

**PENGARUH MEDIA PENDINGIN PADA PROSES
PERLAKUAN PANAS TERHADAP SIFAT MEKANIK BAJA
S45C UNTUK APLIKASI RODA GIGI TRANSMISI**

TUGAS AKHIR

HAFIDZULLOH

123.14.001

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material



**PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN
INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG
KOTA DELTAMAS**

2019

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip
maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan
benar.

Nama : Hafidzulloh

NIM : 123.14.001

Tanda Tangan :

Tanggal : 26 Januari 2019

**PENGARUH MEDIA PENDINGIN PADA PROSES
PERLAKUAN PANAS TERHADAP SIFAT MEKANIK BAJA
S45C UNTUK APLIKASI RODA GIGI TRANSMISI**

TUGAS AKHIR

HAFIDZULLOH

123.14.001

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Program Studi
Metalurgi Dan Material Institut Teknologi Dan Sains Bandung

Menyetujui,

Kota Deltamas, 26 Januari 2019

Pembimbing

Prof. Ir. Syoni Soepriyanto. M.Sc., Ph.D
NIP. 195203181976031001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Metalurgi dan Material

Dr. Eng. Akhmad Ardian Korda. S.T.,M.T.
NIP. 197412042008011011

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, atas rahmat dan hidayah yang telah dilimpahkan oleh Allah SWT sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul *Pengaruh Media Pendingin Pada Proses Perlakuan Panas Terhadap Sifat Mekanik Baja S45c Untuk Aplikasi Roda Gigi TranSmisi* sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi dan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik dan Desain Institut Teknologi dan Sains Bandung.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, tentunya hal ini disebabkan oleh keterbatasan ilmu serta kemampuan yang dimiliki penulis, sehingga dengan segala keterbukaan penulis mengharapkan masukan berupa kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak.

Perjalanan yang dilalui penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini tidak lepas dari tangan-tangan berbagai pihak yang senantiasa memberikan bantuan, baik berupa materi maupun dorongan moril. Sehingga pada kesempatan kali ini dengan segala kerendahan hati, ucapan terima kasih, penghormatan serta penghargaan penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu, yaitu kepada :

1. Dosen-dosen Pengajar Teknik Metalugi dan Material ITSB yang selama ini telah berkenan meluangkan waktunya untuk memberi ilmu kepada kami.
2. Dr. Eng Akhmad Ardian Korda S.T., M.T. selaku ketua program studi Teknik Metalurgi dan Material ITSB yang telah memberikan saran dan masukan kepada penulis.
3. Prof. Ir. Syoni Soepriyanto M.Sc, Ph.D selaku dosen pembimbing I yang telah mengarahkan serta memberikan dukungan penuh kepada penulis.
4. Seluruh dosen Teknik Metalurgi dan Material ITSB yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis.
5. Kedua orang tua serta seluruh keluarga yang senantiasa mendoakan dan tak kenal lelah serta tanpa pamrih telah memberikan perhatian, motivasi, dan dukungan baik moril maupun materil.

6. Teman-teman seperjuangan TMM 14 yang telah memberikan dukungan serta cerita dan kenangan indah selama masa perkuliahan.
7. Seluruh masa HIMATAMA ITSB atas doa dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Teman-teman semua yang tidak bisa disebutkan satu persatu, atas doa, dukungan serta bantuannya.

Kota Deltamas, 26 Januari 2019

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Institut Teknologi dan Sains Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Hafidzulloh
NIM : 123.14.001
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Fakultas : Teknik dan Desain
Jenis Karya : Tugas Akhir

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Institut Teknologi dan Sains Bandung **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Rights*) atas karya ilmiah berjudul :

“Pengaruh Media Pendingin Pada Proses Perlakuan Panas Terhadap Sifat Mekanik Baja S45c Untuk Aplikasi Roda Gigi Transmisi”.

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Institut Teknologi dan Sains Bandung berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Kota Deltamas

Pada Tanggal : 26 Januari 2019

Yang menyatakan,

Hafidzulloh

ABSTRAK

Baja S45C merupakan baja struktur dengan kandungan karbon sedang. Baja ini umumnya digunakan untuk *shaft* (poros transmisi), *crankshaft* (poros engkol), *gear* (roda gigi), *coupling*, *pulley*, *connecting rods* (batang torak), *piston pins* (pena torak), *axles* (poros gandar), *rails* (rel kereta api), dll. Baja S45C biasanya dijual di pasaran dalam bentuk rod dengan VHN 199-229. Baja yang memiliki kekerasan tersebut tidak sesuai dengan aplikasinya yang membutuhkan ketahanan aus dan ketangguhan yang baik. Untuk mendapatkan baja dengan sifat-sifat mekanik yang baik tersebut maka perlu dilakukan modifikasi struktur mikro baja. salah satu caranya adalah dengan memberikan perlakuan panas dan *quenching*.

Percobaan dimulai dari pemotongan sampel dari bentuk rod menjadi potongan berukuran kecil dengan diameter 2 cm dan tinggi 1,5 cm. Perlakuan panas dimulai dengan memanaskan sampel dalam tanur sampai temperatur austenisasi dan dilakukan pendinginan cepat menggunakan media oli, air, air garam dan dilanjutkan dengan proses tempering. Sampel diuji dengan tujuan mengetahui berapa tingkat kekerasan dan pengaruh terhadap struktur mikro.

Adapun variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah temperatur *hardening* (850 °C, 900 °C, 950 °C), media pendingin (oli, air, air garam). Berdasarkan hasil dari percobaan diperoleh kesimpulan bahwa peningkatan temperatur *hardening* mengakibatkan naiknya nilai kekerasan pada baja S45C. Ketika sampel diberi perlakuan lalu di*quenching* dengan oli maka akan didapat kekerasan yang mendekati standar acuan. Perlakuan *tempering* pada baja akan membuat kekerasan pada baja menurun, dengan harapan meningkatkan ketangguhan. Pada saat perlakuan pendinginan cepat akan membuat baja bersifat keras dan getas.

Kata kunci : Baja S45C, *Quenching*, *Hardening*, Austenisasi, Martensite

ABSTRACT

S45C steel is a steel structure with medium carbon content. These steel are generally used for shafts (transmission shafts), crankshafts (gearboxes), gears, couplings, pulleys, connecting rods (piston rods), piston pins (piston pens), axles (axle shafts), rails (rails) train), etc. S45C steel is usually sold on the market in the form of rods with VHN 199-229. Steel that has such hardness is not in accordance with its application which requires good endurance wear and toughness. To get steel with good mechanical properties, it is necessary to modify the microstructure of steel. One way is to provide heat treatment and quenching.

The experiment began from cutting the sample from the rod shape into small pieces with a diameter of 2cm and a height of 1.5cm. The heat treatment begins by heating to the austenizing temperature and rapid cooling using oil, water, salt water and continued by the tempering process. Samples were tested with the aim of knowing the level of hardness and influence on microstructure.

The variables used in this study are hardening temperature (850 ° C, 900 ° C, 950 ° C), cooling media (oil, water, salt water). Based on the results of the experiment, it was concluded that the increase in hardening temperature resulted in an increase in the hardness value of S45C steel. When the sample is give treated and then quenched with oil, the hardness is will approaching the reference standard viz 355,83 HVN. The tempering treatment of steel will reduce the hardness of steel. At the time of rapid cooling treatment it will make the steel hard and brittle..

Keywords : S45C Steel, Quenching, Hardening, Austenisation, Martensite

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	2
1.4 Metodologi Penelitian	2
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Klasifikasi Baja.....	5
2.1.1 Pengertian Baja	5
2.1.2 Baja S45C	7
2.2 Perlakuan Panas (<i>Heat Treatment</i>)	8
2.2.1 Pengertian Perlakuan Panas	8
2.2.2 Pengerasan (<i>Hardening</i>)	9
2.2.3 Waktu Penahanan (<i>Holding Time</i>).....	10
2.2.4 Pendinginan Cepat (<i>quenching</i>) Dan <i>Tempering</i>	12
2.2.5 Struktur Mikro	18

2.2.6 Diagram Fasa Fe-Fe ₃ C	21
2.2.7 Diagram TTT	22
2.2.8 S45C Medium Carbon Steel	24
2.3 Perbaikan Sifat Mekanik.....	25
2.3.1 Sifat Mekanik Baja	25
2.3.2 Pengaruh Unsur-unsur Pemasu	27
2.3.3 Peningkatan sifat mekanik	28
2.4 Penelitian Terdahulu	31
2.4.1 Perbandingan Pengaruh Variabel.....	31
BAB 3. PROSEDUR DAN HASIL PERCOBAAN	37
3.1 Prosedur Percobaan.....	37
3.1.1 Peralatan Dan Bahan.....	37
3.1.2 Preparasi spesimen.....	42
3.1.3 proses perlakuan panas	42
3.2 Hasil Percobaan	45
3.2.1 Data pengujian kekerasan	45
3.2.2 Hasil uji metalografi	45
BAB 4. PEMBAHASAN	50
4.1 Analisa Struktur Mikro Baja Setelah Tempering.....	50
4.2 Pengaruh Temperatur Perlakuan Panas Terhadap Kekerasan	53
4.3 Pengaruh Media Quenching Terhadap Kekerasan.....	54
4.4 Perbandingan Hasil Pada Kondisi Terbaik Dengan Literatur.....	57
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	59

DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Unsur Paduan Pada Baja S45C	7
Tabel 2.2 Pedoman Waktu Penahanan Baja	11
Tabel 2.3 Standar Baja	24
Tabel 2.4 Nilai rata-rata dari hasil uji kekerasan tanpa dihardening	31
Tabel 2.5 Nilai rata-rata dari hasil uji kekerasan setelah dihardening dengan media pendingin oli	32
Tabel 2.6 Nilai rata-rata dari hasil uji kekerasan setelah dihardening dengan media pendingin air garam	32
Tabel 2.7 Nilai rata-rata dari hasil uji kekerasan setelah dihardening dengan media pendingin air	32
Tabel 2.8 Nilai rata-rata dari hasil uji kekerasan setelah dihardening dengan media pendingin udara	33
Tabel 3.1 Hasil Pengujian Kekerasan	45
Tabel 4.1 Kekerasan baja setelah proses <i>hardening</i>	52
Tabel A.1 Tabel Konversi kekerasan HVN TO HBN	53
Tabel B.1 Tabel Standar Kekerasan PT. Parker Metal Treatment Indonesia .	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Diagram Metodologi Penelitian	3
Gambar 2. 1 Mekanisme pendinginan pada spesimen yang di- <i>quenched</i> (Totten, 1993).	14
Gambar 2. 2 Diagram tempering (Yogantoro, 2010)	17
Gambar 2. 3 Struktur kristal martensit BCT	19
Gambar 2. 4 Bentuk Martensit Lath dan Plate	19
Gambar 2. 5 Foto Struktur Mikro Baja SAE 1080 Terlihat Koloni-koloni Lamelar Dari Perlit. Perbesaran 200x	20
Gambar 2. 6 Diagram Fasa Fe-Fe ₃ C (Reinhard, 2000)	22
Gambar 2. 7 Diagram TTT (ASM Handbook on Heat Treatment, Vol. 2).....	23
Gambar 2. 8 Grafik perbandingan hasil uji kekerasan sebelum dan sesudah dilakukan proses hardening	33
Gambar 2. 9 Struktur mikro baja S45C sebelum dilakukan pemanasan di etsa dengan nital 3% ; perbesaran 500 X.	34
Gambar 2. 10 Struktur mikro baja S45C setelah dilakukan pemanasan 850 °C dengan waktu tahan 30 menit di <i>quenching</i> dalam oli; etsa nital 3% ; perbesaran 500 X	34
Gambar 2. 11 Struktur mikro baja S45C setelah dilakukan pemanasan 850 °C dengan waktu tahan 30 menit di <i>quenching</i> dalam air garam; etsa nital 3%;perbesaran 500X.....	35
Gambar 2. 12 Struktur mikro baja S45C setelah dilakukan pemanasan 850°C dengan waktu tahan 30 menit di <i>quenching</i> dalam air; etsa nital 3%; perbesaran 500 X	35
Gambar 2. 13 Struktur mikro baja S45C setelah dilakukan pemanasan 850 °C dengan waktu tahan 30 menit di <i>quenching</i> dalam udara; etsa nital 3 %;perbesaran 500 X.....	36
Gambar 3. 1 Diagram Alir Percobaan	38
Gambar 3. 2 Tanur <i>Muffle</i>	39
Gambar 3. 3 Media <i>Quench</i> (a) oli, (b) air, (c) air garam	39
Gambar 3. 4 <i>Optical Microscop Olympus GX51 Inverted System Metalurgical Microscope</i>	40
Gambar 3. 5 <i>Leco Hardness Testing Machine M-400-HI</i>	40
Gambar 3. 6 Mesin Poles Mekanik	41
Gambar 3. 7 (a),(b) spesimen baja S45C	43
Gambar 3. 8 Spesimen S45C Setelah Dilakukan Pengetsaan	43
Gambar 3. 9 Skema Proses Pemanasan	44
Gambar 3.10 Diagram Alir Perlakuan Panas	44
Gambar 3.11 Struktur mikro spesimen <i>As receive</i> (perbesaran 500x).....	46
Gambar 3.12 Struktur mikro spesimen <i>As receive</i> (perbesaran 1000x).....	46
Gambar 3.13 Foto struktur mikro sampel hardening 850°C <i>quench</i> air (perbesaran 1000x)	47
Gambar 3.14 Foto struktur mikro sampel hardening 850°C <i>quench</i> air garam (perbesaran 1000x)	47
Gambar 3.15 Foto struktur mikro sampel hardening 850°C <i>quench</i> oli (perbesaran 500x)	47

Gambar 3.16 Foto struktur mikro sampel hardening 900°C <i>quench</i> air (perbesaran 1000x)	48
Gambar 3.17 Foto struktur mikro sampel hardening 900°C <i>quench</i> air garam (perbesaran 500x)	48
Gambar 3.18 Foto struktur mikro sampel hardening 900°C <i>quench</i> oli (perbesaran 500x)	48
Gambar 3.19 Foto struktur mikro sampel hardening 950°C <i>quench</i> air (perbesaran 500x)	49
Gambar 3.20 Foto struktur mikro sampel hardening 950°C <i>quench</i> air garam (perbesaran 1000x)	49
Gambar 3.21 Foto struktur mikro sampel hardening 950°C <i>quench</i> oli (perbesaran 1000x)	49
Gambar 4.1 Foto Struktur Mikro Sampel Hardening 850°C quenching oli, Dengan Tempering. 500X	51
Gambar 4.2 Diagram TTT baja S45C	51
Gambar 4.3 Foto Struktur Mikro Sampel Hardening 950°C Dengan Media Pendingin Air Garam. 1000X	52
Gambar 4.4 Kurva Kekerasan Terhadap Peningkatan Temperatur Austenisasi (Tanpa Tempering)	53
Gambar 4.5 Kurva Kekerasan Terhadap Peningkatan Temperatur Austenisasi (Setelah Tempering)	54
Gambar 4.6 Kurva pengaruh media <i>quenching</i> terhadap kekerasan (Setelah <i>Tempering</i>)	55
Gambar 4.7 Perbandingan Grafik Hasil Uji Kekerasan (A) Hasil Penelitian Acuan (Yogi Aprilano, 2012), (B) Hasil Penelitian	57

