

SKRIPSI

PENGARUH HOLDING TIME PROSES HARDENING TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN UJI TARIK PADA ALLOY STEEL 4140

*Di ajukan untuk memenuhi tugas akhir skripsi guna mendapatkan gelar S1 di
bidang studi teknik mesin*



Di susun oleh:

ZAINUL MUTAQIN

NIM : 21801052111

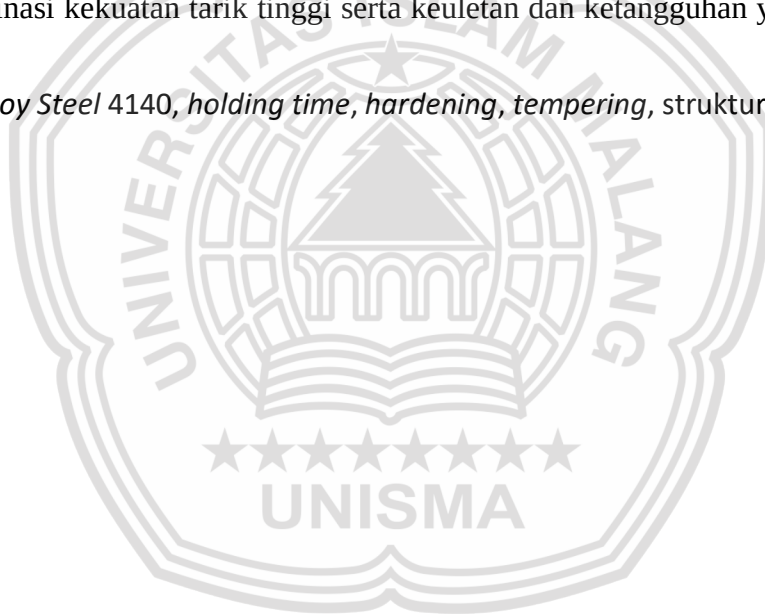
**FAKULTAS TEKNIK
PRODI TEKNIK MESIN
UNIVERSITAS ISLAM MALANG
2022**

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi *holding time* dalam proses *hardening* terhadap sifat mekanik dan struktur mikro pada material *Alloy Steel* 4140. Proses perlakuan panas dilakukan dengan memanaskan spesimen pada suhu 800°C dan variasi waktu penahanan selama 15, 25, dan 35 menit, dilanjutkan proses *quenching* menggunakan oli SAE 10-40, serta proses *tempering* pada suhu 250°C, 350°C, dan 450°C. Pengujian dilakukan meliputi uji tarik dan pengamatan struktur mikro.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan waktu penahanan menyebabkan penurunan nilai kekuatan tarik, regangan, dan modulus elastisitas. Proses tempering menyebabkan transformasi struktur martensit menjadi ferit dan perlit dengan ukuran butir yang lebih besar dan lebih homogen. Struktur mikro dengan komposisi perlit tertinggi dicapai pada suhu tempering 250°C dengan *holding time* 35 menit. Sementara itu, perlakuan terbaik diperoleh pada suhu tempering 450°C dan *holding time* 15 menit, dengan kombinasi kekuatan tarik tinggi serta keuletan dan ketangguhan yang meningkat.

Kata Kunci: *Alloy Steel* 4140, *holding time*, *hardening*, *tempering*, struktur mikro, uji tarik.

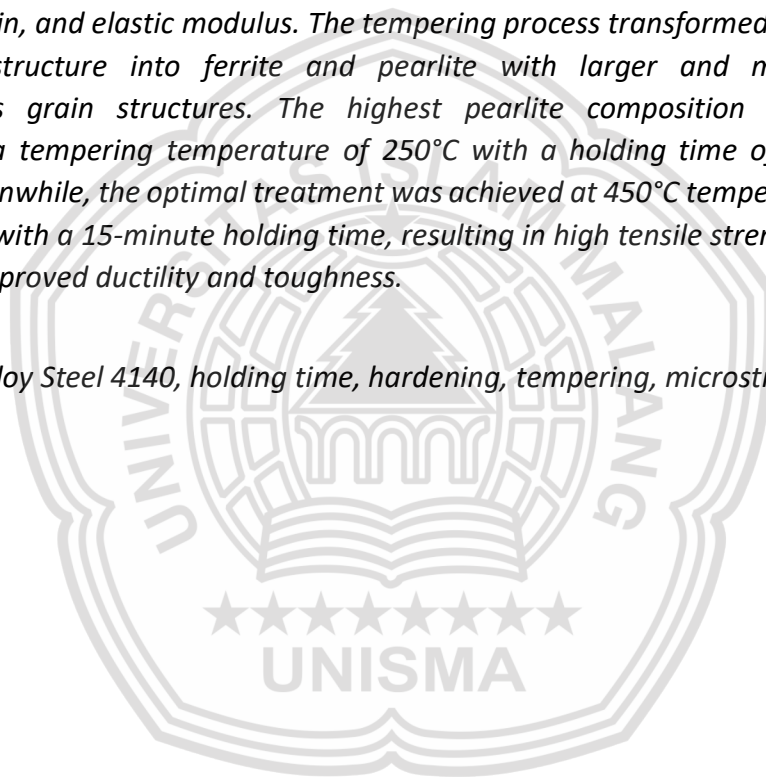


ABSTRACT

This study aims to investigate the effect of varying holding times during the hardening process on the mechanical properties and microstructure of Alloy Steel 4140. Heat treatment was carried out by heating the specimens at 800°C with holding times of 15, 25, and 35 minutes, followed by quenching using SAE 10-40 oil, and tempering at 250°C, 350°C, and 450°C.

The tests conducted included tensile testing and microstructural observation. The results showed that increasing the holding time led to a decrease in tensile strength, strain, and elastic modulus. The tempering process transformed the martensitic structure into ferrite and pearlite with larger and more homogeneous grain structures. The highest pearlite composition was obtained at a tempering temperature of 250°C with a holding time of 35 minutes. Meanwhile, the optimal treatment was achieved at 450°C tempering temperature with a 15-minute holding time, resulting in high tensile strength along with improved ductility and toughness.

Keywords: Alloy Steel 4140, holding time, hardening, tempering, microstructure, tensile test.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Baja merupakan material yang penggunaannya paling luas, hal ini mengingat baja mempunyai kekuatan tinggi, mampu dimesin dengan baik, mudah dibentuk, mudah diperoleh dipasaran. Sifat baja tergantung dengan unsur yang ada di dalamnya dan beberapa baja jenis tertentu sifatnya dapat diubah melalui proses perlakuan panas. Pengerjaan logam untuk membuat komponen roda gigi pada umumnya diawali dengan pengerjaan mesin. Upaya untuk memperbaiki sifat dan kualitas komponen roda gigi adalah dengan cara melakukan pengerasan (*hardening*). Dengan melakukan *hardening* maka akan diperoleh kekerasan yang lebih tinggi, semakin tinggi angka kekerasan maka keuletan akan menjadi rendah dan baja akan menjadi getas, baja yang demikian tidak baik untuk berbagai pemakaian. Oleh karena itu biasanya setelah dilakukan proses pengerasan kemudian dilanjutkan dengan proses Temper yaitu pemanasan kembali dari baja yang telah dikeraskan pada temperatur dibawah temper austenisasi yang disusul dengan pendinginan untuk mengurangi atau menghilangkan tegangan sisa (*residual stress*) dan mengembalikan sebagian keuletan dan ketangguhan dari baja akibat proses *hardening*. Melalui Proses Temper, kekerasan dan kerapuhan dapat diturunkan sampai memenuhi persyaratan (Mizha & Tampubolon, 2015:99).

Berdasarkan kandungan karbon, baja dikelompokkan menjadi tiga macam, yaitu baja carbon rendah (*low carbon steel*), baja karbon sedang (*medium carbon steel*), dan baja karbon tinggi (*high carbon steel*). Sedangkan menurut kadar unsur paduan, baja dapat dibagi dalam dua golongan yaitu baja paduan rendah dan baja paduan tinggi atau baja paduan khusus. Baja paduan rendah adalah baja yang sedikit mengandung unsur paduan di bawah 10%, sedangkan baja paduan tinggi dapat mengandung unsur paduan di atas 10%. Salah satu baja paduan rendah adalah baja AISI 4140. Aplikasi Baja AISI 4140 antara lain digunakan sebagai Shaft, gear, bolt, coupling, spindles, sprockets, hydraulics machine shaft, oil industry drill collars, tools joints and piston pin. Menurut AISI komposisi kimia baja AISI 4140 meliputi, (0,80-1,10)% Cr, (0,75-1,0)% Mn, (0,38-0,43)% C, (0,15-0,30)% Si, (0,15- 0,25)%

Mo, 0,040% S, dan 0,035% P sehingga baja AISI 4140 termasuk baja paduan

n rendah. Berdasarkan kandungan elemen paduan memungkinkan baja AISI 4140 untuk diberi perlakuan panas (heat treatment). Perlakuan panas pada baja memiliki peranan sangat penting karena dapat merubah struktur mikro dan sifat mekanik dari baja tersebut sesuai dengan kebutuhan. Proses perlakuan panas adalah proses pemanasan dan pendinginan pada sebuah baja tersebut. Kemudian tujuan dari penelitian ini untuk melihat dan baja atau baja paduan dengan tujuan utama untuk mengubah sifat mekanik dari membandingkan sifat mekanis dan struktur mikro dari Baja AISI 4140 sebelum dan sesudah dilakukan proses perlakuan panas. (Sofian J, dkk, 2022).

Holding time pada proses hardening dilakukan dengan cara menahan pada temperatur tertentu untuk memperoleh temperatur yang konstan sehingga struktur austenitnya homogen. Holding time sangat berpengaruh pada saat transformasi, bila hanya sebentar maka transformasi menjadi tidak sempurna dan kekerasan yang dihasilkan rendah, sedangkan apabila terlalu lama maka terjadi transformasi namun diikuti dengan pertumbuhan butir yang bisa menurunkan ketangguhan (Korawan, 2021).

Proses hardening berguna untuk memperbaiki kekerasan dari baja tanpa mengubah komposisi kimia secara keseluruhan. Beberapa kasus, proses hardening banyak dilakukan pada material baja. Material baja memiliki sifat hardenability dengan adanya sifat ini pada material baja dapat dikeraskan dengan pembentukan martensite. Proses hardening pada baja karbon rendah dapat menghasilkan sifat mekanik yang lebih kuat dari pada sebelumnya, karena perubahan fasa pada baja tersebut. (Arlingga, dkk, 2021).

Dalam proses hardening, faktor yang mempengaruhi perlakuan panas antara lain kandungan karbon material, temperatur, media pendinginan dan holding time. Semuanya merupakan faktor penting dalam keberhasilan suatu perlakuan panas material. Kandungan karbon dari suatu material berguna sebagai penentuan suhu kritis dalam proses hardening. Temperatur berperan penting untuk melarutkan karbon dalam proses hardening. Kekerasan permukaan material yang dihasilkan

tergantung dari jumlah martensite yang masuk dalam permukaan baja. Setelah material dipanaskan, biasanya dilakukan proses pendinginan. Proses pendinginan bertujuan untuk menghasilkan struktur martensite pada permukaan. Oleh karena itu proses dapat menghasilkan baja dengan permukaan yang keras dan inti yang tangguh atau ulet. Penggunaan besi atau baja untuk kesejahteraan manusia antara lain sebagai bahan konstruksi bangunan, peralatan industri, mesin-mesin perkakas (mata bor, pahat bubut, dan pisau frais).

Penelitian ini membahas tentang pengaruh perlakuan panas hardening dan tempering terhadap struktur mikro dan pengujian tarik pada alloy steel 4140 menggunakan media pendingin oli SAE 10W-40 dan waktu penahan di dalam tungku saat pemanasan selama 15 menit, 25 menit dan 35 menit. Suhu pemanasan yang digunakan sebesar 800°C dan kemudian di tempering kembali pada suhu 250°C, 350°C dan 450°C.

Sehingga dari pengetahuan yang saya dapat dan yang saya cantumkan pada latar belakang diatas, saya mengambil sebuah judul penelitian Pengaruh *Holding Time* Proses *Hardening- Tempering* Terhadap Struktur Mikro Dan Uji Tarik Pada Alloy Steel 4140.

1.2 Rumusan masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi *holding time* proses *hardening* terhadap kekuatan tarik pada alloy steel 4140 ?
2. Bagaimana pengaruh variasi *holding time* proses *hardening* terhadap struktur mikro pada alloy steel 4140?

1.3 Batasan masalah

Agar dalam penyusunan penelitian ini lebih menjadi terarah ke tujuan penelitian, maka perlu adanya batasan-batasan permasalahan yang akan di bahas, di antaranya :

1. Bahan yang diuji menggunakan alloy steel 4140.
2. Media pending oli SAE 10W- 40 .
3. Temperatur pada proses *hardening* 800°C

4. Temperatur pada proses *tempering* 250°C , 350°C dan 450°C
5. Variasi lama waktu holding time pada proses hardening dan *tempering* 15 menit, 25 menit, 35 menit
6. Pengujian struktur mikro menggunakan teknik foto mikro
7. Pengujian uji tarik menggunakan Universal Testing Machine

1.4 Tujuan penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi *holding time* 15 menit, 25 menit, 35 menit proses *hardening* dan *tempering* pada kekuatan tarik baja karbon rendah.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi *holding time* 15 menit, 25 menit, 35 menit proses *hardening* dan *tempering* pada uji mikro baja karbon rendah.

1.5 Manfaat penelitian

Dari penelitian ini diharapkan akan memberikan manfaat dan kontribusi terhadap ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya ilmu material yaitu:

1. Dapat membantu mengatasi masalah-masalah yang ada pada masyarakat khususnya pada dunia otomotif dalam pemakaian baja karbon rendah yang baik untuk gear sepeda motor.
2. Memberi masukan pada dunia otomotif mengenai kualitas sifat mekanik baja karbon rendah tersebut.
3. Memberikan wawasan baru penggunaan baja karbon rendah, bagi masyarakat tentang sifat mekanik dalam

1.6 Sistematika penulisan

Secara umum sistematika penulisan skripsi ini dapat diuraikan secara ringkas yaitu sebagai berikut :

BAB I : Pendahuluan

Bab ini berisi gambaran secara umum tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II : Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas tentang teori-teori yang melandasi dan memperkuat penelitian yang di ambil dari buku, literatur, jurnal ilmiah ataupun penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini.

BAB III : Metode Penelitian

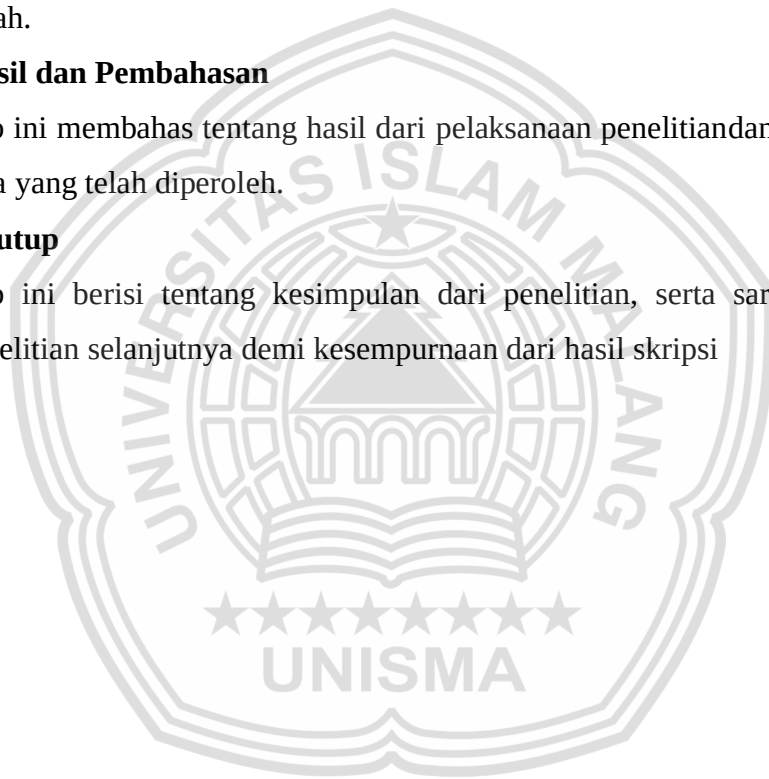
Bab ini membahas tentang langkah-langkah sistematis yang ditempuh dalam mengerjakan penelitian ini. Hal ini bertujuan agar dalam metode pengambilan data, pengumpulan data, diagram alir (*flowchart*) penelitian, dan pengolahan data hasil dari eksperimen menjadi lebih terarah.

BAB IV : Hasil dan Pembahasan

Bab ini membahas tentang hasil dari pelaksanaan penelitiandan analisis data yang telah diperoleh.

BAB V : Penutup

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari penelitian, serta saran untuk penelitian selanjutnya demi kesempurnaan dari hasil skripsi



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Pengujian menunjukkan bahwa semakin lama holding time nilai kekuatan tariknya menurun. Terjadi perubahan struktur mikro, raw materials mempunyai struktur perlit dan ferit, struktur martensit didapat setelah dilakukan proses hardening, proses tempering akan mengurai struktur martensit menjadi ferit dan perlit kembali dengan susunan kristal yang lebih besar dan homogen yang mengakibatkan kekuatan meningkat dari spesimen raw materials. Penampang patah spesimen menunjukkan patah getas pada spesimen patah ulet ditunjukkan pada spesimen hasil proses tempering. Uraian tersebut dapat disimpulkan semakin lama holding time temper kekuatan akan menurun. Proses tempering pada suhu 5250C dengan holding time 15 menit tempering 450 derajat yang terbaik karena kekuatan turun tidak begitu tinggi dan keuletan serta ketangguhannya meningkat.

4.2 Saran

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan penelitian adalah :

1. Pililah jenis material yang akan digunakan dalam penelitian sangatlah berpengaruh dalam sifat mekaniknya. Hendaknya sebelum memilih material uji, penelitian mengetahui tentang spesifikasi, fungsi dan kegunaan material uji tersebut.
2. Mempersiapkan bahan dan alat-alat uji dengan baik, sehingga didapatkan suatu hasil yang memuaskan.
3. Ada atau tidaknya pengaruh terhadap hasil pengujian berupa data apapun merupakan suatu data refrensi bagi pelaksana pada penelitian berikutnya agar dapat mendukung bagi pengembangan teknologi manufaktur selanjutnya.
4. untuk penelitian selanjutnya jangan terlalu lama diproses holding time

DAFTAR PUSTAKA

- Korawan, A. D. (2021). Hardening Baja AISI 4120 Dengan Variasi Holding Time. *Machine; Jurnal Teknik Mesin*, 20.
- Majanasastra, R. (2013). Analisis Simulasi Uji Impak Baja Karbon Sedang (AISI 1045) dan Baja Karbon Tinggi(AISI D2)Hasil Perlakuan Panas. *Jurnal Imiah Teknik Mesin*, 62.
- Raharjo, P. D., Istana, B., & Utami, L. P. (2016). Pengaruh Holding Time Terhadap Baja Karbon Menengahaisi 4140 Dan AISI Pada Pengujian Hardenability. *Celscitech- UMRI*, 143.
- Sardi, V. B., Jokosisworo, S., & Yudo, H. (2018). Pengaruh Normalizing dengan Variasi Waktu Penahanan Panas(Holding Time) Baja ST 46 Terhadap Uji Kekerasan , Uji Tarik , dan Uji Mikrografi. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 142.
- Arlingga, A. S., Somawardi, & Sugianto. (2021). Analisis Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekerasan Baja S45C Pada Proses Hardening-Tempering. *SJoME*, 32.
- Azhari, A. (2012). pengaruh proses tempering dan proses pengerolandi bawah dan di atas temperatur rekritalisasi pada baja karbon sedang terhadap kekerasan dan ketangguhan serta struktur mikro untuk mata pisau pemanen sawit. *Jurnal e- dinamis*, 17.
- F. Achmady. (2021). Analisis Pengaruh Peningkatan Temperatur karbursi terhadap peningkatan karbon dan kedalaman pengerasan baja paduan rendah AISI 4140 dengan media pendingin asam cuka. *URNAL MESIN MATERIAL MANUFAKTUR DAN ENERGI*, 2.
- Kusnowo, R. (2015). Analisa Uji Kekerasan dan Uji Tarik Material AISI P20 Mod. Hasil Perlakuan Hardening dan Tempering. *Jurnal Teknologi Terapan* , 18-24.
- Mizha, S., & Tampubolon, G. B. (2015). Analisis Kekerasan dan Strktur Mikro Terhadap Variasi Temperatur Tempering pada Baja AISI 4140. *Jurnal Ilmiah:MEKANIK*, 98-104.

- Murtiono, A. (2012). Pengaruh Quenching Dan Tempering Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Serta Struktur Mikro Baja Karbon Sedang Untuk Mata Pisau Panen Sawit. *Jurnal e-Dinamis*,, 60.
- Nasution, A., Ibrahim, A., Jufriadi, & Syamsuar. (2021). Analisis paduan Cu-Zn Tanpa Timbal Setelah Proses Anneling. *MESIN SAINS TERAPAN* , 39.
- nurlina, n. (2019). . Pengaruh Pengujian Hardening pada Baja Karbon Rendah Sebagai Solusi Peningkatan Kualitas Material. *Jurnal Qua Teknika*, 11-20.
- Sofian J, N. B., Siahaan, E., & Rosehan. (2022). Pengaruh Teperatur Hardening dan Tempering Baja AISI 4140 Terhadap Sifat Mekanis dan Strukur Mikro. *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia* .
- Sutowo, C., & Susilo, B. A. (n.d.). Pengaruh Proses Hardening Pada BAJA HQ AISI 4140 Dengan Media Oli dan Air Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro . *Sintek* , 58.

