

SKRIPSI
PENGARUH PERLAKUAN PANAS *HARDENING* DENGAN
***QUENCHING* OLI SAE 40 TERHADAP KEKERASAN DAN**
STRUKTUR MIKRO BAJA AISI 4140



Disusun Oleh :

Elvin Panji Setyo Haprabu

16.11.022

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
JULI 2020

LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI
PENGARUH PERLAKUAN PANAS *HARDENING* DENGAN
***QUENCHING* OLI SAE 40 TERHADAP KEKERASAN DAN**
STRUKTUR MIKRO BAJA AISI 4140

Disusun oleh:

Nama : Elvin Panji Setyo Haprabu

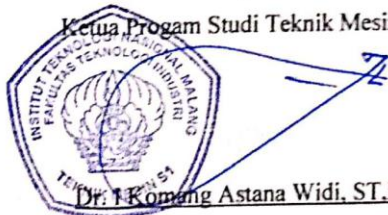
NIM : 1611022

Program Studi : Teknik Mesin S-1

Fakultas : Teknologi Industri

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1



Dr. I Komang Astana Widi, ST, MT

NIP. Y. 1030400405

Diperiksa dan disetujui

Dosen Pembimbing

Ir. Soeparno Djiwo, MT.

NIP. Y. 1018600128



PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : Elvin Panji Setyo Haprabu
NIM : 1611022
Jurusan : Teknik Mesin S-1
Judul : Pengaruh Perlakuan Panas *Hardening* Dengan *Quenching* Oli SAE 40
Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja AISI 4140

Dipertahankan dihadapan Tim Ujian Skripsi Jenjang Program Strata Satu (S-1)

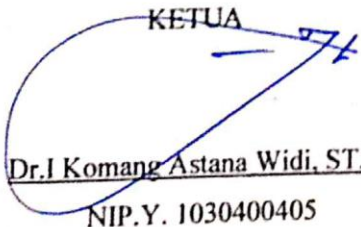
Pada Hari : Rabu

Tanggal : 22 Juli 2020

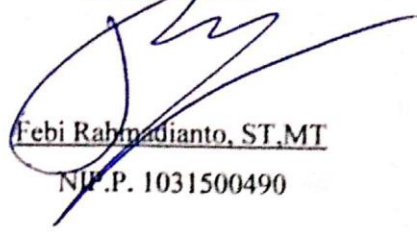
Dengan Nilai : 82,35 (A)

PANITIA UJIAN SKRIPSI

KETUA

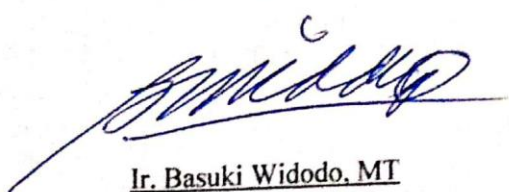

Dr. I Komang Astana Widi, ST, MT
NIP. Y. 1030400405

SEKRETARIS

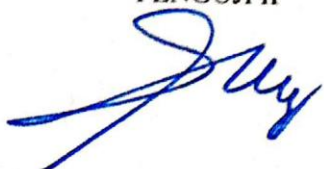

Febi Rahmadiano, ST, MT
NIP. P. 1031500490

ANGGOTA PENGUJI

PENGUJI I


Ir. Basuki Widodo, MT
NIP. Y. 1018100037

PENGUJI II


Dr. Eko Yohanes Setyawan, ST, MT
NIP. P. 1031400477

iii

LEMBAR ASISTENSI
LOG BOOK


Nama : Elvin Panji Setyo Haprabu
NIM : 1611022
Jurusan : Teknik Mesin S-1
Judul : Pengaruh Perlakuan Panas *Hardening* Dengan *Quenching* Oli SAE 40 Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja AISI 4140
Dosen Pembimbing : Ir. Soeparno Djiwo, MT

No	Materi Bimbingan	Range Waktu Bimbingan
1	<ul style="list-style-type: none">• Konsultasi Topik Penelitian• Konsultasi Tempat Penelitian• Diagram Alir Penelitian	24 Februari- 16 Maret
2	<ul style="list-style-type: none">• BAB 4 Analisa Dan Pembahasan• Data Hasil Struktur Mikro Sebelum Perlakuan Panas• Data Hasil Struktur Mikro Setelah Perlakuan Panas	9 – 18 Mei
3	<ul style="list-style-type: none">• Analisa Struktur Mikro Sebelum Perlakuan Panas• Analisa Struktur Mikro Sesudah Perlakuan Panas• Referensi Pembandingan Peneliti Sebelumnya	18 Mei – 13 Juni
4	<ul style="list-style-type: none">• Data dan Analisa Kekerasan Sebelum Perlakuan Panas• Data dan Analisa Kekerasan Setelah Perlakuan Panas• Referensi Pembandingan Peneliti Sebelumnya	17 Juni -18 Juni
5	<ul style="list-style-type: none">• BAB 2 Dasar Teori• Hasil Penelitian Terdahulu• Perlakuan Panas Baja• Struktur Mikro Baja• Diagram Fasa• Sifat Mekanis Baja• Baja Paduan 4140	18 Juni - 3 Juli
6	<ul style="list-style-type: none">• BAB 3 Metodologi Penelitian	5 Juli – 8 Juli

	<ul style="list-style-type: none"> • Diagram Alir Penelitian • Contoh Cara menulis Analisa Data • Merode Analisa Hasil Uji 	
7	Koreksi Bab 4	8 Juli – 9 Juli
8	Kesimpulan	9 Juli
9	<ul style="list-style-type: none"> • Daftar Pustaka • Lampiran 	10 Juli
10	<ul style="list-style-type: none"> • Bab 1 Pendahuluan • Batasan Masalah 	10 Juli - 12 Juli
11	Abstrak	12 Juli – 13 Juli

Malang, 3 Agustus 2020

Dosen Pembimbing


Ir. Soeparno Djiwo, MT.

NIP. Y.1018600128

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Elvin Panji Setyo Haprabu
NIM : 1611022
Jurusan : Teknik Mesin S-1
Judul : Pengaruh Perlakuan Panas *Hardening* Dengan *Quenching* Oli
SAE 40 Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja AISI 4140
Dosen Pembimbing : Ir. Soeparno Djiwo, MT

Tanggal pengajuan skripsi : Senin, 24 Februari 2020i

Tanggal penyelesaian skripsi : Jumat, 31 Juli 2020

Telah diselesaikan dengan nilai : 87(A)

Malang, 3 Agustus 2020

Dosen Pembimbing


Ir. Soeparno Djiwo, MT

NIP. Y.1018600128

EFFECT OF HEAT TREATMENT *HARDENING* WITH *QUENCHING* OIL SAE 40 ON HARDNESS AND MICRO STRUCTURE OF AISI 4140 STEEL

Elvin Panji Setyo Haprabu

Mechanical Engineering Study Program S1, Faculty of Industrial Technology,
ITN Malang, Karanglo Highway KM. 2, Tasikmadu, sub-district Lowokwaru,
Malang City. vandji.valent@gmail.com

ABSTRACT

The usefulness of steel is related to good mechanical properties when compared to other materials. One steel that is often used for engineering material needs is AISI 4140 steel. AISI 4140 steel is medium carbon steel and includes low alloy steel with carbon content of 0.42% and alloy element content below 10%. Based on the elemental content of the alloy, it is possible for AISI 4140 steel to be heat treated. Steel that is heat treated will change its mechanical properties in terms of hardness, toughness and ductility depending on the method used for the steel. Hardening is a heat treatment process for hardening steel by heating until a homogeneous phase change (austenization) is then followed by rapid cooling until a structure called martensite occurs. In this study the hardening heat treatment method will be used at a temperature of 850 ° C with a holding time of 30 minutes using quenching of SAE 40 oil on AISI 4140 steel. This research will conduct hardness testing (Rockwell) and microstructure in the specimen before and after the hardening heat treatment. Microstructure testing refers to the ASTM E562-19 standard, to calculate the percentage of the number of phases done manually calculation using clustering techniques with millimeter blocks, while for hardness testing refers to the ASTM E18 standard using Rockwell Hardness Test Scale C. From this test it can be concluded that heat treatment by hardening method using rapid cooling can change the microstructure and improve the mechanical properties of steel, especially hardness.

Keywords: AISI 4140, hardening, quenching, phase, Rockwell, Micro Structure.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga proses pengerjaan skripsi ini dapat berjalan dengan lancar dan tepat waktu. Skripsi ini disusun untuk menyelesaikan studi S-1 Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.

Penyelesaian skripsi ini tidak luput dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kustamar, MT. Selaku Rektor ITN Malang.
2. Ibu Dr. Ellysa Nursanti, ST. MT. Selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri ITN Malang
3. Bapak Dr. I Komang Astana Widi, ST. MT. Sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1 ITN Malang
4. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, MT. Selaku Dosen Pembimbing Penyusunan skripsi.
5. Bapak Ir. Basuki Widodo, M.T. Selaku Ketua Bidang Metalurgi dan Material
6. Seluruh Dosen dan Staf Jurusan Teknik Mesin S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
7. Bapak dan Ibu yang tidak hentinya memberikan doa, semangat serta dukungan kepada penulis selama melaksanakan pendidikan.
8. Teman-teman serta seluruh rekan yang telah memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis

Penulis menyadari bahwa sebagai manusia biasa tidak bisa lepas dari kesalahan dan kekurangan dalam skripsi ini. Untuk itu Penulis mengharapkan kritik serta saran untuk menyempurnakan skripsi ini dimasa yang akan datang. Akhir kata semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis maupun pembaca.

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Elvin Panji Setyo Haprabu

NIM : 1611022

Program Studi : Teknik Mesin S-1

Menyatakan bahwa sesungguhnya isi skripsi yang berjudul "**Pengaruh Perlakuan Panas Hardening Dengan Quenching Oli SAE 40 Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja Aisi 4140**" adalah hasil karya sendiri, bukan merupakan duplikasi serta tidak mengutip atau menyalin sebagian atau sepenuhnya dari karya orang lain, kecuali yang telah saya sebutkan sumber aslinya.

Malang, 13 Juli 2020

Yang membuat pernyataan



Elvin Panji Setyo Haprabu
NIM. 1611022

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI.....	iii
LEMBAR ASISTENSI.....	iv
LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI.....	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Hipotesis.....	4
1.6 Manfaat Penelitian.....	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II.....	6
DASAR TEORI.....	6
2.1 Hasil Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Perlakuan Panas Baja.....	9
2.2.1 Tempering.....	11
2.2.2 Annealing.....	14
	x

2.2.3 Normalizing.....	16
2.2.4 Hardening.....	17
2.2.5 Quenching	20
2.2.6 Media Pendingin	21
2.3 Struktur Mikro Baja	23
2.4 Diagram Fasa Baja	26
2.5 Sifat Mekanis Baja	28
2.6 Baja Paduan AISI 4140.....	33
BAB III	35
METODE PENELITIAN.....	35
3.1 Diagram Alir	35
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	35
3.2 Penjelasan Diagram Alir	36
3.2.1 Studi Literatur	36
3.2.2 Persiapan Spesimen Baja AISI 4140.....	37
3.2.3 Pembuatan Spesimen	37
3.2.4 Proses Heat-Treatment (Hardening)	38
3.2.5 Pengujian Spesimen	40
3.2.6 Analisa Data dan Pembahasan	44
BAB IV	47
ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	47
4.1 Data Hasil Pengujian.....	47
4.1.1 Data Hasil Pengujian Struktur Mikro.....	47
4.1.2 Data Hasil Pengujian Kekerasan	48
4.2 Analisa Data dan Pembahasan	51
4.2.1 Analisa Data Struktur Mikro.....	51
4.2.2 Analisa Data Hasil Pengujian Kekerasan.....	60

BAB V.....	65
KESIMPULAN DAN SARAN.....	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN.....	69
I. Biodata Penulis	69
II. Surat Bimbingan Skripsi	70
III. Sertifikat Baja AISI 4140.....	71
IV. Data Lab. Hasil Pengujian Kekerasan	72
V. Dokumentasi	73
VI. Formulir Revisi	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram TTT (Time, Temperatur & Transformation).....	10
Gambar 2. 2 Diagram Tempering	11
Gambar 2. 3 Diagram Austempering	12
Gambar 2. 4 Diagram Martempering.....	13
Gambar 2. 5 Diagram annealing	16
Gambar 2. 6 Diagram Normalizing.....	17
Gambar 2. 7 Diagram Hardening.....	20
Gambar 2. 8 Struktur Mikro Perlit Pembesaran 500x.....	23
Gambar 2. 9 Struktur Mikro Ferrit Pembesaran 500x	24
Gambar 2. 10 Struktur Mikro Sementit Pembesaran 500x	24
Gambar 2. 11 Struktur Mikro Bainit Pembesaran 500x.....	25
Gambar 2. 12 Struktur Mikro Martensit Pembesaran 500x	26
Gambar 2. 13 Diagram Fasa Baja	27
Gambar 2. 14 Kurva Tegangan-Regangan Rekayasa	28
Gambar 2. 15 Garis Lengkung Tegangan-Regangan Tarik Tipikal.....	29
Gambar 2. 16 Perpotongan kurva alir dengan kurva patah	30
Gambar 2. 17 Grafik Tegangan-Regangan untuk Perilaku Ulet	30
Gambar 2. 18 Pengaruh kekerasan permukaan pada kekuatan kelelahan.....	31
Gambar 2. 19 Dimensi Penekanan Pada Pengujian Kekerasan	32
Gambar 2. 20 Kurva Regangan-Waktu dari Melar (creep).....	32
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	35
Gambar 3. 2 Baja AISI 4140.....	37
Gambar 3. 3 Pembuatan Spesimen.....	38
Gambar 3. 4 Spesimen Pengujian	38
Gambar 3. 5 Diagram Proses Hardening.....	39
Gambar 3. 6 Tungku Pemanas	39
Gambar 3. 7 Media Quenching Oli SAE 40	40
Gambar 3. 8 Proses Grinding.....	41
Gambar 3. 9 Hasil Pengetsaan	41
Gambar 3. 10 Mikroskop	42
Gambar 3. 11 Letak Titik Pengujian Kekerasan	42

Gambar 3. 12 Rockwell skala C.....	43
Gambar 4. 1 Struktur Mikro Baja AISI 4140 Sebelum Perlakuan Panas	47
Gambar 4.2 Struktur Mikro Baja AISI 4140 Setelah Perlakuan Panas Hardening Suhu 850°C, Holding Time 30 menit, Quenching oli SAE 40	48
Gambar 4. 1 Letak Titik Pengujian Kekerasan Sebelum Pelakuan Panas.....	49
Gambar 4. 4 Letak Titik Pengujian Kekerasan Setelah Pelakuan Panas.....	49
Gambar 4.5 Perhitungan Presentasi Fasa Struktur Mikro Baja AISI 4140 Sebelum Perlakuan Panas.....	53
Gambar 4.6 Perhitungan Presentasi Fasa Struktur Mikro Baja AISI 4140 Setelah Perlakuan Panas.....	58
Gambar 4.7 Grafik Kekerasan Rata-rata Spesimen.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Unsur Paduan Pada Baja Aisi 4140	33
Tabel 2. 2 Sifat Mekanik Baja AISI 4140.....	34
Tabel 4. 1 Data Hasil Pengujian Kekerasan Sebelum Perlakuan Panas.....	49
Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian Kekerasan Setelah Perlakuan Panas.....	50
Tabel 4. 3 Data Hasil Perhitungan Struktur Mikro Sebelum Perlakuan Panas....	51
Tabel 4. 4 Data Hasil Perhitungan Struktur Mikro Setelah Perlakuan Panas.....	54
Tabel 4. 5. Perbandingan Nilai Kekerasan Baja AISI 4140 Sebelum dan Sesudah Perlakuan Panas.....	62