

Contents list available at [Sinta](https://sinta)**A R M A T U R**

: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.unmetro.ac.id/index.php/armatur>**Pengaruh Variasi Temperatur Heat Treatment Tempering dan Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik Pada Baja AISI 4140****Rakha Handika^{1*}, Rahmat Romdloni²**¹Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang, Jl. HS. Ronggo Waluyo, Telukjambe Timur, Karawang, Indonesia²Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang, Jl. HS. Ronggo Waluyo, Telukjambe Timur, Karawang, Indonesia**A R T I C L E
I N F O**

Keywords:
AISI 4140 steel
Heat Treatment
Tempering
Media Pendingin
Tensile Strength

A B S T R A C T

AISI 4140 steel is a low alloy steel that is widely applied in the manufacturing industry because of its good combination of strength, toughness, and wear resistance. To optimize its mechanical properties, a proper heat treatment process is needed. Heat treatment tempering is a heat treatment process carried out on the material after the hardening process to reduce brittleness, reduce hardness, and increase the ductility of the steel. This study uses an experimental method by varying the temperature of 175°C and 250°C heat treatment tempering and for the cooling media using water and oil and tensile testing. The results of this study, the tensile stress graph shows that the material tempered at 175°C water obtained a high stress of 2047.75 Mpa. for strain on the material tempered at 175°C water obtained a high strain of 13.28%. From the results obtained, it can be concluded that for tensile testing of AISI 4140 steel material, the higher the stress produced, the material becomes brittle and stiff. And for higher strains, the material becomes ductile and flexible.

Pendahuluan

Baja merupakan paduan yang terdiri dari unsur besi (Fe), karbon (C), dan unsur lainnya yang dapat dibentuk melalui pengecoran, pencanaian, atau tempering. Karbon merupakan salah satu unsur terpenting karena dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasan. Baja secara umum

dapat diklasifikasi menjadi dua tipe, antara lain baja paduan dan baja karbon. Baja paduan tinggi dan baja paduan rendah termasuk dalam tipe baja paduan. Selanjutnya baja karbon ini terbagi menjadi tiga jenis: baja karbon rendah dengan kadar karbon < 0,30%, baja karbon sedang dengan kadar karbon antara 0,30% - 0,70%, dan

*Corresponding author: rakhahandika1@gmail.com

DOI: <https://10.24127/armatur.v5i2.6561>

Received 29 Juli 2024; Received in revised form 19 Agustus 2024; Accepted 24 September 2024

Available online 30 September 2024

kadar karbon 0,70%- 1,40 tergolong dalam baja karbon tinggi [1].

Baja AISI 4140 adalah baja paduan rendah kromium-molibdenum yang banyak diaplikasikan dalam industri manufaktur karena kombinasi kekuatan, ketangguhan, dan ketahanan ausnya yang baik [2]. Namun, untuk mengoptimalkan sifat mekaniknya, apalagi kekuatan tarik, perlu adanya proses perlakuan panas yang tepat dan terkontrol [3].

Heat treatment tempering adalah proses perlakuan panas yang dilakukan pada material setelah proses pengerasan (hardening) untuk mengurangi kerapuhan, menurunkan kekerasan, dan meningkatkan keuletan baja. Proses ini melibatkan pemanasan baja yang telah dikeraskan ke suhu di bawah suhu kritis (biasanya antara 150°C hingga 700°C), menahannya pada suhu tersebut untuk periode waktu tertentu, dan kemudian mendinginkannya dengan laju yang terkontrol [4]. Meskipun proses ini menghasilkan baja lunak, proses ini berbeda dengan anil karena sifat-sifatnya dapat dikontrol dengan hati-hati. Perlakuan proses tempering dapat menurunkan kegetasan material dikarenakan struktur martensit yang tidak stabil [5]. Proses *heat treatment*, khususnya quenching, sangat penting dalam menentukan sifat mekanik akhir baja AISI 4140.

Media pendingin adalah bahan yang digunakan sebagai penurun suhu secara cepat. Media pendingin biasanya disesuaikan dengan kebutuhan untuk menghasilkan barang sesuai dengan keinginan. Dalam perlakuan panas (*heat treatment*) baja banyak media yang digunakan antara lain: air, udara, oli, air garam, udara bebas, nitrogen dan lain-lain. Berdasarkan penelitian sebelumnya, perbedaan penggunaan media pendingin dalam proses *heat treatment* memberikan variasi kekerasan di permukaan yang berbeda. Sifat mekanis hasil perlakuan panas tergantung dari proses pemanasan, waktu tahan dan laju pendinginannya [6].

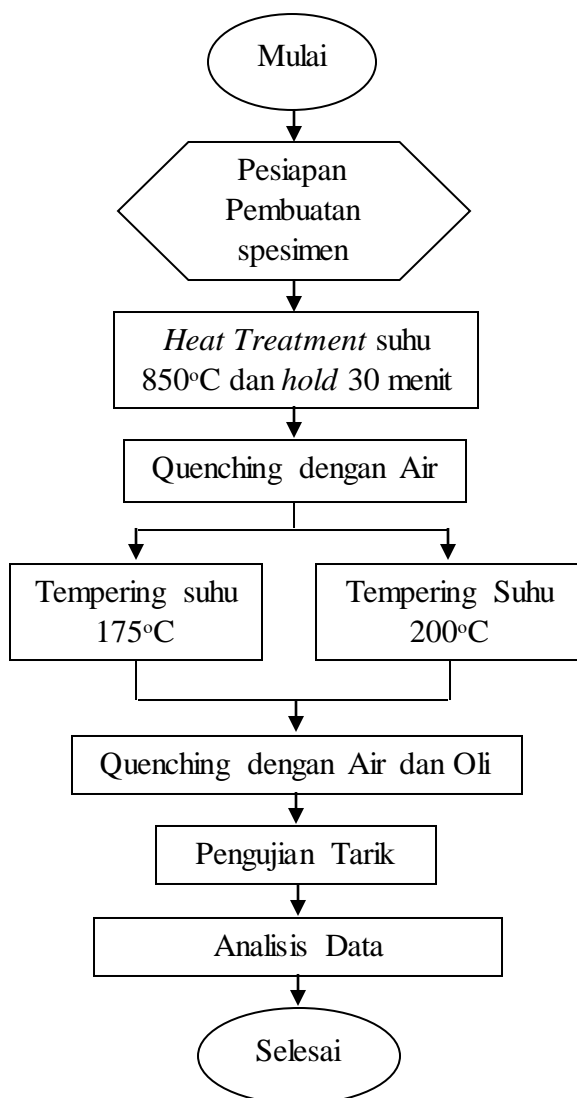
Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa variasi temperatur tempering dapat mempengaruhi ukuran dan distribusi karbida, yang pada gilirannya berdampak pada kekuatan tarik baja [7]. Media pendingin pada proses perlakuan panas sangat penting dalam pembentukan struktur logam. Pendinginan adalah pemindahan panas dari suatu tempat ke tempat yang lain yang diikuti oleh adanya perubahan-perubahan pada tempat yang diinginkan (dari panas ke dingin) [8]. Selain itu, pemilihan media pendingin juga telah terbukti mempengaruhi laju pendinginan dan, sebagai akibatnya, struktur mikro akhir serta sifat mekanik baja [9]. Berbagai media pendingin seperti air, oli, udara, dan larutan garam memiliki karakteristik pendinginan yang berbeda, yang dapat mempengaruhi pembentukan martensit dan struktur lainnya [10].

Dalam konteks ini, penelitian mengenai pengaruh variasi temperatur *heat treatment* tempering dan media pendingin terhadap kekuatan tarik baja AISI 4140 menjadi sangat relevan. Pemahaman yang lebih baik tentang hubungan antara parameter-parameter ini dapat membantu insinyur dan peneliti dalam mengoptimalkan proses perlakuan panas untuk mencapai sifat mekanik yang diinginkan.

Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi efek dari berbagai temperatur tempering dan media pendingin terhadap kekuatan tarik baja AISI 4140. Dengan memvariasikan temperatur tempering dan menggunakan beberapa jenis media pendingin yang berbeda, diharapkan dapat diperoleh data komprehensif mengenai perubahan kekuatan tarik baja. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan metode perlakuan panas yang lebih efektif untuk baja AISI 4140, serta meningkatkan pemahaman tentang hubungan antara parameter proses dan sifat mekanik baja.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan memvariasikan temperatur suhu 175°C dan 250°C *heat treatment* tempering dan untuk media pendingin menggunakan air dan oli serta pengujian tarik yang bertujuan untuk mengetahui perbandingan kekuatan tarik dari perbedaan heat temperatur pada baja AISI 4140.



Gambar 1. Diagram Alir

Alat

Tungku Pemanas (*Furnace*) digunakan untuk memanaskan material sesuai dengan waktu dan temperatur yang dapat mencapai

pemanasan (*heat treatment* tempering) sesuai dengan metode penelitian diatas.



Gambar 2. Tungku Pemanas

Mesin uji tarik digunakan setelah baja dipanaskan, pengujian tarik yang digunakan pada baja sesuai dengan standar ASTM E8.



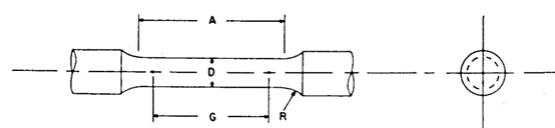
Gambar 3. Mesin Uji Tarik

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini menggunakan *round bar* baja AISI 4140 dan dibentuk spesimen uji tarik dengan standar ASTM E8.



Gambar 4. Baja AISI 4140



Gambar 5. Standar bentuk specimen ASTM E8

berikut keterangan huruf dari gambar 5. standar bentuk spesimen ASTM E8.

A : *Length of reduced section*, (mm)

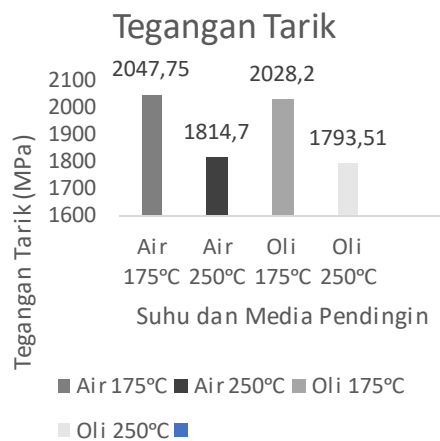
R : *Radius of fillet*, (mm)

D : *Diameter*, (mm)

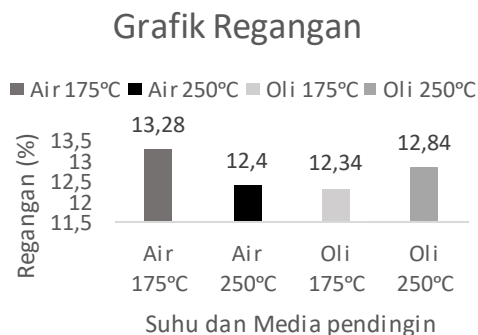
G : *Gauge length*, (mm)

Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini spesimen dibagi menjadi 2 kategori variasi yaitu spesimen yang telah dilakukan proses pemanasan di suhu 175°C dan 250°C (*heat treatment tempering*). Berikut dapat dilihat pada gambar grafik serta tabel dari masing-masing dibawah hasil dari proses pengujian tarik baja yang telah diberi perlakuan *heat treatment*.



Gambar 6. Grafik Tegangan Tarik



Gambar 7. Grafik Regangan

Tabel 1. Spesifikasi hasil uji tarik 175°C Air

Uraian	Nilai
<i>Gauge Length</i> , Lo (mm)	50
<i>Max Force</i> , (kN)	251.3
<i>Tensile Strength</i> , (Mpa)	2048
Modulus Elastisitas, (Gpa)	15
Diameter Awal, Do (mm)	12.5

Tabel 2. Spesifikasi hasil uji tarik 175°C Oli

Uraian	Nilai
<i>Gauge Length</i> , Lo (mm)	50
<i>Max Force</i> , (kN)	248.9
<i>Tensile Strength</i> , (Mpa)	2028
Modulus Elastisitas, (Gpa)	12
Diameter Awal, Do (mm)	12.5

Tabel 3. Spesifikasi hasil uji tarik 250°C Air

Uraian	Nilai
<i>Gauge Length</i> , Lo (mm)	50
<i>Max Force</i> , (kN)	222.7
<i>Tensile Strength</i> , (Mpa)	1815
Modulus Elastisitas (Gpa)	11
Diameter Awal, Do (mm)	12.5

Tabel 4. Spesifikasi hasil uji tarik 250°C Oli

Uraian	Nilai
<i>Gauge Length</i> , Lo (mm)	50
<i>Max Force</i> , (kN)	220.1
<i>Tensile Strength</i> , (Mpa)	1794
Modulus Elastisitas (Gpa)	12
Diameter Awal, Do (mm)	12.5

Pada beberapa tabel diatas menunjukkan bahwa perbedaan dari *Max Force*, *Tensile Strength*, dan Modulus Elastisitas dari pengujian tarik terlihat perbedaan yang tidak terlalu signifikan tetapi dari setiap hasil tetap

menjelaskan bahwa semakin tinggi tegangan, maka material tersebut semakin getas dan kaku, jika tegangan semakin kecil maka material tersebut menjadi ulet. Untuk menghitung persamaan rumus tegangan dan regangan sebagai berikut.

Rumus tegangan

$$\sigma = \frac{F}{A_o} \quad (1)$$

Dimana :

σ : Tegangan (Mpa)

F : Gaya (N)

A_o : Luas Penampang awal spesimen (mm²)

Rumus regangan

$$\varepsilon = \frac{L_i - L_o}{L_o} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana :

ε = regangan

L_i = Panjang spesimen setelah pengujian (mm)

L_o = Panjang spesimen sebelum pengujian (mm)

Pada gambar 6. grafik tegangan tarik menunjukkan material yang ditemper suhu 175°C air memperoleh nilai tegangan tinggi yaitu 2047.75 Mpa, untuk material yang ditemper suhu 250°C air memperoleh nilai tegangan 1814.7 Mpa, untuk material yang ditemper suhu 175°C oli memperoleh 2028.2 Mpa, dan material yang ditemper suhu 250°C oli memperoleh 1793.51 Mpa. Untuk material yang ditemper air karena nilai tegangan tinggi, material tersebut menjadi getas dan kaku, sedangkan material yang ditemper suhu 250°C oli karena nilai tegangan rendah, material tersebut menjadi ulet. Untuk material mendapatkan tegangan lebih tinggi dan rendah karena material ketika di *heat treatment* dengan suhu tinggi lalu dilakukan pendinginan cepat

(*Quenching*) maka material menjadi lebih keras dan mudah rapuh terlihat pada grafik yang menunjukkan bahwa material pendinginan cepat air dengan suhu 175°C dengan memperoleh tegangan tinggi.

Pada gambar 7. grafik regangan diatas menunjukkan bahwa nilai regangan pada material baja AISI 4140 yang ditemper suhu 175°C air memperoleh nilai regangan paling tinggi yaitu 13.28 %, sedangkan material yang ditemper suhu 250°C oli memperoleh nilai regangan paling kecil yaitu 12.34 % dimana semakin regangannya tinggi maka material tersebut lebih ulet dan fleksibel, sedangkan material dengan regangan rendah maka material tersebut lebih keras dan rapuh.

Kesimpulan

Dari hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa untuk pengujian tarik material baja AISI 4140, semakin tinggi tegangan yang dihasilkan maka material tersebut menjadi getas dan kaku, jika material menghasilkan tegangan rendah maka material tersebut menjadi ulet. Dan untuk regangan semakin tinggi maka material menjadi ulet dan fleksibel, jika regangan rendah maka material tersebut menjadi lebih keras dan rapuh.

Referensi

- [1] K. Thelning, *Steel and its heat treatment*, 2th ed. 1984.
- [2] T. Materials and I. Company, *ASM Handbooks, Vol 1 2005*.
- [3] H.K.D.H Bhadeshia and R.W.K Honeycombe, *Microstructure and Properties Third Edition - Steels*.
- [4] N. Tsuji, "ASM Internasional, ASM Handbooks, Vol 4: Heat Treating," *Encycl. Mater. Met. Alloy.*, pp. 223–234, 2021
- [5] A. Ajami and H. Mirzadeh, "Tempering of Cold-Rolled Martensite in Mild Steel and

- Elucidating the Effects of Alloying Elements,” *J. Mater. Eng. Perform.*, 2020
- [6] A. Lostari, T. Machfuroh, and S. Mahardika, “Pengaruh Media Pendinginan Pada Proses Heat Treatment Baja SUP-9,” vol. 24, no. 3, pp. 29–35, 2022.
- [7] W. Lee and T. Su, “Mechanical properties and microstructural features of AISI 4340 high-strength alloy steel under quenched and tempered conditions,” vol. 87, pp. 198–206, 1999.
- [8] F. Diah and A. Verayanti, “MEDIA PENDINGIN TERHADAP KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK BAHAN ST 41 PADA PROSES,” vol. 1, no. 3, pp. 104–115, 2020.
- [9] L. C. F. Canale and G. E. Totten, “A historical overview of steel tempering parameters,” 2014, 2008,
- [10] J. Gür, C.H., Pan, *Handbook of Thermal Process Modeling Steels*. CRC Press. 2008.