

PENGARUH TEMPERATUR *HARDENING* DAN *TEMPERING* BAJA AISI 4140 TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO

Nicky Bryan Sulistyawan Sofian J, Erwin Siahaan, Rosehan

Mahasiswa Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara Jakarta, Indonesia

Email: nicky515180015@stu.untar.ac.id, erwins@ft.untar.ac.id, rosehan@ft.untar.ac.id

Abstrak

Baja memiliki peranan penting dalam suatu industri dimana banyak desain komponen mesin yang menggunakan material ini. Sifat mekanik material cukup mampu untuk berbagai aplikasi lapangan dalam berbagai aplikasi. Efisiensi dan efektivitas dari baja itu sendiri selalu menjadi pertimbangan dalam memilih material yang tepat sesuai dengan pertimbangannya. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk membandingkan sifat mekanik baja AISI 4140 sebelum dan sesudah proses perlakuan panas, melihat perubahan struktur mikro baja AISI 4140 sebelum dan sesudah proses perlakuan panas. Aplikasi Baja AISI 4140 adalah poros. Metode penelitian yang digunakan adalah data primer mengenai proses Hardening, Holding Time, Tempering dan Quenching menggunakan air. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa temperatur dan waktu tahan merupakan faktor yang berpengaruh nyata terhadap kekuatan luluh dan kekuatan tarik maksimal Baja AISI 4140. pada penelitian ini struktur mikro baja AISI 4140 terdapat ferrite dan pearlite.

Kata Kunci: AISI 4140, Hardening, Holding Time, Tempering, Uji Tarik

Abstract

Steel has an important role in an industry where many machine component designs use this material. The mechanical properties of the material are sufficiently capable for a wide range of field applications in a wide range of applications. The efficiency and effectiveness of the steel itself is always a consideration in choosing the right material according to its considerations. Therefore, this study was conducted with the aim of comparing the mechanical properties of AISI 4140 steel before and after the heat treatment process, looking at changes in the micro structure of AISI 4140 steel before and after the heat treatment process. Applications of AISI 4140 Steel are shafts. The research method used is primary data regarding the process of Hardening, Holding Time, Tempering and Quenching using water. From the results of the research that has been done, it can be seen that temperature and holding time are factors that significantly affect the yield strength and ultimate strength of AISI 4140 Steel. In this study, the microstructure of AISI 4140 steel contained ferrite and pearlite.

Keywords: AISI 4140, Hardening, Holding Time, Tempering, Uji Tarik

Pendahuluan

Baja merupakan material yang memiliki penggunaan 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 didalam baja itu sendiri dan beberapa baja jenis tertentu memiliki sifat yang dapat diubah melalui proses perlakuan panas. Pemilihan bahan dasar baja karbon rendah sangat mempengaruhi oleh komposisi unsur-unsur yang terkandung di dalamnya. Baja karbon rendah adalah logam paduan, logam besi sebagai unsur dasar dengan karbon sebagai unsur paduan utamanya antara 0,10% sampai 0,30%. Baja yang diproduksi oleh industri terdiri dari beragam jenis sesuai dengan kebutuhan. 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 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 atau baja paduan dengan tujuan utama untuk mengubah sifat mekanik dari baja tersebut. Kemudian tujuan dari penelitian ini untuk melihat dan membandingkan sifat mekanis dan struktur mikro dari Baja AISI 4140 sebelum dan sesudah dilakukan proses perlakuan panas.

Metode Penelitian

Metodologi Penelitian dilakukan di Lab. Metalurgi Fisik Universitas Tarumanagara. dengan menggunakan alat dan bahan sebagai berikut; tungku nabertherm untuk melakukan proses *Hardening, Tempering*. Dan dilakukan proses uji tarik, uji kekerasan, uji metalography. Setelah itu data tersebut diubah menjadi grafik yang berguna untuk melihat perubahan pemanasan spesimen.



Gambar 1
Tungku Nabertherm

Langkah-Langkah Penelitian

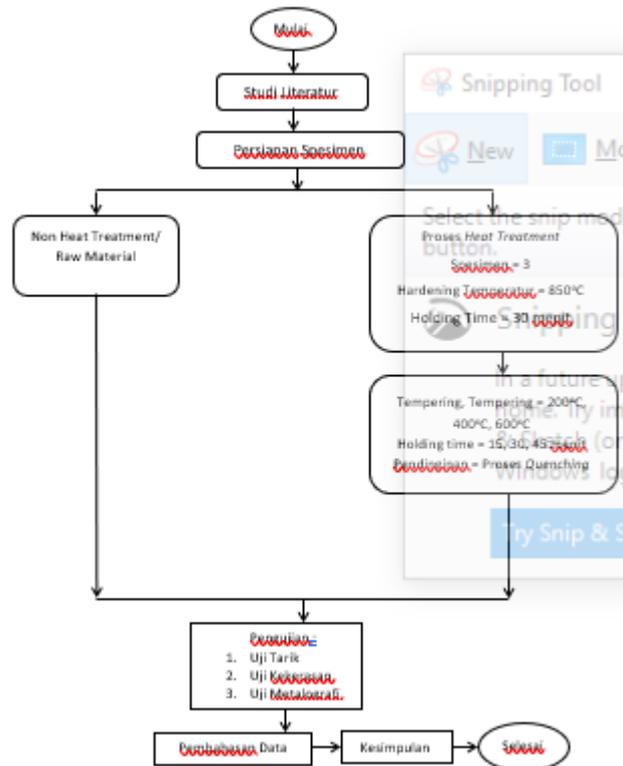
1. Melakukan pengambilan data spesimen baja AISI 4140 yang tidak dilakukan pengujian perlakuan panas untuk perbandingan penelitian ini.
2. Mempersiapkan spesimen baja AISI 4140 untuk dilakukannya proses *heat treatment*.
3. Melakukan proses hardening pada 9 spesimen baja AISI 4140 di temperatur 850°C.
4. Kemudian pada proses hardening di tahan pada waktu 30 menit, setelah selesai maka dilanjutkan ketahap proses quenching.
5. Melakukan proses tempering pada 9 spesimen yang telah dilakukan proses hardening pada variasi temperatur yang berbeda yaitu:
 - a. 200°C di *holding time* pada 15, 30, 45 menit.
 - b. 400°C kemudian di tahan pada waktu 15, 30, 45 menit.
 - c. 600°C di tahan pada waktu 15, 30, 45 menit.
5. Setelah dilakukan proses heat treatment maka dilanjutkan ke tahap pengujian Baja AISI 4140. Pengujian yang dilakukan adalah uji tarik, uji kekerasan, dan uji *metalografi* (pengamatan struktur mikro).

Proses pembuatan material baja AISI 4140

Proses untuk pembuatan baja AISI 4140 dibagi beberapa langkah. Berikut langkah-langkah yang harus dilakukan penguji supaya dapat diteliti:

1. Menyiapkan spesimen yang akan dilakukan proses *heat treatment* pada baja AISI 4140.
2. Menempatkan spesimen pada mesin pemanas.
3. Melakukan pemolesan spesimen dengan mesin poles otomatis dan untuk merapihkan permukaan benda kerja.

Diagram Alir Penelitian



Gambar 2
Diagram Alir Penelitian

Hasil Dan Pembahasan

Hasil Uji Tarik Baja AISI 4140

Tabel 1
Tabel Hasil Uji Tarik Baja AISI 4140

No	Temperatur (Hardening 850°C)	σ_y (Mpa)			σ_u (Mpa)		
		15 Menit	30 Menit	45 Menit	15 Menit	30 Menit	45 Menit
1	Tempering 200°C	536,4	543,6	551	577,8	592,5	580,3
2	Tempering 400°C	536,4	509,6	538,8	585,1	548,6	572,9
3	Tempering 600°C	541,3	553,4	546,1	570,5	582,7	577,8
4	Non Heat Treatment	602,2			636,4		

1. Hardening: 850°C, Tempering 200°C, Holding Time : 15 Menit :

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{4} d^2 \pi \\
 &= \frac{8^2 \times 3,14}{4} \\
 &= 200,96 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$F_y = \frac{F_y \times g}{A}$$

$$= \frac{11.000 \times 9,8}{200,96} = 536,4 \text{ Mpa}$$

$$F_u = \frac{F_u \times g}{A}$$

$$= \frac{11.850 \times 9,8}{200,96} = 577,8 \text{ Mpa}$$

2. Hardening: 850°C, Tempering 400°C, Holding Time: 30 Menit:

$$A = \frac{1}{4} d^2 \pi$$

$$= \frac{8^2 \times 3,14}{4}$$

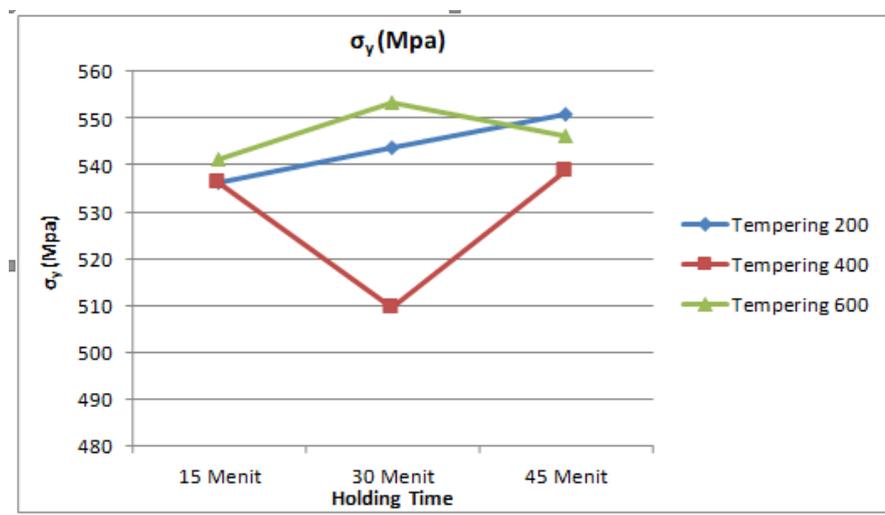
$$= 200,96 \text{ mm}^2$$

$$F_y = \frac{F_y \times g}{A}$$

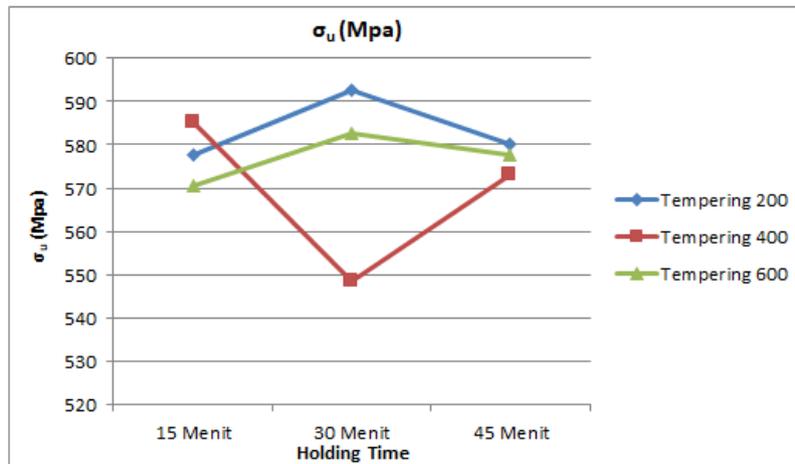
$$= \frac{10.450 \times 9,8}{200,96} = 509,6 \text{ Mpa}$$

$$F_u = \frac{F_u \times g}{A}$$

$$= \frac{11.250 \times 9,8}{200,96} = 548,6 \text{ Mpa}$$



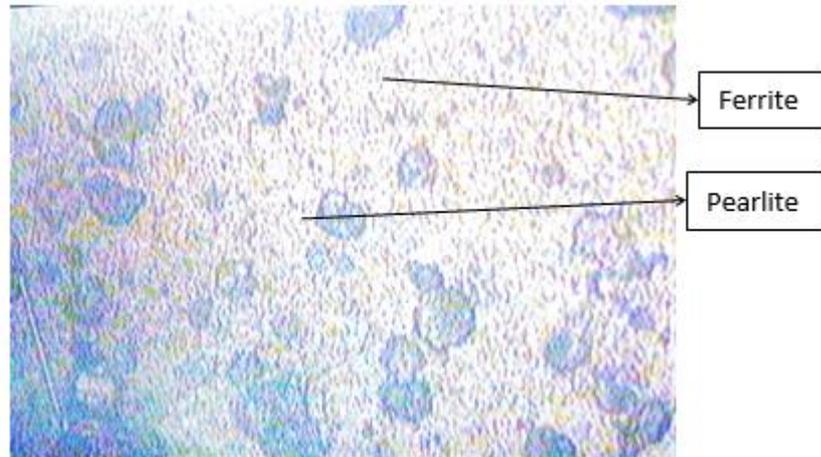
Gambar 3
Grafik kekuatan luluh Baja AISI 4140 (σ_y)



Gambar 4
Grafik Kekuatan Tarik Maksimum Baja AISI 4140 (σ_u)

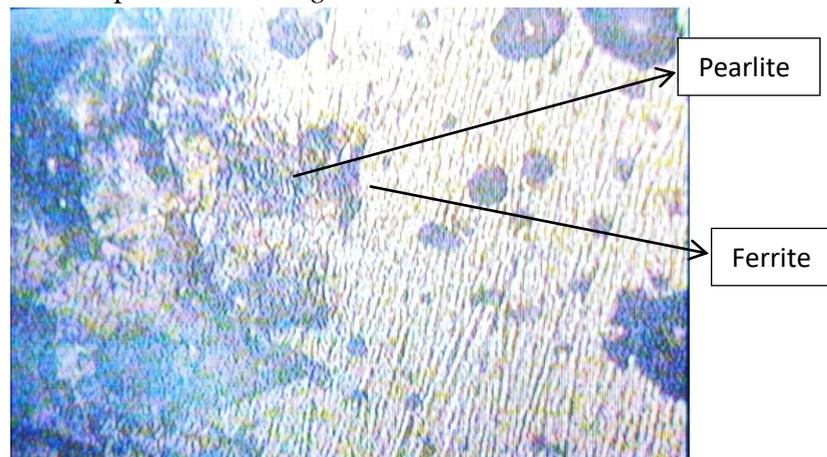
Berdasarkan hasil yang dilihat pada penelitian ini adalah hasil kekuatan luluh (σ_y) dikarenakan tergantung pada tujuannya, apabila spesimen yang mempunyai kekerasan material yang tinggi maka yang digunakan adalah *ultimate tensile strenght* nya. Penelitian yang telah dilakukan menggunakan spesimen Baja AISI 4140 berbentuk poros maka yang hasil atau nilai yang dibahas adalah *yield strenght* nya. Dapat dilihat dari grafik 4.1 pada *Tempering 200°C* terlihat konsisten dari holding time 15 menit ke 45 menit, akan tetapi pada *tempering 400°C* pada holding time 15 menit ke 30 menit mengalami penurunan dari 536,4 MPa ke 509,6 MPa. Setelah itu kembali mengalami kenaikan pada *yield strenght*. Kemudian pada holding time 15 menit di *tempering 600°C* lebih tinggi dari pada holding time 15 menit pada *tempering 400°C* dan *200°C* yaitu 541,3 MPa. Dari analisis diatas dapat dilihat bahwa, temperatur memang mempengaruhi tingkat ke-elastisitasan baja AISI 4140 walaupun *holding time* dan *heat treatment* pada penelitian ini yang tidak memiliki perbedaan secara signifikan. Kemudian hasil dari uji tarik pada penelitian yang telah dilakukan, dapat dianalisis juga bahwa pengaruh lama holding time terhadap kekuatan tarik maksimum dan kekuatan tarik luluh.

**Hasil pengamatan dengan mikroskop
Tanpa perlakuan**

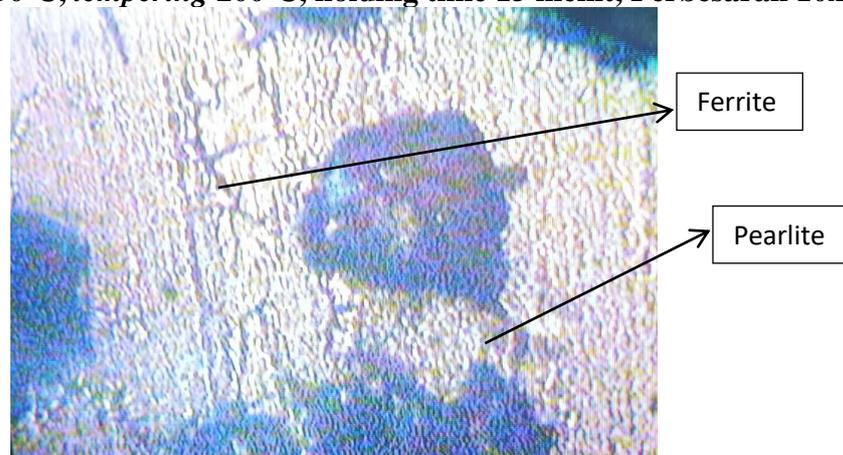


**Gambar 5
Tanpa Perlakuan Panas, Perbesaran 10x**

Struktur mikro perlakuan panas *hardening* 850°C

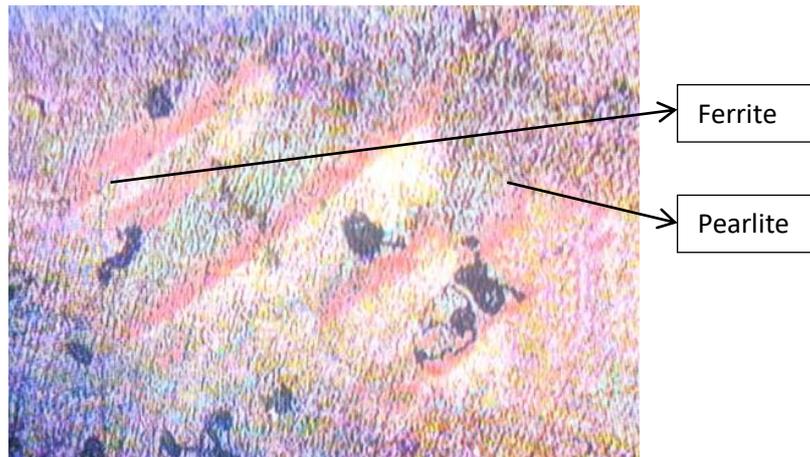


**Gambar 6
*Hardening 850°C, tempering 200°C, holding time 15 menit, Perbesaran 10x***

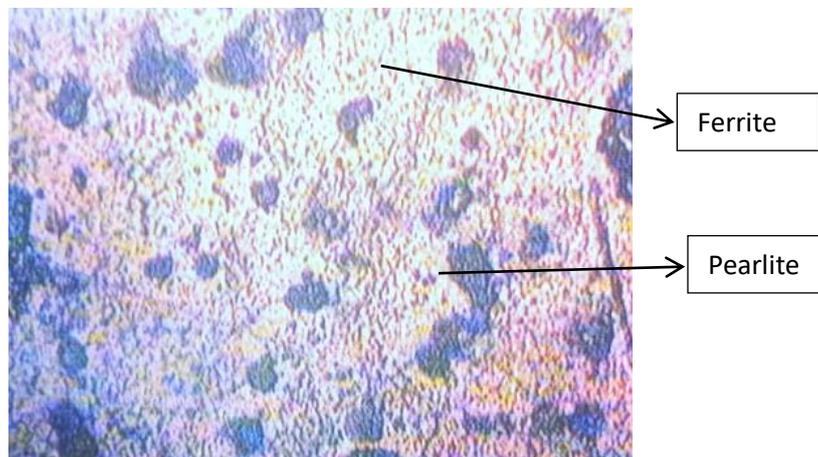


**Gambar 7
*Hardening 850°C, tempering 200°C, holding time 30 menit, Perbesaran 10x***

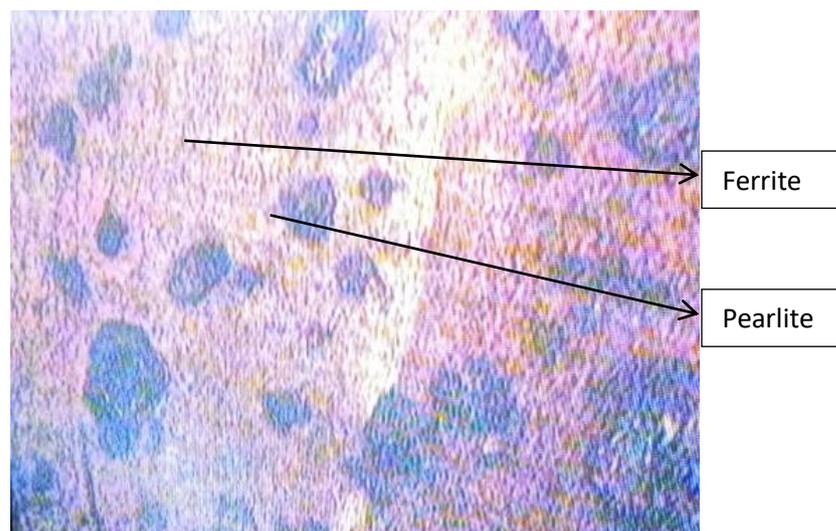
Pengaruh Temperatur Hardening dan Tempering Baja AISI 4140 terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro



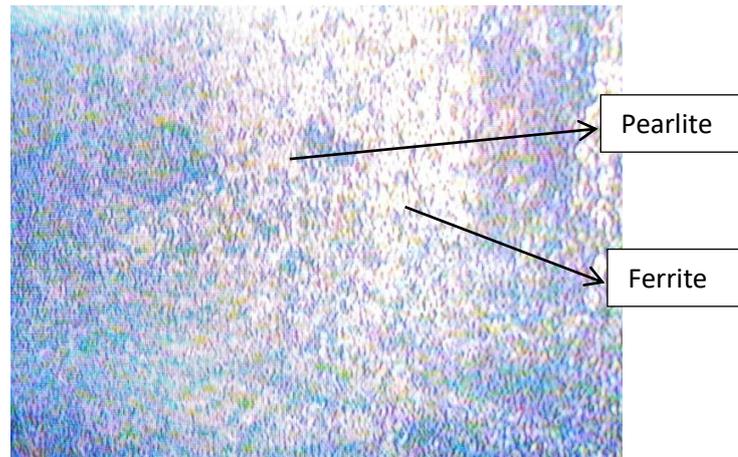
Gambar 8
Hardening 850°C, tempering 200°C, holding time 45 menit, Perbesaran 10x



Gambar 9
Hardening 850°C, tempering 400°C, holding time 15 menit, Perbesaran 10x

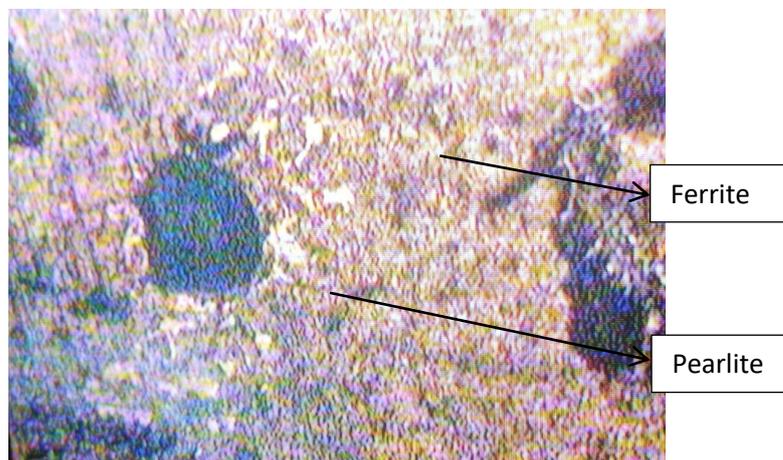


Gambar 10
Hardening 850°C, tempering 400°C, holding time 15 menit, Perbesaran 10x



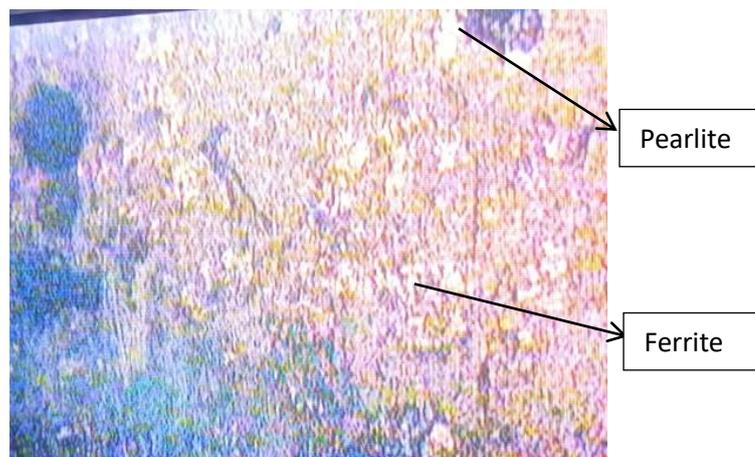
Gambar 11

Hardening 850°C, tempering 400°C, holding time 30 menit, Perbesaran 10x



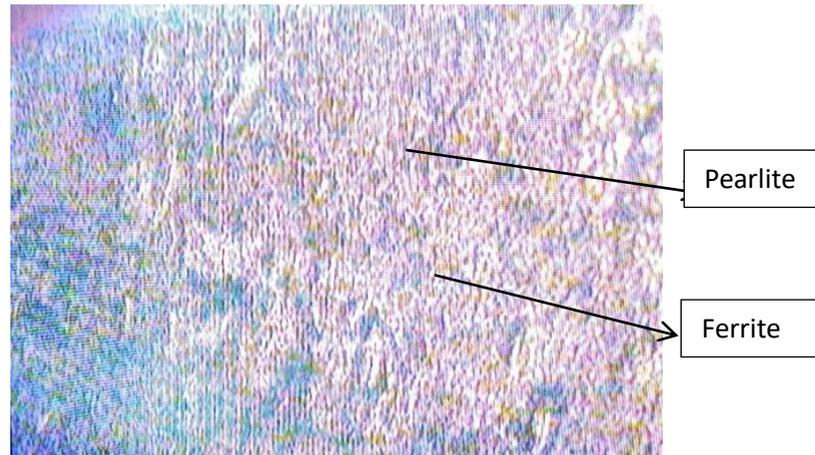
Gambar 12

Hardening 850°C, tempering 400°C, holding time 45 menit, Perbesaran 10x



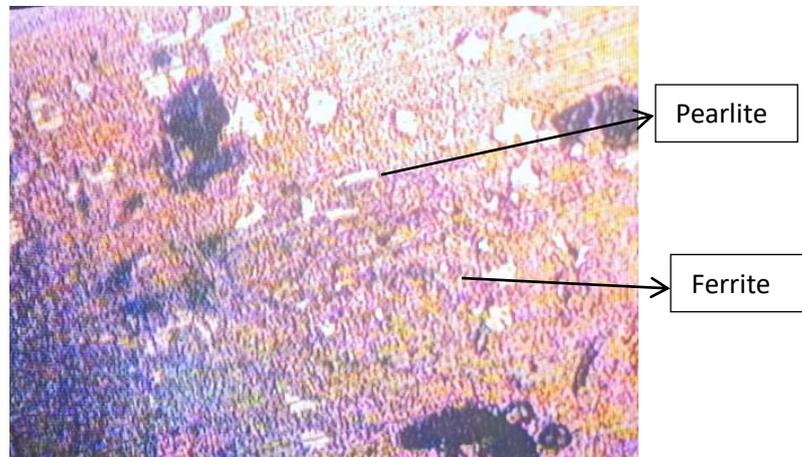
Gambar 13

Hardening 850°C, tempering 600°C, holding time 15 menit, Perbesaran 10x



Gambar 14

Hardening 850°C, tempering 600°C, holding time 30 menit, Perbesaran 10x



Gambar 15

Hardening 850°C, tempering 600°C, holding time 45 menit, Perbesaran 10x

Pembahasan setelah mengamati struktur mikro baja AISI 4140 setelah dilakukan perlakuan panas melalui mikroskop adalah sebagai berikut:

Tujuan dari melihat struktur mikro dari baja AISI 4140 adalah untuk melihat perubahan struktur mikro sesudah dan sebelum dilakukan perlakuan panas. Kemudian dari hasil penelitian yang telah dilakukan, pengujian pada spesimen yang tidak dilakukan perlakuan panas memiliki struktur mikro yang ferrite dan pearlite yang sama-sama dominan yang berarti baja 4140 memiliki sifat getas, keras dan tidak mudah patah. Dan terlihat bahwa setelah dilakukan tempering 200°C struktur mikro baja AISI 4140 terlihat pearlite lebih dominan, yang berarti memiliki sifat elastisitas yang tinggi. Akan tetapi ferrite tetap ada tetapi tidak dominan, Sedangkan pada tempering 400°C pada hasil pengujian tarik hasil pada tabel 4.1 menunjukkan bahwa hasil rata-rata lebih rendah dibandingkan dengan tempering 200°C. Setelah dilihat pada struktur mikro melalui mikroskop menunjukkan bahwa ferrite lebih dominan dibandingkan dengan pearlite, yang berarti spesimen baja AISI 4140 tempering 400°C memiliki sifat ke-elastisitas yang rendah, lunak, dan ulet. Kemudian proses tempering pada suhu 600°C

holding time 45 menit memiliki jumlah pearlite yang paling banyak, yang berarti material yang dilakukan perlakuan panas pada tempering 600°C di holding time pada 45 menit menjadi lebih kuat, keras serta ulet. Dapat dilihat bahwa setelah dilakukan proses perlakuan panas Baja AISI 4140 memiliki nilai keuletan yang cukup tinggi, sehingga dengan melakukan proses ini dapat disimpulkan bahwa Baja AISI 4140 yang dilakukan proses hardening dan tempering akan memiliki nilai keuletan yang lebih tinggi. Kelebihan dari perlakuan proses ini terhadap agar baja AISI 4140 memiliki ketahanan yang baik dengan meningkatkan nilai keuletan dan kelunakan melalui proses perlakuan panas, sehingga resiko baja AISI 4140 terjadi bisa diminimalisir. Akan tetapi nilai kekerasan pada baja AISI 4140 juga harus diperhatikan karena semakin ulet maka kekerasan yang dimiliki akan semakin rendah. Maka dari itu dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa untuk mendapatkan nilai kuat tarik dan nilai kekerasan yang efektif yaitu pada hardening pada suhu 850°C kemudian di tempering pada suhu 200°C. Dikarenakan pada tempering 200°C spesimen Baja AISI 4140 memiliki nilai kuat tarik rata-rata 543,6 Mpa.

Kesimpulan

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa hasil kekuatan tarik maksimum terbesar terdapat pada σ_u tempering 400°C, holding time 15 menit yaitu 585,1 MPa. Kemudian hasil yang minimum didapatkan pada σ_y tempering 400°C, holding time 30 menit yaitu 509,6 Mpa. Kemudian dapat juga disimpulkan bahwa variasi temperatur mempengaruhi hasil kekuatan tarik maksimum dan kekuatan tarik luluh, serta pengaruh lama holding time pada proses hardening dan tempering juga mempengaruhi hasil σ_u dan σ_y . Pada penelitian ini juga dapat disimpulkan bahwa pada temperatur 200°C merupakan temperatur yang paling efektif untuk mendapatkan nilai tarik sesuai yang diinginkan karena memiliki nilai yang konsisten yaitu memiliki nilai kuat tarik rata-rata 543,6 Mpa. Kemudian pada struktur mikro dapat disimpulkan bahwa setelah dilakukan tempering 200°C struktur mikro baja AISI 4140 terlihat pearlite lebih dominan dibandingkan ferrite. Kemudian pada tempering 400°C menunjukkan bahwa ferrite lebih dominan dibandingkan dengan pearlite, yang berarti spesimen baja AISI 4140 tempering 400°C memiliki sifat ke-elastisitas yang rendah, lunak, dan ulet. Kemudian proses tempering pada suhu 600°C holding time 45 menit memiliki jumlah pearlite yang paling banyak, yang berarti material yang dilakukan perlakuan panas pada tempering 600°C di holding time pada 45 menit menjadi lebih kuat, keras serta ulet.

BIBLIOGRAFI

- Santoso, Redi., 2014., “*Pengaruh Hardening Terhadap Sifat Mekanis dengan Variasi Media Pendingin Air (TDS Nol, TDS Nol + Garam, TDS Nol + Gula) Pada Material HSS*”. UNISMA, Malang.
- Sunardi, Moh Fawaid, Desga H.N. 2016. *Pengaruh Variasi Suhu Pada Proses Self Tempering dan Variasi Waktu Tahan Pada Proses Tempering Terhadap Sifat Mekanis Baja AISI 4140*. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon.
- Aria Narendra Adhi. 2020. *Optimasi Parameter Perlakuan Panas Terhadap Kekerasan Baja AISI 4140 Dengan Metode Taguchi Untuk Aplikasi Poros Pompa Sentrifugal Multistage*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2020.
- Susri Mizhar, Gerhana Burhanuddin Tampubolon. 2015. *Analisa Kekerasan Dan Struktur Mikro Terhadap Variasi Temperatur Tempering Pada Baja AISI 4140*. Institut Teknologi Medan (ITM).
- Susri Mizhar^{1]} dan Sugianto Simatupang^{2]} . 2016. *Pengaruh Variasi Konsebrasi Polimer Dari Media Pendinginan Pada Proses Quench-Temper Terhadap Struktur Mikro Dan Ketangguhan Impak Dari Baja Aisi 4140*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Industri Institut Teknologi Medan.
- Bima Arbinta. 2021. *Pengaruh Waktu Tahan Proses Normalisasi Pada Baja AISI 4140 Terhadap Kekuatan Tarik, Kekuatan Impak dan Struktur Mikro*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
- Beny Bandanadjaja, Dewi Idamayanti*, Rinaldy Alviana Hanafi. 2019. “*Rancangan Proses Perlakuan Panas Untuk Meningkatkan Sifat Ketahanan Erosi Baja Aisi 4140*”. Politeknik Manufaktur Bandung.
- Madduru Phanindra Reddy, A. Aldrin Sam William, M. Mohan Prashanth, S.N. Sabaresh, Kumar, K. Devendranath Ramkumar* , N. Arivazhagan , S. Narayanan. 2014. “*Assessment of Mechanical Properties of AISI 4140 and AISI 316 Dissimilar Weldments*”. *School of Mechanical & Building Sciences, VIT University, Vellore 632014, India*.
- Cahaya Sutowo., ST. MT., Bayu Agung Susilo. “*Pengaruh Proses Hardening pada Baja HQ 7 AISI 4140 dengan Media Oli dan Air terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro*”. Faculty of Engineering, University Muhammadiyah Jakarta.
- Willyanto Anggono, Ian Hardianto Siahaan, Agung Dwi Cahyono. “*Optimasi Proses Tempering Baja AISI 4140 untuk Peningkatan Sifat Mekanik Roller Cyclo Speed Reducer*”. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri Universitas Kristen Petra Product Innovation and Development Centre Petra Christian University.
- Jourdy Praditya. 2018. “*Analisis Pengaruh Temperatur dan Waktu Tahan pada Proses Hardening Material 4340 terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro untuk*

Komponen Axle Shaft". Departemen Teknik Material, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018.

Copyright holder:

Nicky Bryan Sulistyawan Sofian J, Erwin Siahaan, Rosehan (2022)

First publication right:

Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia

This article is licensed under:

