

**PENGARUH QUENCHING OLI SERTA PENDINGINAN CRYOGENIC
TERHADAP BAJA AISI 4140**



SKRIPSI

**Dibuat untuk Memenuhi Persyaratan Mendapatkan Gelar Sarjana
Di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

Oleh :

**MUHAMMAD LARDIANSYAH
03091005034**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
2014**

620.1707

Muh.

P.

2014.

**PENGARUH QUENCHING OLI SERTA PENDINGINAN CRYOGENIC
TERHADAP BAJA AISI 4140**



SKRIPSI

**Dibuat untuk Memenuhi Persyaratan Mendapatkan Gelar Sarjana
Di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

Oleh :

**MUHAMMAD LARDIANSYAH
03091005034**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
2014**



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA



SKRIPSI

PENGARUH *QUENCHING* SERTA PENDINGINAN *CRYOGENIC*
TERHADAP SIFAT MEKANIK BAJA *AISI 4140*

Oleh :

MUHAMMAD LARDIANSYAH
03091005034

Menyetujui,

Ketua Jurusan T.Mesin FT UNSRI

Qomarul Hadi, S.T., M.T.
NIP. 196902151995031001

Mengetahui,

Dosen Pembimbing

Agung Mataram ST, MT, PhD
NIP. 197901052003121002

UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN

Agenda No : 012/TA/TA/2014
Diterima Tgl : 27/1-14
Paraf : *Wenep*

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : MUHAMMAD LARDIANSYAH
NIM : 03091005034
Jurusan : TEKNIK MESIN
Judul Skripsi : PENGARUH *QUENCHING* SERTA PENDINGINAN
CRYOGENIC TERHADAP SIFAST MEKANIK BAJA
AISI 4140
Dibuat Tanggal : 15 November 2013
Selesai Tanggal : 8 Januari 2014

Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Indralaya, 77 Januari 2014

Ketua Jurusan T.Mesin FT UNSRI

Dosen Pembimbing



Oomarul Hadi, S.T, M.T.
NIP. 196902151995031001

Agung Mataram ST, MT, PhD
NIP. 197901052003121002



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
Kampus UNSRI Jl. Raya Prabumulih – Indralaya Ogan Ilir Telp. (0711) 580272

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa berikut ini :

Nama : MUHAMMAD LARDIANSYAH
NIM : 03091005034
Jurusan : TEKNIK MESIN
Bidang Studi : MATERIAL
Judul : PENGARUH *QUENCHING* OLI SERTA PENDINGINAN
CRYOGENIC TERHADAP SIFAT MEKANIK BAJA *AISI* 4140

Skripsi / Tugas Akhir ini adalah benar hasil karya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah dinyatakan dengan benar dan saya dapat mempertanggung jawabkan bahwa hasil yang saya tulis tidak plagiat.

Demikianlah surat ini dibuat agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Palembang, Januari 2014

Penulis,



Muhammad Lardiansyah
NIM. 03091005034

HALAMAN PERSEMBAHAN

MOTTO :

- Jadilah engkau pema'af dan suruhlah orang mengerjakan yang ma'ruf serta berpalinglah dari orang-orang yang bodoh.
- Janganlah hanya belajar melalui kesalahan yang kita lakukan, tapi ambillah hikmah dari kebenaran yang kita kerjakan.
- Sesungguhnya Allah SWT tidak akan mengubah nasib suatu kaum, kecuali mereka mau berusaha sendiri.

Karya kecilku ini kupersembahkan untuk:

1. Kedua orangtuaku yang selalu menyanyangi dan mendo'akanku.
2. Saudara-saudara kutersayang beserta keluarga besarku.
3. Sahabatku dan teman-teman seperjuangku.
4. Almamater kebanggaanmu.

ABSTRAK

Baja merupakan bahan dasar vital untuk industri. Semua segmen kehidupan, mulai dari peralatan dapur, transportasi, generator pembangkit listrik, komponen otomotif sampai kerangka gedung dan jembatan menggunakan baja. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui ketangguhan, kekerasan, struktur mikro baja *AISI 4140* sebelum dan sesudah perlakuan. Data dan perhitungan yang digunakan sesuai dengan hasil pengujian dan literatur. Pengujian kekerasan spesimen baja *AISI 4140* dengan menggunakan mesin *Rockwell C* didapat nilai rata-rata *non heat treatment* sebesar 33,14 HRC, *quenching* oli Mesran *SAE 40* menjadi 51,20 HRC, dan 56,06 HRC setelah di *cryogenic*. Dari sisi ketangguhan baja *AISI 4140* digunakan *Charpy Impact Testing Machine*, didapat nilai energi rata-rata untuk mematahkan spesimen baja *AISI 4140* pada spesimen *non heat treatment* yaitu 13,29 J, pada spesimen yang di *quenching* menggunakan oli 7,12 J dan pada spesimen yang diberikan perlakuan *quenching* oli dan *cryogenic* 8,07 J. Pengujian struktur mikro mendapatkan hasil pertumbuhan martensit dan karbida pada proses *quenching* oli dan *cryogenic* baja *AISI 4140*.

Kata Kunci : kekerasan, ketangguhan, *quenching*, *cryogenic*, struktur mikro, *AISI 4140*.

ABSTRACT

Steel is the basic vital to the industry. All segments of life, ranging from kitchen appliances, transportation, power generators, automotive components to building and bridge frameworks using steel. The purpose of this study was to determine the toughness, hardness, microstructure of AISI 4140 steel before and after treatment. The data and calculations used in accordance with the test results and the literature. Testing hardness AISI 4140 steel specimen using Rockwell C machine gained an average value of non- heat treatment is 33.14 HRC, quenching oil SAE Mesran HRC 40 to 51.20, and 56.06 HRC after cryogenic treatment. In terms of AISI 4140 steel used Charpy Impact Testing Machine, obtained an average value of energy to break the AISI 4140 steel specimen in the specimen non- heat treatment is 13.29 J, the specimens were quenched in oil is 7.12 J and the specimen given treatment and oil quenching cryogenic is 8.07 J. Tests get the growth microstructure of martensite and carbides on oil quenching and cryogenic treatment steel AISI 4140.

Keywords: hardness, impact, quenching, cryogenic, struktur mikro, AISI 4140.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr.wb

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dalam rangka Tugas Akhir (Skripsi) yang dibuat untuk memenuhi syarat mengikuti Seminar dan Sidang sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dengan judul **"PENGARUH *QUENCHING* SERTA *PENDINGINAN CRYOGENIC* TERHADAP SIFAT MEKANIK BAJA *AISI 4140*"**.

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

1. Bapak Prof. Dr. Ir. H Taufik Toha, DEA selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Qomarul Hadi, ST, MT. selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Ir. Dyos Santoso, MT Selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Agung Mataram, ST, MT, Ph.D selaku dosen pembimbing skripsi yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak Ir. Zaienal Abidin , M.T. selaku dosen pembimbing akedemik yang telah banyak memberi saran bagi penulis.
6. Seluruh staff, dosen, dan administrasi di Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya
7. Ayah dan Ibuku tercinta yang telah memberikan doa, kasih sayang, dorongan dan semangat baik secara moril maupun material demi keberhasilan penulis.
8. Saudaraku beserta seluruh keluarga besarku yang telah banyak memberikan dorongan untuk menyelesaikan skripsi ini.

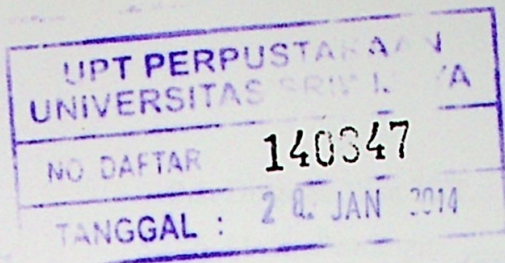
9. Bapak Kholid, ST, Bapak Ihsan, ST dan Bapak Mirza Fahlevi, ST Selaku Pegawai PT Pusri yang telah banyak membantu di Lab. Inspeksi PT Pusri Palembang.
10. Bapak Yatno, Selaku koordinator Lab. Metallurgi jurusan teknik mesin Universitas Sriwijaya Indralaya.
11. Sahabat seperjuangan Ahmad Dimas Priyadi, Ega Rahmat Wijaya, M. Oktaryansyah, M. Solihin, M. Ridwan, Novriyansi Nainsa, Nur Hasansyah RifqiMardhani, dan seluruh teman-teman teknik mesin khususnya angkatan 2009 yang tidak bias saya sebutkan satu persatu.
12. Almamaterku Tercinta.

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

Wassalamu'alaikum wr.wb

Inderalaya, Januari 2014

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN ORISINILITAS	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR SIMBOL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Batasan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 LANDASAN TEORI	4
2.1. Pengertian Baja	4
2.1.1. Baja Karbon	4
2.1.2. Baja Paduan	5
2.2. Pengaruh Unsur Paduan Pada Baja	6
2.3. Diagram Fasa Fe vs Fe ₃ C.....	8
2.4. Perlakuan Panas	10
2.4.1 Jenis-jenis Perlakuan Panas	10

2.5. Diagram Fasa TTT.....	12
2.6. Media Pendingin.....	13
2.7. Pendinginan Cryogenic.....	15
2.8. Pengujian Material.....	16
2.8.1 Pengujian Kekerasan.....	17
2.8.2 Pengujian Ketangguhan.....	19
2.8.3 Pengujian Struktur Mikro.....	22
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	24
3.1. Diagram Alir Penelitian.....	24
3.2. Studi Literatur.....	25
3.3. Alat dan Bahan	25
3.4. Prosedur Penelitian.....	26
3.4.1 Persiapan Material	26
3.4.2 Proses Pemanasan	26
3.4.3 Proses Cryogenic	27
3.4.4 Mekanisme Pengujian Kekerasan	28
3.4.5 Mekanisme Pengujian Ketangguhan	29
3.4.6 Mekanisme Pengujian Struktur Mikro.....	30
3.5. Analisis dan Pengolahan Data.....	31
3.6. Tempat Penelitian.....	31
3.7. Harapan Penelitian.....	32
BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1. Hasil Pengujian Komposisi	34
4.2. Hasil Pengujian Kekerasan	35
4.3. Hasil Pengujian Ketangguhan	36
4.4. Hasil Pengujian Struktur Mikro	42
BAB 5 PENUTUP	45
5.1. Kesimpulan	45
5.2. Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	xv
LAMPIRAN	xvi

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Fasa Fe vs Fe ₃ C	9
Gambar 2.2 Diagram TTT	13
Gambar 2.3 Kurva Untuk Media Pendinginan Yang Berbeda	14
Gambar 2.4 Proses Cryogenic.....	16
Gambar 2.5 Uji Ketangguhan Charphy dan Izod	20
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	25
Gambar 3.2 Spesimen Uji Kekerasan	26
Gambar 3.3 Spesimen Uji Ketangguhan (JIS Z 2202)	26
Gambar 3.4 Tungku Pemanasan	27
Gambar 3.5 Nitrogen Cair	28
Gambar 3.6 Spesimen Uji	28
Gambar 3.7 Alat Uji Kekerasan Rockwell	28
Gambar 3.8 Alat Uji Ketangguhan.....	29
Gambar 3.9 Dimensi Spesimen Uji Ketangguhan JIS Z 2202	29
Gambar 3.10 Alat Uji Struktur Mikro	30
Gambar 4.1 Material Pengujian Kekerasan	34
Gambar 4.2 Grafik Nilai Pengujian Kekerasan <i>Rockwell C</i>	35
Gambar 4.3 Grafik Ketangguhan (E) rata – rata	40
Gambar 4.4 Grafik Ketangguhan (W) rata – rata	40
Gambar 4.5 Strukur Mikro <i>Non Heat Treatment</i>	42
Gambar 4.6 Strukur <i>Quenching</i>	42
Gambar 4.7 Strukur Mikro <i>Quenching</i> dan <i>Cryogenic Treatment</i>	43

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rockwell Hardness Scales	18
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Komposisi	33
Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Kekerasan	34
Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Ketangguhan	36
Tabel 4.4 Nilai Rata – Rata Energi Ketangguhan	39

DAFTAR SIMBOL

α	=	Sudut angka palu ($^{\circ}$)
θ	=	Sudut ayun setelah palu mengenai spesimen ($^{\circ}$)
A_0	=	Luas penampang di bawah takikan (mm^2)
D	=	Jarak dari pusat sumbu palu ke pusat gravitasi (m)
E	=	Jarak antara indenter saat diberi minor load dan zero reference line yang untuk tiap jenis indenter berbeda-beda yang bias dilihat pada table 1
E_1	=	Usaha yang dilakukan (kg.m)
E_2	=	Sisa usaha setelah mematahkan benda uji (kg.m)
P	=	Berat palu (kg)
W	=	Harga impact (kg m/mm^2)
θ	=	Sudut ayun setelah palu mengenai spesimen ($^{\circ}$)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pengujian Komposisi	A-1
Lampiran 2 Hasil Uji Kekerasan	A-2
Lampiran 3 Perhitungan Hasil Uji Ketangguhan	A-3
Lampiran 4 Data Pengujian Ketangguhan	A-9
Lampiran 5 Data Pengujian Struktur Mikro	A-10



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Baja adalah paduan antara besi (Fe) dan karbon (C) dengan penambahan paduan lainnya. Baja termasuk paduan logam yang paling banyak digunakan dan dibutuhkan dalam perkembangan zaman saat ini. Baja merupakan bahan dasar vital untuk industri. Semua segmen kehidupan, mulai dari peralatan dapur, transportasi, generator pembangkit listrik, komponen otomotif sampai kerangka gedung dan jembatan menggunakan baja. Eksploitasi besi baja menduduki peringkat pertama di antara barang tambang logam dan produknya melingkupi hampir 95 persen dari produk barang berbahan logam. Dasar pemilihan pemakaian baja ini seiring dengan terus berkembangnya industri otomotif dan kebutuhan masyarakat akan kendaraan bermotor, komponen permesinan, komponen konstruksi dan bidang lainnya terutama didasarkan pada sifat mekaniknya jika sifat logam sangat keras sangat sulit dalam pembentukannya.

Sifat mekanik ini sangat ditentukan oleh kandungan paduan yang terdapat di dalamnya. Kandungan unsur ini akan membentuk struktur mikro pada baja, sehingga dengan merubah komposisi maka struktur mikro juga berubah dan perubahan ini akan mempengaruhi sifat mekaniknya. Selain itu perubahan struktur mikro juga dapat dilakukan dengan cara perlakuan panas yaitu dengan merubah kecepatan pendinginan. Kemampuan pengerasan baja (*hardenability*) memiliki rentangan yang besar sehingga dapat disesuaikan dengan sifat mekanik yang sesuai dengan yang diinginkan dari dari baja itu. Proses perlakuan panas adalah proses dimana logam dipanaskan diatas garis A_3 pada diagram Fe vs Fe_3C , untuk mendapat sifat-sifat tertentu seperti pengerasan atau pelunakan. Adanya sifat alotropik dari besi menyebabkan timbulnya variasi struktur mikro dari berbagai jenis logam. Alotropik itu sendiri merupakan transformasi dari satu bentuk susunan atom (sel satuan) ke bentuk lainnya.

Proses quenching, salah satu proses heat treatment dengan cara memanaskan material kemudian didinginkan secara cepat dengan menggunakan media pendingin seperti air, air garam, oli dan lain-lain. Akibat dari proses quenching pada baja, maka timbulnya tegangan dalam dan rapuh.

Dalam penelitian ini material baja *AISI 4140* dipanaskan sampai temperatur 860°C lama waktu pemanasan 60 menit, pendinginan secara cepat didalam media oli, kemudian saat suhu mencapai temperatur kamar material *AISI 4140* didinginkan menggunakan nitrogen cair pada temperatur -196°C .

Berdasarkan uraian di atas diperlukan analisa eksperimental mengenai karakteristik material *AISI 4140* terhadap pengujian impact dan pengujian kekerasan serta pengujian struktur mikro, *quenching* yang dilanjutkan dengan pendinginan *cryogenic*. Dalam kesempatan ini penulis akan melakukan penelitian mengenai “Pengaruh *Quenching* Oli Serta Pendinginan *Cryogenic* Terhadap Sifat Mekanik Baja *AISI 4140*”.

1.2 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, permasalahan utama yang akan diungkap dalam penelitian ini : Spesimen yang digunakan dalam pengujian ini adalah baja *AISI 4140*, sifat yang dianalisa adalah ketangguhan, kekuatan kekerasan dan struktur mikro. Temperatur yang digunakan dalam pengujian ini 860°C dengan perlakuan pemanasan. Pemanasan menggunakan metode pendinginan oli Mesran *SAE 40*, lama waktu pemanasan adalah 60 menit, kemudian dilanjutkan dengan pendinginan temperatur rendah menggunakan Nitrogen cair pada temperatur -196°C .

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan utama dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Untuk membandingkan kekerasan, ketangguhan dan struktur mikro baja *AISI 4140* sebelum dan sesudah proses perlakuan panas.
- b. Untuk mengetahui pengaruh pendinginan *cryogenic* terhadap kekerasan, ketangguhan dan struktur mikro baja *AISI 4140*.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini, yaitu dapat bermanfaat bagi mahasiswa, perusahaan dan para peneliti, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Memberikan kontribusi terhadap pengetahuan tentang karakteristik sifat mekanik dan struktur mikro baja *AISI 4140*.
2. Memberikan pengetahuan tambahan kepada mahasiswa, khususnya tentang perlakuan panas.

1.5 Sistematika Penulisan

Pada penelitian ini, penulis membuat sistematika penulisan yang terdiri dari beberapa bab, dimana pada setiap bab tersebut terdapat urutan uraian-uraian yang mencakup pembahasan skripsi ini secara keseluruhan.

BAB I : Merupakan pendahuluan yang berisi latar belakang, pembatasan masalah, tujuan dan manfaat dari penulisan, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : Berisikan dasar teori yang melandasi dilakukannya penelitian ini.

BAB III : Berisikan metodologi penelitian.

BAB IV : Berisikan uraian mengenai analisa data yang diperoleh dari eksperimental yang dilakukan dan pembahasan.

BAB V : Berisikan kesimpulan dan saran.

DAFTAR PUSTAKA

- Daryanto, 2010, Proses Pengolahan Besi dan Baja, PT. Sarana Tutorial Nurani Sejahtera.
- D Candane, N Alagumuthi, K Palaniradja, 2013, "Effects of Deep Cryogenic on AISI T42 High Speed Steel", International Journal of Current Engineering and Technology.
- Koswara Engkos, 1999, Pengujian Bahan Logam, Humaniora Utama Press, Bandung.
- Pratiwi Diah Kusuma, 2011, "Pengaruh Komposisi Garam Dalam Air Pendingin Terhadap Kekerasan Baja Karbon Medium Yang Mengandung 0,4 % Karbon", Seminar Nasional Teknik Mesin X, Jurusan Teknik Mesin FT UNSRI.
- Priyadarshini Amrita, 2007. "A Study of Effect of Cryogenic Treatment on The Performance of High Speed Steel, Tools and Carbide Inserts", Departement of Mechanical Engineering National Institute of Technology Rourkela.
- R H Naravade, S B Belkar, R R Kharde, 2006. Effects of Cryogenic Treatment, Hardening and Multi Tempering On Wear Behavior of D6 Tool Steel", The International Of Enginnering And Science (IJES)
- Softyan Bondan T ,2010. Pengantar Material Teknik, Penerbit Salemba Teknika.
- Sri Nugroho, Gunawan Dwi Haryadi, 2005, "Pengaruh Media *Quenching* Air Tersirkulasi (*Circulated Water*) Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Pada Baja Aisi 1045", Jurusan Teknik Mesin FT UNDIP.
- Wibowo Bambang Tri, 2006, " Pengaruh Temper dan Quenching Media Pendingin Oli Mesran SAE 40 Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Baja ST 60", Jurusan Teknik Mesin UNS.
- Annual Book of ASTM Standards part II. 1982. Metalography. NDT.
- ASM Handbook Volume 4 Heat Treating. 1991. ASM International. USA.
- JIS Handbook Ferrous Material and Metallurgy. 1975. Japanese Standards Association.
- (<http://blog.ub.ac.id/jonathanpurba/> : diakses tanggal 07 Oktober 2013).