

**PENGARUH PROSES QUENCHING DAN PENDINGINAN
ULTRACOLD PADA POROS RODA MOBIL PS120**



SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh :

NOVRIYANSI NAINSA

03091005068

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

2014

64-8207

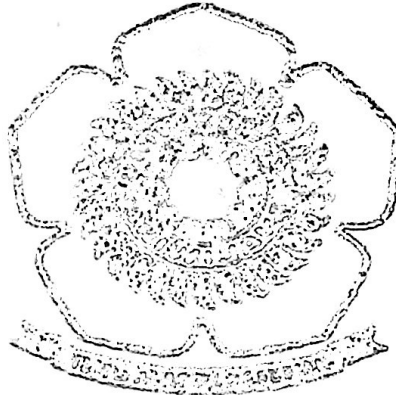
Nov

P

2014

27384/27966

**PENGARUH PROSES QUENCHING DAN PENDINGINAN
ULTRACOLD PADA POROS RODA MOBIL PS120**



SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh :

**NOVRIYANSI NAINSA
03091005068**

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

2014

S
621.820 7

Nov

P
2014

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



SKRIPSI

**PENGARUH PROSES *QUENCHING* DAN PENDINGINAN *ULTRACOLD*
PADA POROS RODA MOBIL PS120**

Oleh :

**NOVRIYANSI NAINSA
03091005068**

Diketahui oleh :
Ketua Jurusan Teknik Mesin,

Comarul Hadi, ST, MT
19690213 199503 1 001

Diperiksa dan disetujui oleh :
Dosen Pembimbing,


Agung Mataram ST, MT, PhD
19790105 200312 1 002

UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN

Agenda No : 011/TA/TA/2014
Diterima Tgl : 27/1-2014
Paraf : *Kenirap*

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : NOVRIYANSI NAINSA
NIM : 03091005068
Jurusan : TEKNIK MESIN
Bidang Studi : Material
Judul Skripsi : PENGARUH PROSES *QUENCHING* DAN
PENDINGINAN *ULTRACOLD* PADA POROS RODA
MOBIL PS 120

Dibuat Tanggal : Juli 2013
Selesai Tanggal : 8 Januari 2014

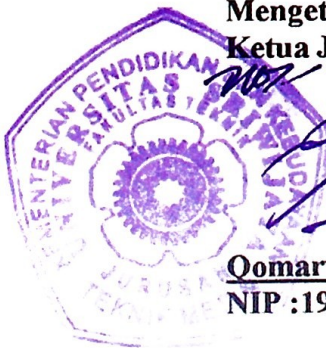
Indralaya, 27 Januari 2014

Diperiksa dan disetujui Oleh:
Dosen Pembimbing Skripsi,

Agung Mataram
Agung Mataram, ST, MT, Ph.D.
NIP : 19790105 200312 1 002

Mengetahui :
Ketua Jurusan Teknik Mesin,

Oomarul Hadi
Oomarul Hadi, ST, MT.
NIP : 19690213 199503 1 001





**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 : NOVRIYANSI NAINSA
NIM : 03091005068
Jurusan : TEKNIK MESIN
Bidang Studi : MATERIAL
Judul : PENGARUH PROSES *QUENCHING* DAN PENDINGINAN
ULTRACOLD PADA POROS RODA MOBIL PS120

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,



Novriyansi Nainsa
NIM. 03091005068

MOTO SERTA PERSEMBAHAN

- *If you want something you've never had, you must be willing to do something you've never done.*
- *Sesuatu yang belum dikerjakan, seringkali tampak mustahil, kita baru yakin kalau kita telah berhasil melakukannya dengan baik.*
- *Kegagalan hanya terjadi bila kita menyerah.*
- *Hari ini harus lebih baik dari hari kemarin dan hari esok adalah harapan.*

Karya kecil ini ku persembahkan untuk:

- *Atas rasa syukur kepada ALLAH SWT*
- *Senyum bangga kedua orang tuaku (AYAH dan IBU)
Dan Adikku Tercinta (Mellysa Wandasari)*
- *My Big family*
 - *Teman-teman seperjuangan (TM 09)*
 - *Almamaterku (Universitas Sriwijaya)*

ABSTRAK

Banyak kecelakaan yang terjadi pada mobil truk akibat membawa barang atau muatan yang melebihi kapasitas yang telah ditentukan. Itulah penyebab sering patah nya poros roda mobil, sehingga terjadinya kecelakaan. Fungsi poros roda adalah sebagai penumpu beban roda atau dudukan roda dan penerus putaran mesin ke roda. Dengan fungsi tersebut poros roda harus terbuat dari material yang memiliki kekerasan tinggi, ketangguhan, dan tahan terhadap beban kejut yang keras. Berdasarkan uraian tersebut diperlukan penelitian untuk membuat poros roda yang lebih kuat terhadap pembebanan yang sangat besar dengan cara melakukan proses perlakuan panas. Penelitian ini dilakukan dengan proses perlakuan panas yaitu proses *quenching*, dimana media pendinginnya menggunakan air dan dilanjutkan dengan pendinginan *ultracold* menggunakan nitrogen cair. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa terjadinya perubahan struktur mikro yang dilakukan proses *quenching* dan dilanjutkan pendinginan *ultracold* membentuk struktur karbida-ferit yang memiliki kekerasan yang sangat tinggi dan tangguh. Spesimen tanpa perlakuan memiliki kekerasan sebesar 26,7 HRc. Kemudian setelah proses *quenching* kekerasan mengalami peningkatan sebesar 55,6 HRc. Kekerasan tertinggi terjadi pada spesimen setelah proses pendinginan *ultracold* sebesar 62,4 HRc. Untuk hasil pengujian impak spesimen tanpa perlakuan memiliki nilai rata-rata energi impak sebesar 13,289 J sedangkan spesimen setelah proses *quenching* mengalami penurunan nilai rata-rata energi impak menjadi 1,893 J, tetapi setelah spesimen dilakukan pendinginan *ultracold* energi impak meningkat sebesar 6,64J.

Kata kunci : Poros roda, *Quenching*, pendinginan *ultracold*, uji kekerasan, uji impak, struktur mikro.

ABSTRACT

Many accidents due to cars trucks carrying goods or cargo that exceeds the specified capacity. That is often the cause of her broken car axle, so that the occurrence of the accident. The function is as a fulcrum axle or wheel load wheel holder and successor rev the engine to the wheels. With these functions axle must be made of a material which has a high hardness, toughness, and resistance to shock loads that hard. Based on the description of the research needed to make a stronger axle to a very large load by means of heat treatment process. This study was conducted with the heat treatment process is quenching process, which uses water cooling media and ultracold followed by cooling using liquid nitrogen. The results of these tests show that the changes in the microstructure of the quenching process is carried out and continued cooling ultracold form carbide-ferrite structure which has a very high hardness and tough. Untreated specimens have a hardness of 26.7 HRc. Then after quenching hardness increased by 55.6 HRc. The highest hardness of the specimen after cooling process ultracold of 62.4 HRc. For the results of the impact test specimens without treatment had an average value of 13.289 J impact energy while the specimen after quenching process decreased the average value of 1,893 J impact energy into, but after specimen cooling ultracold increased impact energy of 6.64 J.

Keywords : *Axle shaft, Quenching , cooling ultracold , hardness test , impact test, microstructure.*

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum wr.wb

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat, karunia, dan anugrah-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Skripsi ini merupakan salah satu syarat bagi seorang mahasiswa untuk menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Dalam kesempatan ini penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, adapun pihak tersebut :

1. Allah SWT atas segala limpahan rahmat-Nya.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. H Taufik Toha, DEA selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Qomarul Hadi, S.T. M.T. Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Bapak. Ir.Dyos Santoso, M.T Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Agung Mataram, ST, MT, PhD selaku dosen pembimbing skripsi yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Bapak Qomarul Hadi, S.T. M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang telah banyak memberi saran bagi penulis.
7. Ibu Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, MT. Selaku dosen yang telah banyak memberikan ilmu, saran, dan masukan yang sangat bermanfaat bagi saya.
8. Staf Pengajar di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah banyak memberikan ilmu, pengetahuan, dan wawasan.
9. Staf Administrasi di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Kak Ian, Kak Sapril, Bu Tetra, Kak Iwan, Teteh, dan Ventri.

10. Keluarga Penulis, Ayah dan ibu atas harapan doa dan dukungannya hingga yang selalu memberikan dukungan mental, materil, dan spiritual, serta doa dan kasih yang berlimpah.
11. Adekku tercinta Mellysa Wandasari yang selalu membantuku dan menyemangati selalu.
12. Bapak Kholid ST, Selaku Pembimbing di Lab. NDT PT.Pupuk Sriwidjaja Palembang.
13. Bapak Mirza Fahlevi ST, Selaku Pembimbing di Lab. NDT PT.Pupuk Sriwidjaja Palembang.
14. Bapak Hengki ST dan Kak Ikhsan Selaku Pembimbing di Bengkel PT.Pupuk Sriwidjaja Palembang.
15. Bapak Yatno, Selaku koordinator Lab. Metallurgi jurusan teknik mesin Universitas Sriwijaya Indralaya
16. Rekan satu tim saya dalam mengerjakan skripsi pendinginan ultracold ini Muhammad Lardiansyah sebagai tempat bertukar pikiran dan saling bantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
17. Sahabat seperjuangan di mobil kijang Rahmat, Abang Reski, Solihin, Anca, Sueb, dan sahabat yang selalu membantu selama proses kuliah Dimas, Alil, Kicin, Ega, Nopriadi Iwan, Yudha, Okta, Imam dan seluruh teman-teman teknik mesin khususnya angkatan 2009 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.
18. Seseorang yang istimewa yang selalu membuatku selalu bersemangat.
19. Keluarga Besar Fakultas Teknik Unsri.
20. Seluruh keluarga besar sivitas akademika Universitas Sriwijaya.

Dalam penulisan skripsi ini, mungkin terdapat kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran serta masukan yang bersifat membangun sangat Penulis diharapkan untuk membantu dalam perbaikan.

Penulis mengharapakan semoga skripsi dengan judul "*Pengaruh Proses Quenching dan Pendinginan Ultracold Pada Poros Roda Mobil PS120*" dapat berguna dan memberikan manfaat untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan

berguna dan memberikan manfaat untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi serta menjadi referensi bagi yang akan mengkaji proses perlakuan panas dan pendinginan ultracold di masa yang akan datang.

Wassalamu 'alaikum wr.wb

Indralaya, Januari 2014

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR SIMBOL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Definisi Poros Roda	6
2.1.1 Bahan Poros Roda	6
2.1.2 Fungsi Poros Roda	7
2.2 Definisi Baja	7
2.2.1 Klasifikasi Baja Karbon	8
2.2.2 Struktur Baja	9
2.2.3 Unsur Paduan Pada Baja	12
2.3 Diagram Fasa Fe vs Fe ₃ C	15
2.4 Diagram T-T-T	16
2.5 Perlakuan Panas	17
2.5.1 <i>Hardening</i>	19
2.5.2 <i>Quenching</i>	20
2.6 Media Pendingin	21
2.7 Pendinginan <i>Ultracold</i>	23
2.8 Pengujian Komposisi Kimia	24
2.9 Pengujian <i>Impact</i>	25
2.10 Pengujian Kekerasan (<i>Rockwell</i>)	28
2.11 Pengujian Struktur Mikro	28

3. METODELOGI PENELITIAN	30
3.1 Diagram Alir Penelitian	30
3.2 Studi Literatur	31
3.3 Alat dan Bahan	31
3.4 Prosedur Penelitian	32
3.4.1 Persiapan Material	32
3.4.2 Pengujian Komposisi	32
3.4.3 Proses Pemanasan	33
3.4.4 Pendinginan <i>Ultracold</i>	34
3.4.5 Uji Kekerasan <i>Rockwell</i>	35
3.4.6 Pengujian <i>Impact</i>	36
3.4.7 Pengujian Struktur Mikro	37
3.5 Analisa dan Pengolahan data	38
3.6 Tempat Penelitian	38
4. ANALISA DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Data Hasil Pengujian Komposisi Kimia	40
4.2 Data Hasil Pengujian Kekerasan <i>Rockwell C</i>	41
4.3 Data Hasil Pengujian <i>Impact</i>	43
4.4 Data Hasil Pengujian Struktur Mikro	49
5. Kesimpulan dan Saran	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	xii

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Poros roda mobil PS120	7
Gambar 2.2 Austenit	10
Gambar 2.3 Ferrite	10
Gambar 2.4 Sementite	11
Gambar 2.5 Perlite	11
Gambar 2.6 Martensit	12
Gambar 2.7 Diagram Fasa Fe vs Fe ₃ C	15
Gambar 2.8 Diagram TTT	17
Gambar 2.9 Kurva Untuk Media Pendinginan	21
Gambar 2.10 Siklus Pendinginan Ultracold	24
Gambar 2.11 Skematis Pengujian <i>Impact</i> Metode Charpy	27
Gambar 3.1 Diagram Alir Peneliitian	30
Gambar 3.2 Spesimen uji kekerasan dan struktur mikro	32
Gambar 3.3 Alat Uji Komposisi <i>Measuring Microscope</i> STM G-LM	33
Gambar 3.4 Tungku Pemanasan	33
Gambar 3.5 Produksi Nitrogen Cair	34
Gambar 3.6 Mesin Uji Kekerasan <i>Rockwell</i> tipe C (HRC)	35
Gambar 3.7 Dimensi Spesimen Uji <i>Impact</i> JIS Z 2202	36
Gambar 3.8 Spesimen Uji <i>Impact</i>	37
Gambar 3.9 Alat Uji Struktur Mikro	37
Gambar 4.1 Grafik Standar Deviasi uji kekerasan	42
Gambar 4.2 Grafik hubungan antara energi <i>impact</i>	47
Gambar 4.3 Grafik hubungan antara nilai energi <i>impact</i> per satuan luas	47
Gambar 4.4 Struktur mikro poros roda non <i>heat treatment</i> 200X	50
Gambar 4.5 Struktur mikro poros roda non <i>heat treatment</i> 500X	50
Gambar 4.6 Struktur mikro poros roda setelah <i>quenching</i> 200X	51
Gambar 4.7 Struktur mikro poros roda setelah <i>quenching</i> 500X	51
Gambar 4.8 Struktur mikro poros roda <i>quenching</i> + <i>Ultracold</i> 200X	52
Gambar 4.9 Struktur mikro poros roda <i>quenching</i> + <i>Ultracold</i> 500X	53

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Skala Kekerasan <i>Rockwell</i>	28
Tabel 4.1 Hasil uji komposisi spesimen poros roda	40
Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Kekerasan <i>Rockwell</i> (C).....	41
Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian impak	43
Tabel 4.4 Nilai Rata-Rata Energi Impak	46

DAFTAR SIMBOL

Simbol Umum

HRc	=	<i>Hardness Test grade C (HRc)</i>
E	=	Usaha (Joule)
W	=	Harga impak (J/mm^2)
A^0	=	Luas Penampang (mm^2)
α	=	Sudut angka palu
θ	=	Sudut ayun setelah palu mengenai spesimen
D	=	Jarak dari pusat sumbu palu ke pusat gravitasi
Σ	=	Total

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Tabel Hasil Uji Komposisi	A-1
2. Tabel Hasil Uji Komposisi	A-2
3. Tabel Hasil Uji Kekerasan	A-3
4. Tabel Hasil Uji Struktur Mikro	A-4
5. Tabel Hasil Uji Impak	A-5
6. Gambar Spesimen Hasil Uji Impak	A-6
7. Gambar Spesimen hasil Pendinginan Ultracold	A-7
8. Gambar Spesimen saat Pemanasan di Furnace	A-8
9. Gambar saat sedang melakukan pengujian	A-9



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Selaras dengan semakin berkembangnya zaman dan semakin bertambahnya kebutuhan manusia akan mobilitas yang semakin tinggi menjadi alasan yang tepat guna mengembangkan penemuan-penemuan dibidang transportasi yang lebih handal, baik dalam hal keamanan, efisiensi, serta kemudahan tanpa mengesampingkan kenyamanan dalam penggunaannya (Perdana, 2009).

Banyaknya kegagalan mekanis yang ditemui, perkembangan ilmu pengetahuan dan banyaknya penemuan baru, menyebabkan faktor-faktor perancangan mulai bertambah. Salah satu contohnya misalnya faktor kelelahan logam. Pada saat faktor kelelahan belum diketahui, perencanaan suatu komponen hanya didasarkan pada pembebanan statik. Namun dalam prakteknya kemudian ditemukan banyak masalah seperti patahnya poros kereta api, poros roda mobil, rusaknya rivet pada kabin pesawat, dan peristiwa patahnya poros baling-baling kapal (*Propeller Shaft*). Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh beban-beban tersebut terhadap kekuatan material poros, maka diperlukan pengujian material menggunakan benda uji (spesimen) dan disertai dengan analisa maupun perhitungan secara teliti (Jatmiko et al, 2004).

Permasalahan yang sering dialami oleh poros roda pada mobil truk adalah patahnya poros roda akibat pembebanan yang terlalu besar. Banyak kecelakaan

yang terjadi pada mobil truk akibat membawa barang atau muatan yang melebihi kapasitas yang telah ditentukan. Itulah penyebab sering patah nya poros roda mobil, sehingga terjadinya kecelakaan.

Fungsi poros roda adalah sebagai penumpu beban roda atauudukan roda dan penerus putaran mesin ke roda. Dengan fungsi tersebut poros roda harus terbuat dari material yang memiliki kekerasan tinggi, ketangguhan, dan tahan terhadap beban kejut yang keras.

Hampir 90 % bahan terbuat dari paduan logam ataupun baja, mulai dari peralatan yang sederhana sampai peralatan yang rumit. Hal ini terutama dilihat dalam kehidupan sehari-hari seperti pada industri otomotif, peralatan rumah tangga, alat berat dan alat transportasi. Tetapi di dalam pemilihan bahan harus disesuaikan menurut kebutuhan dengan memperhatikan sifat fisik dan mekaniknya, antara lain kekuatan, kekerasan, ketangguhan, dan struktur mikro. Untuk memperoleh fasa baru dan sifat fisis yang diinginkan di dalam bidang material dapat dilakukan antara lain : perlakuan panas, pendinginan cepat (*quenching*). Perlakuan panas (*heat treatment*) dapat didefinisikan sebagai suatu kombinasi operasi pemanasan dan pendinginan terhadap logam dan paduannya. Akibat perlakuan yang diberikan pada sampel dapat diperoleh fasa stabil dan selanjutnya fasa baru tersebut dapat diidentifikasi berdasarkan foto mikrostruktur yang dihasilkan. Untuk mendapatkan baja dengan kualitas yang dibutuhkan harus dilakukan beberapa perlakuan sehingga menghasilkan suatu fasa baru (Harahap, 2008).

Berdasarkan uraian di atas diperlukan penelitian untuk membuat poros roda yang lebih kuat terhadap pembebanan yang sangat besar dengan cara melakukan proses perlakuan panas dan di *quenching* dengan air dilanjutkan pendinginan *ultracold* menggunakan nitrogen cair.

Peneliti juga akan membedakan sifat fisik dan mekanis poros roda mobil PS 120 yang biasa digunakan dengan yang sudah dilakukan proses perlakuan panas dilanjutkan pendinginan *ultracold*. Dalam kesempatan ini penulis akan melakukan penelitian mengenai **“Pengaruh Proses *Quenching* dan Pendinginan *Ultracold* Terhadap Poros Roda Mobil PS120”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu mengetahui pengaruh proses *quenching* dan dilanjutkan pendinginan *ultracold* serta membandingkan sifat fisik dan mekanik poros roda sebelum dan sesudah dilakukan proses perlakuan panas tersebut.

1.3 Batasan Masalah

Dari luasnya permasalahan yang ada maka diperlukan adanya pembatasan, adapun batasan masalah dalam penelitian ini, antara lain :

1. Jenis spesimen yang digunakan dalam pengujian ini adalah poros roda mobil PS 120 yang termasuk dalam jenis baja karbon medium.
2. Tidak melakukan kajian terhadap cara kerja poros roda.

1.6 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

- Amstead B H dan Ostwal Phillip F dan Begerman Myron L, 1993, *Teknologi Mekanik jilid 1 edisi ketujuh*, Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Anrinal H, 2013, *Metalurgi Fisik*, Padang : Penerbit CV. ANDI OFFSET
- ASM Handbook International, *The Materials Information Company*, Volume 4 of the *ASM Handbook Heat Treating* was launched in Detroit (1991).
- Frydman S dan Konat L dan Pekalski G, 2008, Structure and hardness changes in welded joints of Hardox steels, *Archives Of Civil And Mechanical Engineering*, Wroclaw University of Technology, Wroclaw.
- Harahap Sundari Hariyati, 2008, Penentuan Persentase Pembentukan Fasa Austenit pada Transformasi Bainit Baja Mangan (FeMn) dengan Validasi Microhardness dan Macrohardness Pada Temperatur 500⁰, Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Ismail Fajar, 2012, Rancang Bangun Alat Uji Impak Charpy, Program Studi Diploma III Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponogoro, Semarang.
- Jatmiko Sukanto dan Sarjito Jokosisworo, 2004, Analisa Kekuatan Puntir dan Kekuatan Lentur Putar Poros Baja ST 60 Sebagai Aplikasi Perancangan Bahan Poros Baling-baling Kapal, Program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknik, Universitas Diponogoro, Semarang.
- JIS Handbook International, 1975, "Non-Ferrous Metals and Metallurgy", Published in Tokyo 107, Japan.
- Karuniawan IP, 2007, "Perbedaan Nilai Kekerasan Pada Proses Double Hardening Dengan Media Pendingin Air Dan Oli Sae 20 Pada Baja Karbon Rendah", Universitas Negeri Semarang.
- Linde AG, 2010, *Sub-zero Treatment Technology, Processes and Equipment*, Linde Gases Division, Published in Germany
- Perdana Indra W, 2009, Pembuatan Animasi Sistem Transmisi Otomatis, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Permana Bayu Indra, 2011, "Studi Pengaruh Perbedaan Media Quenching dan Tempering terhadap Sifat Mekanik Baja JIS S45C", Jurusan Teknik Mesin FT UNSRI

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.

Purwanto Edy, 1995, Peningkatan Efisiensi Proses Manufaktur Pada Produk Elastic Rail Fastening, Tesis Pascasarjana Universitas Indonesia, Jakarta.

Rubijanto, 2006, Pengaruh Proses Pendinginan Paska Perlakuan Panas Terhadap Uji Kekerasan (Vickers) dan Uji Tarik Pada Baja Tahan Karat 304 Produksi Pengecoran Logam Di Klaten, Jurusan Teknik Mesin UNIMUS, Klaten.

Rusdi Jam An, 2001, Pengaruh Temperatur dan Waktu Proses Temper Pada Baja Karbon Medium Terhadap Sifat Mekanik, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Palembang

Shackelford James F, 1992, *Materials Science for Engineers, Third Edition, University of California.*

Softyan Bondan T, 2010, Pengantar Material Teknik, Penenrbit Salemba Teknika.

Sularso dan Suga Kiyokatsu, 1980, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, Jakarta.

Sumiyanto dan Abdunnaser, 2012, Pengaruh Proses Hardening dan Tempering Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro pada Baja Karbon Sedang Jenis SNCM 447, Program Studi Teknik Mesin, Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jakarta.

Suranto Nyoman, 2000, Kajian Eksperimental Pengaruh Proses Tempering Pada Baja Karbon Medium Yang Di Quenching Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sriwijaya, Palembang.

Nugroho Sri dan 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

<http://blog.ub.ac.id/jonathanpurba/> : diakses tanggal 07 Nopember 2013