



TUGAS AKHIR - VM180629

PENGARUH VARIASI MEDIA PENDINGIN PADA LAKU
PANAS BAJA TAHAN KARAT AISI 304 TERHADAP
NILAI UJI TARIK DAN UJI IMPAK

Gigih Pambudi Winoto
NRP. 1021150000044

Dosen Pembimbing :
Ir. Eddy Widiyono, MSc.
NIP. 19601025 198701 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019

**PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN
PLAGIAT**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Gigih Pambudi Winoto
NRP : 10211600000044
Program Studi : Diploma III Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin Industri
Fakultas :Vokasi

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir (TA) yang sayatulis ini benar-benar tulisan saya dan bukan merupakan hasil plagiat. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan TA ini hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatantersebut sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi – ITS.

Surabaya, 2020
Yang membuat
pernyataan,



Gigih Pambudi Winoto
NRP. 10211600000044

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN

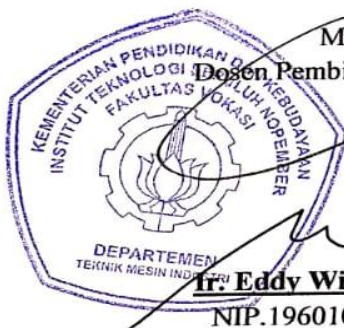
**PENGARUH VARIASI MEDIA PENDINGIN
PADA LAKU PANAS BAJA TAHAN KARAT AISI
304 TERHADAP NILAI UJI TARIK DAN UJI
IMPAK**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada
Program Studi Diploma III Departemen Teknik Mesin
Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh

GIGIH PAMBUDI WINOTO

NRP. 10211600000044



Menyetujui,
Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Ir. Eddy Widiyono, M.Sc.

NIP.19601025 198701 1 001

Surabaya,
Oktober 2020

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Abstrak

Baja tahan karat atau stainless steel AISI 304 merupakan material yang mengandung senyawa besi dengan komposisi setidaknya 10,5% kromonium untuk mencegah terjadinya korosi, dilakukannya pengujian pengaruh variasi media pendingin ini untuk mengetahui sifat sifat dari baja tahan karat AISI 304 ini.

Pada pengujian ini menggunakan baja tahan karat AISI 304. Dilaku panas tidak setimbang dengan waktu penahanan 60 menit. Dalam hal ini menggunakan variasi media pendingin (air + garam 10%, air, air + minyak, minyak, udara). Penelitian ini meliputi pengujian tarik dan pengujian impak.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa Benda uji dengan media pendingin air + garam 10% mempunyai nilai ketangguhan terbesar dan benda uji dengan media pendingin udara mempunyai nilai ketangguhan terendah.

Benda uji dengan media pendingin udara mempunyai kekuatan tarik terbesar dan benda uji dengan media pendingin air + garam 10% mempunyai nilai kekuatan tarik terendah.

Kata kunci : Baja tahan karat AISI 304, Karbida krom, Korosi batas butir, Nilai kekerasan

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Abstract

Steel resistant rust or stainless steel AISI 304 is a material that contains a compound of iron with a composition of at least 10.5% chromium to prevent the occurrence of corrosion , does testing the effect of variations in media cooling is to determine the nature of properties of steel resistant rust AISI 304 this .

In testing this using a steel resistant rust AISI 304. Dilaku heat is not in proportion to the time of the detention of 60 minutes . In this case using variations in the cooling media (water + 10% salt, water, water + oil , oil , air). Research This includes testing of tensile and testing impact .

From the results of the study showed that the test specimen with media cooling water + salt 10% had a value of toughness largest and object test with media cooling air has a value of toughness lows .

The test object with media cooling air has strength tensile largest and object test with media cooling water + salt 10% had a value of strength tensile lows .

Words key : Steel resistant rust AISI 304, carbide chrome , Corrosion limit grain , Value violence

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

AlhamdulillahRabbil‘Alamin, segala puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan karunia, rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan dan menuntaskan seluruh pengerjaan Tugas Akhir ini yang berjudul :*“Pengaruh Variasi Media Pendingin Pada Laku Panas Baja Tahan Karat AISI 304 Terhadap Nilai Uji Tarik dan Uji Impak”*.

Penyelesaian Tugas Akhir ini merupakan syarat kelulusan akademis dan memperoleh gelar Ahli Madya dalam menempuh pendidikan di program studi D3 Teknik Mesin, Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam terselesaikannya tugas akhir ini, penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada banyak semua pihak yang telah membantu secara moral maupun materi, yaitu :

1. Bapak Ir. Eddy Widiyono, MSc. Selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah banyak memberikan bimbingan dan ilmu – ilmu yang bermanfaat sehingga terselesaikannya tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT. Selaku Kepala Departemen Teknik Mesin Industri FV - ITS.
3. Bapak Ir. Suhariyanto, MT. Selaku Koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Mesin Industri FV – ITS.
4. Bapak Ir. Subowo, MSc. Selaku dosen wali selama berada di Departemen Teknik Mesin Industri FV – ITS.

5. Bapak dan Ibu dosen penguji yang memberikan kritik, saran, dan masukan yang bermanfaat untuk penyempurnaan tugas akhir ini.
6. Seluruh dosen dan karyawan yang telah membimbing penulis dalam menggali ilmu di Departemen Teknik Mesin Industri FV – ITS.
7. Ni Putu Nadilla Giannita M yang dengan baik hati telah memberikan banyak waktunya untuk menemani pengambilan data sampai selesai selama perkuliahan dan pengerjaan tugas akhir ini.
8. Galang Aji Prasetyo, Muhammad Yusuf Ardinsyah, Oka Surya D.A, Reza Herdiansyah dan Ardian Bagas Alkindy selaku partner tugas akhir.
9. Teman-Teman Rego Kost yang telah membantu saya memberikan dukungan dan pengambilan data selama ini.
10. Seluruh teman – teman warga D3MITS angkatan 2016 yang selalu membantu dan memberikan semangat kepada penulis. Terimakasih atas segala kritik dan saran serta motivasi yang telah kalian berikan.
11. Semua pihak yang belum disebutkan diatas yang telah memberikan do'a, bantuan dan dukungannya bagi penulis hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan tugas akhir ini. Akhirnya, penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dimasa depan.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIASI.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL.....	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Metodologi Penelitian.....	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	3

BAB II DASAR TEORI

2.1 Penelitian Yang Pernah Dilakukan.....	5
2.2 Baja Tahan Karat.....	5
2.2.1 Baja Tahan Karat Austenitik.....	6
2.2.2 Stainless Steel AISI 304.....	7
2.2.3 Sensitisasi	9
2.2.4 Presinitasi	10
2.2.5 Karbida Krom	11
2.3 Proses Laku Panas.....	12
2.3.1 Laku Panas Quenching.....	13
2.3.2 Laju Pendinginan.....	14
2.4 Uji Tarik.....	15

2.5 Uji Impak.....	19
--------------------	----

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian.....	25
3.2 Penjelasan Diagram Alir.....	26
3.2.1 Studi Literatur	27
3.2.2 Survey	27
3.3 Benda Uji.....	27
3.3.1 Benda Uji Impak.....	28
3.3.2 Benda Uji Tarik	28
3.4 Langkah Percobaan.....	29
3.4.1 Proses Laku Panas	29
3.4.2 Pendinginan	30
3.4.3 Pengujian Impak	30
3.4.4 Pengujian Tarik	31
3.5 Hasil dan Analisa.....	31
3.6 Kesimpulan.....	31

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Laku Panas.....	33
4.2 Hasil Pengujian Tarik.....	34
4.2.1 Daerah Elastis.....	34
4.2.2 Daerah elastis.....	38
4.2.3 Analisa Hasil Pengujian Tarik.....	43
4.3 Hasil Pengujian Impak.....	43
4.3.1 Analisa Hasil Pengujian Impak.....	44

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran.....	45

DAFTAR PUSTAKA.....	47
---------------------	----

LAMPIRAN.....	49
BIODATA PENULIS.....	71

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Fasa Fe-C.....	8
Gambar 2.2 Diagram Fasa Fe-Ni-Cr.....	8
Gambar 2.3 Cross Section diagram	10
Gambar 2.4 Skema Korosi Antar Butir.....	11
Gambar 2.5 Presipitasi	13
Gambar 2.6 Grafik Proses Laku Panas.....	14
Gambar 2.7 Diagram Laju Pendinginan.....	15
Gambar 2.8 Kurva Tegangan Regangan.....	16
Gambar 2.9 Metode Pengujian Impact Test.....	21
Gambar 2.10 Kolerasi Temperatur Kerja,Material, dan Kekuatan
Gambar 2.11 Pola Patahan Pada Penampang Uji Impak.....	23
Gambar 2.12 Sudut Pembebanan Pada Charpy Impact Test..	24
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	25
Gambar 3.2 Dimensi Benda Uji Impak.....	28
Gambar 3.3 Dimensi BENDA Uji Tarik.....	29
Gambar 3.4 Oven atau Muffle Furnace.....	30
Gambar 4.1 Grafik Proses Laku Panas.....	33
Gambar 4.2 Grafik Uji Tarik.....	34
Gambar 4.3 Grafik Kekuatan Luluh.....	36
Gambar 4.4 Grafik Modulus Resilience.....	38
Gambar 4.5 Grafik Ultimate Tensile Strength.....	39
Gambar 4.6 Grafik Ultimate Tensile.....	41
Gambar 4.7 Grafik Regangan.....	42
Gambar 4.8 Grafik Nilai Impak.....	44

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Pengaruh Unsur Paduan Baja Tahan Karat.....	9
Tabel 2.2	Komposisi Kimia Baja Tahan Karat AISI 304.....	10
Tabel 3.1	Komposisi Kimia Baja Tahan Karat AISI 304.....	28
Tabel 4.1	Nilai Kekuatan Luluh.....	35
Tabel 4.2	Nilai Modulus Resilience.....	37
Tabel 4.3	Nilai Ultimate Tensile Stregth.....	39
Tabel 4.4	Nilai Ultimate Tensil.....	40
Tabel 4.5	Nilai Regangan.....	41
Tabel 4.6	Nilai kekuatan Impak.....	43

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Besidانبaja merupakan salah satu kebutuhan yang mendasar untuk suatu konstruksi. Material logam tersebut mempunyai sifat mekanik yang berbeda-beda. Sifat mekanik tersebut terutama meliputi kekerasan, keuletan, kekuatan, ketangguhan. Dengan kebutuhan yang sangat penting tersebut banyak dunia industri yang menginginkan suatu logam dengan sifat mekanik yang baik.

Uji impak merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui kekuatan serta keuletan material. Uji impak adalah pengujian dengan menggunakan pembebanan yang cepat. Uji Tarik merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui kekuatan suatu bahan atau material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu.

Baja tahan karat atau *stainless steel* merupakan material yang mengandung senyawa besi dengan komposisi setidaknya 10,5% kromonium untuk mencegah terjadinya korosi. Stainless steel 304 adalah salah satu material yang banyak digunakan dalam peralatan industri, alasan beberapa industry menggunakan material ini adalah mengandung tingkat keasaman yang cukup tinggi, yang mempunyai sifat – sifat mekanis yang baik pada temperatur tinggi maupun temperatur rendah dan tahan terhadap korosi.

Pada peristiwa ini, maka dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh variasi media pendingin dengan melakukan pengujian laku panas tidak setimbang (*quenching*), pengujian impak dan uji Tarik pada baja tahan karat AISI 304.

1.2 Rumusan Masalah

Dari penelitian tersebut ada beberapa rumusan masalah yang muncul sebagai pertanyaan pedoman agar sesuai dengan apa yang penulis inginkan, diantara rumusan masalah tersebut adalah :

1. Bagaimana pengaruh variasi media pendingin terhadap ketangguhan material baja tahan karat AISI 304 yang telah dilaku panas.
2. Bagaimana pengaruh variasi media pendingin terhadap kekuatan Tarik material baja tahan karat AISI 304 yang telah dilaku panas.

1.3 Batasan masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan pada tugas akhir ini adalah :

1. Bahan yang digunakan adalah baja tahan karat AISI 304
2. Menggunakan temperature 850°C
3. Menggunakan waktu penahanan 60 menit
4. Menggunakan lima variasi media pendingin yaitu : udara, minyak, air + minyak, air, dan air + garam 10%.
5. Melakukan uji impak baja tahan karat AISI 304 sesuai dengan standart JIZ 2202
6. Melakukan uji Tarik baja tahan karat AISI 303 sesuai dengan standart JIZ 2201

1.4 Tujuan penelitian

Adapun tujuan dalam penulisan ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh variasi media pendingin terhadap ketangguhan pada material baja tahan karat AISI 304 yang telah dilaku panas.
2. Mengetahui pengaruh variasi media pendingin terhadap kekuatan tarik material baja tahan karat AISI 304 yang telah dilaku panas.

1.5 Manfaat Penelitian

Dapat menerapkan pengetahuan dan teori yang selama ini didapatkan dari pembelajaran di bangku kuliah untuk diaplikasikan pada permasalahan yang ada.

1.6 Sistematika penulisan

Sistematika penulisan disusun untuk memberikan gambaran penjelasan mengenai isi dari setiap bab-bab diantaranya :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan secara singkat tinjauan secara umum mengenai latar belakang, rumusan permasalahan, batasan masalah, sistematika penulisan dan manfaat.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan beberapa teori penunjang yang digunakan untuk menyelesaikan penelitian ini.

BAB 3 METODOLOGI

Bab ini menjelaskan metodologi penelitian, diagram langkah penelitian, spesifikasi dan langkah proses pengujian-pengujian yang dilakukan.

BAB 4 HASIL DAN ANALISA

Membahas tentang hasil pengujian diantaranya adalah pengujian dampak dan pengujian tarik

BAB 5 KESIMPULAN

Membahas tentang kesimpulan dari hasil analisis dan saran-saran penulis.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi tentang referensi-referensi yang terkait dengan materi pembahasan berupa buku, jurnal terdahulu, maupun website yang dijadikan acuan.

LAMPIRAN

Berisi tentang data-data tambahan yang menunjang tugas akhir.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian yang Pernah Dilakukan

Dalam suatu penelitian diperlukan dukungan hasil-hasil penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian tersebut.

Dari penelitian Anwar Budiarto, Kristina Purwantini, dan BA.Tjipto Sujitno, dalam jurnal yang berjudul "*Pengamatan Struktur Mikro Pada Korosi batas Butir Dari Material Baja Tahan Karat Austenitik Setelah Mengalami Proses Pemanasan*".

Kemudian penelitian dari Dony Perdana dalam jurnal yang berjudul "*Pengaruh Variasi Temperatur pada Proses Perlakuan Panas Baja AISI 304 Terhadap Laju Korosi*" benda uji dilaku panas dengan variasi temperature yaitu 600°C, 700°C, 800°C, 900°C, dengan waktu penahanan 30 menit dan didinginkan dengan media air, kemudian dicelupkan kedalam larutan asam sulfat untuk media korosi. Dari hasil penelitian didapatkan laju korosi terbesar berada pada specimen yang dipanaskan dengan temperature 900°C yaitu sebesar 30,8574559 mpy.

Penelitian yang lain dilakukan oleh Tumpal Ojahan R, Yusup Hendronursito, dan Arif Hidayat dalam jurnal yang berjudul "*Analisa Fluida Pendingin Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro pada Material Stainless Steel 304*".

2.2 Baja Tahan Karat

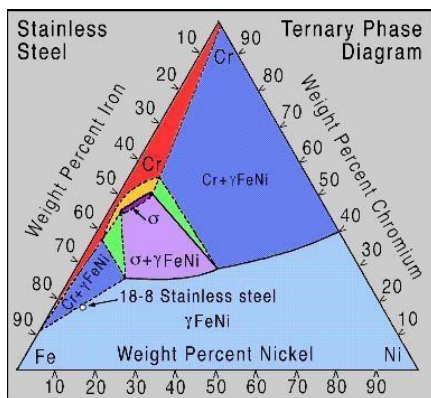
Baja tahan karat termasuk dalam grup besi paduan tingkat resistensi tinggi terhadap serangan kimia atau sifat tahan karat. Banyak diantara baja ini yang digolongkan secara metalurgi menjadi baja tahan karat austenite, baja tahan karat ferrit, baja tahan karat martensit, dan baja tahan karat tipe presipitasi.

Sifat tahan karat ini biasanya didapat dengan cara dipadukan atau dicampur dengan minimal 11% kromium.

Semakin tinggi paduan kromium dan penambahan nikel, dan beberapa elemen lain akan membuat sifat tahan karat dari baja tahan karat semakin baik.

2.2.1 Baja Tahan Karat Austenitik

Baja tahan karat austenitik atau *Austenitic Stainless Steel* mengandung sedikitnya 16% krom dan 6% nikel, grade ini standar untuk SS304 dan sampai ke grade *super austenitic stainless steel* seperti 904L dengan kadar krom dan nikel lebih tinggi serta unsur tambahan Mo sampai 6%. Molybdenum (Mo), Titanium (Ti) atau Copper (Co) berfungsi untuk meningkatkan ketahanan terhadap temperature serta korosi. Austenitik cocok juga untuk aplikasi temperatur rendah disebabkan unsur nikel membuat *stainless steel* tidak menjadi rapuh pada temperatur rendah.



Gambar 2.2 Diagram Fasa Fe-Ni-Cr Pada Temperatur 900°C

(Sumber : Pengamatan Struktur Mikro Pada Korosi Antar Butir, 2009)

Baja tahan karat adalah baja paduan yang memanfaatkan keefektifan unsur Fe-Cr-Ni seperti yang

diperlihatkan pada Gambar 2.2. Baja tahan karat Austenitik dengan komposisi 17-25 % Cr, 8-20 % Ni dan 0,08-0,1 % C juga terdapat unsur tambahan lain seperti Ti, Mo, Cu, Nb dan Al. Pada baja tahan karat austenitik yang menjadi paduan utama adalah Cr, sebagai peran utama dalam menaikkan ketahanan korosi baja tahan karat. Di samping unsur krom terdapat juga unsur-unsur lain sebagai paduan. Masing-masing unsur mempunyai fungsi tertentu.

Tabel 2.1 Pengaruh Unsur Paduan Baja Tahan Karat Austenit

No	UNSUR	PENGARUH
1	Karbon (C)	Menaikkan kekerasan Pembentuk karbida krom menurunkan ketahanan korosi
2	Krom (Cr)	Pembentuk ferrit Menaikkan ketahanan korosi
3	Nikel (Ni)	Pembentukan austenit Menaikkan kekuatan pada temperatur tinggi
4	Nitrogen (N)	Menaikkan ketahanan korosi Pembentuk austenit yang sangat kuat, yaitu (26-30) kali dari pengaruh Ni
5	Niobium (Nb)	Unsur pembentuk karbida yang kuat, sehingga menghindari terjadinya karbida Cr. Pembentuk ferrit
6	Mangan (Mn)	Pembentuk ferrit pada temperatur tinggi Menstabilkan austenit pada temperatur tinggi
7	Molybdenum (Mo)	Menaikkan kekuatan pada temperatur tinggi Pembentuk ferrit
8	Titanium (Ti)	Unsur pembentuk karbida yang kuat, sehingga menghindari terjadinya karbida Cr. Pembentuk ferrit Menaikkan mampu mesin
9	Phospor (P)	Sedikit menurunkan ketahanan korosi.
10	Sulfur (S)	Menaikkan kegetasan. Hanya diperkenankan kadar S antara (0.025-0.030) %

(Sumber : Pengamatan Struktur Mikro Pada Korosi Antar Butir, 2009)

2.2.2 *Stainless Steel* AISI Tipe 304

Baja paduan SS AISI 304 merupakan jenis baja tahan karat *austenitic stainless steel* yang memiliki komposisi 0.042% C, 1.19% Mn, 0.034% P, 0.006% S, 0.049% Si,

18.24% Cr, 8.15% Ni, 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 HRB.

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 antara lain untuk: tanki dan container untuk berbagai macam cairan dan padatan, peralatan pertambangan, kimia, makanan, dan industri farmasi.

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Baja Tahan Karat AISI 304

Unsur (%)						
C	Mg	P	S	Si	Cr	Ni
0.018	1.600	0.400	0.020	0.300	18.300	8.060

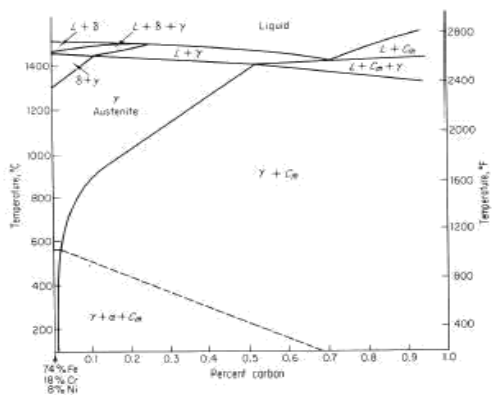
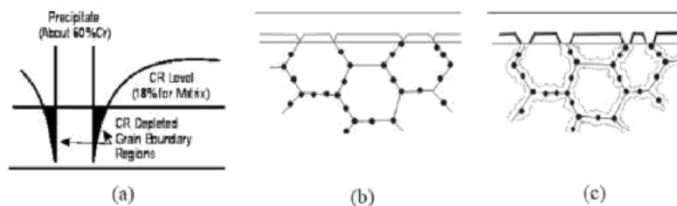


Fig. 9-10 Tentative cross-section diagram showing trend of reactions in steels alloyed with 18 percent chromium and 8 percent nickel. (From E. E. Thum, "Book of Stainless Steels," 2d ed., American Society for Metals, Metals Park, Ohio, 1935.)

**Gambar 2.3 Cross Section diagram untuk baja yang mengandung 18% kromium
(Sumber : Introduction To Physical Metalurgy, 1974)**

2.2.3 Sensitisasi

Sensitisasi atau sensitisation ialah pengendapan karbida selama perlakuan panas baja stainless yang mereduksi sejumlah krom yang diperlukan untuk ketahanan korosi. Kecenderungan suatu bahan untuk terkorosi sangat ditentukan oleh jenis maupun sifat-sifat bahan maupun lingkungannya. Sifat-sifat bahan sangat ditentukan oleh beberapa faktor di antaranya adalah jenis unsur paduan, cara perlakuan pemanasan maupun cacat-cacat yang menyertai saat pengerjaan. Peristiwa sensitisasi dapat mengakibatkan terjadinya korosi antar butir. Hal ini disebabkan ketidaksempurnaan struktur mikro baja tahan karat ketika berada pada temperatur sensitisasi (450-850)°C dan dibiarkan mendingin secara perlahan maka atom karbon akan menarik atom-atom krom untuk membentuk partikel kromium karbida di daerah batas butir (grain boundary) seperti ditunjukkan gambar



Gambar 2.4 Skema Korosi Antar Butir Pada Baja Tahan Karat

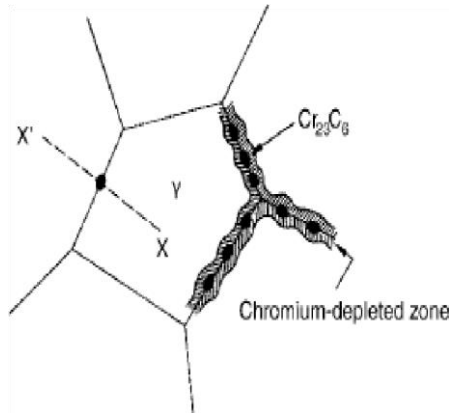
(Sumber : Pengamatan Struktur Mikro Pada Korosi Antar Butir, 2009)

Pada Gambar 2.4 (a) menunjukkan daerah yang kekurangan krom (Cr) di sekitar batas butir, Gambar 2.4

(b) menunjukkan endapan krom karbida (Cr_{23}C_6) pada batas butir, Gambar 2.4 (c) menunjukkan daerah yang terkena korosi antar butir.

2.2.4 Presipitasi

Presipitasi ialah pemisahan fasa baru dari padatan atau larutan lewat jenuh, biasanya terjadi karena perubahan kondisi temperatur, tekanan, atau keduanya. Presipitasi karbida terjadi sebagai akibat adanya unsur paduan yang membentuk senyawa karena adanya energi yang mengaktifasi unsur-unsur tersebut. Energi tersebut dapat terjadi sebagai akibat proses fabrikasi, seperti yang terjadi pada proses pengelasan. Dengan demikian bisa dikatakan bahwa faktor yang berpengaruh terhadap terjadinya presipitasi karbida adalah jenis dan jumlah unsur paduan dalam baja serta perlakuan panas yang dialami baja tersebut. Pada tahun 1950 Mahla dan Nielson melihat dengan lebih teliti, bentuk, ukuran serta letak dari presipitasi karbida yang diyakinkan sebagai penyebab korosi batas butir. Kasus yang paling sering ditemui adalah korosi batas butir pada baja tahan karat austenitik (austenitic stainless steels). Korosi ini terjadi akibat terbentuknya presipitasi karbida (M_{23}C_7) pada batas butir, yang menyebabkan daerah sekitar batas butir akan mengalami pemiskinan kromium (chromium depletion) sampai jauh dibawah kadar 12 % yang merupakan kadar ambang batas syarat ketahanan baja terhadap korosi (Fontana, 1983). Presipitasi karbida terjadi sebagai akibat adanya unsur paduan yang membentuk senyawa karena adanya energi yang mengaktifasi unsur-unsur tersebut. Energi tersebut dapat terjadi sebagai akibat proses fabrikasi, seperti yang terjadi pada proses pengelasan. Dengan demikian bisa dikatakan bahwa faktor yang berpengaruh terhadap terjadinya presipitasi karbida adalah jenis dan jumlah unsur paduan dalam baja serta perlakuan panas yang dialami baja tersebut.



Gambar 2.5 Presipitasi
(Sumber : Analisa Ketahanan Korosi dari Daerah
Sensitisasi pada Sambungan Lasan Logam Berbeda Jenis
Antara Baja Tahan Karat SS 304 dan Baja Karbon A36
Dengan Parameter Ketebalan dan Posisi Pengelasan,
Abdullah 2012)

2.2.5 Karbida Krom

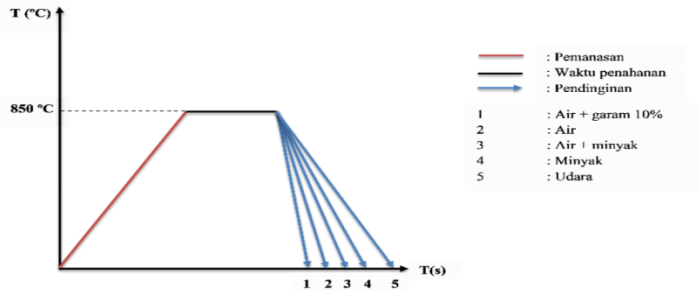
Presipitasi karbida pada batas butir baja tahan karat austenitik menurunkan kadar kromium disekitarnya sehingga menyebabkan baja rentan terhadap serangan korosi batas butir. *Chromium Carbide* atau disebut Kromium Karbida, sebagian besar terbentuk pada batas butir dan tidak terbentuk di dalam butiran itu sendiri. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan laju difusi (*diffusion rate*) atom-atom chromium (Cr) melewati volume butir dan sepanjang batas butir yang jenuh dengan ketidaksempurnaan dari kisi-kisi Kristal.

2.3 Proses Laku Panas

Perlakuan panas adalah suatu proses pemanasan dan pendinginan logam dalam keadaan padat untuk mengubah sifat-sifat mekaniknya. Baja dapat dikeraskan sehingga tahan aus dan kemampuan memotong meningkat atau dapat dilunakan untuk memudahkan proses pemesinan lanjut. Melalui perlakuan panas yang tepat, tegangan dalam dapat dihilangkan, ukuran butir dapat diperbesar atau diperkecil. Selain itu ketangguhan ditingkatkan atau dapat dihasilkan suatu permukaan yang keras disekeliling inti yang ulet. Untuk memungkinkan perlakuan panas tepat, komposisi kimia baja harus diketahui karena perubahan komposisi kimia, khususnya karbon dapat mengakibatkan perubahan sifat-sifat fisis.

2.3.1 Laku Panas *Quenching*

Quenching adalah proses perlakuan panas dimana prosesnya dilakukan dengan pendinginan yang relative cepat dari temperatur austenisasi (biasanya dari kisaran 815°C hingga 870°C). Baja tahan karat dan baja paduan tinggi dapat didinginkan untuk meminimalkan keberadaan batas karbida butir atau untuk meningkatkan distribusi ferrit, tetapi sebagian besar baja termasuk karbon, paduan rendah, dan baja perkakas didinginkan untuk menghasilkan jumlah martensit dalam struktur mikro yang terkontrol. Pengerasan yang berhasil biasanya berarti mencapai struktur mikro yang dibutuhkan yaitu kekerasan, kekuatan, atau ketangguhan, sambil meminimalkan tegangan sisa, distorsi, dan kemungkinan akan terjadi sebuah keretakan.



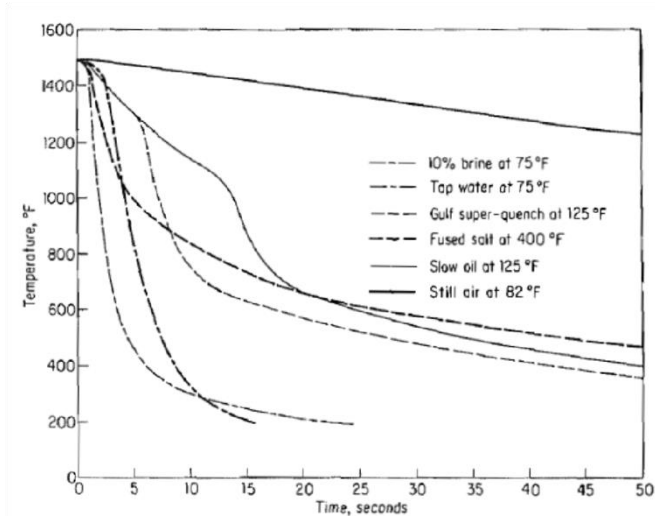
Gambar 2.6 Grafik Proses Laku Panas

2.3.2 Laju Pendinginan

Laju pendinginan yang terjadi pada suatu benda kerja tergantung pada beberapa faktor, terutama

1. Jenis media pendinginannya (panas jenisnya, konduktivitas panasnya, dll)
2. Temperatur media pendingin
3. Kuatnya sirkulasi pada media pendingin

Beberapa media pendingin yang sering digunakan pada proses hardening diurut menurut kekuatan pendinginnya :



Gambar 2.7 Diagram Laju Pendinginan
(Sumber : Introduction to Physical Metallurgy,
1974)

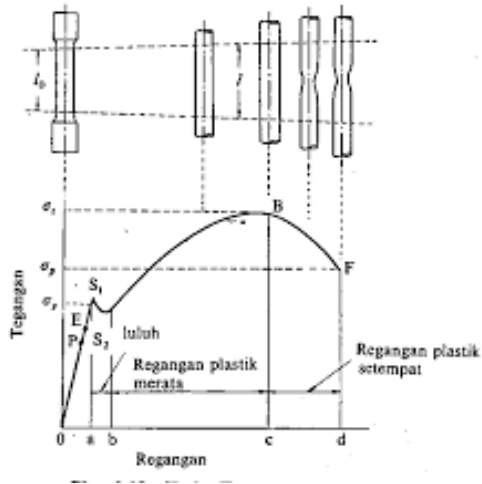
Jenis media pendingin :

1. Brine (air + 10% garam dapur)
2. Air
3. Salt bath
4. Larutan minyak dalam air
5. Minyak
6. Udara

Gambar grafik diatas menunjukkan perbandingan kemampuan pendinginan dari berbagai media pendingin tersebut terhadap suatu specimen dari baja tahan karat dengan diameter dan panjang setengah inchi, tanpa agitasi. Dengan adanya agitasi tentunya kekuatan pendinginan akan bertambah.

2.4 Uji Tarik

Pada pengujian tarik dipakai benda uji standart yang dicekam pada sebuah mesin penguji, kemudian benda tersebut ditarik dengan kecepatan pembebanan tertentu.



Gambar 2.8 Kurva tegangan – regangan

Hubungan antara tegangan dan regangan dapat dilihat dalam gambar 2.8. titik P menunjukkan batas dimana hukum Hooke masih berlaku dan disebut batas proporsi, dan titik E menunjukkan batas beban diturunkan ke nol lagi tidak akan terjadi perpanjangan tetap pada batang uji dan disebut batas elastis.

Tegangan dapat diperoleh dengan membagi beban dengan luas penampang awal benda uji

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_0} \left(\frac{kg}{mm^2} \right)$$

Dimana :

σ_u = Tegangan Tarik (Kg/mm^2)

F_u = Beban Maksimal (Kg)

A_0 = Luas penampang mula dari penampang batang (mm^2)

Regangan dapat diperoleh dengan cara perpanjangan panjang ukur (ΔL) dengan panjang ukur mula-mula.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \times 100\% = \frac{L_1 - L}{L} \times 100\%$$

Dimana :

ε = Regangan (%)

L = Panjang Akhir (mm)

L_0 = Panjang Awal (mm)

2.4.1 Istilah lain tentang interpretasi hasil uji tarik

A. Derajat Kelentingan (resilience)

Sebagai kapasitas suatu bahan menyerap energi dalam fase perubahan elastis (modulus of resilience) yang didefinisikan sebagai banyaknya energy yang diperlukan untuk meregangkan satu satuan volume bahan hingga batas elastis.

$$U_R = \frac{1}{2} \sigma_{el} \cdot \varepsilon_{el} = \sigma_{el}^2 / 2E$$

B. Derajat Ketangguhan (toughness)

Kapasitas suatu bahan menyerap energi dalam fase plastis sampai bahan tersebut putus.

-Untuk bahan yang ulet (ductile) :

$$UT = \sigma_u \cdot \varepsilon_f$$

Atau

$$UT = \varepsilon_f \cdot \frac{(\sigma_u + \sigma_y)}{2}$$

Untuk bahan yang getas (brittle) :

$$UT = \frac{2}{3} \sigma_u \cdot \epsilon_f$$

C. Kelenturan (ductile)

Merupakan sifat mekanik bahan yang menunjukkan derajat defomasi plastis yang terjadi sebelum suatu bahan putus atau gagal pada uji tarik. Bahan disebut lentur (ductile) bila regangan plastis yang terjadi sebelum putus lebih dari 5%. Bila kurang dari itu bahan dinyatakan grtas (brittle).

$$Do = \frac{A}{L} \times 100\% = \frac{L_1 - L}{L} \times 100\%$$

D. Kekakuan (stiffness)

Suatu bahan yang memiliki kekakuan tinggi bila mendapat beban (dalam batas elastiknya) akan mengalami deformasi elastik tetapi hanya sedikit saja. Kekakuan ditunjukkan oleh modulus elastisitas (Young's Modulus, E)

$$E = \frac{\sigma_{el}}{\epsilon_{el}}$$

2.4.2 Detail Profil Uji Tarik dan Sifat Mekanik Logam

A. Batas Elastis σ_e (*Elastic Limit*)

Dinyatakan dengan titik A. Bila sebuah bahan diberi beban sampai titik A, kemudian bebannya dihilangkan, maka bahan tersebut akan kembali ke semula. Tetapi bila beban ditarik sampai melewati titik A, hukum Hooke tidak lagi berlaku dan terdapat perubahan permanen dari bahan. Terdapat konversi batas regangan permanen (permanent strain) sehingga masih disebut perubahan elastis yaitu kurang dari 0,03% tetapi sebagian referensi menyebutkan 0,09%.

B. Batas Proporsional

Titik sampai dimana penerapan hukum Hooke masih dapat ditolerir. Dalam prakteknya biasanya batas proporsional sama dengan nilai batas elastis.

C. Regangan Luluh ε_y (*yield strain*)

Regangan permanen saat bahan akan memasuki fase deformasi plastis.

D. Regangan elastis ε_e (*elastic strain*)

Regangan yang diakibatkan perubahan elastis bahan. Pada saat beban dilepaskan regangan ini akan kembali ke posisi semula.

E. Regangan plastis ε_p (*plastic strain*)

Regangan yang diakibatkan perubahan plastis. Pada saat beban dilepaskan regangan ini tetap tinggal sebagai perubahan permanen bahan.

F. Regangan total (total strain)

Merupakan gabungan regangan plastis dan regangan elastis.

G Deformasi plastis (plastic deformation)

Perubahan bentuk yang tidak kembali ke keadaan semula.

H. Tegangan Luluh atas

Tegangan maksimum sebelum bahan memasuki fase daerah landing peralihan deformasi elastis ke plastis.

Tegangan rata-rata daerah landing sebelum benar-benar memasuki fase deformasi plastis. Bila hanya disebutkan tegangan luluh (*yield stress*), maka yang dimaksud adalah tegangan ini.

2.5 Uji Impak

Ketahanan suatu material terhadap beban mendadak, serta faktor-faktor yang mempengaruhi sifat material tersebut perlu diperhatikan.

Pengujian ini berguna untuk melihat efek-efek yang ditimbulkan oleh adanya takikan, bentuk takikan, temperatur, dan faktor lainnya. *Impact Test* bisa

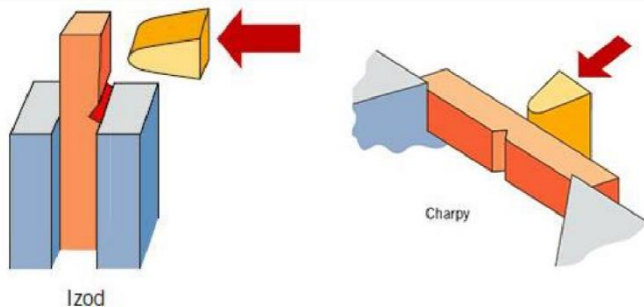
didefinisikan sebagai suatu pengujian yang mengukur kemampuan suatu bahan dalam menerima beban kejut dengan mengukur dari besarnya energi yang diperlukan untuk mematahkan benda kerja tersebut. Adapun *Impact Test* bertujuan untuk menentukan:

1. Ketahanan terhadap beban dampak
2. Sensitivitas dari bahan terhadap adanya takik (*notch*)
3. Analisa patahan (*Fracture Analysis*) dari benda kerja

Berdasarkan penempatan benda kerjanya dan arah gayanya pengujian Dampak terbagi menjadi dua yaitu *izod* dan *charpy*, benda kerja *izod* memiliki panjang lengan yang berbeda (*Asimetri*), sedangkan benda kerja *charpy* memiliki panjang lengan yang sama (*Simetris*)

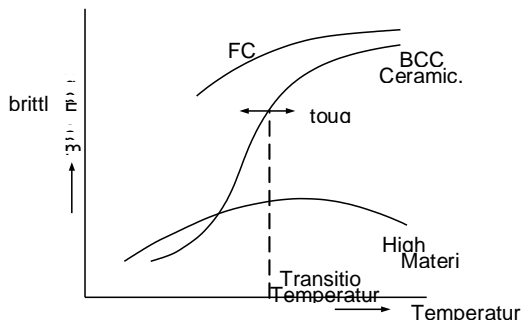
2.5.1 Pengujian Dampak Charpy

Metode ini merupakan pengujian tumbukan dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan horizontal atau mendatar, dan arah pembebanan berlawanan dengan arah takikan. Bandul harus tepat pada tengah spesimen uji. Prinsip dasar pengujian charpy ini adalah besar gaya kejut yang dibutuhkan untuk mematahkan benda uji dibagi dengan luas penampang patahan.



Gambar 2.9 Metode Pengujian Impact Test

Ketahanan suatu material terhadap energi impact, dipengaruhi juga oleh temperatur kerja. Pada umumnya kenaikan temperatur kerja akan meningkatkan kekuatan impact logam, sedangkan penurunan temperatur akan menurunkan kekuatan impactnya. Apabila temperatur kerja dari suatu benda kerja berada dibawah temperatur transisi dari material yang digunakan, maka akan terbentuk *crack* hingga *fracture* yang dapat menyebabkan kerusakan pada benda kerja, sedangkan apabila temperatur kerja terlalu rendah namun masih diatas temperatur transisi dari material crack tidak akan terbentuk.



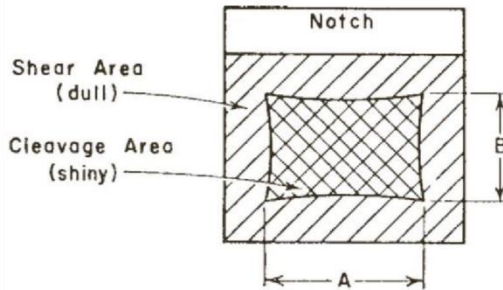
Gambar 2.10 Korelasi Temperatur Kerja, Material, dan

Energi yang didapat berasal dari pendulum yang dilepaskan dari ketinggian tertentu, dan berayun menghantam benda kerja, berkurangnya energi potensial dari pendulum setelah menghantam benda kerja merupakan energi yang diserap oleh benda kerja tersebut.

Notch atau takik memegang peranan penting terhadap kekuatan Impact suatu material. Dua buah benda kerja yang mempunyai luas penampang yang sama dapat memiliki kekuatan impact yang jauh berbeda, hanya diakibat perbedaan bentuk takik yang dimiliki. Perbedaan bentuk takikan pada benda kerja bisa berupa bentuk konfigurasi hasil desain,

kesalahan selama proses pengerjaan, atau cacat seperti korosi lokal yang bersifat tegangan memusat (*stress concentration*).

Fracture atau patah pada suatu material dapat digolongkan sebagai *Brittle Fracture* (getas) atau *Ductile Fracture* (ulet). Suatu material yang mengalami patah tanpa mengalami deformasi plastis dikatakan patah secara *brittle*. Sedangkan apabila patah didahului dengan suatu deformasi plastis dikatakan mengalami *Ductile Fracture*.



Gambar 2.11 Pola Patahan Pada Penampang Uji Impak

Dengan memperhatikan sudut akhir pada indikator *Charpy Impact Tester* (sudut β) besarnya energi impact dapat dihitung dengan penurunan persamaan energi mekanik berikut:

$$E_0 = W \cdot h_0$$

$$E_0 = W(L - L \cdot \cos\alpha) \quad (4.1a)$$

$$E_1 = W \cdot h_1$$

$$E_1 = (-L \cdot \cos\beta) \quad (4.1b)$$

Substitusi persamaan (4.1a) dan (4.1b) ke dalam persamaan ΔE

$$\Delta E = E_0 - E_1$$

$$\Delta E = (W(L - L \cdot \cos\alpha)) - (W(L - L \cdot \cos\beta))$$

$$\Delta E = W. (\text{Cos}\beta - \text{Cos}\alpha) \quad (4.2) \text{ Untuk}$$

mendapatkan nilai kekuatan impak ΔE (kgm) dibagi dengan luas penampang benda kerja dibagian yang patah (mm^2)

$$IS = \frac{W.L(\text{Cos}\beta - \text{Cos}\alpha)}{A} \quad (4.3)$$

Keterangan:

E_0 : Energi awal saat pendulum dilepas (kgm)

α : Sudut awal ($^\circ$)

E_1 : Energi akhir saat pendulum menghantam benda uji (kgm)

β : Sudut akhir ($^\circ$)

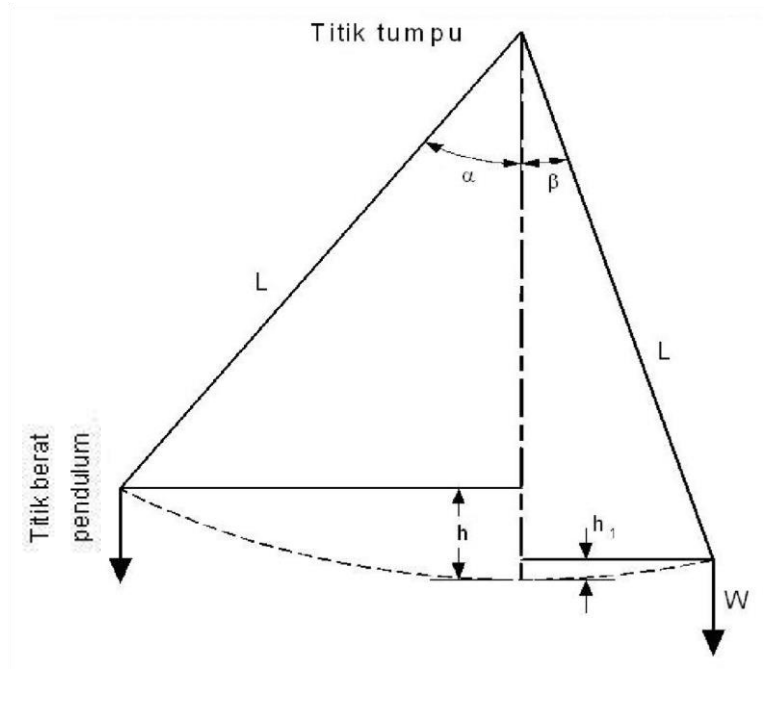
W : Berat pendulum (kgm)

L : Jarak titik tumpu ke titik berat pendulum (m)

ΔE : Energi yang digunakan mematahkan benda kerja (kgm)

A : Luas penampang yang rusak (mm^2)

IS : Kekuatan Impak (kgm/mm^2)



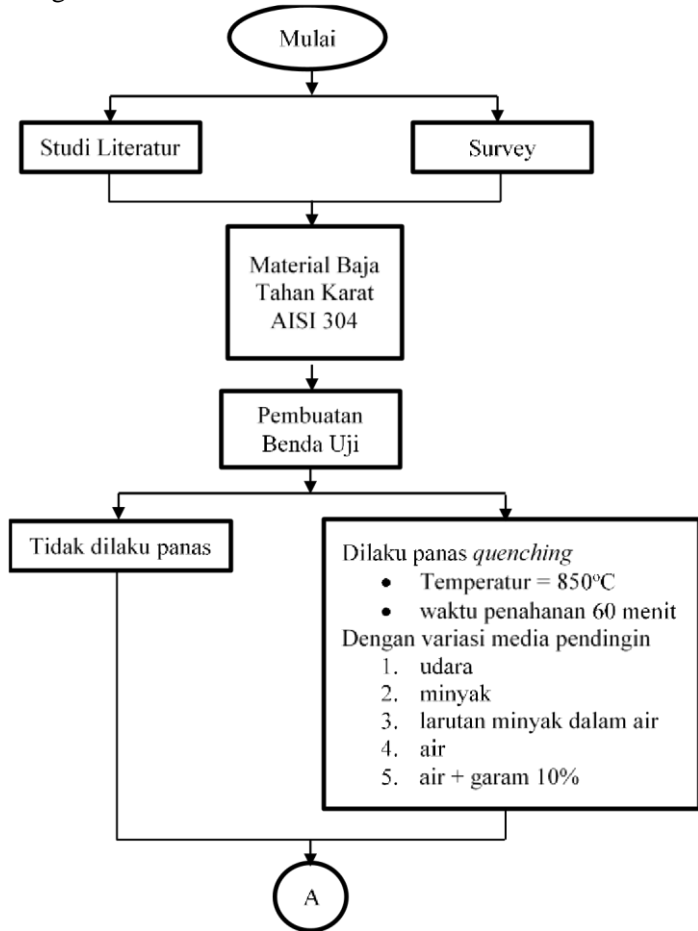
Gambar 2.12 Sudut Pembebanan Pada Charpy Impact Test

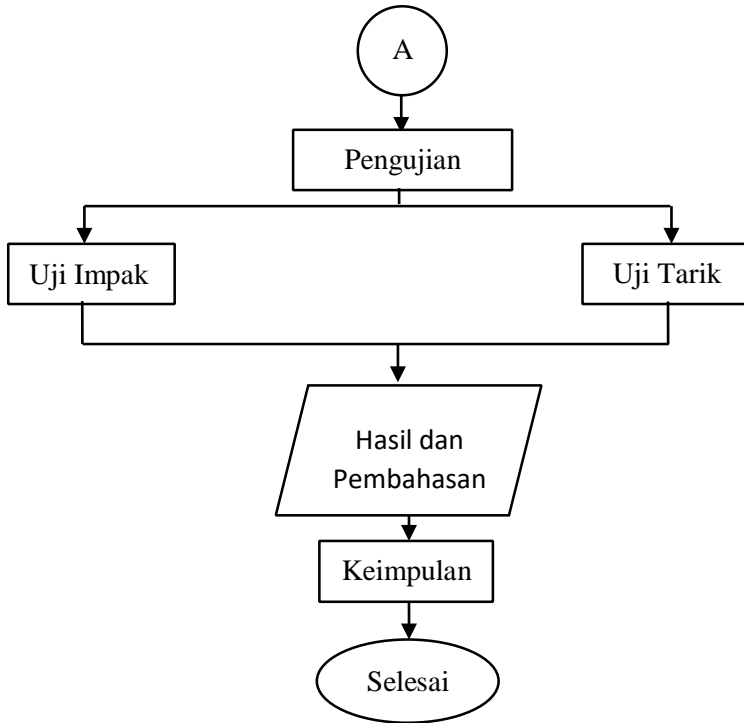
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Pengerjaan dalam pembuatan tugas akhir ini sesuai dengan diagram alir penelitian, dan bisa dilihat dalam gambar atau diagram dibawah ini





Gambar 3.1 Diagram Alir

3.2 Penjelasan Diagram Alir

Saat memulai hal yang dilakukan pertama kali ialah observasi dan study literatur tentang material yang akan dipakai yaitu Baja Tahan Karat AISI 304. Setelah observasi dan study literatur mengenai baja tahan karat AISI 304 tersebut kegiatan selanjutnya ialah pembuatan benda uji. Benda uji yang telah dipotong di uji laku panas *quenching* dengan temperatur 850°C dengan waktu penahanan selama 60 menit, lalu dilakukan pendinginandengan media pendingin udara, minyak, larutan minyak dalam air, air, air + garam 10%. Langkah selanjutnya ialah uji impact untuk mengetahui

seberapa besar kekuatan material tersebut dengan memukul benda yang akan diuji kekuatannya dengan pendulum yang berayun. Pendulum tersebut ditarik hingga ketinggian tertentu lalu dilepas, sehingga pendulum tersebut memukul benda uji hingga patah. Kemudian dilakukan uji tarik yaitu suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu [Askeland, 1985].

3.2.1 Studi Literatur

Studi literatur meliputi penggalian teori-teori mengenai objek yang akan diteliti, jurnal dari penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan masalah yang ditemui dan pernah dilakukan penelitian sebelumnya, pemahaman referensi dan data data yang akan dijadikan dasar untuk penyelesaian masalah yang ada. Adapun referensi tersebut dapat berupa *code*, *standart*, atau *handbook* yang ada. Sehingga dapat menjadi penunjang untuk dijadikan referensi dalam masalah interpass temperatur dalam penelitian yang akan dibuat.

3.2.2 Survey

Survey merupakan metode pengumpulan data yang bertentangan dengan kegiatan yang akan diteliti atau dijadikan bahan tugas akhir ini. Dari studi literatur dan Observasi mengenai baja tahan karat, lalu dilakukan pengambilan data spesifikasi bahan baja tahan karat AISI 304. Pengambilan data ini meliputi kandungan baja tahan karat tersebut.

3.3 Benda Uji

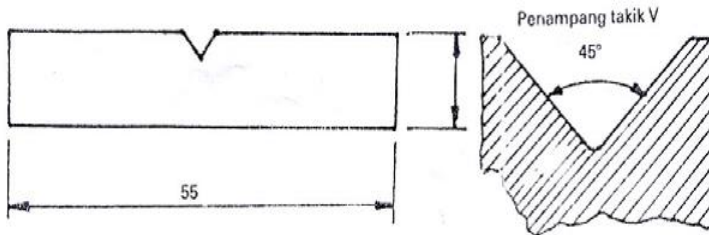
Material yang digunakan pada pengujian ini adalah baja tahan karat AISI 304.

Tabel 3.1 Komposisi Kimia Baja Tahan Karat AISI 304

Unsur (%)						
C	Mg	P	S	Si	Cr	Ni
0.018	1.600	0.400	0.020	0.300	18.300	8.060

3.3.1 Benda Uji Impak

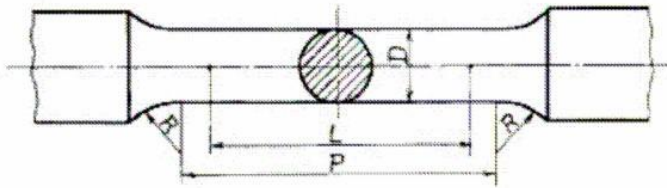
Pengujian ini didasarkan pada JIS Z 2022. Benda uji dipotong dengan dimensi yang sudah ditentukan sesuai dengan gambar 3.2



Gambar 3.2 Benda Uji Impak

3.3.2 Benda Uji Tarik

Pengujian ini didasarkan pada JIS Z 2201. Benda uji dipotong dengan dimensi yang sudah sesuai dengan gambar 3.3



Unit: mm

D	L	P	R
14	50	60	> 15

Gambar 3.3 Benda Uji Tarik

3.4 Langkah Percobaan

Berikut ini adalah langkah – langkah yang dilakukan untuk melakukan percobaan

3.4.1 Proses Laku Panas

Proses laku panas dilakukan dengan cara memasukkan sampel atau benda kerja ke dalam oven dan dilakukan pemanasan dengan temperatur 850°C dan waktu penahanan 60 menit. Laku panas dapat mengubah sifat-sifat fisis logam tersebut. Melalui perlakuan panas yang tepat, tegangan dalam dapat dihilangkan, besar butir diperbesar atau diperkecil, ketangguhan ditingkatkan atau dapat dihasilkan suatu permukaan yang keras di sekeliling inti yang ulet. Oven yang digunakan untuk proses laku panas seperti pada Gambar 3.5



Gambar 3.5 Oven atau *Muffle Furnace*

3.4.2 Pendinginan

Benda kerja yang telah mengalami proses perlakuan panas kemudian didinginkan secara kontinyu dengan beberapa media pendingin, yaitu : udara, minyak, larutan minyak dalam air, air, air + garam 10%.

3.4.3 Pengujian Impak

Prosedur pengujian kekerasan Impak sesuai standar JIS 2202 adalah sebagai berikut :

- 1) Memasang benda uji pada *Anvil* dengan takikan tepat berada pada titik tengah, bagian yang bertakik diletakkan disebelah dalam sehingga pendulum akan memukul benda uji pada sisi yang berlawanan dengan sisi benda uji yang bertakik.
- 2) Pendulum dinaikan setinggi h atau sebesar $140^\circ (\alpha)$
- 3) Atur posisi jarum penunjuk skala pada nol.
- 4) Tarik *Lock Handle* agar pendulum terlepas menghantam benda kerja uji, setelah menghantam benda kerja uji

pendulum masih akan berayun setinggi h_1 atau sebesar sudut β

- 5) Tarik *Brake Handle* tahan hingga pendulum berhenti.
- 6) Catat sudut β yang tertunjuk pada indicator
- 7) Ambil benda kerja yang telah diuji.

3.4.4 Pengujian Tarik

Uji Tarik dilakukan berdasarkan standart pengujian JIS Z 2201:

- 1) Mengukur benda uji dengan ukuran standart pengujian.
- 2) Mengukur panjang awal (L_0) atau *gage length* dan luas penampang irisan benda uji.
- 3) Mengukur benda uji pada pegangan (*grip*) atas dan pegangan bawah pada mesin uji Tarik.
- 4) Nyalakan mesin uji Tarik dan lakukan pembebanan Tarik
- 5) Catat hasil dari percobaan tersebut
- 6) Melepaskan benda uji pada pegangan atas dan bawah, kemudian satukan keduanya seperti semula
- 7) Melakukan pengambilan gambar.

3.5 Hasil dan Analisa

Tahapan ini merupakan analisa benda uji yang telah dilakukan pengujian impak tentang kekerasan dan pengujian tarik tentang elastisitasan.

3.6 Kesimpulan

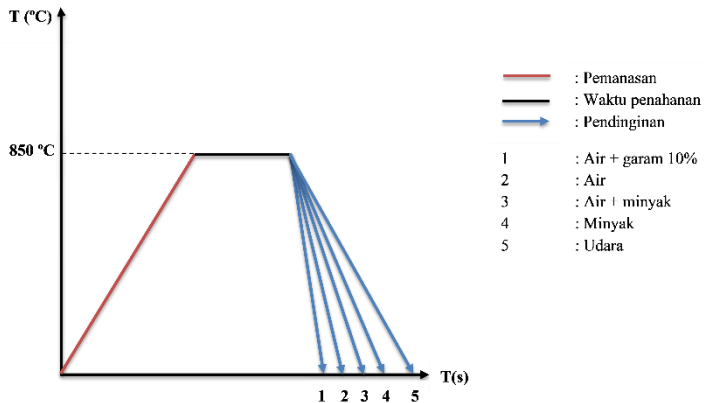
bahan atau benda uji baja tahan karat AISI 304 yang telah di laku panas dan dilakukan variasi media pendingin akan terlihat perbedaan

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Laku Panas

Pengujian laku panas ini dilakukan untuk mengetahui perubahan fasa dari baja tahan karat AISI 304. Pengujian ini dilakukan pemanasan menggunakan *furnace* (oven).



Gambar 4.1 Grafik Proses Laku Panas

Grafik diatas menunjukkan bahwa benda uji dilaku panas hingga 850°C dan diberi waktu penahanan (*holding time*) selama 60 menit, dan didinginkan dengan variasi 5 media pendingin yaitu : air + garam 10%, air, air + minyak, minyak, dan udara. Pendinginan yang paling cepat terjadi dengan menggunakan media pendingin air + garam 10%, dan pendinginan paling lambat dengan media pendingin udara.

Dipanaskan hingga 850°C bertujuan untuk menghilangkan tegangan sisa yang ada. Waktu penahanan 60 menit bertujuan untuk memberi waktu unsur karbon berikatan dengan unsur krom hingga terbentuknya daerah batas butir. Dan didinginkan dengan variasi 5 media pendingin untuk

mengetahui sifat fisis dan mekanik dari baja tahan karat AISI 304.

4.2 Hasil Pengujian Tarik

Pengujian Tarik dilakukan untuk mengetahui keuletan dan ketangguhan suatu bahan terhadap tegangan tertentu serta

4.2.1 Daerah Elastis

Dalam fase ini dapat di ketahui kekuatan luluh / yield strength (σ_y) dan Modulus Resilience (U_R) dari bahan tersebut.

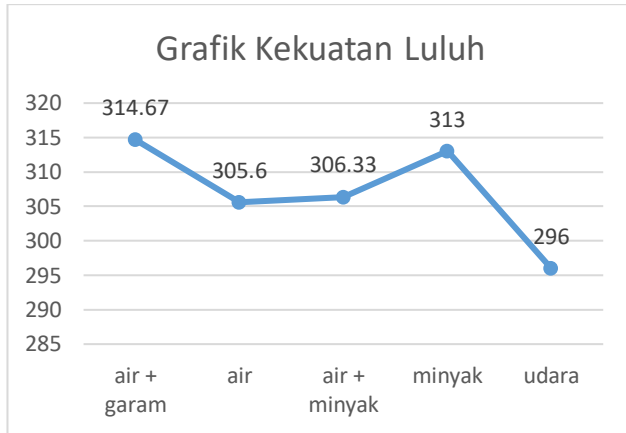
A. Kekuatan Luluh / Yield Strength (σ_y)

Pada tabel ini dapat di ketahui dimana menunjukkan kekuatan luluh perubahan dari deformasi elastis ke deformasi plastis. Dapat di lihat pada tabel sebagai berikut :

Spesimen / Media pendingin	Benda 1 (Kgf/mm^2)	Benda 2 (Kgf/mm^2)	Benda 3 (Kgf/mm^2)	Rata-rata (Kgf/mm^2)
Air + Garam 10%	308	318	318	314,67
Air	313	300	306	305,6
Air + Minyak	315	304	300	306,33
Minyak	313	302	324	313
Udara	290	302	296	296

Tabel 4.1 Nilai Kekuatan Luluh

Dari hasil pengujian dari seluruh benda uji maka dapat disajikan grafik seperti pada gambar berikut :



Gambar 4.3 Grafik Nilai Kekuatan Luluh

Grafik diatas menunjukkan bahwa kekuatan luluh tertinggi terjadi pada benda uji pendinginan cepat menggunakan air + gram 10% sebesar 314,67.

B. Modulus Resilience (U_R)

Pada tabel ini dapat diketahui dimana menunjukkan harga dari *modulus resilience* benda uji, sebagai berikut :

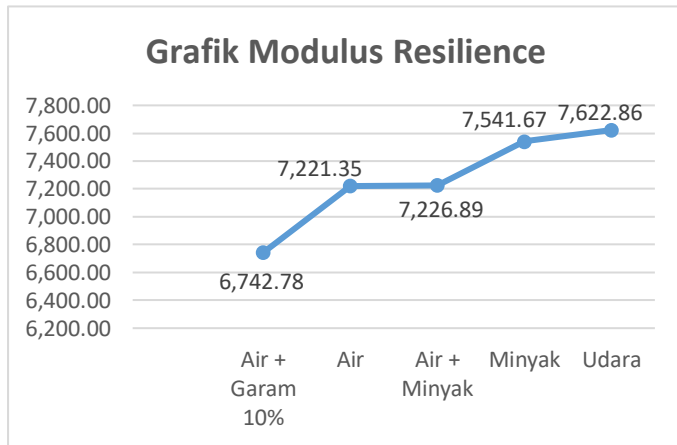
Spesimen / Media Pendingin	Benda 1 (Kgf/mm^2)	Benda 2 (Kgf/mm^2)	Benda 3 (Kgf/mm^2)	Rata-rata (Kgf/mm^2)
Air + Garam	6.468,45	7.018,48	6.741,40	6.742,78

Ta
be
1
4.
2
Ni

10%				
Air	7.530,78	6.928,50	7.204,77	7.221,35
Air + Minyak	7.632,45	7.122,72	6.925,50	7.226,89
Minyak	7.529,22	7.018,48	8.077,32	7.541,67
Udara	7.308,84	7.787,82	7.771,92	7.622,86

lai Modulus Resilience

Dari hasil pengujian dari seluruh benda uji maka dapat disajikan grafik seperti pada gambar berikut :



Gambar 4.4 Nilai Modulus Resilience

Grafik di atas menunjukkan bahwa kekuatan modulus resiliense tertinggi pada pendinginan lambat udara sebesar 7.622,86.

4.2.2 Daerah Plastis

Dalam fase ini dapat di ketahui nilai dari Ultimate Tensile Stregth (UTS), UT, dan Regangan (ϵ_f) dari bahan tersebut.

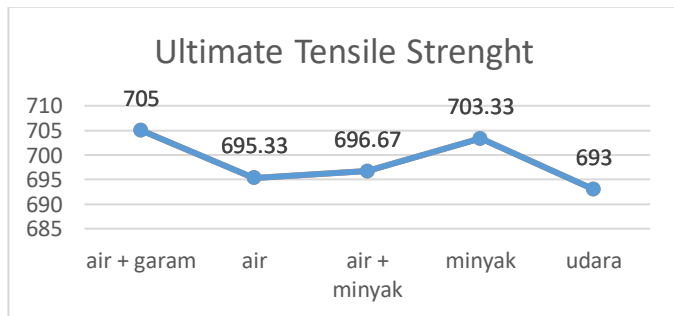
A. Ultimate Tensile Stregth (UTS)

Pada tabel di bawah ini dapat diketahui harga dari kekuatan tarik benda uji sebagai berikut :

Spesimen / Media Pendingin	Benda 1 MPa	Benda 2 MPa	Benda 3 MPa	Rata-rata MPa
Air + Garam 10%	706	711	698	705
Air	733	693	696	695,33
Air + Minyak	724	688	678	696,67
Minyak	709	668	712	703,33
Udara	687	704	688	693

Tabel 4.3 Nilai Ultimate Tensile Stregth

Dari hasil pengujian dari semua benda uji dapat di sajikan grafik sebagai berikut :



Gambar 4.5 Nilai Ultimate Tensile Streght

Grafik di atas menunjukkan bahwa kekuatan tarik tertinggi pada pendinginan cepat dengan air + garam 10% sebesar 705 Mpa.

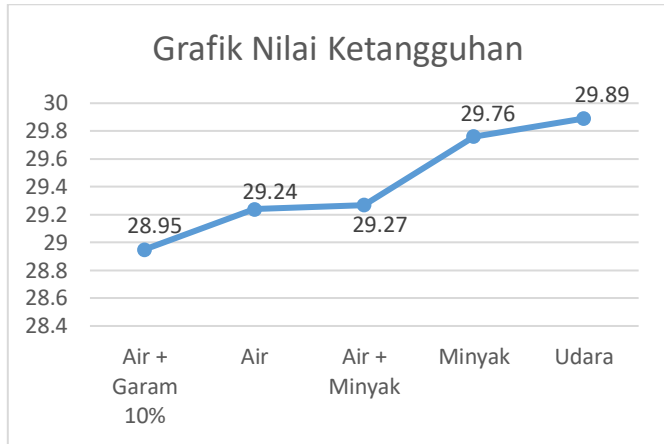
B. Ultimate Toughnees (UT)

Pada tabel dibawah ini dapat di ketahui nilai dari ketangguhan benda uji sebagai berikut :

Spesimen / Media Pendinginan	Benda 1 (Kgf/mm^2)	Benda 2 (Kgf/mm^2)	Benda 3 (Kgf/mm^2)	Rata-rata (Kgf/mm^2)
Air + Garam 10%	28,56	29,68	28,61	28,95
Air	30,40	29,37	29,53	29,24
Air + Minyak	29,83	28,78	29,20	29,27
Minyak	30,50	27,71	29,53	29,76
Udara	29,71	30,18	29,80	29,89

Tabel 4.4 Nilai UT

Dari hasil pengujian seluruh benda uji dapat di sajikan grafik sebagai berikut :



Gambar 4.6 Nilai UT

Grafik diatas menunjukkan nilai dari UT terbesar pada pendinginan lambat udara sebesar $29,89 \text{ Kg}f / \text{mm}^2$.

C. Regangan (ϵ_f)

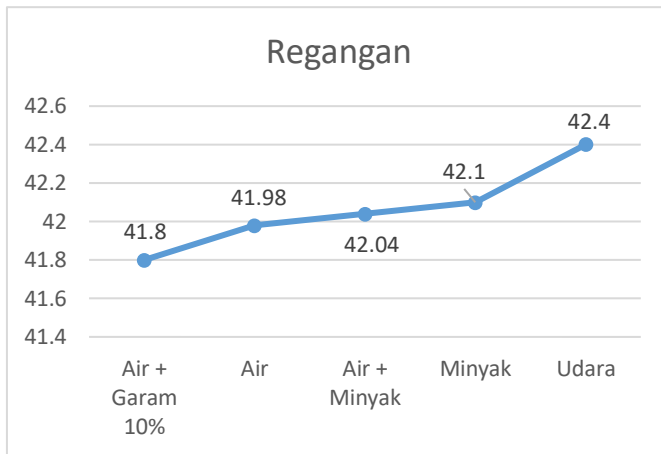
Pada tabel dibawah ini dapat di ketahui nilai dari regangan seluruh benda uji sebagai berikut :

Spesimen / Media Pendinginan	Benda 1 $\text{Kg}f / \text{mm}^2$	Benda 2 $\text{Kg}f / \text{mm}^2$	Benda 3 $\text{Kg}f / \text{mm}^2$	Rata-rata $\text{Kg}f / \text{mm}^2$
Air + Garam 10%	41,59	42,20	41,60	41,80
Air	43,03	41,50	41,45	41,98
Air +	41,23	41,96	43,06	42,04

Minyak				
Minyak	41,50	42,40	42,42	42,10
Udara	42,08	42,42	42,71	42,40

Tabel 4.5 Nilai Regangan

Dari hasil pengujian seluruh benda uji dapat di sajikan grafik sebagai berikut :



Gambar 4.7 Nilai Regangan

Grafik diatas menunjukkan nilai dari regangan terbesar pada pendinginan lambat udara sebesar 42,405.

4.2.3 Analisa Hasil Pengujian Tarik

Dengan adanya persipitat karbida ($M_{23}C_6$) yang terbentuk dapat mengakibatkan terjadinya korosi. Korosi ini dapat membuat benda uji tersebut semakin getas. Unsur karbida ($M_{23}C_6$) yang terbentuk terlalu banyak, sehingga benda uji tersebut kekurangan unsur

C_r sehingga benda tersebut mudah untuk terjadinya korosi.

Sebaliknya dengan pendinginan cepat kandungan unsur karbida ($M_{23}C_6$) tidak cukup waktu untuk bercampur dengan unsur lain menjadi persipitat. Sehingga menaikkan sifat mekanik benda tersebut.

“Sumber Ega Yudistira (2018-2019).Influence of Variation Cooling Media In Heat Behavior Stainless Steel AISI 304 Against Chromium Carbide, Boundary Grains Corrosion, and Hardening Value”.

4.3 Hasil Pengujian Impak

Pada pengujian impak ini dapat diketahui nilai dari keuletan dan ketangguhan suatu benda. Hasil dari pengujian tarik dapat dilihat pada tabel berikut :

Spesi men / Media Pendingin	Benda 1 $Joule/m^2$	Benda 2 $Joule/m^2$	Benda 3 $Joule/m^2$	Rata-rata $Joule/m^2$
Air + Garam 10%	1.032.988,95	1.032.988,95	1.032.988,95	1032988,95
Air	1.033.482,825	1.033.482,825	1.033.779,15	1033581,6
Air + Minyak	1.033.779,15	1.033.482,825	1.033.482,825	1.033581,6

Minyak	1.033.77 9,15	1.033.48 2,825	1.033.77 9,15	1033680 ,375
Udara	1.033.77 9,15	1.033.77 9,15	1.033.77 9,15	1033779 ,15

Tabel 4.6 Nilai Kekuatan Impak

4.3.1 Analisa Hasil Pengujian Impak

Dari hasil pengujian impak dari seluruh benda uji maka dapat disajikan grafik seperti pada gambar berikut :



Gambar 4.8 Nilai Kekuatan Impak

Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai impak terbesar terjadi pada benda uji dengan pendinginan lambat dengan udara sebesar $1033779,15 \text{ Joule}/\text{m}^2$ dan nilai impak terendah terjadi pada benda uji dengan media

pendingin cepat dengan air + garam 10% sebesar $1032988,95 \text{ Joule}/m^2$.

Dengan adanya kandungan persipit karbida yang terbentuk dapat mengakibatkan nilai dari kekuatan impak benda tersebut menjadi bertambah. Semakin banyak kandungan unsur karbida dalam suatu bahan tersebut maka bahan tersebut akan semakin getas.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa pengaruh variasi media pendingin pada baja tahan karat AISI 304 dapat disimpulkan bahwa :

1. Benda uji dengan media pendingin air + garam 10% mempunyai nilai ketangguhan terendah sebesar 1032988,95 joule/ m^2 dan benda uji dengan media pendingin udara mempunyai nilai ketangguhan terbesar sebesar 1033779,15 Joule/ m^2 ..
2. Benda uji dengan media pendingin udara mempunyai kekuatan tarik terendah yaitu 693 Mpa, dan benda uji dengan media pendingin air + garam 10% mempunyai nilai kekuatan tarik terbesar yaitu 705 Mpa.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat dilakukan untuk penelitian lebih lanjut :

1. Perlu adanya pengamatan lebih lanjut mengenai pengujian bending untuk lebih mengetahui nilai ketangguhan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

1. Avner, Sidney H, 1974, *Introduction To Physical Metallurgy*, McGraw-Hill Book Company, Singapore
2. Peckner, Donald. Bernstein, Irving Melvin, 1977, *Handbook of Stainless Steel*, McGraw-Hill Book Company, Singapore
3. Schweitzer, Philip A, 2003, *Metallic Materials*, Marcel Dekker, Inc. , New York
4. Christoph Doerr, 2016, *Evaluation of Sensitization in Stainless Steel 304 and 304L Using Nonlinear Rayleigh Waves*. School of Civil and Environmental Engineering, Georgia Institute of Technology
5. Budianto, A., Purwantini, K., 2009, *Pengamatan Struktur Mikro Pada Korosi Antar Butir Dari Material Baja Tahan Karat Austenitik Setelah Mengalami Proses Pemanasan*. Sekolah Tinggi Ilmu Nuklir, Batan
6. Perdana, Dony, 2017, *Pengaruh Variasi Temperatur Pada Proses Perlakuan Panas Baja AISI 304 Terhadap Laju Korosi*. Universitas Maarif Hasyim Latif, Sidoarjo
7. Hidayat, A., Hendronursito, Y., R Ojahan, T., 2017, *Analisa Fluida Pendingin Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Pada Material Stainless Steel 304*. Universitas Malayati, Lampung.
8. Surdita, T., & Saito, S. (1999). *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta : Pradnya paramita

9. Zakharov, B. (1962). Heat Treatment of Metal. Moscow
10. ASM Metals Handbook. (2005). *Properties and Selection, Irons , Steels and High Performing Alloy*. Vol 01.
11. Purwaningsih, H., Rochiem, R., Setiawan, E., 2009, *Pengaruh Proses Perlakuan Panas Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Baja AISI 310S*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

LAMPIRAN

1. Gambar proses laku panas dengan temperature 850°C dengan waktu penahanan 60 menit



2. Gambar proses pendinginan cepat dengan berbagai media pendingin



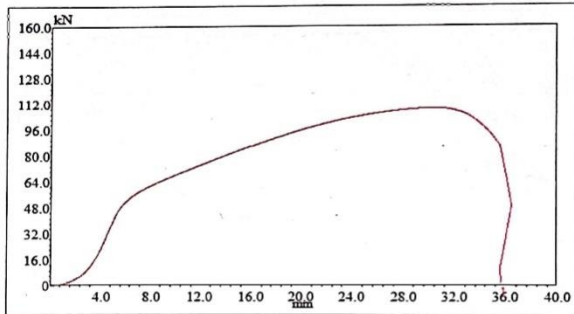




3. Hasil Uji Tarik Benda 1

Test Date : 07-01-2020

Test Result

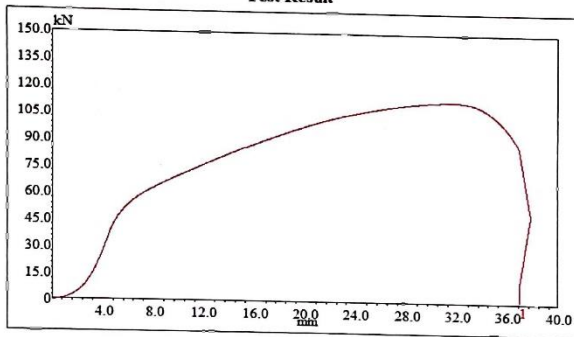


Sample Code	Diameter mm	Area mm ²	Yield Point kN	Yield strength MPa	Max. Load kN	UTS MPa	Elong. %
1A	14.00	153.94	48.11	313	109.12	709	
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---



Test Date : 07-01-2020

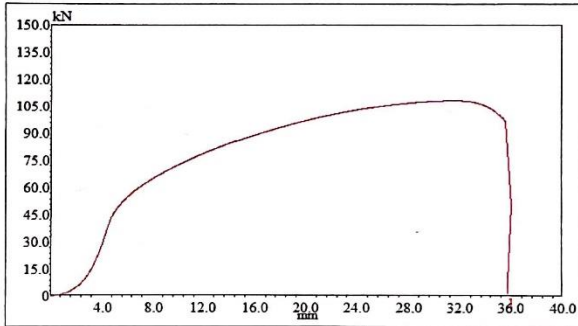
Test Result



Sample Code	Diameter mm	Area mm ²	Yield Point kN	Yield strength MPa	Max. Load kN	UTS MPa	Elong. %
4A	14.00	153.94	48.12	313	112.77	733	
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---

Test Date : 07-01-2020

Test Result



Sample Code	Diameter mm	Area mm ²	Yield Point kN	Yield strength MPa	Max. Load kN	UTS MPa	Elong. %
2B	14.00	153.94	46.48	302	108.35	704	
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---

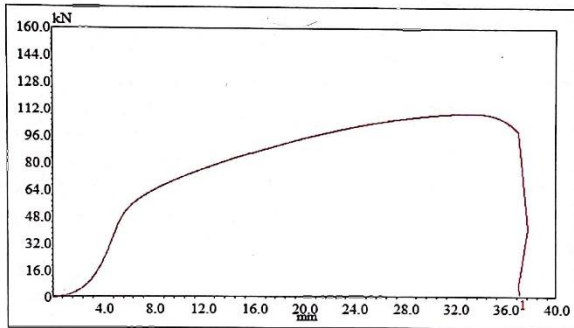
Hasil Uji Tarik Benda 3



Laboratorium Metalurgi
 Jurusan Teknik Material dan Metalurgi
 Fakultas Teknologi Industri
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember - Surabaya

Test Date : 07-01-2020

Test Result

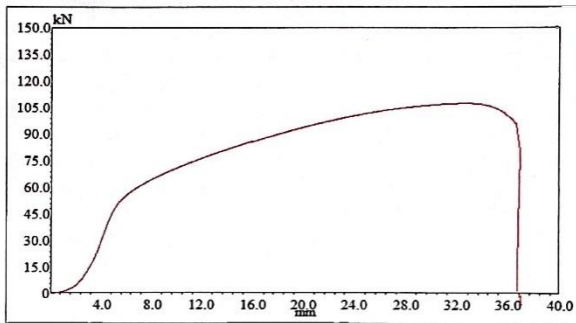


Sample Code	Diameter mm	Area mm ²	Yield Point kN	Yield strength MPa	Max. Load kN	UTS MPa	Elong. %
1C	14.00	153.94	49.86	324	109.67	712	
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---



Test Date : 07-01-2020

Test Result

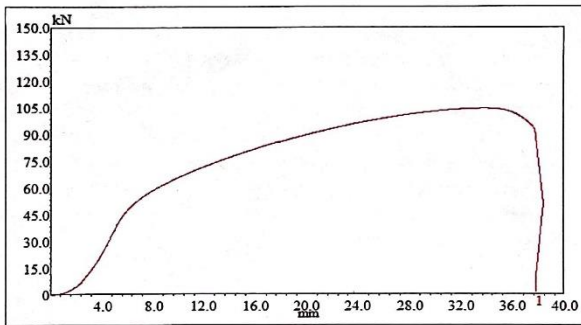


Sample Code	Diameter mm	Area mm ²	Yield Point kN	Yield strength MPa	Max. Load kN	UTS MPa	Elong. %
3C	14.00	153.94	48.88	318	107.37	698	
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---



Test Date : 07-01-2020

Test Result



Sample Code	Diameter mm	Area mm ²	Yield Point kN	Yield strength MPa	Max. Load kN	UTS MPa	Elong. %
6C	14.00	153.94	46.17	300	104.39	678	
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---

4. Hasil Pengujian Impak
Benda 1



Benda 2



Benda 3



Hasil Uji Impak

Spesi men / Media Pendingin	Benda 1	Benda 2	Benda 3	Rata-rata
Minyak	1.033.779,15	1.033.482,825	1.033.779,15	1033680,375
Air + Garam 10%	1.032.988,95	1.032.988,95	1.032.988,95	1032988,95
Udara	1.033.779,15	1.033.779,15	1.033.779,15	1033680,375
Air	1.033.482,825	1.033.482,825	1.033.779,15	1033581,6
Air +	1.033.779	1.033.482	1.033.482	1.03358

Minyak	,15	,825	,825	1,6
--------	-----	------	------	-----

a. Contoh perhitungan nilai rata rata Uji Impak

$$\frac{W.L (\cos \beta - \cos \alpha)}{A}$$

CHENMING S.S LIMITED											
Paima Industrial park,Danan town ,Jingxihu city,Jiangsu Prov.,CHINA 225721					T: +86-523-83982888 F: +86-523-82798818 info@chenmingstainless.com www.chenmingstainless.com						
INSPECTION CERTIFICATE 3.1											
ACCORDING TO EN 10204-2005											
CONSIGNEE: PT. Birtang Karya Steel			Certificate No.:			CM2019-PD-1010700					
Jl. Raya Margomulyo No. 46			Date of Issue:			1 NOV 2019					
Blou F-4C, Surabaya - 60183 Jawa Timur - Indonesia			PO No.:			CM52019021/CM-576-4					
Tel : +62-31-748 4848 Fax : +62-31-748 4855			INV No.:			CM52019101					
DELIVERY CONDITION	LENGTH REQUEST	TRADE MARK	ORIGINAL	STANDARDS	METLING PROCESS						
A	60-61 MTS	CHENMING	CHINA	ASTM A276	ET/ACQ/ME/MS						
ORDER DETAILS			MECHANICAL PROPERTIES (Testing methods as per ASTM A370)								
SIZE (MM or IN)	GRADE	SHAPE	NET WEIGHT (KGS)	FINISHING	HEAT TREATMENT °C	HARDNESS (HRB)	0.2% PROOF STRENGTH (MPa)	TENSILE STRENGTH (MPa)	ELONGATION %	REDUCTION OF AREA %	HEAT No.
50*4	304	ROUND	1980	BRIGHT	1050	221	527	753	43	57	HT10700
5/16	304	ROUND	2092	BRIGHT	1050	221	527	753	43	57	HT10700
10MM	304	ROUND	1839	BRIGHT	1050	221	527	753	43	57	HT10700
1	304	ROUND	2047	BRIGHT	1050	221	527	753	43	57	HT10700
2-1/2"	304	ROUND	2141	BRIGHT	1050	221	527	753	43	57	HT10700
45*45	304	SQUARE	1062	BRIGHT	1050	221	527	753	43	57	HT10700
10*50	304	FLAT	1048	NO.1	1050	215	463	662	39		HT9989
20X30X3	304	ANGLE	2928	NO.1	1050	215	463	662	39		HT9989
40X40X3	304	ANGLE	1446	NO.1	1050	215	463	662	39		HT9989
50X50X5	304	ANGLE	6249	NO.1	1050	215	463	662	39		HT9989
CHEMICAL ANALYSIS (Testing methods as per ASTM A751)											
HEAT NO.:	% C	% Si	% Mn	% P	% S	% Cr	% Ni	% Mo	% Cu		
HT10700	0.036	0.51	1.69	0.026	0.004	18.30	8.23	-	-		
HT9989	0.058	0.53	1.11	0.034	0.005	18.03	8.24	-	-		
ULTRASONIC TESTING -NDT						REMARKS					
*Testing method: ASTM A114-2010 *Equipment type: NC-100 Made in China *Sonde: Z.5P-620 *Medium: Oil *Tested piece: *Results: Satisfactory						*Free from radioactivity, verified through Gamma Ray Spectrometer *Free from mercury contamination *No welding has been performed on the material *This is only heat treatment certificate calibrated as per Anneure M *Visual & Dimensional inspection OK					
We confirmed that the material is manufactured & supplied in accordance to the Purchase Order											
										SIGNATURE	

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Gigih Pambudi Winoto dilahirkan di Nganjuk pada tanggal 14 Juni 1998, dari pasangan Bapak Sigit Winoto dan Ibu Endang Hermawati. Penulis merupakan anak sulung dari dua bersaudara.

Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Aisyah, Ngawi (2003-2004), SD Muhammadiyah 1 Ngawi - Ngawi (2004-2010), SMP Negeri 2 Ngawi (2010-2013), SMA Negeri 1 Ngawi (2013-2016). Pada tahun 2016 penulis mengikuti ujian masuk Program Studi Diploma ITS dan diterima sebagai mahasiswa di Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS Surabaya.

Selama duduk dibangku perkuliahan penulis aktif mengikuti kegiatan-kegiatan perkuliahan. Penulis juga pernah bergabung dalam organisasi Himpunan Mahasiswa D3 Mesin ITS pada tahun 2017 sebagai magang staff di Departemen PSDM dan pada tahun 2017-2018 sebagai Kepala Departemen PSDM. Selain itu penulis juga aktif mengikuti pelatihan-pelatihan di ITS diantaranya yaitu Pelatihan Karya Tulis Ilmiah-ITS, Pelatihan Pra-Tingkat Dasar-FTI, dan Pelatihan Tingkat Dasar-DTMI. Penulis melaksanakan kerja praktek di PT Asahimas.