Dibawah Nomor: 38 /TA/M/T/2018</p>  <u>Dody Yulianto, ST,MT.</u>	<p>Pembimbing I</p>  <u>Ir.Swawaldi, MSc</u> Pembimbing II  <u>Dody Yulianto, ST,MT</u>	

## CATATAN /PERSETUJUAN

CATATAN SPONSOR	CATATAN DAN PERSETUJUAN WD. I
	 <u>Dr.Kurnia Hastuti,ST...MT.</u>

Pekanbaru, November 2018  
Dekan,

  
Ir. H. Abd.Kudus Zaini,MT.MS.Tr  
 Npk.88 03 02 098

## PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa penelitian yang dilakukan untuk Tugas Sarjana dengan judul “ Analisa Korosi Retak Tegangan Pada Stainless Steel (AISI 304) Yang Diberi Perlakuan Panas Dengan Variasi Temperatur ” yang diajukan guna melengkapi syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, adalah merupakan hasil penelitian dan karya ilmiah saya sendiri dengan bantuan dosen pembimbing dan bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari Tugas Sarjana yang telah dipublikasikan atau pernah digunakan untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas Islam Riau ( UIR ) maupun perguruan tinggi atau instansi manapun, kecuali pada bagian yang bersumber informasinya telah dicantumkan sebagaimana mestinya.

Pekanbaru, 19 Desember 2019



**FAJAR FERDIAN MULYA**

14.331.0146

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI**

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, Pekanbaru, tanggal 16 Desember 2019, Nomor: 1657/KPTS/FT-UIR/2019, maka pada hari Rabu, tanggal 18 Desember 2019, telah dilaksanakan Ujian Skripsi Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, Jenjang Studi S1, Tahun Akademik 2019/2020 berikut ini.

1. Nama : Fajar Ferdian Mulya
2. NPM : 143310146
3. Judul Skripsi : Analisa Korosi Retak Tegangan Pada Stainless Steel (AISI 304) yang Diberi Perlakuan Panas Dengan Variasi Temperatur
4. Waktu Ujian : 08.30 WIB – Selesai
5. Tempat Pelaksanaan Ujian : Ruang Sidang Fakultas Teknik UIR

**Dengan keputusan Hasil Ujian Skripsi:**

Lulus\*/ Lulus dengan Perbaikan\*/ Tidak Lulus\*

\* Coret yang tidak perlu.

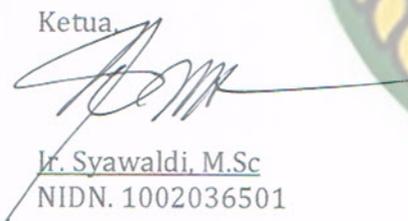
**Nilai Ujian:**Nilai Ujian Angka = 76,77 Nilai Huruf = B+

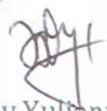
Tim Penguji Skripsi.

No	Nama	Jabatan	Tanda Tangan
1	Ir. Syawaldi, M.Sc	Ketua	1.
2	Dody Yulianto, ST., MT	Sekretaris	2.
3	Dr. Kurnia Hastuti, ST., MT	Anggota	3.
4	Dr. Dedikarni, ST., M.Sc	Anggota	4.

Panitia Ujian  
Sekretaris,

Ketua.

  
 Ir. Syawaldi, M.Sc  
 NIDN. 1002036501

  
 Dody Yulianto, ST., MT  
 NIDN. 1029077302

Pekanbaru, 18 Desember 2019

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik
Ir. H. Abd. Kudus Zaini, MT., MS., TR., IPM  
 NIDN. 1011076202

## DEKAN FAKULTAS TEKNIK

- Menimbang : 1. Bahwa untuk menyelesaikan studi S.1 bagi mahasiswa Fakultas Teknik Univ. Islam Riau dilaksanakan Ujian Skripsi/Komprehensif sebagai tugas akhir. Untuk itu perlu ditetapkan mahasiswa yang telah memenuhi syarat untuk ujian dimaksud serta dosen penguji.
2. Bahwa penetapan mahasiswa yang memenuhi syarat dan dosen penguji yang bersangkutan perlu ditetapkan dengan Surat Keputusan Dekan.

- Mengingat : 1. Undang-Undang Nomor : 20 tahun 2003 tentang Pendidikan Nasional
2. UU No. 14 Tahun 2005 Tentang Guru Besar
3. UU Nomor 12 Tahun 2012 Tentang Pendidikan Tinggi
4. PP Nomor 4 Tahun 2014 Tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi
5. Permenristek Dikti Nomor 44 Tahun 2015 Tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi
6. Permenristek Dikti Nomor 32 Tahun 2016 Tentang Akreditasi Prodi dan Perguruan Tinggi
7. SK. BAN-PT Nomor : 2777/SK/BAN-PT/Ared/S/X/2018
8. Statuta Universitas Islam Riau Nomor : 112/UIR/kpts/2016

### MEMUTUSKAN

- Menetapkan: 1. Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Islam Riau yang tersebut namanya dibawah ini :
- Nama : Fajar Ferdian Mulya
- NPM : 143310146
- Program Studi : Teknik Mesin
- Jenjang Pendidikan : Strata Satu (S1)
- Judul Skripsi : Analisa Korosi Retak Tegangan Pada Stainless Steel (AISI 304) yang Diberi Perlakuan Panas Dengan Variasi Temperatur
2. Penguji Skripsi/Komprehensif mahasiswa tersebut terdiri dari :
1. Ir. Syawaldi, M.Sc Sebagai Ketua Merangkap Penguji
2. Dody Yulianto, ST., MT Sebagai Sekr. Merangkap Penguji
3. Dr. Kurnia Hastuti, ST., MT Sebagai Anggota Merangkap Penguji
4. Dr. Dedikami, ST., M.Sc Sebagai Anggota Merangkap Penguji
3. Laporan hasil ujian serta berita acara telah sampai kepada Pimpinan Fakultas selambat-lambatnya 1(satu) bulan setelah ujian dilaksanakan.
4. Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkannya dengan ketentuan bila terdapat kekeliruan dikemudian hari segera ditinjau kembali.
- KUTIPAN : Disampaikan kepada yang bersangkutan untuk dapat dilaksanakan dengan sebaik-baiknya.

Ditetapkan di : Pekanbaru

~~Dada Tanggal~~ : 19 Rabi'ul Akhir 1441 H  
16 Desember 2019 M

Dekan

Ir. H. Abd. Kudus Zaini, MT., MS., TR., IPM  
NPK 88 03 02 098

Tembusan disampaikan :

1. Yth. Rektor UIR di Pekanbaru.
2. Yth. Ketua Program Studi Teknik Mesin FT-UIR.
3. Yth. Pembimbing dan Penguji Skripsi.
4. Mahasiswa yang bersangkutan.
5. Arsip.

**DEKAN FAKULTAS TEKNIK**

- Membaca** : Surat Ketua Program Studi Teknik Mesin Nomor: 38 / TA-M/T/2018 Tentang Persetujuan Dan Usulan Pengangkatan Tim Pembimbing Penelitian Dan Penyusunan Skripsi.
- Menimbang** : 1. Bahwa Untuk Menyelesaikan Perkuliahan Bagi Mahasiswa Fakultas Teknik Perlu Membuat Skripsi.
2. Untuk Itu Perlu Ditunjuk Tim Pembimbing Penelitian Dan Penyusunan Skripsi Yang Diangkat Dengan Surat Keputusan Dekan.
- Mengingat** : 1. Undang-undang Nomor : 20 Tahun 2005  
 2. Peraturan Pemerintah No. 30 Tahun 1990  
 3. Surat Mendikbud RI :  
 a. Nomor : 0211/U/1987 d. Nomor : 0387/U/1986  
 b. Nomor : 0212/U/1982 e. Nomor : 0200/U/1987  
 c. Nomor : 041/U/1984  
 4. Surat Keputusan Ditjen Dikti Depdikbud Nomor : 02/Dikti/Kep/1991  
 5. SK. YLPI Daerah Riau :  
 a. Nomor : 66//Kep/YLPI/II/1976 Tanggal 12 Mei 1976  
 b. Nomor : 34/Kep-I/YLPI-V/1985 Tanggal 12 Mei 1989  
 6. SK. Rektor Univ. Islam Riau  
 a. Nomor : 52/UIR/KPTS/1989 Tanggal 30 Januari 1989  
 b. Nomor : 55/UIR/KPTS/1989 Tanggal 7 Februari 1989

**MEMUTUSKAN**

- Menetapkan** : 1. Mengangkat Saudara-Saudara yang Namanya Tersebut Dibawah ini Sebagai Tim Pembimbing Penelitian dan Penyusunan Skripsi Mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin.

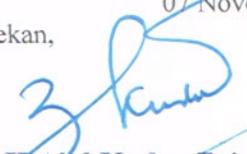
No	N a m a	Pangkat	Jabatan
1.	Ir.Syawaladi.,MSc	Lektor Kepala	Pembimbing I
2.	Dody Yulianto,ST.,MT	Lektor	Pembimbing II

2. Mahasiswa yang akan dibimbing :
- N a m a : Fajar Ferdian Mulya  
 N P M : 143310146  
 Program Studi : Teknik Mesin  
 Jenjang Pendidikan : Strata Satu (S1)  
 Judul Skripsi : Analisis Korosi Tegangan pada pelat Baja yang diberi Perlakuan Panas Dengan Variasi Temperatur .

3. Keputusan Ini Mulai Berlaku Pada Tanggal Ditetapkannya Dengan Ketentuan Bila Terdapat Kekeliruan Dikemudian Hari Segera Ditinjau Kembali.

Ditetapkan di : Pekanbaru  
 Pada Tanggal : 29 Shafar 1440 . H  
 07 November 2018 . M

Dekan,

  
Ir. H. Abd. Kudus Zaini, MT. MS. Tr  
 Npk.88 03 02 098

Tembusan disampaikan :

1. Yth. Rektor UIR di Pekanbaru.
2. Yth.. Ka. Biro Keuangan Univ. Islam Riau
3. Yth.. Ka. BAA Univ. Islam Riau
4. Yth.. Ketua Program Studi Teknik Mesin FT-UIR
5. Arsip



# PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TENIK UNIVERSITAS ISLAM RIAU

Jl Kaharuddin Nasution No. 113 Telp. (0761) 674674 Fax : (0761) 674834  
Marpoyan Pekanbaru – Riau, Kode Pos 28284 Indonesia

## SURAT KETERANGAN ACC SEMINAR TUGAS AKHIR

Kami yang bertanda tangan dibawah ini, pembimbing. Seminar Tugas Akhir menerangkan bahwa mahasiswa dibawah ini:

Nama : FAJAR FERDIAN MULYA  
NPM : 14.331.0146  
Judul Tugas Akhir : Analisa Korosi Retak Tegangan Pada *Stainless Steel* (AISI 304) Yang Diberi Perlakuan Panas Dengan Variasi Temepertatur.

Sehubungan telah selesainya penulisan Seminar Tugas Akhir ini, sesuai dengan berita acara bimbingan Seminar Tugas Akhir, maka kepada mahasiswa yang namanya tercantum diatas diberikan kesempatan untuk mengikuti Seminar Tugas Akhir.

Demikian surat keterangan ini dibuat dengan sebenar-benarnya. Untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Pekanbaru, November 2019

Pembimbing I,

(Ir. Syawaldi., MSc)

Pembimbing II,

(Dody Yulianto ST., MT)



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TENIK  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU**

Jl Kaharuddin Nasution No. 113 Telp. (0761) 674674 Fax : (0761) 674834  
Marpoyan Pekanbaru – Riau, Kode Pos 28284 Indonesia

**SURAT KETERANGAN  
ACC SIDANG TUGAS AKHIR**

Kami yang bertanda tangan dibawah ini, pembimbing. Sidang Tugas Akhir menerangkan bahwa mahasiswa dibawah ini:

Nama : FAJAR FERDIAN MULYA  
NPM : 14.331.0146  
Judul Tugas Akhir : Analisa Korosi Retak Tegangan Pada *Stainless Steel* (AISI 304) Yang Diberi Perlakuan Panas Dengan Variasi Temepertatur.

Sehubungan telah selesainya penulisan Sidang Tugas Akhir ini, sesuai dengan berita acara bimbingan Sidang Tugas Akhir, maka kepada mahasiswa yang namanya tercantum diatas diberikan kesempatan untuk mengikuti Sidang Tugas Akhir.

Demikian surat keterangan ini dibuat dengan sebenar-benarnya. Untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Pekanbaru, Desember 2019

Pembimbing I,

Pembimbing II,

(Ir. Svawaldi., MSc)

(Dody Yulianto ST., MT)

## LEMBAR REVISI SEMINAR HASIL

Nama : Fajar Ferdian Mulya

Npm : 14.331.0146

Judul Proposal Tugas Akhir : Analisa Korosi Retak Tegangan Pada Stainless Steel (AISI 304)  
Yang Diberi Perlakuan Panas Dengan Variasi Temperatur

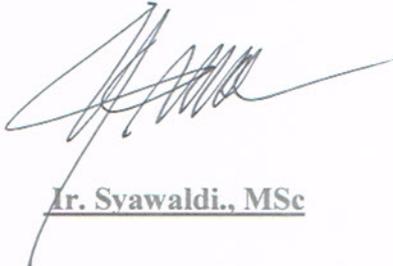
Dosen Penguji I : Dr. Kurnia Hastuti, ST., MT

No	Revisi	Tindakan	Paraf
1	Perbaiki pada pengaplikasian	Sudah diperbaiki pada halaman : 1	
2	Perbaiki tulisan yang salah	Sudah diperbaiki pada halaman : 2, 3	
3	Perbaiki dan tambah keterangan pada gambar struktur mikro hasil pemanasan	Sudah diperbaiki pada halaman : 57	
4	Perbaiki dan Hilangkan garis pada grafik uji kekerasan	Sudah diperbaiki pada halaman: 60	

Pekanbaru, Desember 2019

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

  
Ir. Syawaldi., MSc

  
Dody Yulianto ST., MT

**LEMBAR REVISI SEMINAR HASIL**

Nama : Fajar Ferdian Mulya

Npm : 14.331.0146

Judul Proposal Tugas Akhir : Analisa Korosi Retak Tegangan Pada Stainless Steel (AISI 304)  
Yang Diberi Perlakuan Panas Dengan Variasi Temperatur

Dosen Penguji II : Dr. Dedikarni, ST.MSc

Perpustakaan Universitas Islam Riau  
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Revisi	Tindakan	Paraf
Perbaiki tulisan pada awal abstrak	Sudah diperbaiki pada halaman : 1	d.
Perbaiki Kata yang berulang pada BAB IV	Sudah diperbaiki pada halaman : 56	d.
Perbaiki dan urutkan pada daftar pustaka	Sudah diperbaiki pada halaman : 73	d.

Pekanbaru, Desember 2019

Dosen Pembimbing I



Ir. Syawaladi., MSc

Dosen Pembimbing II



Dody Yulianto ST., MT



## FORMULIR BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Fajar Ferdian Mulya

Dosen Pembimbing (Kedua) : Dody Yulianto ST.,MT

NIM : 14.331.0146

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Tugas Akhir : Analisa Korosi Retak Tegangan Pada *Stainless Steel* (AISI 304) Yang Diberi Perlakuan Panas Dengan Variasi Temperatur

Perpustakaan Universitas Islam Riau

Dokumentasi

No	Hari/Tanggal Bimbingan	Materi Bimbingan	Hasil / Saran Bimbingan	Paraf Dosen Pembimbing
1	Jumat / 1/2-2014	Bab I	Sumber pustaka about manufaktur logam bab 4	dy
2	Jumat / 5/2-2014	Bab II	Tabel & gambar about referensi logam bab 4	dy
3	Senin / 27/5-2014	Bab III	Perbaikan drag -aler penelitian, tambahkan untuk Panduannya.	dy
4	Senin / 24/6-2014	Bab III	Acc Seminar Proposal	dy
5	Rabu 27/11-2014	Bab III	Analisa logu korosi dengan p <sub>0</sub> spasi 10, jelaskan	dy
6	Selasa 3/12-2014	Bab IV	Acc Sidang	dy
7				
8				



YAYASAN LEMBAGA PENDIDIKAN ISLAM (YLPI) RIAU

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

F.A.3.10

1 Kaharuddin Nasution No. 113 P. Marpoyan Pekanbaru Riau Indonesia – Kode Pos: 28284  
Telp. +62 761 674674 Fax. +62 761 674834 Website: [www.uir.ac.id](http://www.uir.ac.id) Email: [info@uir.ac.id](mailto:info@uir.ac.id)

9				
---	--	--	--	--

Pekanbaru, November 2019  
Wakil Dekan I

Dr. Kurnia Hastuti, ST., MT

Catatan:

1. Lama bimbingan Tugas Akhir/ Skripsi maksimal 2 semester sejak TMT SK Pembimbing diterbitkan
2. Kartu ini harus dibawa setiap kali berkonsultasi dengan pembimbing
3. Saran dan koreksi dari pembimbing harus ditulis dan diparaf oleh pembimbing.
4. Setelah skripsi disetujui (ACC) oleh pembimbing, kartu ini harus ditandatangani oleh Wakil Dekan I.
5. Kartu kendali bimbingan asli yang telah ditandatangani oleh Wakil Dekan I diserahkan kepada Ketua Program Studi dan Copiannya dilampirkan pada skripsi.

Perpustakaan Universitas Islam Riau

Dokumen ini adalah Arsip Milik :





FORMULIR BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Fajar Ferdian Mulya

Dosen Pembimbing (Utama / Pendamping) : Ir. Syawaldi, MSc

NIM : 14.331.0146

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Tugas Akhir : Analisa Korosi Retak Tegangan Pada *Stainless Steel* (AISI 304) Yang Diberi Perlakuan Panas Dengan Variasi Temperatur

Perpustakaan Universitas Islam Riau

Dokumen ini adalah Arsip Miltik :

No	Hari/Tanggal Bimbingan	Materi Bimbingan	Hasil / Saran Bimbingan	Paraf Dosen Pembimbing
0	Feb, 20/11 2019	Bab - IV Pemas	For Garikan	
1	Jan, 25/11.2019	Acc Sensus PP	Pusat Pans Post	
2				
3				
4				
5				
6				
7				



YAYASAN LEMBAGA PENDIDIKAN ISLAM (YLPI) RIAU

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

F.A.3.10

1 Kaharuddin Nasution No. 113 P. Marpoyan Pekanbaru Riau Indonesia – Kode Pos: 28284  
Telp. +62 761 674674 Fax. +62 761 674834 Website: [www.uir.ac.id](http://www.uir.ac.id) Email: [info@uir.ac.id](mailto:info@uir.ac.id)

8				
9				

Pekanbaru, November 2019  
Wakil Dekan I

Dr. Kurnia Hastuti, ST., MT

Catatan:

1. Lama bimbingan Tugas Akhir/ Skripsi maksimal 2 semester sejak TMT SK Pembimbing diterbitkan
2. Kartu ini harus dibawa setiap kali berkonsultasi dengan pembimbing
3. Saran dan koreksi dari pembimbing harus ditulis dan diparaf oleh pembimbing.
4. Setelah skripsi disetujui (ACC) oleh pembimbing, kartu ini harus ditandatangani oleh Wakil Dekan I.
5. Kartu kendali bimbingan asli yang telah ditandatangani oleh Wakil Dekan I diserahkan kepada Ketua Program Studi dan Copiannya dilampirkan pada skripsi.

Perpustakaan Universitas Islam Riau

Dokumen ini adalah Arsip Milik :



# ANALISA KOROSI RETAK TEGANGAN PADA STAINLESS STEEL (AISI 304) YANG DIBERI PERLAKUAN PANAS DENGAN VARIASI TEMPERATUR

**Fajar Ferdian Mulya, Syawaldi, Dody Yulianto**

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau  
Jl. Kaharudin Nasution Km 11 No.113 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru  
Telp. 0761-674653 Fax. (0761) 674834  
Email : [fajarferdianmulya@student.uir.ac.id](mailto:fajarferdianmulya@student.uir.ac.id)

## ABSTRAK

*Stainless steel* merupakan baja paduan yang mengandung sedikitnya 11,5% krom berdasar beratnya. *Stainless steel* memiliki sifat yang tidak mudah terkorosi sebagaimana logam baja yang lain. *Stainless Steel* Tipe 304 merupakan jenis baja tahan karat *Austenitic*. Baja *stainless steel* 304 beresiko terjadi *sensitisasi* yaitu, terbentuk presipitasi carbon cromida pada batas butir akibat pemanasan pada temperatur tinggi. Pengaplikasiannya yaitu pada kontruksi, adapun kontruksinya adalah pada suatu kontruksi jembatan, dengan terjadinya tegangan pada kontruksi tersebut membuat ketahanan pada material kontruksi mengalami tegangan membuat menurunnya kualitas material tersebut. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efek variasi temperature 480 °C, 650 °C dan 820 °C. terhadap fenomena *Stresss Corrosion Cracking* pada *Stainless steel* AISI 304 di lingkungan asam sulfat dengan metode perendaman total. Dalam penelitian ini ditemukan nilai kekerasan paling tinggi terjadi pada specimen dengan temperature 820 °C sebesar 173.18 VHN dan nilai kekerasan paling rendah terjadi pada specimen dengan temperature 650 °C dengan nilai 162.72 VHN, dan ditemukan juga bahwa speseimen dengan temperature 820 °C mengalami laju korosi paling tinggi yaitu sebesar 1.58 mm/y setelah 168 jam (7 hari) perendaman dan laju korsi paling rendah terdapat pada temperature 480 °C dengan nilai 0.29 mm/y, pada temperatur tersebut terjadi korosi sumuran (*pitting*) di semua permukaan. Laju korosi rata – rata pada specimen tanpa perlakuan panas dan specimen dengan temperature 480°C 650 °C dan 820 °C masing – masing adalah 0.62 mm/y, 0.64 mm/y, 0.86 mm/y, dan 0.94 mm/y.

**Kata kunci:** Perlakuan panas, temperature, kekerasan, waktu, laju korosi

**ANALYSIS OF STRESS VOLTAGE CORROSION ON STAINLESS  
STEEL (AISI 304) THAT IS TREATED WITH HEAT TREATMENT  
WITH TEMPERATURE VARIATION**

**Fajar Ferdian Mulya, Syawaldi, Dody Yulianto**

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau  
Jl. Kaharudin Nasution Km 11 No.113 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru  
Telp. 0761-674653 Fax. (0761) 674834  
Email : [fajarferdianmulya@student.uir.ac.id](mailto:fajarferdianmulya@student.uir.ac.id)

**ABSTRAK**

Stainless steel is an alloy steel containing at least 11.5% chrome by weight. Stainless steel has properties that are not as easily corroded as other steel metals. Type 304 Stainless Steel is a type of Austenitic stainless steel. Stainless steel 304 is at risk of sensitization, that is, precipitation of carbon cromide at grain boundaries due to heating at high temperatures. The application is on construction, while the construction is on a bridge construction, with the occurrence of stress on the construction makes the resistance of the construction material experiences stress making the material quality decreases. This research was conducted to determine the effects of temperature variations of 480 ° C, 650 ° C and 820 ° C. on the phenomenon of stress corrosion cracking on AISI 304 stainless steel in sulfuric acid environment with total immersion method. In this study it was found that the highest hardness value occurred in specimens with 820 oC temperature of 173.18 VHN and the lowest hardness value occurred in specimens with a temperature of 650 oC with a value of 162.72 VHN, and it was also found that specimens with a temperature of 820 oC experienced the highest corrosion rates ie of 1.58 mm / y after 168 hours (7 days) of immersion and the lowest corosion rate is at a temperature of 480 ° C with a value of 0.29 mm / y, at that temperature pitting corrosion occurs on all surfaces. The average corrosion rate of specimens without heat treatment and specimens with temperatures of 480 ° C 650 ° C and 820 ° C were 0.62 mm / y, 0.64 mm / y, 0.86 mm / y, and 0.94 mm / y, respectively.

**Keywords:** Heat treatment, temperature, hardness, time, corrosion rate

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah, dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya kepada kita semua sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana ini.

Pada tugas sarjana ini penulis mengambil judul yaitu **“ANALISA KOROSI RETAK TEGANGAN PADA STAINLESS STEEL (AISI 304) YANG DIBERI PERLAKUAN PANAS DENGAN VARIASI TEMPERATUR”**. Penulis tugas sarjana ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan kurikulum akademis guna memperoleh gelar sarjana teknik mesin universitas islam riau. Selain itu penulis ini juga bertujuan agar mahasiswa bisa berpikir secara logis dan ilmiah serta bisa menuangkan pemikirannya secara sistematis dan terstruktur.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas sarjana ini masih jauh dari katagori sempurna, oleh karena itu penulis dengan hati dan tangan terbuka mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan tugas sarjana yang akan datang. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang tak terhingga kepada semua pihak yang telah membantu baik dalam proses penelitian maupun selama penulisan ucapan terimakasih ini disampaikan kepada yakni :

- 1 Buat kedua orang tuaku ayah dan ibu terimakasih atas doa dan dukungannya yang tiada henti-henti nya memberikan doa dan semangat yang luar biasa

sehingga menjadi kekuatanku selama menyelesaikan skripsi ini, dan kalian berdua orang yang paling berarti dalam hidupku.

- 2 Bapak Ir. H. Abd. Kudus zaini MT., MS., TR. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
- 3 Bapak Dody Yulianto ST.,MT Selaku Ketua Prodi Teknik Mesin Universitas Islam Riau.
- 4 Bapak Ir.Syawaldi.,M.Sc selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi ini serta atas ilmu yang diberikan selama masa studi pada jurusan teknik mesin program strata satu di fakultas teknik UIR.
- 5 Bapak Dody Yulianto ST.,MT selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan memberikan semangat serta motivasi selama penyusunan skripsi ini.
- 6 Ibu Dr. Kurnia Hastuti ST.,MT selaku dosen penguji I yang telah meluangkan waktu untuk menguji skripsi ini.
- 7 Bapak Dr. Dedikarni ST.,M.Sc selaku dosen penguji II yang telah meluangkan waktu untuk menguji skripsi ini.
- 8 Adik kandungku, Wahyu Ilyasa yang sekarang lagi menyelesaikan studi S.Hut tetap semangat menggalih ilmunya dan adik kecilku Aini Maharani yang sekarang menuntut ilmu di sekolah menengah pertama, terimakasih atas kasih sayang, perhatian, pengertian, dukungan dan semangat yang luar biasa ini.

- 9 Teman-teman seperjuangan program strata satu fakultas teknik mesin UIR angkatan 2014 untuk keceriaan dan kenangan serta telah menjadi bagian dalam perjalanan studiku.

Demikianlah yang dapat penulis sampaikan, penulis mengucapkan terimakasih, semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi yang membaca dan memerlukannya.

Pekanbaru, Desember 2019

Fajar Ferdian Mulya



## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Masalah .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Masalah .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Pengertian Material .....	4
2.2 Pengertian Baja .....	7
2.3 Baja Paduan.....	7
2.4 Baja Tahan Karat <i>Stainless Steel</i> .....	8
2.5 Klasifikasi <i>Stainless Steel</i> .....	12
2.6 Baja <i>stainless steel</i> 304 .....	15
2.7 <i>Sensitisasi</i> Pada Baja <i>stainless steel</i> 304.....	16
2.8 Korosi ( <i>corrosion</i> ).....	17
2.9 Perlakuan Panas ( <i>Heat treatment</i> ) .....	30
2.10 Jenis – Jenis Perlakuan Panas .....	30
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Diagram Alir .....	37
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....	38
3.3 Alat dan Bahan.....	38
3.4 Proses Perlakuan Panas .....	46
3.5 Tahapan Pengujian Bahan .....	47
3.6 U-Bend Test .....	50

3.7 Perhitungan Laju Korosi .....	53
-----------------------------------	----

#### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Data Pengujian Terhadap <i>Stainless steel</i> (AISI 304).....	55
4.2 Struktur micro.....	55
4.3 Kekerasan Material.....	58
4.4 Pengujian Korosi.....	60

#### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	71
5.2 Saran .....	71

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>72</b>
-----------------------------	-----------

<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>73</b>
-----------------------	-----------



## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Logam banyak digunakan dalam praktek sehari - hari mulai dari peralatan rumah tangga, konstruksi, kerangka mobil, hingga alat - alat kesehatan yang digunakan manusia. Namun logam juga mengalami degradasi kualitas dalam penggunaannya akibat korosi. Serangan korosi umumnya berbeda - beda dan dalam kasus tertentu sangat berbahaya.

Korosi Retak Tegang (Stress Corrosion Cracking) merupakan kegagalan logam akibat kegiatan gabungan antara tegangan tarik static dengan lingkungan korosif. Bentuk korosi ini sangat lazim dijumpai lingkungan industri. SCC terjadi karena adanya tiga kondisi yang saling berkaitan, yaitu adanya tegangan tarik, material yang rentan terhadap korosi, dan adanya lingkungan yang korosif (Dewi Handayani. Dkk. 2014)

Proses perlakuan panas adalah kombinasi dari operasi pemanasan dan pendinginan dengan kecepatan tertentu yang dilakukan terhadap logam / paduan dalam keadaan padat, sebagai suatu upaya untuk memperoleh sifat-sifat tertentu. Proses laku panas pada dasarnya terdiri dari beberapa tahapan, dimulai dengan pemanasan sampai ke temperatur tertentu, lalu diikuti dengan penahanan selama beberapa saat, baru kemudian dilakukan pendinginan dengan kecepatan tertentu.

Diketahui bahwa efek dari perlakuan panas terhadap baja austenitic adalah sangat penting, terutama untuk pengaplikasian di perusahaan minyak, industry kimia dan nuklir serta perusahaan pelayaran. Diselidiki pada kondisi air mendidih

dan dengan lingkungan  $H_2SO_4$  bahwa retak intergranular dapat muncul setelah periode paparan 72 jam, (Jones,1991)

penelitian tugas akhir ini penulis mengambil judul “**Analisa Korosi Retak Tegangan Pada *Stainless Steel* (AISI 304) Yang Diberi Perlakuan Panas Dengan Variasi Temperatur**“. Diharapkan dengan melakukan penelitian ini didapatkan sifat mekanis yang lebih baik sehingga didapatkan suatu data kajian ilmiah yang hasilnya dapat digunakan sebagai literatur atau referensi penelitian selanjutnya.

### 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana laju korosi material *Stainless steel* AISI 304 setelah diberikan perlakuan panas .
2. Bagaimana pengaruh struktur mikro hasil perlakuan panas terhadap laju korosi.

### 1.3 Tujuan Masalah

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mendapatkan pengaruh temperature aging terhadap laju korosi SCC pada material *Stainless steel* AISI 304
2. Untuk mendapatkan pengaruh temperature aging terhadap struktur mikro

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Untuk memperlambat terjadinya laju korosi pada material pelat.
2. Untuk referensi bagi peneliti dalam meningkatkan ketangguhan material.

#### 1.5 Batasan Masalah

Pada penelitian ini penulis membatasi masalah pada :

1. Material penelitian yang diuji adalah *stainless steel* (AISI 304).
2. *Aging* dilakukan pada temperature 480 °C, 650 °C dan 820 °C.
3. *Solution treatment* dilakukan pada temperature 1050
4. Waktu *Solution treatment* yang digunakan adalah 1 jam.
5. Waktu *aging* selama 2 jam
6. Pengamatan struktur mikro
7. Pengujian kekerasan
8. U-Bend test
9. Pengujian korosi

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengertian Material

Bahan teknik adalah bahan-bahan yang memiliki sifat atau ciri-ciri khas yang dapat dimanfaatkan oleh para ahli teknik dalam memperlancar melaksanakan tugas dan rekayasa keteknikannya. Pada garis besarnya bahan dapat diklasifikasikan sebagai berikut. Bahan logam: Logam besi (Ferrous) dan Logam non besi (Non Ferrous). Kemudian ada bahan non logam yaitu Plastik (Polimer), Keramik (Ceramic), dan Komposit (Composite) (I KT.Suarsana 2017)

Jenis material yang digunakan dalam industri sangat banyak jenisnya, misalnya logam dan paduannya, gelas, keramik, kayu, karet, komposit dan masih banyak lagi bahan-bahan lainnya, seperti bahan yang tahan temperatur tinggi, bahan yang memiliki superkonduktifitas yang baik, bahan yang sangat keras, bahan yang dapat dibentuk di bentuk dengan deformasi yang besar dan sebagainya. "untuk melakukan pemilihan dari logam tersebut, maka sifat-sifat yang dimiliki oleh masing-masing material tersebut harus diketahui dengan pasti.

##### 2.1.1. Sifat Mekanik Material

Sifat mekanik suatu bahan adalah kemampuan bahan untuk menahan beban-beban yang dikenakan padanya. Beban-beban tersebut dapat berupa beban tarik, tekan, bengkok, geser, puntir, atau beban kombinasi (Murtiono, 2012).

Sifat –sifat mekanik yang terpenting antara lain :

1. Kekuatan (*Strength*) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan bahan tersebut menjadi patah. Kekuatan ini ada beberapa macam, dan ini tergantung pada beban yang bekerja antara lain dapat dilihat dari kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan, kekuatan puntir, dan kekuatan bengkok.
2. Kekerasan (*hardness*) dapat didefinisikan sebagai kemampuan bahan untuk bertahan terhadap goresan, pengikisan (abrasi), penetrasi. Sifat ini berkaitan erat dengan sifat keausan (*wear resistance*). Dimana kekerasan ini juga mempunyai korelasi dengan kekuatan.
3. Kekenyalan (*elasticity*) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan. Kekenyalan juga menyatakan seberapa banyak perubahan bentuk yang permanen mulai terjadi, dengan kata lain kekenyalan menyatakan kemampuan bahan untuk kembali ke bentuk dan ukuran semula setelah menerima beban yang menimbulkan deformasi.
4. Kekakuan (*stiffness*) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan/beban tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) atau defleksi. Dalam beberapa hal kekakuan ini lebih penting dari pada kekuatan.
5. Plastisitas (*plasticity*) menyatakan kemampuan bahan untuk mengalami sejumlah deformasi plastis yang permanen tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan. Sifat ini sangat diperlukan bagi bahan yang akan diproses dengan

berbagai proses pembentukan seperti, *forging*, *rolling*, *extruding*, dan sebagainya. Sifat ini sering juga disebut sebagai keuletan/kekenyalan (*ductility*).

6. Ketangguhan (*toughness*) menyatakan kemampuan bahan untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan. Juga dapat dikatakan sebagai ukuran banyaknya energi yang diperlukan untuk mematahkan suatu benda kerja, pada suatu kondisi tertentu. Sifat ini dipengaruhi oleh banyak faktor, sehingga sifat ini sulit untuk diukur.
7. Kelelahan (*fatigue*) merupakan kecenderungan dari logam untuk patah apabila menerima tegangan berulang-ulang (*cylinder stress*) yang besarnya masih jauh dibawah batas kekuatan elastisitasnya. Sebagian besar dari kerusakan yang terjadi pada komponen mesin disebabkan oleh kelelahan.
8. Keretakan (*creep*) merupakan kecenderungan suatu logam mengalami deformasi plastis yang besarnya merupakan fungsi waktu, pada saat bahan tersebut menerima beban yang besarnya relatif tetap.

## 2.2 Pengertian Baja

Baja merupakan paduan, yang terdiri dari besi, karbon dan unsur lainnya. Baja dapat dibentuk melalui pengecoran, pencanaian atau penempaan. Karbon merupakan salah satu unsur terpenting karena dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja. Baja merupakan logam yang paling banyak digunakan dalam teknik, dalam bentuk plat, lembaran, pipa, batang, profil dan sebagainya (Amstead, 1997).

### 2.3 Baja Paduan

Menurut Zulkarnain Fatoni (2016), baja paduan adalah baja yang mempunyai kadar karbon sama dengan baja lunak, tetapi ditambah dengan sedikit unsur – unsur paduan. Penambahan unsur ini dapat meningkatkan kekuatan baja tanpa mengurangi keuletannya. Baja paduan banyak digunakan untuk kapal, jembatan, roda kereta api, ketel uap, tangki-tangki dan dalam permesinan.

- a. Baja paduan rendah (*low alloy steel*) atau baja paduan dengan kadar unsur paduan rendah, mempunyai kekuatan dan ketanguhan lebih tinggi dari pada baja karbon dengan kekuatan yang sama. *Hardenability* dan sifat tahan korosi pada umumnya lebih baik. Banyak digunakan sebagai baja konstruksi mesin. Secara garis besar baja dapat di kelompokkan menjadi dua yaitu baja karbon dan baja paduan. Namun pada penelitian ini akan di bahas mengenai baja paduan rendah (Wahid Suherman, 1987)
- b. mempunyai sifat khusus tertentu, baja tahan karat (*stainless steel*), baja perkakas (*tool steel*, misalnya *high Speed Steel*, HSS), baja tahan panas (*heatresisting*) (Wahid Suherman, 1987).

### 2.4 Baja Tahan Karat ( *Stainless Steel* )

*Stainless steel* merupakan baja paduan yang mengandung sedikitnya 11,5% krom berdasar beratnya. *Stainless steel* memiliki sifat tidak mudah terkorosi sebagaimana logam baja yang lain. *Stainless steel* berbeda dari baja biasa dari kandungan kromnya. Baja karbon akan terkorosi ketika diekspos pada udara yang lembab. Besi oksida yang terbentuk bersifat aktif dan akan

mempercepat korosi dengan adanya pembentukan oksida besi yang lebih banyak lagi. *Stainless steel* memiliki *persentase* jumlah krom yang memadai sehingga akan membentuk suatu lapisan pasif kromium oksida yang akan mencegah terjadinya korosi lebih lanjut (Sumarji, 2011 ).

Untuk memperoleh ketahanan yang tinggi terhadap oksidasi biasanya dilakukan dengan menambahkan krom sebanyak 13 – 26 %. Lapisan pasif *chromium oxide* ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) yang terbentuk merupakan lapisan yang sangat tipis dan tidak kasat mata, sehingga tidak akan mengganggu penampilan dari *stainless steel* itu sendiri. Dari sifatnya yang tahan terhadap air dan udara ini, *stainless steel* tidak memerlukan suatu perlindungan logam yang khusus karena lapisan pasif tipis ini akan cepat terbentuk kembali ketika mengalami suatu goresan. Peristiwa ini biasa disebut dengan pasivasi, yang dapat dijumpai pula pada logam lain misalnya aluminium dan titanium (Sumarji, 2011 ).

Ada berbagai macam jenis dari *stainless steel*. Ketika nikel ditambahkan sebagai campuran, maka *stainless steel* akan berkurang kegetasannya pada suhu rendah. Apabila diinginkan sifat mekanik yang lebih kuat dan keras, maka dibutuhkan penambahan karbon. Sejumlah unsur mangan juga telah digunakan sebagai campuran dalam *stainless steel*. *Stainless steel* juga dapat dibedakan berdasarkan struktur kristalnya menjadi: *austenitic stainless steel*, *ferritic stainless steel*, *martensitic stainless steel*, *precipitation-hardening stainless steel* dan *duplex stainless steel* (Sumarji, 2011).

Komposisi kandungan material (kromium, nikel, karbon, besi, dan lainnya) yang berbeda, akan berbeda pula pada kode *stainless steel*.

**Tabel 2.1** : Katagori Dan Jenis – Jenis *Stainless Steel*.

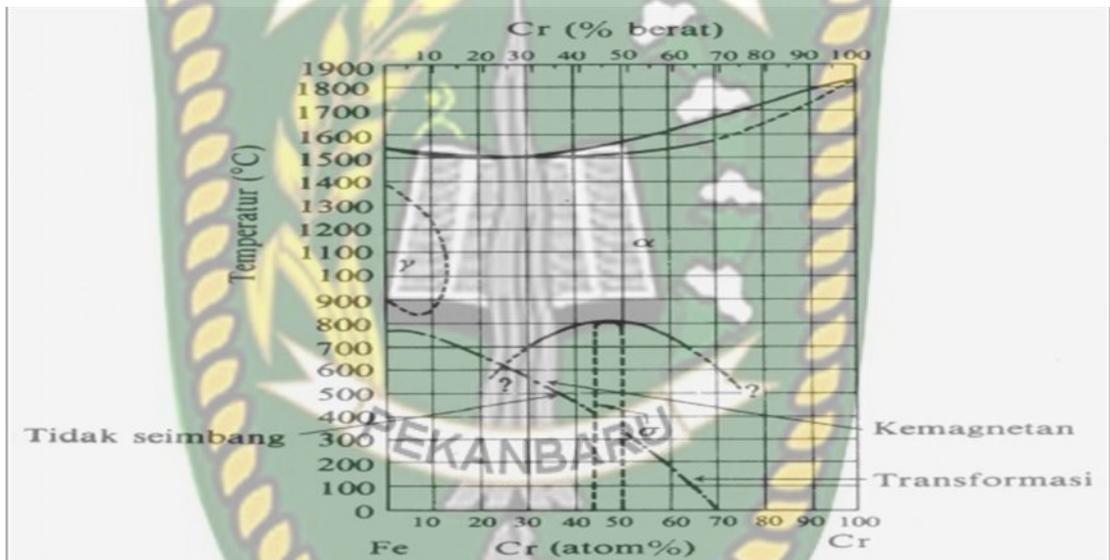
<b>STAINLESS STEEL</b>				
<b>MARTENSITI C</b>	<b>FERRITI C</b>	<b>AUSTENITI C</b>	<b>DUPLE X</b>	<b>PRECIPITATIO N HARDENING</b>
<b>416</b>	<b>1.4003</b>	<b>200</b>	<b>SUPER</b>	<b>15-5 PH</b>
<b>420</b>	<b>409</b>	<b>301</b>	<b>LEAN</b>	<b>AERO</b>
<b>431</b>	<b>430-F</b>	<b>304 / 304-L</b>		
<b>CrMoV</b>	<b>434</b>	<b>309</b>		
	<b>441</b>	<b>316</b>		
		<b>316-L</b>		
		<b>316-Ti</b>		
		<b>321</b>		
		<b>904</b>		

Dari Tabel 2.1 diatas. Sudah memiliki gambaran menyeluruh bagaimana *stainless steel* terbagi menjadi beberapa kategori dan juga jenis. Secara sederhana, *stainless steel* terbagi menjadi lima kategori dasar yaitu : *martensitic*, *ferritic*, *austenitic*, *duplex* dan *percipitation hardening*.

Memperhatikan unsur Cr, yang menjadi komponen utama pada baja tahan karat, diagram fasa Fe – Cr ditunjukkan dalam gambar 2.1. Cr dapat larut dalam besi memperluas daerah (*ferit*). Dalam baja dengan 12% Cr pada temperatur diatas 900°C terjadi fasa (*austenite*) dalam paduan yang nyata C dan N juga terkandung, jadi fasa (*austenite*) diperluas daerah yang mempunyai konsentrasi Cr lebih tinggi. Baja tahan karat 12% Cr biasa dipakai, diaustenitkan dari 900°C -

1000°C tergantung pada C nya dan dicelupkan dingin pada minyak. Sehingga mempunyai struktur martensit menjadi baja tahan karat.

Dari gambar 2.1. Baja 18% seharusnya mempunyai fasa dimulai dari temperatur pembekuan sampai temperatur kamar, tetapi karena sebenarnya mengandung 0.03 – 0.10% C dan 0.01 – 0.02% N, maka kira – kira diatas 930°C terbentuk fasa . Oleh karena itu perlakuan panas untuk mendapat fasa dilakukan



dibawah 850°C, baja ini dinamakan dengan tahan karat ferit.

Gambar 2.1 : Diagram fasa Fe – Cr

( Tata Surdia dan Shinroku Saito, 1984 )

Dari gambar 2.1 diatas, menunjuk struktur baja 18% Cr – 8% Ni adalah struktur dua fasa dari + dalam keseimbangan, tetapi kenyataanya pada kira – kira 1050°C seluruhnya menjadi *austenit* dan setelah pendinginan dalam air atau dalam udara fasa terbentuk pada temperatur kamar sukar bertransformasi ke fasa , baja ini dinamakan baja tahan karat *austenite*. Fasa merupakan fasa metastabil, sebagai

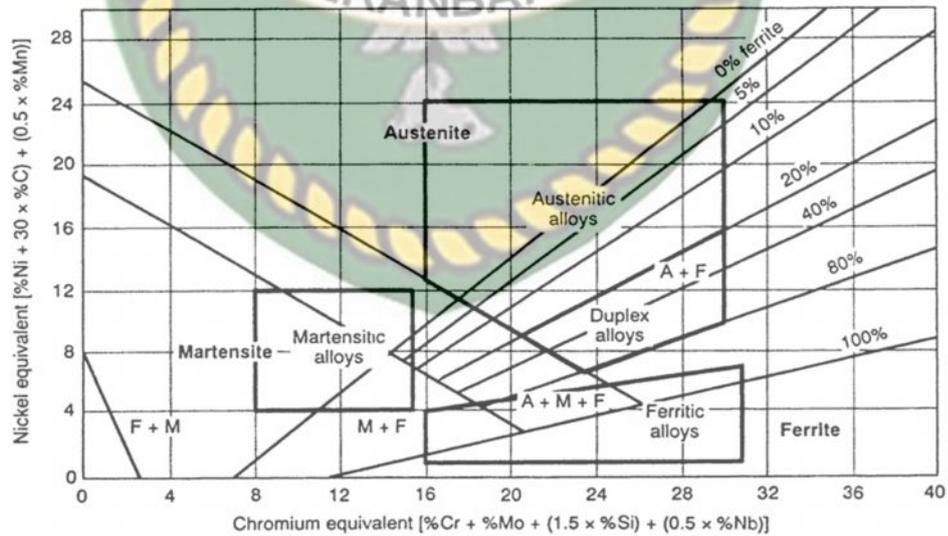
contoh kalau diadakan deformasi plastik bias terjadi transformasi martenstit. Kalau baja dipergunakan dalam bentuk *austenite*, maka perlu diadakan perlakuan panas untuk membentuk *austenite* tadi setelah dilakukan deformasi plastik atau perlu dipakai baja yang mengandung lebih banyak Ni untuk memberikan kestabilan pada fasa *austenite* ( Tata Surdia dan Shinroku Saito, 1984 ).

Untuk mengetahui hubungan dari fasa logam yang ada pada lasan yang mempunyai :

Cr ekuivalen = %Cr + %Mo + 1.5 x %Si + 0.5 x %Nb, dan

Ni ekuivalen = 5Ni + 30 x %C + 0.5% Mn.

Pada kedua sumbu, diagram *schaeffler* menunjukkan hubungan tersebut dan ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 : Diagram struktur dari baja tahan karat ( Diagram *Schaeffler* )

( Tata Surdia dan Shinroku Saito, 1984 )

## 2.5 Klasifikasi *Stainless Steel*

### 2.5.1 *Austenitic Stainless Steel*

*Austenitic* tersusun dari beberapa bahan, yaitu 16% kromium, 7% nikel, dan nitrogen. Sifat *SS austenitic* yaitu: memiliki kekuatan dan ketahanan pada suhu ( baik suhu tinggi maupun suhu rendah ), serta memiliki ketahanan terhadap korosi lebih baik dari pada jenis ferritik dan martensitik. Tipe seri *SS* yang masuk dalam kategori *austenitic*, yaitu seri *SS 300* dan seri *SS 200*. Perbedaan seri ini dipengaruhi oleh perbedaan komposisi metalurginya, yang akhirnya karakteristiknya pun ikut berbeda pula. Seri *SS 300* lebih tahan karat jika dibandingkan seri *SS 200*. Namun, seri *SS 200* memiliki harga yang lebih murah saat dibandingkan dengan tipe *SS 300*.

### 2.5.2 *Ferritic Stainless Steel*

Jenis *Stainless Steel* ferritic terbuat dari komposisi kromium (10,5%-29%), molibdenum, aluminium, titanium, dan sedikit nikel. Ketahanan akan korosi jenis ini memang tidak sekuat *austenitic*. Akan tetapi, masih lebih baik dari pada martensitik. Keunggulan *SS ferritic* yaitu harganya yang relatif murah. Beberapa tipe seri *SS 400* masuk ke dalam kategori *ferritic*, seperti: seri 405, 409, 430, 434, 439, 444, dan 446.

### 2.5.3 *Martensitic Stainless Steel*

*Martensitic* mengandung 10,5% - 18% kromium, 2% nikel, dan karbon dengan jumlah yang besar. Kandungan lain dari *martensitic* yaitu :

molibdenum, niobium, silicon, tungsten, vanadium, dan lain-lain. *Stainless Steel* tipe ini masih memiliki kekurangan terhadap kemampuan mencegah korosi, terlebih jika dibandingkan dua tipe di atas. Namun, kekuatan dan kekerasan *stainless* ini bisa diacungi jempol. Itulah sebabnya *Stainless Steel* jenis ini banyak digunakan untuk pembuatan pisau, peralatan grinding, dan lainnya. Sebagian tipe seri *Stainless Steel* 400 masuk dalam kategori *martensitic*, contohnya saja: tipe seri 403, 410, 414, 416, 420, 431, dan 440.

#### **2.5.4 Duplex Stainless Steel**

Jenis ini merupakan hasil ‘paduan’ antara jenis *autenitic* dan *ferritic*. Oleh sebab itu, karakteristiknya pun hampir serupa dengan *autenitic* dan *ferritic*. Kemampuan *duplex* dalam mencegah korosi hampir serupa dengan *autenitic*. Sementara kekokohan SS berada di antara *autenitic* dan *ferritic*. Meski demikian, SS ini memiliki ketahanan korosi retak tegang (*stress corrosion cracking*) lebih baik dari pada seri *autenitic*. Jenis ini biasa digunakan untuk pembuatan komponen kapal, industri petrokimia, dan industri kertas.

#### **2.5.5 Precipitation Hardening**

*Stainless Steel* ini merupakan kombinasi optimal dari SS *austenitic* dan *martensitic*. Itulah sebabnya SS ini memiliki sifat yang unik dibandingkan jenis lainnya. Karakter *percipitation hardening* memiliki kekuatan yang tinggi, dan lebih tahan terhadap korosi (diambil dari sifat

*austenitic*). Tipe seri yang termasuk dalam kategori ini, yaitu AISI 17- 4 PH yang biasa disebut dengan AISI 630.

## 2.6 Baja *Stainless Steel* 304

Stainless Steel Tipe 304 Baja paduan SS 304 merupakan jenis baja tahan karat Austenitic stainless steel yang memiliki komposisi 0.042% C, 2.00% Mn, 0.034% P, 0.015% S, 0.049% Si, 18.00 – 19.5% Cr, 8.00-10.5% Ni, 0.10% N dan sisanya Fe. Beberapa sifat mekanik yang dimiliki baja karbon tipe 304 ini antara lain: kekuatan tarik 646 Mpa, yield strength 270 Mpa, Elongation 50%, kekerasan 82 HR. Stainless steel tipe 304 merupakan jenis baja tahan karat yang serbaguna dan paling banyak digunakan. Komposisi kimia, kekuatan mekanik, kemampuan las dan ketahanan korosinya sangat baik dengan harga yang relative terjangkau. Stainless steel tipe 304 ini banyak digunakan dalam dunia industri maupun skala kecil. Penggunaannya antarlain untuk: tanki dan container untuk berbagai macam cairan dan padatan, peralatan pertambangan, kimia, makanan dan industri farmasi.

**Tabel 2.2** : Komposisi kimia bahan untuk *stainless steel* 304 (Sumarji, 2011)

Unsur	Persentasi Massa %
Carbon	0.042
Manganese	2.00
Silicon	0.49
Chromium	18.00 - 19.5
Nickel	8.00 - 10.5
Phosphorus	0.034

Sulfur	0.015
Nitrogen	0.1

## 2.7 Sensitisasi Pada Baja *Stainless Steel*

Sensitisasi merupakan proses berlangsungnya presipitasi unsur karbon dan membentuk senyawa karbon karbida di batas butir baja *stainless steel* pada temperatur tinggi. Pemanasan pada temperatur sensitisasi akan menyebabkan atom – atom C pada interstisi yang awalnya didalam *garin* (butir) akan bebas bedifusi dan cenderung menuju batas butir (Faris Hizrian Maulana, dkk, 2015).

Pengendapan atas beberapa karbida sering disebut sebagai “*sensitasi*” . Sensitisasi merupakan penyebab terjadinya serangan batas butir. Sensitisasi terjadi saat pendinginan perlahan dari suhu 550°C - 850°C. Sensitisasi pada *Stainless Steel* dapat di cegah dengan cara :

1. Pemanasan diatas 1000°C kemudian dilakukan pendinginan secara cepat di dalam air. Akibatnya kromium karbida akan larut kedalam butiran dan tidak akan sempat terjadi presipitasi. Metode ini dikenal *solution treatment*.
2. Menambahkan titanium, niobium dan titanium / ketika unsur tersebut membentk titanium karbida, niobium karbida dan titanium karbida yang lebih stabil dari pada kromium karbida. Baja yang mengandung unsur – unsur penstabil ini disebut *stabilized steel*.
3. Menurunkan kadar karbon dibawah 0.02%.

## 2.8 Korosi (*Corrosion*)

Kata korosi berasal dari bahasa latin “*corrodere*” yang artinya pengrusakan logam atau perkaratan. Korosi adalah peristiwa rusaknya logam karena reaksi dengan lingkungannya. Definisi lainnya adalah korosi merupakan rusaknya logam karena adanya zat penyebab korosi, korosi adalah fenomena elektrokimia dan hanya menyerang logam. Dalam bahasa sehari-hari korosi disebut dengan perkaratan (Roberge, 1999).

Korosi atau perkaratan adalah reaksi redoks antara suatu logam dengan berbagai zat di lingkungan yang menghasilkan senyawa-senyawa yang tak dikehendaki. Korosi atau perkaratan sangat lazim terjadi pada besi. Besi merupakan logam yang mudah berkarat. Karat besi merupakan zat yang dihasilkan pada peristiwa korosi, yaitu berupa zat padat berwarna coklat kemerahan yang bersifat rapuh serta berpori (Roberge, 1999).

Menurut Trethewey (1991), jenis korosi yang dikenal selama ini adalah : korosi batas butir, korosi intergranular, korosi *galvanic*, korosi celah dan korosi semuran, yaitu :

### 1. Korosi Batas Butir

Korosi batas butir merupakan korosi yang menyerang secara local menyerang batas butir - butir logam sehingga butir - butir logam akan hilang atau kekuatan mekanik dari logam akan berkurang. Korosi ini disebabkan adanya kotoran (*impurity*) batas butir, adanya unsur yang

berlebih pada sistem perpaduan atau penghilangan salah satu unsur pada daerah batas butir.

## **2. Intergranular Corrosion (IGC)**

*Intergranular corrosion* adalah bentuk penyerangan terhadap batas butir atau daerah sekitarnya pada material dalam lingkungan korosif tetapi hanya sebagian kecil korosi menyerang butir material itu sendiri. *Intergranular corrosion* juga dikenal sebagai *intergranular attack* (IGA).

## **3. Korosi Galvanik**

Korosi galvanik terjadi apabila dua logam yang tidak sama dihubungkan dan berada di lingkungan korosif. Salah satu dari logam tersebut akan mengalami korosi, sementara logam lainnya akan terlindung dari serangan korosi. Logam yang mengalami korosi adalah logam yang memiliki potensial yang lebih rendah dan logam yang tidak mengalami korosi adalah logam yang memiliki potensial lebih tinggi.

## **4. Korosi Celah**

Korosi celah adalah korosi lokal yang terjadi pada celah diantara dua komponen. Mekanisme terjadinya korosi celah ini diawali dengan terjadi korosi merata diluar dan didalam celah, sehingga terjadi oksidasi logam dan reduksi oksigen. Pada suatu saat oksigen ( $O_2$ ) di dalam celah habis, sedangkan oksigen ( $O_2$ ) diluar celah masih banyak, akibatnya permukaan logam yang berhubungan dengan bagian luar menjadi katoda dan permukaan logam yang didalam celah menjadi anoda sehingga terbentuk celah yang terkorosi.

## 5. Korosi Sumuran (*pitting*)

Korosi sumuran adalah korosi lokal yang terjadi pada permukaan yang terbuka akibat pecahnya lapisan pasif. Terjadinya korosi sumuran ini diawali dengan pembentukan lapisan pasif dipermukaannya, pada antarmuka lapisan pasif dan elektrolit terjadi penurunan pH, sehingga terjadi pelarutan lapisan pasif secara perlahan-lahan dan menyebabkan lapisan pasif pecah sehingga terjadi korosi sumuran. Korosi sumuran ini sangat berbahaya karena lokasi terjadinya sangat kecil tetapi dalam, sehingga dapat menyebabkan peralatan atau struktur patah mendadak.

### 2.8.1 Korosi Retak Tegang

Korosi Retak Tegang (*Stress Corrosion Cracking*) merupakan kegagalan logam akibat kegiatan gabungan antara tegangan tarik static dengan lingkungan korosif. Bentuk korosi ini sangat lazim dijumpai lingkungan industri. SCC terjadi karena adanya tiga kondisi yang saling berkaitan, yaitu adanya tegangan tarik (Tirtawati, F., 2009).

Korosi dapat menyerang pada logam baik yang mengalami pembebanan maupun tidak. Pengaruh beban khususnya pada logam yang mengalami tegangan akan sangat berpengaruh terhadap ketahanan laju korosi. Korosi ini umumnya disebut peretakan korosi tegangan.

### 2.8.2 Korosi Kavitasi (*Cavitation Corrosion*)

Terjadi karena tingginya kecepatan cairan menciptakan daerah-daerah bertekanan tinggi dan rendah secara berulang-ulang pada permukaan peralatan dimana cairan tersebut mengalir. Maka terjadilah gelembung-gelembung uap air pada permukaan tersebut, yang apabila pecah kembali menjadi cairan akan menimbulkan pukulan pada permukaan yang cukup besar untuk memecahkan film oksida pelindung permukaan. Akibatnya bagian permukaan yang tidak terlindungi terserang korosi. Karena bagian tersebut menjadi anodik terhadap bagian yang terlindungi.

Karena terjadinya korosi pada bagian tersebut, maka akan kehilangan massa dan menjadi takik. Takik-takik tersebut akan bertambah dalam karena permukaan di dalam takik tidak sempat membentuk film pelindung karena kecepatan cairan yang tinggi dan proses kavitasi akan berlangsung secara berulang-ulang.

### **2.8.3 Korosi Lelah (*Fatigue Corrosion*)**

Bila logam mendapat beban siklus yang berulang-ulang, tetapi masih dibawah batas kekuatan luluhnya. Maka setelah sekian lama akan patah karena terjadinya kelelahan logam. Kelelahan dapat dipercepat dengan adanya serangan korosi. Kombinasi antara kelelahan dan korosi yang mengakibatkan kegagalan disebut korosi lelah. Korosi lelah terjadi di daerah yang menderita beban, lasan dan lainnya.

#### 2.8.4 Korosi antar kristal

Terjadinya korosi hanya pada batas kristal, akibat dari serangan elektrolit. Karena tegangan pada kristal adalah paling tinggi. Dan terjadinya karbida pada batas butir yang dapat mengakibatkan korosi ini.

#### 2.8.5 Faktor-Faktor Yang Menyebabkan Terjadinya Korosi

1. Uap air

Dilihat dari reaksi yang terjadi pada korosi, air merupakan salah satu faktor penting untuk berlangsungnya proses korosi. Udara yang banyak mengandung uap air (lembab) akan mempercepat berlangsungnya proses korosi.

2. Oksigen

Udara yang banyak mengandung gas oksigen akan menyebabkan terjadinya korosi. Korosi besi terjadi apabila ada oksigen ( $O_2$ ) dan air ( $H_2O$ ). Logam besi tidaklah murni, melainkan mengandung campuran karbon yang menyebar secara tidak merata dalam logam tersebut. Akibatnya menimbulkan perbedaan potensial listrik antara atom logam dengan atom karbon (C).

Atom logam besi (Fe) bertindak sebagai anode dan atom C sebagai katode. Oksigen dari udara yang larut dalam air akan tereduksi, sedangkan air sendiri berfungsi sebagai media tempat berlangsungnya reaksi redoks pada peristiwa korosi. Semakin banyak jumlah  $O_2$  dan  $H_2O$  yang mengalami kontak dengan

permukaan logam, maka semakin cepat berlangsungnya korosi pada permukaan logam tersebut.

3. Larutan Garam

Elektrolit (asam atau garam) merupakan media yang baik untuk melangsungkan transfer muatan. Air hujan banyak mengandung asam, dan air laut banyak mengandung garam, maka air hujan dan air laut merupakan korosi yang utama.

4. Permukaan logam

Permukaan logam yang tidak rata memudahkan terjadinya kutub-kutub muatan, yang akhirnya akan berperan sebagai anode dan katode. Permukaan logam yang licin dan bersih akan menyebabkan korosi sukar terjadi, sebab sukar terjadi kutub-kutub yang akan bertindak sebagai anode dan katode.

5. Keberadaan zat pengotor

Zat Pengotor di permukaan logam dapat menyebabkan terjadinya reaksi reduksi tambahan sehingga lebih banyak atom logam yang teroksidasi. Sebagai contoh, adanya tumpukan debu karbon dari hasil pembakaran BBM pada permukaan logam mampu mempercepat reaksi reduksi gas oksigen pada permukaan logam. Dengan demikian peristiwa korosi semakin dipercepat.

6. Kontak dengan elektrolit

Keberadaan elektrolit, seperti garam dalam air laut dapat mempercepat laju korosi dengan menambah terjadinya reaksi

tambahan. Sedangkan konsentrasi elektrolit yang besar dapat melakukan laju aliran elektron sehingga korosi meningkat.

#### 7. Temperatur

Temperatur mempengaruhi kecepatan reaksi redoks pada peristiwa korosi. Secara umum, semakin tinggi temperatur maka semakin cepat terjadinya korosi. Hal ini disebabkan dengan meningkatnya temperatur maka meningkat pula energi kinetik partikel sehingga kemungkinan terjadinya tumbukan efektif pada reaksi redoks semakin besar. Dengan demikian laju korosi pada logam semakin meningkat. Efek korosi yang disebabkan oleh pengaruh temperatur dapat dilihat pada perkakas-perkakas atau mesin-mesin yang dalam pemakaiannya menimbulkan panas akibat gesekan atau dikenai panas secara langsung (seperti mesin kendaraan bermotor).

#### 8. Tingkat keasaman (pH)

Peristiwa korosi pada kondisi asam, yakni pada kondisi  $\text{pH} < 7$  semakin besar, karena adanya reaksi reduksi tambahan yang berlangsung pada katode yaitu :



Adanya reaksi reduksi tambahan pada katode menyebabkan lebih banyak atom logam yang teroksidasi sehingga laju korosi pada permukaan logam semakin besar.

#### 9. Metalurgi

### 1. Permukaan logam

Permukaan logam yang lebih kasar akan menimbulkan beda potensial dan memiliki kecenderungan untuk menjadi anoda yang terkorosi. Permukaan logam yang kasar cenderung mengalami korosi.

### 2. Efek galvanic coupling

Kemurnian logam yang rendah mengindikasikan banyaknya atom-atom unsur lain yang terdapat pada logam tersebut sehingga memicu terjadinya efek *Galvanic Coupling*, yakni timbulnya perbedaan potensial pada permukaan logam akibat perbedaan  $E^\circ$  antara atom-atom unsur logam yang berbeda dan terdapat pada permukaan logam dengan kemurnian rendah. Efek ini memicu korosi pada permukaan logam melalui peningkatan reaksi oksidasi pada daerah anode.

### 10. Mikroba

Adanya koloni mikroba pada permukaan logam dapat menyebabkan peningkatan korosi pada logam. Hal ini disebabkan karena mikroba tersebut mampu mendegradasi logam melalui reaksi redoks untuk memperoleh energi bagi keberlangsungan hidupnya. Mikroba yang mampu menyebabkan korosi, antara lain: protozoa, bakteri besi mangan oksida, bakteri reduksi sulfat, dan bakteri oksidasi sulfur-sulfida.

### 2.8.6 Bentuk-Bentuk Korosi

1. Korosi Merata (*Uniform Attack*) : Yaitu korosi yang terjadi pada permukaan logam yang berbentuk pengikisan permukaan logam secara merata sehingga ketebalan logam berkurang sebagai akibat permukaan terkonvensi oleh produk karat yang biasanya terjadi pada peralatan-peralatan terbuka, misalnya permukaan luar pipa.
2. Korosi Galvanik (*Galvanic corrosion*) : Bentuk korosi ini terjadi bila dua (atau lebih) logam yang berbeda secara listrik berhubungan satu sama lainnya berada dalam lingkungan korosif yang sama. Dalam kasus demikian, logam yang berpotensi paling negatif (dalam keadaan tidak berhubungan) akan terkorosi, sebaliknya logam lain (logam mulia dengan potensial tinggi akan kurang terkorosi). Korosi galvanik cenderung terlokalisir ke arah pembentukan sumuran, dan dalam sistem pipa akan terjadi kebocoran-kebocoran. Korosi Sumuran (*Pitting*) : Korosi sumuran termasuk korosi setempat dimana daerah kecil dari permukaan metal, terkorosi membentuk sumuran. Biasanya kedalaman sumur lebih besar dari diameternya. Mekanisme terbentuknya korosi sumuran, sangat kompleks dan sulit diduga, sungguhpun demikian ada situasi tertentu dimana korosi sumuran dapat diantisipasi :
  - a. Pada baja karbon yang dilapisi oleh *mill scale* dibawah kondisi tercelup (air laut) akan terbentuk beda potensial antara mill scale

dan baja hingga pecahnya mill scale mengarah pada situasi anode kecil / katoda besar.

b. Pada paduan yang mengandalkan pada lapis pasif untuk sifat tahan korosinya seperti stainless steel. Dari segi praktis korosi sumuran terbentuk di dalam air mengandung chloride, oleh karena itu sering terjadi pada kondisi dilingkungan laut.

3. Korosi Erosi : Gerakan air laut, seperti juga fluida lainnya dapat menimbulkan aksi mekanis misalnya erosi (pengikisan). Impingement attack dan cavitation adalah bentuk extrem dari tipe korosi ini. Korosi erosi cenderung mengarah pada penghilangan lapis protektif dari permukaan metal oleh aksi partikel abrasive yang ada di dalam air. Umumnya laju serangan korosi membesar dengan membesarnya kecepatan. Ada lagi bentuk erosi atau mekanisme lain, misalnya korosi lembaran baja yang terpancang di pantai, dipengaruhi oleh aksi abrasive dari pasir, dibantu oleh aksi pasang/surut atau angin. Pada kasus ini lapis protektif dihilangkan.

4. *Impingement Attack* : Seperti namanya bentuk serangan terjadi ketika larutan menimpa dengan kecepatan cukup besar pada permukaan metal. Hal ini dapat terjadi pada sistem pipa dimana perubahan arah tiba-tiba dari aliran pada lingkungan dapat mengakibatkan kerusakan bagian lain dari pipa tidak terpengaruh. Bentuk korosi ini akan terjadi pada setiap situasi dimana ada impingement (timpa,bentur,tekan) air

yang biasanya mengandung gelembung udara pada kecepatan serendah 1 m/s.

5. Perusakan Cavitasi : Bentuk perusakan korosi ini disebabkan oleh terbentuk dan pecahnya gelembung di dalam air laut, pada permukaan metal. Kondisi pada kecepatan tinggi dan perubahan tekanan cenderung menimbulkan korosi cavitasi. Serangan biasanya terlokalisir dan terjadi di daerah tekanan rendah, air bergejolak (boil) dan terbentuk dari partikel vacuum.

#### 2.8.7 Cara-Cara Pencegahan Korosi :

1. Mengecat

Jembatan, pagar dan *railing* biasanya dicat. Cat menghindarkan kontak besi dengan udara dan air.

2. Melumuri dengan oli dan gemuk

Cara ini diterapkan untuk berbagai perkakas dan mesin. Oli dan gemuk mencegah kontak besi dengan air.

3. Dibalut dengan plastik

Berbagai macam barang, misalnya rak piring dan keranjang sepeda dibalut dengan pelastik. Pelastik mencegah kontak besi dengan udara dan air.

4. *Tin plating* (pelapisan dengan timah)

Kaleng-kaleng kemasan terbuat dari besi yang dilapisi dengan timah. Pelapisan dilakukan secara elektrolisis, yang disebut *electroplating*. timah tergolong logam yang tahan karat.

5. *Chromium plating* (pelapisan dengan kromium)

Besi atau baja juga dapat dilapisi dengan kromium untuk memberi lapisan pelindung yang mengkilap, misalnya untuk bumper mobil. *Chromium plating* juga dilakukan dengan elektrolisis. Sama seperti zink, kromium dapat memberi perlindungan sekalipun lapisan kromium itu ada yang rusak

6. Zink Plating

Penyepuhan besi biasanya menggunakan logam krom atau timah. Kedua logam ini dapat membentuk lapisan oksida yang tahan terhadap karat (pasivasi) sehingga besi terlindung dari korosi.

7. Proteksi katodik

Proteksi katodik adalah metode yang sering diterapkan untuk mengendalikan korosi besi yang dipendam dalam tanah, seperti pipa ledeng, pipa pertamina, dan tanki penyimpanan BBM. Logam reaktif seperti magnesium dihubungkan dengan pipa besi.

### 2.8.8 Jenis – Jenis Korosi

1. Korosi kering

Menurut jenis korosi, korosi dibagi menjadi dua yaitu : korosi elektrokimia biasa disebut korosi basah (*Aqueous Corrosion*). Secara sederhana kedua jenis korosi tersebut dapat dilihat dengan ada tidaknya uap air. Korosi kering sering disebut juga dengan oksidasi.

2. Korosi basah

Korosi basah (*Aqueous Corrosion*) adalah korosi yang lingkungannya masih dengan reaksi elektrokimia. Korosi basah erat kaitannya dengan sel korosi yang terdiri dari empat komponen yaitu : Anoda (*terminal negative*), Katoda (*terminal positif*), Elektrolit (larutan konduktif) dan kontak metallic (konduktor logam).

### 2.8.9 Perhitungan laju korosi

Massa (massa loss). Metode kehilangan massa (massa loss) ini didasarkan oleh selisih massa awal sebelum pengujian korosi dengan massa akhir setelah pengujian korosi. Jika diketahui massa dari suatu material yang terkorosi maka laju korosi dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :  $CR = \frac{K W}{D.A.T}$  .....( 1 )

Dimana :

- CR = laju korosi
- K = konstanta ( $8.76 \times 10^7$ )
- W = massa yang hilang (gram)
- A = luas sampel yang terendam ( $\text{cm}^2$ )
- T = waktu perendaman (jam)
- D = massa jenis logam ( $\text{g/cm}^3$ )

### 2.9 Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

Perlakuan panas adalah suatu proses pemanasan dan pendinginan logam dalam keadaan padat untuk mengubah sifat-sifat fisis logam tersebut. Baja

dapat dikeraskan sehingga tahan aus dan kemampuan memotong meningkat, atau baja dapat dilunakan memudahkan pemesinan lebih lanjut. Melalui perlakuan panas yang tepat, tegangan dalam dapat dihilangkan, besar butir diperbesar atau diperkecil, ketangguhan ditingkatkan atau dapat dihasilkan suatu permukaan yang keras disekeliling inti yang ulet (Amstead, 1997).

## **2.10 Jenis-Jenis Perlakuan Panas**

### **2.10.1 *Solution annealing***

*Solution annealing* adalah proses perlakuan panas dimana akan dipanaskan pada temperatur tinggi. Proses *solution annealing* memiliki tujuan untuk mengerakan atom – atom didalam baja tersebut, sehingga akan lebih homogen. Penggerakan atom – atom itu terjadi pada saat temperatur tinggi.

### **2.10.2 *Hardening***

*Hardening* adalah proses pemanasan logam sampai temperatur di atas titik kritis (daerah austenit), ditahan sejenak sesuai dengan waktu tahan yang dibutuhkan agar seluruh benda kerja memiliki struktur austenit dan kemudian didinginkan secara mendadak. Tujuan proses ini adalah untuk mendapatkan struktur kristal martensit. Martensit adalah struktur yang harus dimiliki baja agar memperoleh kenaikan kekerasan yang sangat besar. Martensit berstruktur jarum karena jaringan atomnya berbentuk tetragonal.

### **2.10.3 *Quenching***

*Quenching* adalah suatu proses pengerasan baja dengan cara baja dipanaskan hingga mencapai batas austenit dan kemudian diikuti dengan proses

pendinginan cepat melalui media pendingin air, oli, atau air garam, sehingga fasa autenit bertransformasi secara parsial membentuk struktur martensit. Tujuan utama dari proses *quenching* ini adalah untuk menghasilkan baja dengan sifat kekerasan tinggi.

#### 2.10.4 *Tempering*

adalah proses pemanasan kembali suatu logam yang telah dikeraskan melalui proses *quenching* pada suhu di bawah suhu kritisnya selama waktu tertentu dan didinginkan secara perlahan-lahan. Tujuan proses ini adalah untuk mengurangi *internal stress*, mengubah susunan, mengurangi kekerasan dan menaikkan keuletan logam sehingga didapatkan perpaduan yang tepat antara kekerasan dan keuletan logam.

Menurut tujuannya proses tempering dibedakan sebagai berikut:

- a. *Tempering* pada suhu rendah ( $150^{\circ}\text{C} - 250^{\circ}\text{C}$ )

*Tempering* ini untuk mengurangi tegangan dan kerapuhan baja, biasanya untuk alat yang tidak mengalami beban berat seperti alat potong, mata bor dan lainnya.

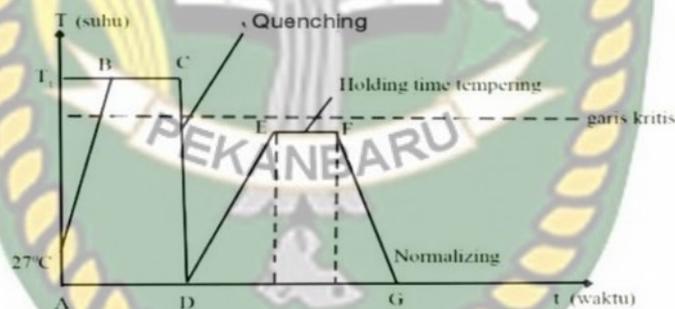
- b. *Tempering* pada suhu menengah ( $350^{\circ}\text{C} - 450^{\circ}\text{C}$ )

*Tempering* ini bertujuan menambah keuletan dan kekerasannya sedikit berkurang. Biasanya untuk alat yang mengalami beban berat seperti palu, pahat dan pegas.

- c. *Tempering* pada suhu tinggi ( $500^{\circ}\text{C} - 650^{\circ}\text{C}$ )

*Tempering* ini bertujuan untuk memberikan daya keuletan yang besar dan kekerasannya menjadi agak rendah, misalnya pada roda gigi, poros, batang penggerak dan sebagainya.

Proses perlakuan tempering biasanya juga digambarkan kedalam diagram perlakuan panas *tempering*. Gambar 2.3 menunjukkan diagram perlakuan panas tempering, dimana pada diagram pemanasan tersebut menunjukkan baja yang dipanaskan hingga mencapai suhu austenisasi (*hardening*) kemudian didinginkan secara cepat (*quenching*). Baja yang telah didinginkan secara *quenching* kemudian dilakukan pemanasan lanjutan yaitu pemanasan tempering dan disusul dengan pendinginan secara lambat (*normalizing*).



Gambar 2.3 Diagram *tempering*

Keterangan :

A-B-C-D = Proses *quenching*

D-E = Proses pemanasan awal sehingga suhu dibawah kritis

E-F = Waktu tahan pada suhu isothermal

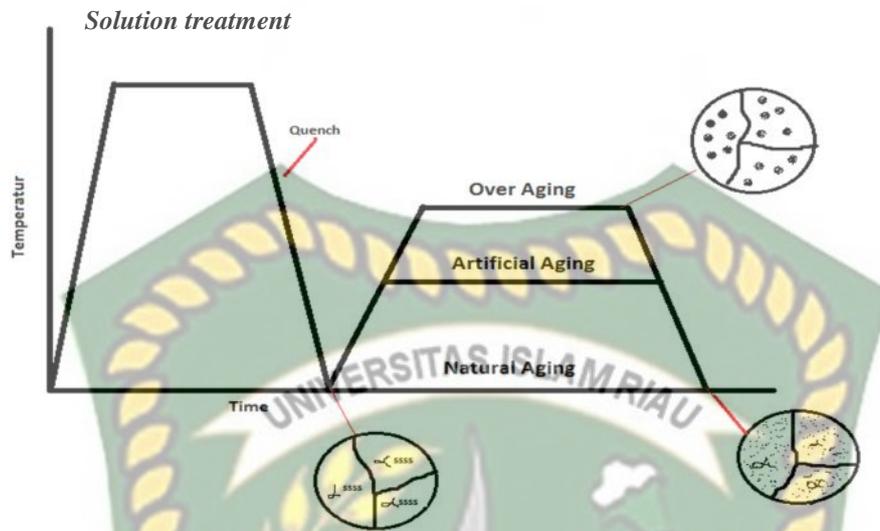
F-G = Proses pendinginan normal

### 2.10.5 *Full annealing*

Merupakan proses memanaskan baja sampai temperatur tertentu kemudian sehingga didinginkan secara lambat melewati temperatur transformasinya didalam *furnace*. Tujuan proses ini untuk menghaluskan butir, melunakan, memperbaiki sifat magnet dan sifat listrik.

### 2.10.6 *Aging* ( penuaan )

Proses *aging* ini adalah proses difusi senyawa pepadu dalam matriks logam dasar sehingga membentuk presipitat. Hal ini terjadi dikarenakan ketika *quenching* atau pendinginan cepat paduan membentuk larutan padat lewat jenuh sehingga relatif tidak stabil. Ketidak stabilan terjadi karena menurut diagram fasa, unsur terlarut ternyata melewati batas maksimumnya sehingga cenderung mencari kesetimbangan baru. Proses *aging* ini dapat dibagi menjadi tiga yaitu *natural aging*, *artificial aging* dan *over aging*. *Natural aging* adalah *aging* yang dilakukan pada temperatur kamar, sedangkan *artificial aging* dilakukan pada tempertatur tertentu. *Artificial aging* dilakukan pada temperatur tertentu untuk memicu dekomposisi senyawa larutan padat membentuk presipitasi sehingga akan meningkatkan kekuatan dari paduan tersebut. *Over aging* adalah dimana proses penuaan dilakukan dalam waktu yang terlalu lama atau temperatur terlalu tinggi, pada tahap ini presipitat dan matriks dalam keadaan seimbang. *Over aging* ini dapat menurunkan kekuatan yang telah dicapai sebelumnya. Kondisi *over aging* merupakan kondisi yang tidak diinginkan. Mekanisme proses *aging* ditunjukkan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 : Proses Presipitat Hardening (*Aging*)

Sebagai pembanding dengan baja, proses *aging* relatif meningkatkan kekuatan dari paduan pada nilai tertentu. Hal ini dikarenakan terbentuknya presipitat yang menghalangi pergerakan dislokasi atau sering dikenal dengan *precipitation hardening*. Pada proses *artificial aging* menggunakan tanur, tahapan proses yang dilalui material secara umum sama dengan ketika *solution treatment*. Hal yang berbeda hanya pada tahapan pendinginannya saja.

Proses *artificial aging* dimaksudkan untuk memastikan dekomposisi senyawa dari paduan berlangsung optimal dan membentuk presipitat sehingga dapat meningkatkan kekuatan paduan. Hal yang berbeda dengan *solution treatment* adalah pendinginan dilakukan relatif lama atau dengan kata lain tanpa proses *quenching* atau pendinginan cepat.

Semakin tinggi temperatur *aging*, semakin singkat waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kekuatan tertentu. Pemilihan penggunaan metode pengerasan

paduan bergantung pada jenis paduan yang ingin kita tingkatkan kekerasannya. Untuk paduan yang mempunyai reaksi presipitasi lambat, selalu dilakukan pengendapan pada temperatur di atas suhu kamar (*artificial aging*), sedangkan untuk yang memiliki reaksi pengendapan cepat cukup dengan melakukan natural *aging* untuk memperoleh sifat mekanik yang diinginkan.

#### **2.10.6 Spherodizing**

Merupakan proses pemanasan baja sedikit dibawah temperatur kritis bawahnya sehingga menghasilkan karbida berbentuk bola-bola kecil (*sphere*) dalam *matric ferit*. Tujuan proses ini adalah untuk memperbaiki sifat mampu mesin (*machinability*) dari baja.

#### **2.10.7 Stress-relief annealing**

Merupakan proses pemanasan baja dibawah temperatur kritisnya sekitar 1000°F-1200°F. Tujuan dari proses ini adalah untuk menghilangkan tegangan sisa akibat pengerjaan dingin.

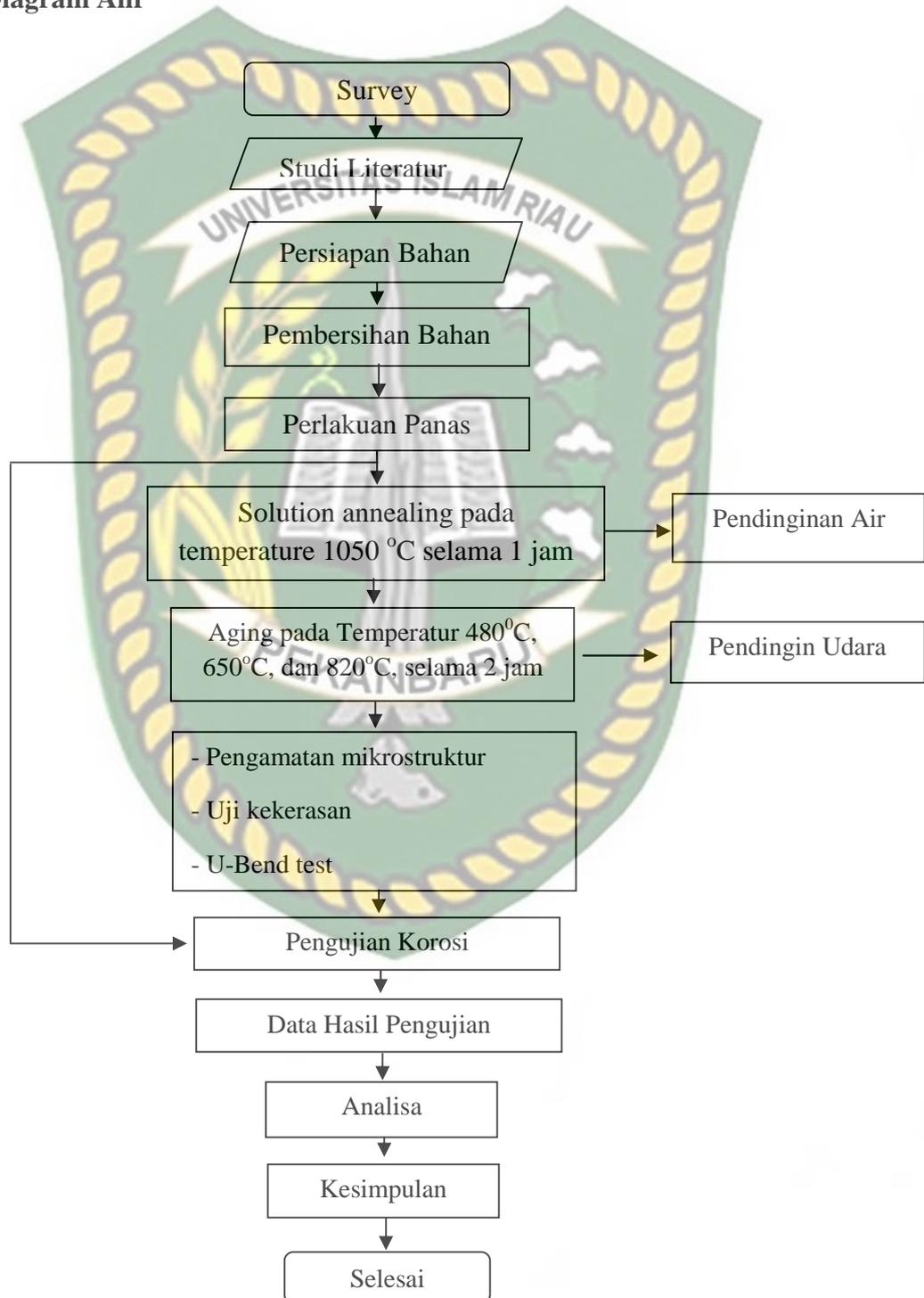
#### **2.10.8 Normalizing**

Merupakan proses pemanasan 100°F diatas temperatur kritis atas sekitar temperatur 1000°F-1250°F. Tujuan proses ini adalah untuk menghasilkan baja yang lebih kuat dan keras dibandingkan dengan baja hasil proses *full annealing*, jadi aplikasi penerapan dari proses *normalizing* digunakan sebagai *final treatment*.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

### 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan dimulai dari pemotongan spesimen, persiapan bahan dan alat uji coba. Adapun proses pengambilan data dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Riau.

### 3.3 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan adalah.

#### 3.3.1 Alat

Alat-alat yang digunakan untuk penelitian ini adalah :

##### 1. Gerinda

Gerinda berfungsi untuk memotong material sesuai dengan ukuran yang diperlukan.

Jenis : Gerinda Tangan Daya Listrik : 580 Watt

Merk : Hitachi Kecepatan Tanpa Beban : 11.000 Rpm



Gambar 3.2 Gerinda

## 2. Alat Ukur (Jangka Sorong)

Alat ukur ini digunakan untuk mengukur diameter, lebar dan panjang material pengujian.

Merek	: Mitutoyo	Akurasi	: +/-0.05 mm
Jenis ukuran	: Metrik (mm) dan Inch	Made in	: Japan
Skala	: 0.05 mm atau 1/128"	Ukuran	: 0-150 mm/0-6"
Tipe	: 6"-150 mm		

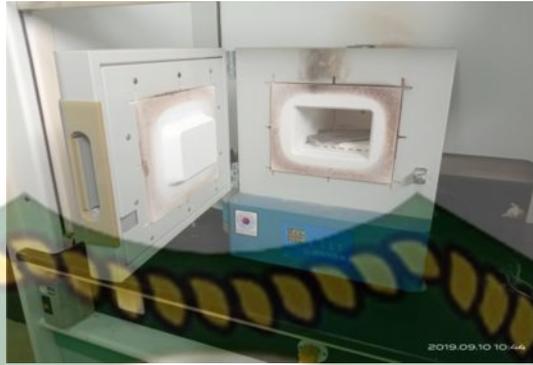


Gambar 3.3 Alat Ukur (Jangka Sorong)

## 3. Dapur Pemanas (*Heat Treatment Furnace*)

Dapur pemanas adalah suatu wadah atau tempat dimana spesimen diberi perlakuan panas pada temperatur dan waktu tertentu yang bertujuan untuk merubah sifat pada material tersebut.

Tempat asal	: Cina	Waktu Pemanasan	: RT~1200°C
Merk	: LIYI	Tentang	60 menit
Sertifikasi	: ISO 9001 : 2008	Akurasi	: ± 1
Suhu Range (°C)	: RT~1200 °C	Kekuatan	: 220V



Gambar 3.4 Heat Treatment Furnance

4. Tang Penjepit

Tang penjepit berfungsi untuk mengambil dan mengeluarkan spesimen pengujian dari dapur pemanas.



Gambar 3.5 Tang Penjepit

5. Sarung Tangan

Sarung tangan berfungsi untuk melindungi tangan pada saat mengeluarkan spesimen dari dapur pemanas.



Gambar 3.6 Sarung Tangan

6. Mesin pemoles

Mesin pemoles berfungsi untuk meratakan permukaan spesimen serta proses pemolesan spesimen dengan menggunakan pasta pemoles (pasta alumina)

Model : TTMPLS10A

Variable Speed Range : 50-600 RPM

Single Disc Diameter : 10 inch



Gambar 3.7 Mesin Pemoles

## 7. Mikroskop

Mikroskop berfungsi untuk melihat struktur mikro atau fasa yang terdapat pada spesimen baik itu pada spesimen tanpa perlakuan panas (standar) maupun spesimen yang telah diberi perlakuan panas.

Model : IJ-MET-1000  
Total Magnification : 50X-1000X  
Eyepieces : N-WF 10X/20mm, with diopter adjustment  
Interpupillary Distance : 55-75mm



Gambar 3.8 Mikroskop

## 8. Alat bending test

Alat bending test berfungsi untuk membentuk plat menjadi berbentuk U Dengan tekanan tertentu.



Gambar 3.9 Alat bending test

### 9. Alat uji kekerasan

Alat uji kekerasan berfungsi untuk mencari kekerasan pada specimen benda



Gambar 3.10 Alat uji kekerasan

#### 3.3.2. Bahan

Adapun bahan yang digunakan pada proses penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pelat Stainless steel 304

Bahan atau material yang dipakai dalam Penelitian ini, specimen yang digunakan adalah plat strip stainless steel AISI 304 variasi ketebalan 2 mm dan 5 mm dengan dimensi spesimen uji yang sama



Gambar 3.11 Pelat strip stainless steel (AISI) 304

2. Media Air Tawar

Setelah material dipanaskan kemudian material didiamkan dengan Air Tawar dengan cara dicelupkan.



Gambar 3.12 Air Tawar

3. Cairan Etsa dan Pasta Alumina

Cairan etsa dan pasta alumina digunakan untuk melakukan pengamatan metalografi.



Gambar 3.13 Cairan Etsa dan Pasta Alumina

4. Media larutan Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ ).

Untuk pengujian pada laju korosi dengan menggunakan media larutan Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ ).



Gambar 3.14 : Larutan Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ )

5. Wadah kaca

Dengan menggunakan wadah kaca ini, berguna untuk menaruh media larutan Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ ), dengan ukuran kaca : panjang 30 cm, lebar 10 cm dan tinggi 10 cm.

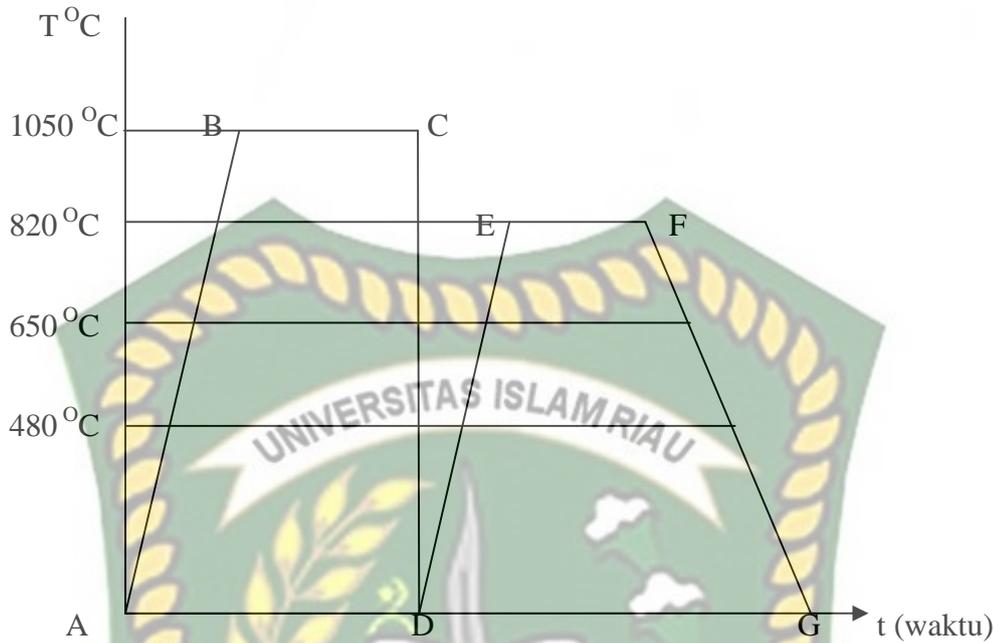


Gambar 3.15 : Wadah Kaca

### 3.4 Proses Perlakuan Panas

Adapun proses perlakuan panas yang dilakukan pada benda uji adalah sebagai berikut :

1. Masukkan spesimen kedalam dapur pemanas (*furnace*).
2. Menutup dan mengunci dapur pemanas (*furnace*) tersebut.
3. Menekan tombol “ ON “ pada dapur pemanas tersebut sehingga temperaturnya akan naik secara perlahan-lahan.
4. Mengeset *furnace* pada temperatur *Solution annealing* 1050 °C dan mengeset waktu penahanan suhu selama 1 jam.
5. Setelah itu lampu pada pemanas akan mati dengan sendirinya.
6. Jika lampu telah mati kemudian spesimen dikeluarkan dari *furnace* dengan menggunakan tang penjepit.
7. Kemudian dicelupkan ke media pendingin yang telah disiapkan yaitu (Air).
8. Setelah didinginkan dengan (Air) masing-masing spesimen dimasukkan kembali kedalam *furnace* dan mengeset temperatur pemanasan pada temperatur 480 °C, 650 °C dan 830 °C, dengan waktu selama 2 jam .
9. Jika pemanasan telah selesai kemudian masing-masing spesimen didinginkan pendinginan lambat / Udara.



Gambar 3.14 Diagram *Tempering*

Keterangan :

- A-B = Proses pemanasan *Solution annealing* temperatur 1050 °C.
- B-C = Proses penahanan pada temperatur 1050 °C selama 1 jam.
- C-D = Proses *quenching* (pendinginan celup dengan Air ).
- D-E = Proses pemanasan temperatur *aging*
- E-F = Proses penahanan temperatur *aging* 2 jam.
- F-G = Proses pendinginan dengan ( Udara ).

### 3.5 Tahapan Pengujian Bahan

1. Prosedur penelitian menggunakan mesin Grinding dan Polishing
  - a. Mempersiapkan kertas amplas kasar dan halus

- b. Rekatkan kertas amplas kasar atau halus sesuai kebutuhan spesimen pengamplasan.
- c. Mesin Grinding dan Polishing dinyalakan dengan menekan tombol POWER ON pada saklar utama
- d. Mesin Grinding dan Polishing dinyalakan dengan menekan tombol START (tombol hijau)
- e. Atur kecepatan putaran mesin pada skala 150 – 250 rpm (tergantung spesimen material)
- f. Nyalakan keran air untuk membasahi permukaan meja grinding yang berputar
- g. Proses amplas dilakukan sampai permukaan spesimen halus dan mengkilap
- h. Setelah proses amplas selesai dilanjutkan proses poles
- i. Permukaan spesimen hasil amplas disemprotkan diamond liquid
- j. Lakukan proses poles spesimen yang telah disemprotkan diamond liquid diatas amplas yang terbuat dari kain beludru hingga permukaan spesimen mengkilap seperti cermin
- k. Setelah selesai matikan keran air dan turunkan putaran mesin hingga 0 rpm
- l. Tekan tombol STOP (tombol merah)
- m. Tekan tombol POWER OFF pada saklar utama untuk mematikan seluruh pekerjaan mesin.

## 2. Pengamatan Mikrostruktur

Untuk mengetahui struktur mikro yang terdapat dalam spesimen yang telah diberi perlakuan panas, maka harus dilakukan pengamatan struktur mikro dengan menggunakan mikroskop.

Proses pengamatan ini dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a. Menyiapkan specimen pengamatan
- b. Menyalakan computer unit
- c. Membuka softwre Olympus Stream Basic untuk mengoperasikan Mikroskop optik
- d. Menyalakan Mikroskop Optik dengan menekan saklar utama
- e. Pilih pencahayaan Mikroskop Optik untuk pengamata dengan menarik tuas pada analyzer ( pilihan 1. Mata, 2. Mata dan kamera, 3. Kamera)
- f. Letakan spesimen diatas meja pengamatan struktur optik
- g. Atur posisi spesimen tepat dibawah lensa pengamatan dengan memutar handle turun naik meja pengamatan dan handle kontrol XY meja disebelah kanan meja pengamatan
- h. Atur penerangan lensa pengamatan dengan memutar tombol pada polarisasi condensor dibawah meja pengamatan
- i. Atur lensa pengamatan dengan perbesaran paling rendah terlebih dahulu, setelah spesimen terlihat kemudian perbesaran dinaikkan satu persatu ukuran lensa hingga pembesara maksimal
- j. Setelah struktur spesimen yang diinginkan terlihat, kunci meja pengamatan dengan tuas kecil di handle kontrol XY.

- k. Struktur spesimen difoto dengan software olympus stream basic. Klik pilihan snapshot lalu save image dengan format tif
- l. Jika telah selesai pengamatan, turunkan meja pengamatan, kembalikan lensa pengamatan keperbesaran paling rendah, matikan penerangan lensa pengamatan, kembalikan pencahayaan mikroskop optik pada posisi 1.
- m. Matikan mikroskop optik dengan menekan saklar utama
- n. Tutup software olympus stream basic
- o. Shut down komputer unit

### 3.5 U-Bend Test

pada umumnya berbentuk lembaran segiempat yang ditekuk hingga  $180^\circ$  sehingga membentuk lekukan dengan radius tertentu dan dijepit secara konstan selama uji korosi berlangsung. Tekukan dengan radius kurang dari atau lebih dari  $180^\circ$  juga kadang diperlukan. Spesimen U-Bend Test bisa mengalami regangan elastis maupun plastis. Pada beberapa kasus, (misalnya lembaran yang sangat tipis) sangat mungkin untuk dilakukan uji dengan metode U-Bend Test, dan hanya akan mengalami regangan elastis.

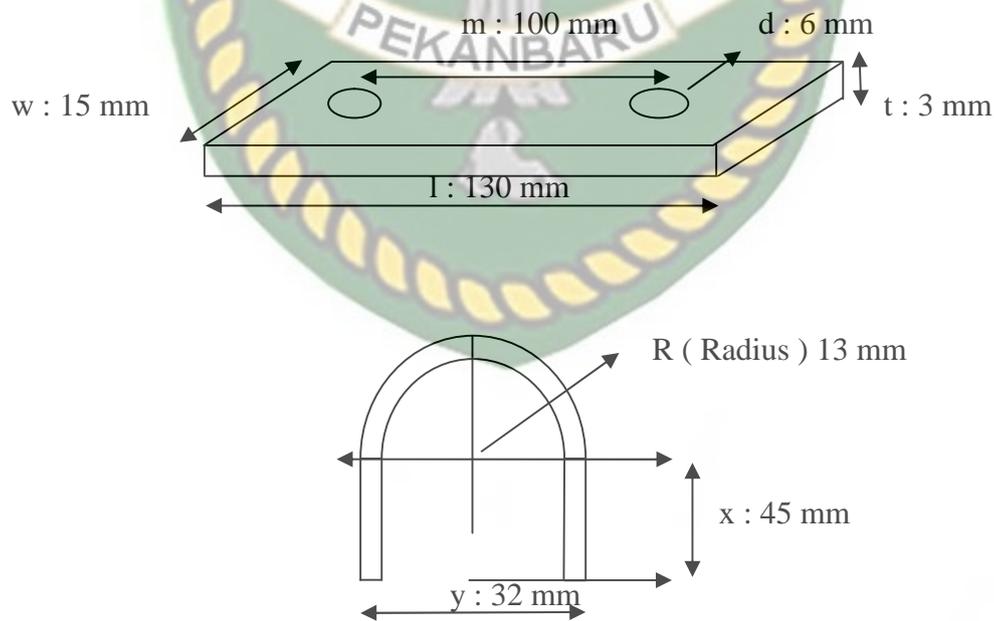
Spesimen U-Bend Test dibentuk menjadi bentuk U dan tidak boleh sampai terjadi keretakan saat melakukan penekukan. Spesimen yang akan digunakan lebih mudah untuk dibuat apabila bentuknya berupa lembaran, tapi bisa juga dibuat dengan pemesinan material yang berupa plat atau hasil casting. Adanya penekukan ini akan menimbulkan tegangan pada bagian tekukan sehingga

pengujian ini dapat digunakan untuk mendeteksi adanya Stress Corrosion Cracking (Huang, Yanliang. 2001)

Kondisi tegangan yang terjadi pada penekukan spesimen U-Bend Test biasanya tidak diketahui, sehingga pengujian dengan U-Bend Test tidak bisa dilakukan untuk berbagai macam variasi tegangan yang akan digunakan untuk mendeteksi adanya Stress Corrosion Cracking (SCC). Keuntungan dari pengujian dengan metode U-Bend Test ini ialah pembuatan dan penggunaannya yang ekonomis (Roberge, Pierre R., 2008)

#### 1 Rekanan Data Hasil Pengukuran Dimensi

Berikut adalah bentuk rekapan data dari dimensi benda uji Stainless steel AISI 304 berdasarkan ASTM G30 :



Gambar 4.1 Dimensi specimen benda uji berdasarkan ASTM G 30

Tabel 4.1 Data Pengukuran Dimensi Spesimen U-bend berdasarkan ASTM G30

L (mm)	M (mm)	W (mm)	T (mm)	D (mm)	X (mm)	Y (mm)	R (mm)
130	100	15	3	6	45	32	13

### 3. Uji Korosi

1. Siapkan wadah yang sudah ditentukan seperti diatas yaitu : ukuran kaca : panjang 20 cm, lebar 15 cm dan tinggi 15 cm.
2. Selanjutnya wadah diisi dengan larutan Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ ), secukupnya.
3. Siapkan spesimen baja *stainless steel* 304 yang sudah di lakukan perlakuan panas pada temperatur 480 °C, 650 °C dan 820 °C yang sudah dilakukan proses selama 2 jam, setelah itu spesimen yang sudah dibending dan dilubangi sebelumnya di gantungkan dalam larutan Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ ), secara bersamaan di dalam wadah kaca.
4. Untuk menggantung spesimen yaitu bisa menggunakan dengan kawat besi.
5. Spesimen tanpa *aging* diangkat pada rentang waktu 168 jam (7 hari), 336 jam (14 hari) dan 504 jam (21 hari).
6. Pada temperatur 480 °C diangkat pada rentang waktu 168 jam (7 hari), 336 jam (14 hari) dan 504 jam (21 hari).
7. Pada temperatur 650 °C diangkat pada rentang waktu 168 jam (7 hari), 336 jam (14 hari) dan 504 jam (21 hari).

8. Pada temperatur 820 °C diangkat pada rentang waktu 168 jam (7 hari), 336 jam (14 hari) dan 504 jam (21 hari).
9. Perhitungan laju korosi berdasarkan pengurangan berat.
10. Setelah itu melakukan penglihatan struktur mikro dari spesimen yang sudah dimasukan didalam larutan tersebut.

### 3.6 Perhitungan Laju Korosi

Pada perhitungan laju korosi metode *weight loss* dapat digunakan untuk mencari selisih massa dari sebuah spesimen/benda uji. Dalam pengujian ini massa awal spesimen yaitu massa benda uji coba sebelum mengalami proses perendaman dalam larutan. Dan massa akhir akhir spesimen yaitu massa benda uji coba setelah mengalami proses perendaman dalam larutan, Rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$W = W_0 - W_1$$

Keterangan :

W = Selisish massa spesimen (gr)

$W_0$  = Massa awal spesimen sebelum diuji (gr)

$W_1$  = Massa akhir spesimen setelah di uji (gr)

Pada perhitungan laju korosi dari suatu pengujian yang telah dilakukan. Dapat diketahui besar laju korosi yang terjadi. Dalam pengujian ini nilai K yang digunakan tergantung dari nilai unit satuan yang akan digunakan. Setian unit

satuan mempunyai nilai K yang berbeda-beda. Rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$\text{Laju korosi} = \frac{K \times W}{D \times A \times T} = (\text{mm/y}) \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

K = Konstanta

W = Selisih massa spesimen (mg)

D = Massa jenis benda ( $\text{g/cm}^3$ )

A = Luas permukaan benda yang diuji ( $\text{cm}^2$ )

T = Waktu perendaman



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan struktur mikro, pengujian kekerasan, pengujian korosi dilakukan terhadap Stainless steel (AISI 304) setelah mengalami perlakuan panas dan yang tidak diberi perlakuan panas. Hasil pengujian diuraikan pada bagian berikut ini :

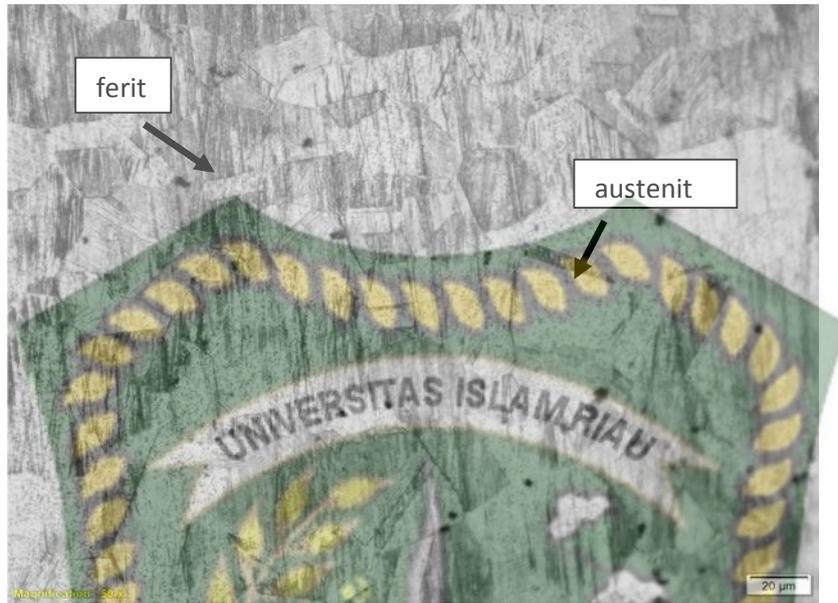
#### 4.1 Data Pengujian Terhadap Stainless steel (AISI 304)

Data pengujian penelitian diawali dengan proses perlakuan panas specimen dengan variasi temperatur masing – masing  $480^{\circ}\text{C}$ ,  $650^{\circ}\text{C}$  dan  $820^{\circ}\text{C}$  dan tanpa perlakuan panas, sesudah itu dilakukan pengamatan struktur mikro terhadap specimen yang telah diberi perlakuan panas dan tanpa perlakuan panas, tahap selanjutnya dilakukan pengujian kekerasan terhadap specimen tersebut, kemudian specimen dilakukan U-Bend tes untuk menghasilkan tegangan specimen setelah di bending dan dilakukan pengujian korosi dengan proses perendaman total pada media larutan Asam sulfat,

Data pengujian pertama yaitu berupa struktur mikro hasil proses perlakuan panas dan tanpa perlakuan panas

#### 4.2 Struktur Mikro

Berikut bentukn Struktur mikro pada material stainless steel AISI 304 yang diberi perlakuan panas dengan variasi temperatur masing – masing  $480^{\circ}\text{C}$ ,  $650^{\circ}\text{C}$  dan  $820^{\circ}\text{C}$  dan tanpa perlakuan panas ditunjukkan pada gambar 4.1, 4.2, 4.3, dan 4.4.



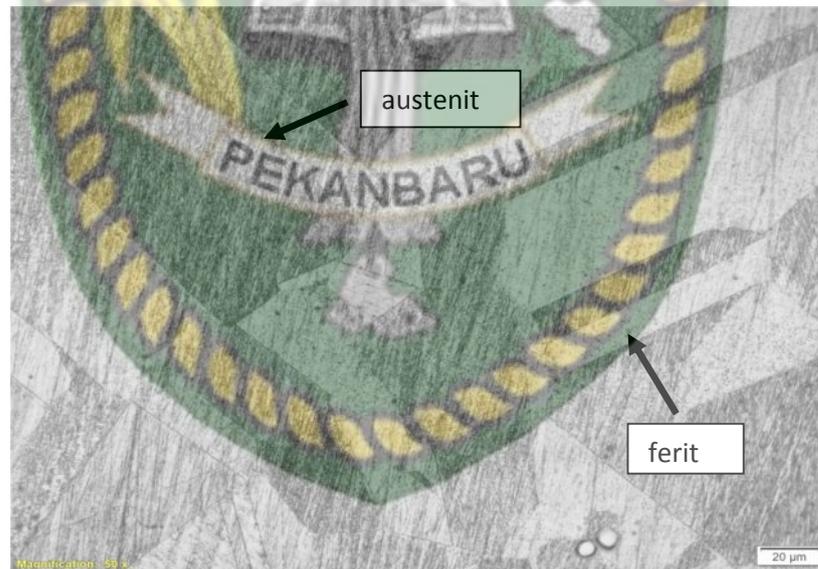
Gambar 4.1 Struktur mikro stainless steel AISI 304 tanpa perlakuan panas dengan pembesaran 50x.



Gambar 4.2 Struktur mikro stainless steel AISI 304 temperatur 480<sup>0</sup>C dengan pembesaran 50x.



Gambar 4.3 Struktur mikro stainless steel AISI 304 temperatur 650<sup>0</sup>C dengan pembesaran 50x.



Gambar 4.4 Struktur mikro mikro stainless steel AISI 304 temperatur 820<sup>0</sup>C dengan pembesaran 50x.

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa spesimen stainless steel AISI 304 yang tidak diberi perlakuan panas memiliki struktur mikro berbentuk butiran yang banyak dengan ukuran kecil dan banyak. Pada gambar 4.2 yang diberi perlakuan panas temperature 480<sup>0</sup>C selama 2 jam struktur mikronya adalah membentuk

batas butiran yang cukup besar di bandingkan bentuk butiran pada specimen tanpa perlakuan panas . Pada gambar 4.3 yang diberi perlakuan panas 650<sup>0</sup>C selama 2 jam struktur mikronya adalah berukuran besar di bandingkan dengan yang tanpa perlakuan panas dan tempering 480<sup>0</sup>C. Pada gambar 4.4 yang diberi perlakuan panas 820<sup>0</sup>C selama 2 jam struktur mikronya adalah berbentuk butiran yang sangat besar dalam pembesaran yang sama yaitu 50x, pada gambar 4.4 ini ukuran butiran bertambah lebih besar dari specimen tanpa perlakuan panas dan specimen yang diberi perlakuan panas 480<sup>0</sup>C dan 650<sup>0</sup>C. pada gambar juga terlihat butiran ferit berbentuk persegi panjang dengan ukuran kecil memanjang, sedangkan austenite berukuran besar dengan bentuk persegi berukuran besar.

### 4.3 Kekerasan Material

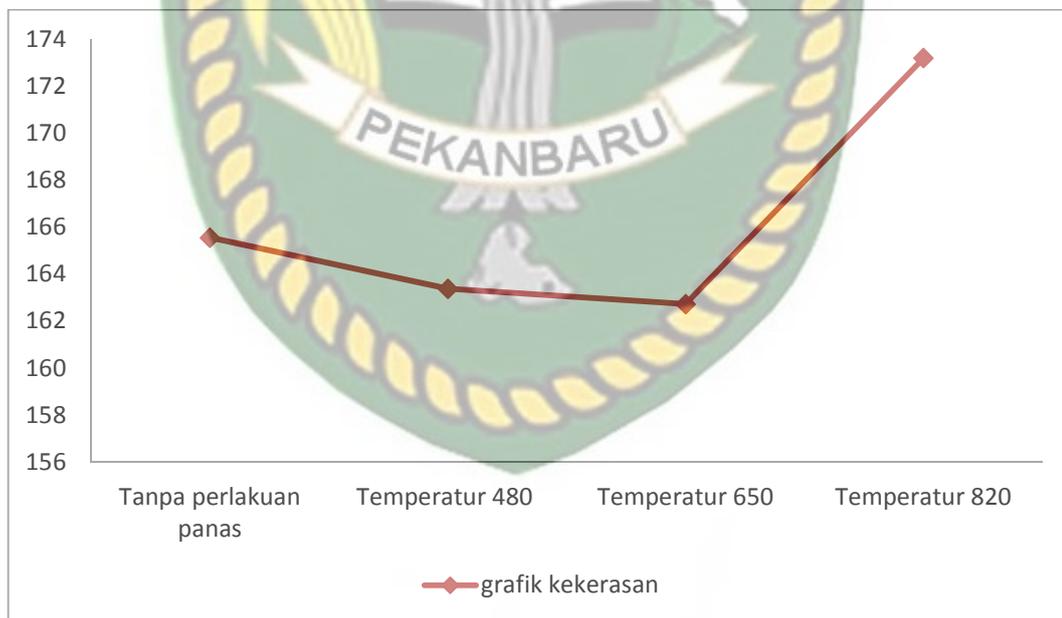
Adapun hasil pengujian kekerasan yang dilakukan pada material Stainless steel AISI 304 yang diberi perlakuan panas dan tanpa perlakuan panas dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Data Hasil Uji Kekerasan Vickers

NO	Spesimen	D1	D2	Rata - rata (VHN)
1	Tanpa Perlakuan Panas	0.75	0.76	165.54
		0.74	0.75	
		0.75	0.74	
2	Temperatur 480 <sup>0</sup> C	0.76	0.76	163.37
		0.76	0.75	
		0.75	0.74	
3	Temperatur 650 <sup>0</sup> C	0.75	0.75	162.72
		0.77	0.77	
		0.75	0.74	
4	Temperatur 820 <sup>0</sup> C	0.74	0.73	173.18
		0.74	0.73	
		0.73	0.72	

Dilihat dari hasil pengujian nilai kekerasan material Stainless steel yang tidak diberi perlakuan panas yaitu, 165,54 VHN. Sampel yang diberi perlakuan panas pada temperatur 480<sup>0</sup>C selama 2 jam nilai kekerasan mengalami penurunan yaitu 163,37 VHN, temperatur 650<sup>0</sup>C selama 2 jam sama seperti temperatur 480<sup>0</sup>C nilai kekerasan mengalami penurunan yaitu 162,72 VHN, sedangkan pada temperatur 820<sup>0</sup>C selama 2 jam nilai kekerasannya mengalami kenaikan yaitu sebesar 176,18 VHN.

Dari keterangan tabel 4.1 diatas dapat dilihat bahwa pada Temperatur 480<sup>0</sup>C dan 650<sup>0</sup>C mengalami penurunan nilai kekerasan dari spesimen yang tidak diberi perlakuan panas. Sedangkan pada temperatur 820<sup>0</sup>C mengalami kenaikan nilai kekerasan dari spesimen yang tidak diberi perlakuan panas. Hasil uji kekerasan juga dapat dilihat pada gambar 4.5 Grafik uji kekerasan dibawah ini:



Gambar 4.5 Grafik Kekerasan

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa nilai kekerasan material mulai menurun pada temperatur 480<sup>0</sup>C dan 650<sup>0</sup>C selama 2 jam, dan nilai kekerasan material mengalami kenaikan pada temperatur 820<sup>0</sup>C selama 2 jam.

#### 4.4 Pengujian Korosi

Setelah melakukan pengujian laju korosi, telah dianalisa dalam bentuk rekapan data dan table, dimana data tersebut adalah pengurangan dimensi, berat dan perhitungan laju korosi sesuai lama perendaman, jenis korosi yang timbul setelah proses perendaman menggunakan asam sulfat yaitu berbentuk lubang – lubang atau disebut korosi sumuran ( *pitting* ) rekapan data tersebut adalah sebagai berikut:

##### 4.4.1 Bentuk spesimen setelah pengkorosian selama 168 jam ( 7 hari )



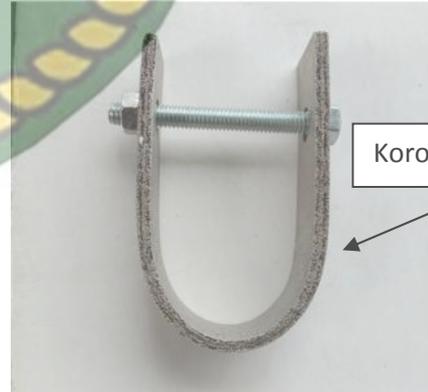
Gambar 4.6 Tanpa pemanasan



Gambar 4.7 Temperatur 480 °C



Gambar 4.8 Temperatur 650 °C



Gambar 4.9 Temperatur 820 °C

Pada material Stainless steel AISI 304 tersebut di dapat hasil terbentuknya korosi pitting pada permukaan specimen dari perendaman menggunakan  $H_2SO_4$  selama 168 jam ( 7 hari ). Dari keempat gambar spesimen tersebut korosi pitting

yang paling banyak terjadi pada semua permukaan specimen terdapat pada temperatur 480 °C, 650 °C dan 820°C, sedangkan specimen tanpa pemanasan mengalami korosi sumuran (pitting) tidak disemua permukaan.

#### 4.4.2 Bentuk specimen setelah pengkorosian selama 336 jam ( 14 hari )



Gambar 4.10 Tanpa pemanasan

Gambar 4.11 Temperatur 480 °C

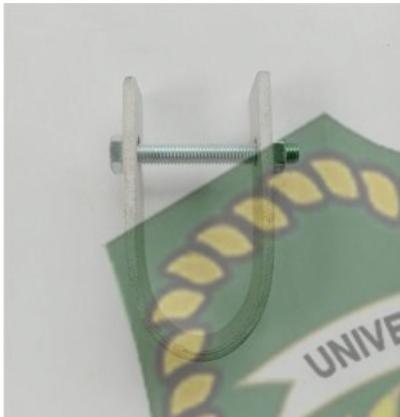


Gambar 4.12 Temperatur 650 °C

Gambar 4.13 Temperatur 820 °C

Pada material Stainless steel AISI 304 tersebut di dapat hasil terbentuknya korosi pitting pada permukaan specimen dari perendaman menggunakan  $H_2SO_4$  selama 336 jam ( 14 hari ). Dari keempat gambar spesimen tersebut korosi sumuran (pitting) yang paling banyak terjadi pada semua permukaan terdapat pada tempering 650 °C, sedangkan pada specimen 650 °C dan 820°C mengalami korosi pitting sebagian, dan pada specimen tanpa pemanasan mengalami korosi pitting di bagian lekukan bending.

#### 4.4.3 Bentuk specimen setelah pengkorosian selama 504 jam ( 21 hari )



Gambar 4.14 Tanpa pemanasan



Gambar 4.15 Temperatur 480 °C



Gambar 4.16 Temperatur 650 °C

Gambar 4.17 Temperatur 820 °C

Pada material Stainless steel AISI 304 tersebut di dapat hasil terbentuknya korosi pitting pada permukaan specimen dari perendaman menggunakan  $H_2SO_4$  selama 504 jam ( 21 hari ). Dari keempat gambar spesimen tersebut korosi pitting yang paling banyak terjadi pada semua permukaan specimen terdapat pada tempering 480 °C, 650 °C dan 820°C, sedangkan specimen tanpa pemanasan mengalami korosi pitting tidak disemua permukaan.

#### 4.4.4 Data luas permukaan benda uji

Dilihat dari dimensi bentuk specimen adalah balok, maka untuk surface areanya adalah sebagai berikut :

$$A_S = 2 \times (p \times l + p \times t + l \times t)$$

$$A_S = 2 \times (130 \times 15 + 130 \times 3.0 + 15 \times 3.0)$$

$$A_S = 4770 \text{ mm}^2 = 477 \text{ cm}^2$$

#### 4.4.5 Perhitungan Laju Korosi Metode Weight Loss (Kehilangan berat)

Pada perhitungan laju korosi metode weight loss dapat digunakan untuk mencari selisih massa dari sebuah specimen/benda uji, Rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$W = W_0 - W_1 \text{ (gr)}$$

Dimana :

W = Selisih massa spesimen (gr)

W<sub>0</sub> = Massa awal specimen sebelum diuji (gr)

W<sub>1</sub> = Massa akhir specimen setelah diuji (gr)

Pada perhitungan laju korosi suatu pengujian yang telah dilakukan, dapat diketahui besar laju korosi yang terjadi. Dalam pengujian ini nilai K (Konstanta) yang digunakan tergantung dari unit satuan yang akan digunakan. Setiap unit satuan mempunyai nilai K yang berbeda – beda. Rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$\text{Laju korosi} = \frac{K \cdot W}{D \cdot A \cdot T} = (\text{mm/y})$$

Dimana :

K = Konstanta

W = Selisih massa specimen (gr)

D = Massa jenis benda ( $\text{g/cm}^3$ )

$A_s$  = Luas permukaan benda yang diuji ( $\text{cm}^2$ )

T = Waktu perendaman (jam)

Tabel 4.2 Data Konstanta Pada Laju Korosi

Satuan Laju Korosi	Konstanta (K)
Mils per year (mpy)	$3,45 \times 10^6$
Inchies per year (ipy)	$3,45 \times 10^3$
Inchies per month (ipm)	$2,87 \times 10^2$
Milimeters per year (mm/y)	$8,76 \times 10^7$
Micrometers per year ( $\mu\text{m/y}$ )	$8,76 \times 10^4$
Picometers per second (pm/s)	$2,87 \times 10^6$
Grams per square meter per hour ( $\text{g/m}^2 \text{ h}$ )	$1,00 \times 10^4 D^A$
Miligrams per square decimeter per day (mdd)	$2,40 \times 10^6 D^A$
Micrograms per square meter per second ( $\mu\text{g/m}^2 \text{ s}$ )	$2,78 \times 10^6 D^A$

#### 4.4.6 Perhitungan Laju Korosi SS 304 Tanpa Perlakuan panas selama 168 jam

Perhitungan laju korosi ini dilakukann pada minggu pertama setelah pencelupan menggunakan larutan asam sulfat, berikut perhitungan laju korosinya:

Diketahui :

$$W_0 = 49.95 \text{ gr}$$

$$W_1 = 43.48 \text{ gr}$$

$$K = 8.76 \times 10^7$$

$$D = 7.86 \text{ g/cm}^3$$

$$A_s = 477 \text{ cm}^2$$

$$T = 168 \text{ jam}$$

$$W = W_0 - W_1$$

$$= 49.95 - 43.48 \text{ (gr)}$$

$$= 6.47 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Korosi} &= \frac{K \cdot W}{D \cdot A \cdot T} \text{ (mm/y)} \\
 &= \frac{8.76 \times 10^{-7} \times 6.47}{7.86 \times 477 \times 168} = 899.82 \text{ mm/y}
 \end{aligned}$$

Dengan cara perhitungan yang sama pada nilai dan waktu perendaman yang berbeda 168 jam ( 7 hari ), 336 jam ( 14 hari ) dan 504 jam ( 21 hari ) dengan tanpa perlakuan panas dan yang di beri perlakuan panas pada temperatur 480°C, 650°C, 820°C, dengan waktu tahan 2 jam dapat dilihat hasilnya pada tabel 4.3

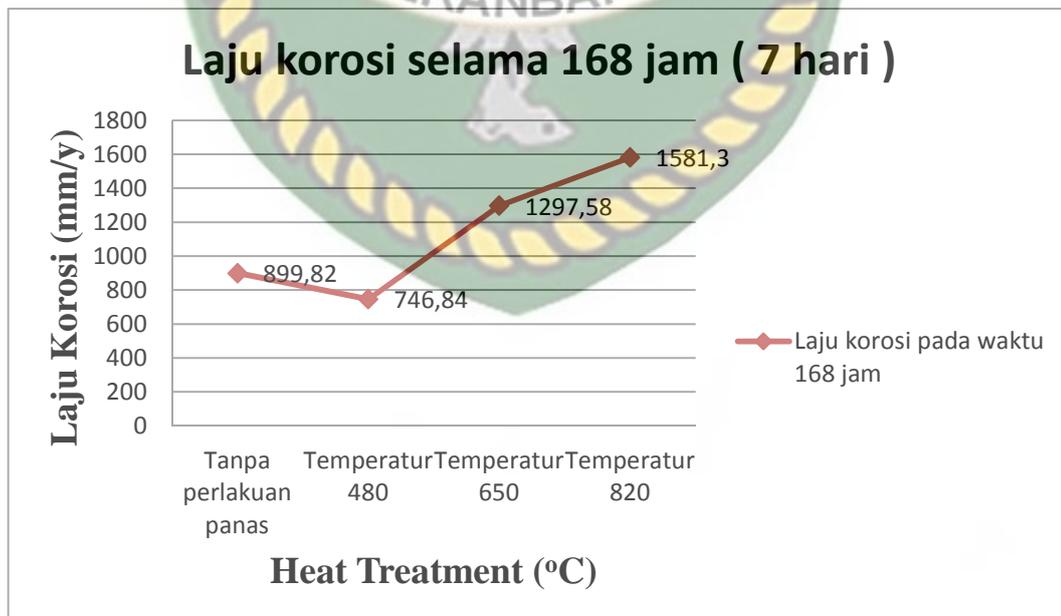
Tabel 4.3 Data Pengukuran Berat Spesimen

Temperatur °C	Waktu Perendaman (jam)	Massa Awal (gr)	Massa Akhir (gr)	Kehilangan Massa (gr)	Laju Korosi (mm/y)	Rata - rata (mm/y)
Tanpa Pemanasan	168	49.95	43.48	6.47	899.82	633.57
	336	54.67	45.83	8.84	614.72	
	504	51.31	42.98	8.33	386.16	
Temperatur 480 °C	168	52.83	47.46	5.37	746.84	654.66
	336	56.57	43.36	13.21	918.6	
	504	49.21	42.77	6.44	298.55	
Temperatur 650 °C	168	53.98	44.65	9.33	1297.58	870.46
	336	51.65	40.05	11.6	806.64	
	504	50.69	39.75	10.94	507.16	
	168	53.75	42.38	11.37	1581.3	

Temperatur 820 °C	336	49.59	38.95	10.64	739.88	947.72
	504	51.09	39.83	11.26	522	

Dilihat dari tabel diatas hasil perhitungan laju korosi bahwa specimen hasil perendaman yang dilakukan dalam waktu 168 jam ( 7 hari ) tanpa perlakuan panas dan dengan perlakuan panas mendapatkan nilai yaitu untuk specimen tanpa perlakuan panas dengan nilai laju korosi sebesar 899.82 mm/y, Sedangkan spesimen yang diberi perlakuan panas pada temperatur 480<sup>0</sup>C mengalami penurunan nilai laju korosi dari specimen tanpa perlakuan panas yaitu mendapatkan nilai 746.84 mm/y, dan spesimen yang diberi perlakuan panas temperatur 650<sup>0</sup>C didapat nilai laju korosinya mengalami kenaikan sebesar 1297.58 mm/y, sedangkan padaspesimen dengan perlakuan panas temperatur 820<sup>0</sup>C nilai laju korosinya yang didapat lebih tinggi dari temperatur 480<sup>0</sup>C ,650<sup>0</sup>C dan tanpa perlakuan panas yaitu 1581.30 mm/y.

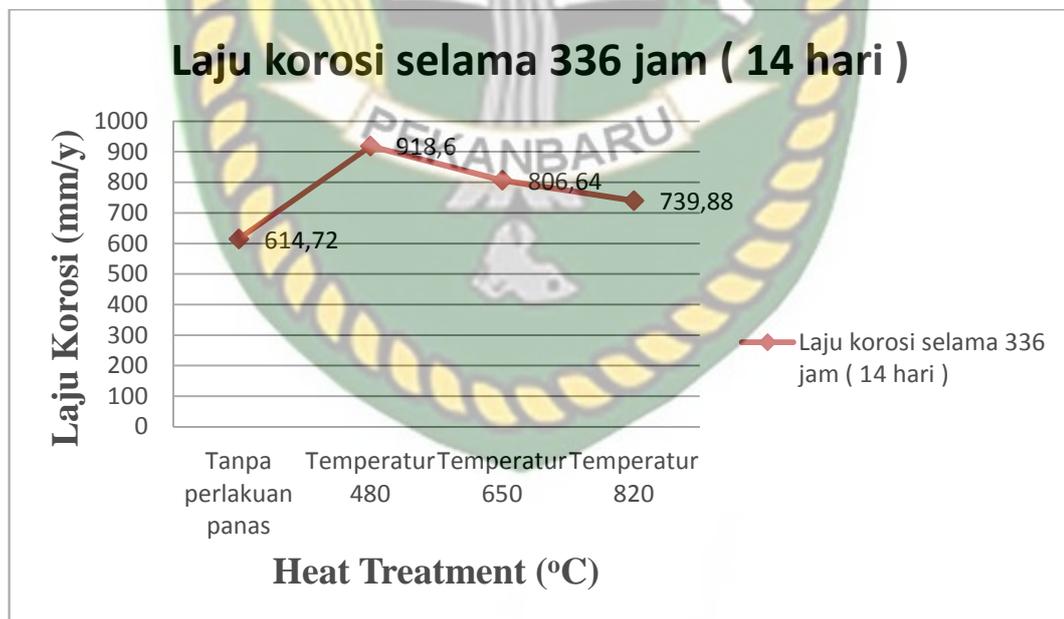
Data tersebut kemudian dibuat dalam bentuk grafik seperti yang tertera pada gambar 4.18



Gambar 4.18 Grafik laju korosi selama 168 jam ( 7 hari )

Hasil perhitungan laju korosi untuk specimen hasil perendaman yang dilakukan dalam waktu 336 jam ( 14 hari ) tanpa perlakuan panas dan dengan perlakuan panas mendapatkan nilai yaitu untuk specimen tanpa perlakuan panas dengan nilai laju korosi sebesar 614.72 mm/y, Sedangkan spesimen yang diberi perlakuan panas pada temperatur 480<sup>0</sup>C mengalami kenaikan nilai laju korosi dari specimen tanpa perlakuan panas yaitu mendapatkan nilai 918.60 mm/y, dan pada spesimen yang diberi perlakuan panas temperatur 650<sup>0</sup>C nilai laju korosinya mengalami penurunan sebesar 806.64 mm/y, sedangkan pada specimen perlakuan panas temperatur 820<sup>0</sup>C nilai laju korosinya menurun dari temperatur 480<sup>0</sup>C dan 650<sup>0</sup>C, tetapi nilai tersebut lebih tinggi dari specimen tanpa perlakuan panas yaitu 739.88 mm/y.

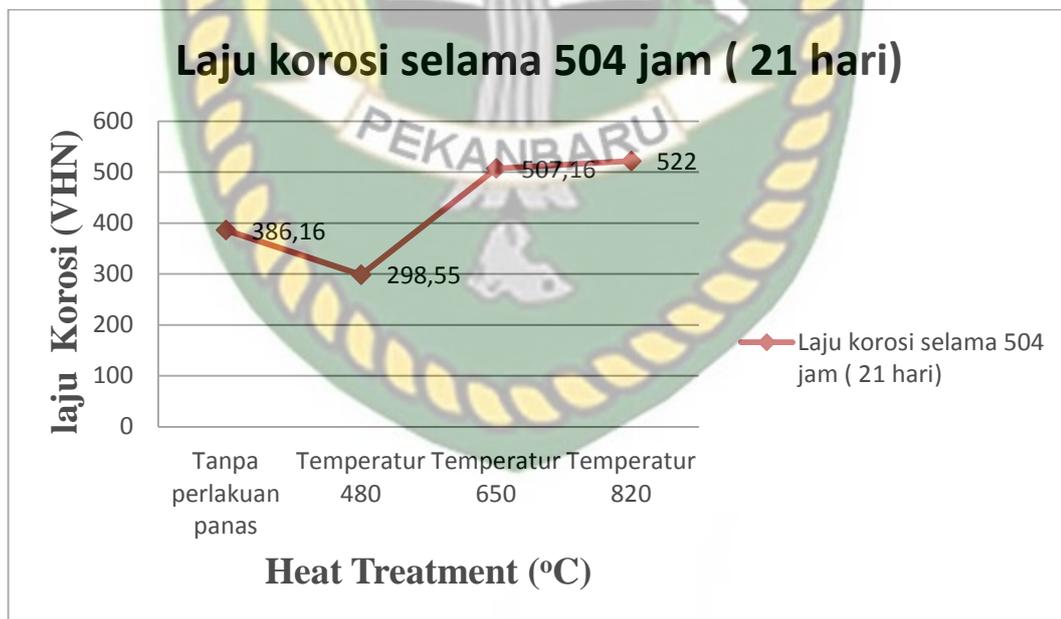
Data tersebut kemudian dibuat dalam bentuk grafik seperti yang tertera pada gambar 4.19



Gambar 4.19 Grafik laju korosi selama 336 jam ( 14 hari )

Kemudian untuk perhitungan laju korosi untuk specimen hasil perendaman yang dilakukan dalam waktu 504 jam ( 21 hari ) tanpa perlakuan panas dan dengan perlakuan panas mendapatkan nilai yaitu untuk specimen tanpa perlakuan panas dengan nilai laju korosi sebesar 386.16 mm/y, Sedangkan spesimen yang diberi perlakuan panas pada temperatur 480<sup>0</sup>C mengalami penurunan nilai laju korosi dari specimen yang tanpa perlakuan panas yaitu 298.55 mm/y, dan spesimen yang diberi perlakuan panas temperatur 650<sup>0</sup>C nilai laju korosinya mengalami kenaikan sebesar 507.16 mm/y, sedangkan pada spesimen tempering 820<sup>0</sup>C nilai laju korosinya mengalami kenaikan dari temperatur 480<sup>0</sup>C,650<sup>0</sup>C dan dari spesimen tanpa perlakuan panas yaitu 522.00 mm/y.

Data tersebut kemudian dibuat dalam bentuk grafik seperti yang tertera pada gambar 4.20



Gambar 4.20 Grafik laju korosi selama 504 jam ( 21 hari )

#### 4.5 Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa Perlakuan panas temperature aging berpengaruh terhadap struktur mikro, kekerasan dan laju korosi. Pada Stainless steel AISI 304 tanpa perlakuan panas memiliki struktur mikro berbentuk batas butiran yang berukuran kecil dan padat. hal ini ditunjukkan dengan nilai kekerasan 165.54 VHN, sedangkan rata – rata laju korosinya yaitu 633.56 mm/y dengan jenis korosi pitting tidak disemua permukaan. Pada stainless steel yang diberi perlakuan panas temperature 480 °C selama 2 jam struktur mikronya adalah berbentuk batas butiran yang cukup besar, di bandingkan bentuk batas butiran pada specimen tanpa perlakuan panas. pada temperaur 480 °C ini kekerasan mengalami penurunan dari stainless steel AISI 304 tanpa perlakuan panas yaitu 163.37 VHN, sedangkan rata – rata laju korosinya meningkat yaitu 654.66 mm/y, dibandingkan dengan stainless steel AISI 304 tanpa perlakuan panas sehingga sampel pada temperatur ini rata – rata mengalami korosi pitting di semua permukaan .

Pada dari stainless steel AISI 304 yang diberi perlakuan panas temperatur 650°C selama 2 jam struktur mikronya adalah berukuran besar di bandingkan dengan yang tanpa perlakuan panas dan temperatur 480°C , pada temperatur 650 ini kekerasan menurun dari temperatur 480°C dan specimen tanpa perlakuan panas dengan nilai kekerasan 162.72 VHN, dan rata – rata laju korosinya 870.46 mm/y lebih besar dibanding temperatur 480°C dan specimen tanpa perlakuan panas, sehingga sampel pada temperatur ini masih mengalami korosi pitting seragam disemua permukaan.

Kemudian pada stainless steel AISI 304 yang diberi perlakuan panas temperitur aging 820°C struktur mikro adalah berbentuk butiran yang sangat besar dalam pembesaran yang sama yaitu 50x, pada temperature ini ukuran butiran bertambah lebih besar dari spesimen tanpa perlakuan panas dan spesimen yang diberi perlakuan panas 480°C dan 650°C. Pada temperatur 820°C ini kekerasan meningkat dari stainless steel tanpa perlakuan panas dan pada temperatur 480°C

dan 650<sup>0</sup>C yaitu 173.18 VHN, rata – rata laju korosi meningkat dari temperatur aging 480<sup>0</sup>C, 650<sup>0</sup>C dan tanpa perlakuan panas yaitu 947.72 mm/y.

Laju korosi paling tinggi terjadi pada specimen dengan waktu perendaman 168 jam (7 hari) dengan nilai laju korosi sebesar 1581.3 mm/y, dan laju korosi paling rendah terjadi pada specimen dengan waktu perendaman 504 jam (21 hari) dengan nilai laju korosi 298.55 mm/y. Hasil penelitian ini hampir sejalan dengan hasil penelitian Sumarji , 2011 yang menggunakan sampel Stainless steel 201 dimana terlihat adanya korosi berupa lubang – lubang yang dinamakan korosi sumuran atau *pitting*. Korosi ini menyebar di daerah lengkungan. Hal ini dipicu oleh adanya perbedaan tegangan antara bagian lengkungan dengan bagian lurus. Hasil penelitian ini hampir sejalan dengan hasil penelitian I. Sukmana Dkk, 2007 yang menggunakan sampel Stainless steel AISI 304 dimana ditemukan bahwa temperature 500 °C dan 670 °C akan menyebabkan korosi sumuran (*pitting*)

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Tingkat laju korosi paling tinggi terdapat pada spesimen yang diberi perlakuan panas temperatur 820<sup>0</sup>C selama 2 jam dengan laju korosi sebesar 1581.3 mm/y pada perendaman 168 jam sehingga menimbulkan korosi sumuran (*pitting*) yang paling tinggi, dan dengan kekerasan paling tinggi sebesar 173.18 VHN.
2. Laju korosi paling rendah terdapat pada spesimen yang diberi perlakuan panas temperatur 480<sup>0</sup>C dengan waktu perendaman 504 jam dengan nilai korosi 298.55 mm/y, nilai kekerasan specimen paling rendah terdapat pada specimen temperature 650<sup>0</sup>C dengan nilai 162.54 VHN.
3. perlakuan panas *aging* berpengaruh terhadap struktur mikro
4. perlakuan panas *aging* berpengaruh terhadap laju korosi dan kekerasan material

#### 5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya perlu menambahkan uji kekerasan pada material sebelum dan sesudah pengkorosiaan
2. untuk penelitian berikutnya perlu adanya variasi media pendingin pada proses perlakuan panas

## DAFTAR PUSTAKA

Amstead.1997. Teknologi Mekanik. Erlangga.Jakarta. edisi ketujuh.

Dewi Handayani. Dkk. 2014. Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol.2, No 2, Tahun 2014

Faris Hizrian Maulana, 2015. JURNAL TEKNIK ITS Vol. 4, No. 1, (2015).

Roberge, Pierre R.,2008 Dikutip dari jurnal Sumarji, 2012. Jurnal ROTOR, Volume 5 Nomor 1, Januari 2012

Sukmana Dkk 2007. JURNAL TEKNIK/Volume 14 Nomor.2 AGUSTUS 2007

Sourmail, T. et al., 2003, Sensitisation and Evolution of Chromium-depleted Zones in Fe-Cr-Ni-C Systems, ISIJ International, Vol.43, pp. 1814-1820

Sumarji, 2012. Jurnal ROTOR, Volume 5 Nomor 1, Januari 2012

Tata Surdia dan Shinroku Saito, 1984