

# PENINGKATAN SIFAT MEKANIK AISI 4130 LOW ALLOY STEEL MELALUI HEAT TREATMENT HARDENING DAN TEMPERING

**Robbi Ilham Sembiring\* Dr. Eng. Akhmad Ardian Korda, S.T., M.T.**

Program Studi Sarjana Teknik Metalurgi, FTD-ITSB, Jl. Ganesha Boulevard LOT  
A1 CBD Kota Deltamas E-mail : [\\*rsembiring324@gmail.com](mailto:*rsembiring324@gmail.com)

## Intisari

**PENINGKATAN SIFAT MEKANIK AISI 4130 LOW ALLOY STEEL MELALUI HEAT TREATMENT HARDENING DAN TEMPERING.** AISI 4130 merupakan salah satu jenis baja rendah paduan yang sering digunakan dalam dunia Migas karena memiliki sifat mekanik yang baik dan kemampuan tahan terhadap keausan yang tinggi. Namun, sifat mekanik baja AISI 4130 dapat ditingkatkan melalui proses heat treatment *hardening* dan *tempering*. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik *AISI 4130 low alloy steel* seperti kekerasannya dan mengetahui struktur mikro apa saja yang terbentuk setelah proses *hardening* dan *tempering*. Sampel baja *AISI 4130 low alloy steel* sebesar 50 x 50 x 27 mm dibuat dengan menggunakan mesin bubut CNC. Sampel kemudian dipanaskan hingga suhu austenisasi selama 30 menit, diikuti dengan pendinginan cepat menggunakan air untuk melakukan *hardening*. Setelah itu, sampel dipanaskan kembali pada suhu *tempering* 400°C, 500°C, dan 600°C selama 45 menit, diikuti dengan pendinginan suhu ruangan. Sifat mekanik sampel sebelum dan sesudah proses *heat treatment hardening* dan *tempering* diuji menggunakan alat uji *hardness*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat mekanik baja *AISI 4130 low alloy steel* setelah proses *heat treatment hardening* dan *tempering* mengalami peningkatan yang signifikan yakni sekitar 81,64% pada suhu 400°C, 54,86% pada suhu 500°C, dan 30,49% pada suhu 600°C. Dan terdapat penurunan kekerasan pada tiap kenaikan suhu *tempering* baja *AISI 4130 Low Alloy Steel*, hal ini juga terlihat dari butiran hasil struktur mikro material yang membesar dan semakin kasarnya fasa yang terbentuk.

*Kata Kunci: AISI 4130, heat treatment, hardening, tempering, sifat mekanik, kekerasan, fasa pearlite.*

## Abstract

**IMPROVING MECHANICAL PROPERTIES OF AISI 4130 LOW ALLOY STEEL THROUGH HEAT TREATMENT HARDENING AND TEMPERING.** AISI 4130 is one type of low alloy steel that is often used in the world of OIL & Gas because it has good mechanical properties and high wear resistance ability. However, the mechanical properties of AISI 4130 steel can be improved through hardening and tempering heat treatment processes. This research aims to improve the mechanical properties of AISI 4130 low alloy steel such as its hardness and find out what microstructures are formed after the hardening and tempering process. AISI 4130 low alloy steel sample of 50 x 50 x 27 mm was made using a CNC lathe. The sample was then heated to austenitic temperature for 30 minutes, followed by rapid cooling using water to perform hardening. After that, the samples were reheated to tempering temperatures of 400°C, 500°C, and 600°C for 45 minutes, followed by room temperature cooling. The mechanical properties of the samples before and after the hardening and tempering heat treatment processes were tested using a hardness tester. The results showed that the mechanical properties of AISI 4130 low alloy steel after the hardening and tempering heat treatment process experienced a significant increase of about 81.64% at 400°C, 54.86% at 500°C, and 30.49% at 600°C. And there is a decrease in hardness at each increase in tempering temperature of AISI 4130 Low Alloy Steel, this is also evident from the grain microstructure results of the material which is enlarged and more pearlite phase is formed.

*Keywords: AISI 4130, heat treatment, hardening, quenching, tempering, hardness, the mechanical properties, pearlite phase.*

## PENDAHULUAN

Baja merupakan logam yang penggunaannya sangat luas, hal ini mengingat baja memiliki kekuatan tinggi, mudah dibentuk, dan mudah diperoleh dipasaran.

AISI 4130 merupakan baja paduan rendah (*low alloy steel*) yang memiliki unsur kandungan kromium (0.80-1.10 wt%) dan unsur kandungan molybdenum (0.15-0.25 wt%).

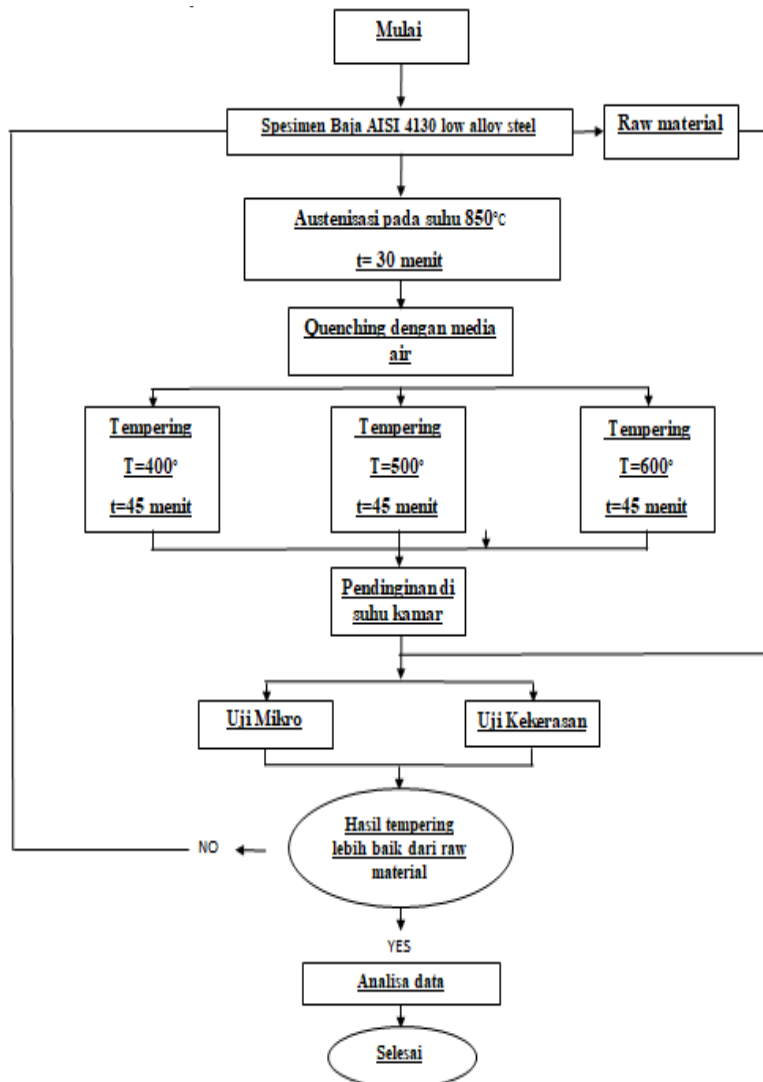
Unsur tersebut didalam paduan baja antara lain bertujuan untuk memperbaiki sifat mekanik pada temperatur rendah ataupun tinggi. Sifatnya yang *ductile* serta memiliki faktor temperatur yang tinggi membuatnya banyak digunakan sebagai *base material* dalam pembuatan *body gate valve, body bonnet, wellhead*, dan banyak lagi.

Untuk meningkatkan sifat mekanik seperti kekerasan pada *AISI 4130 low alloy steel* dapat dilakukan dengan proses perlakuan panas antara lain menggunakan metode *hardening* (suhu  $\geq 800^{\circ}\text{C}$ ) dan *tempering* ( $200\text{-}700^{\circ}\text{C}$ ). Dengan melakukan proses *hardening* maka diperoleh kekerasan yang lebih tinggi, semakin tinggi kekerasan suatu logam maka keuletannya pun akan semakin turun dan baja akan menjadi getas. Maka dari itu setelah dilakukan proses *hardening* kemudian dilanjutkan dengan proses *tempering*, yaitu pemanasan kembali dari baja yang telah dilakukan proses *hardening* pada temperatur di bawah temperatur austenisasi yang kemudian dilanjutkan dengan pendinginan untuk mengurangi tegangan sisa (*residual stress*) dan mengembalikan sebagian keuletan dan ketangguhan dari baja akibat proses *hardening*.

Dalam pembuatan *body gate valve, body bonnet* maupun komponen *WellHead* lainnya sering terjadi kegagalan pengetesan pada saat *hydrotest*, yang mana salah satu penyebab terjadinya kegagalan pengetesan tersebut dikarenakan *base material*nya itu sendiri. Untuk mengatasi hal tersebut maka dilakukan peningkatan sifat mekanik seperti kekerasannya dan dilakukan *tempering* untuk mengembalikan keuletan maupun ketangguhan *AISI 4130 low alloy steel* itu sendiri agar tidak terjadi kegagalan pengetesan kembali

## PROSEDUR PERCOBAAN

Pada gambar 1 menunjukkan diagram alir percobaan. Spesimen baja *AISI 4130 Low Alloy steel* telah disiapkan lalu diberikan perlakuan panas (*hardening*) dengan suhu  $850^{\circ}$ , lalu didinginkan dengan media *quenching* air, lalu diberikan (*tempering*) dengan suhu  $400^{\circ}, 500^{\circ}, 600^{\circ}$ . Setelah dilakukannya proses perlakuan panas (*hardening*), *quenching*, dan *tempering* spesimen di uji kekerasannya dengan menggunakan alat *Rockwell hardness test* dan diamati mikro strukturnya menggunakan *microscope Olympus*. Diharapkan setelah dilakukan proses perlakuan panas (*hardening*), *quenching*, dan *tempering* dapat meningkatkan sifat kekerasan dan mempengaruhi struktur mikro pada baja *AISI 4130*.



Gambar 1. Diagram alir

## Preparasi Sampel

Sampel baja yang digunakan pada penelitian ini adalah Baja *AISI 4130 low alloy steel*. Baja *AISI 4130 low alloy steel* ini disediakan menjadi 4 buah sampel, dimensi spesimen adalah  $50 \times 50 \times 27$  mm seperti ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Sample baja AISI 4130

## Proses Perlakuan Panas

Dari 4 sampel baja *AISI 4130 low alloy steel*, 1 sampel tidak dilakukan proses perlakuan panas (*raw material*), hanya dilakukan pengujian kekerasan dan struktur mikro. Proses *heat treatment* yang dilakukan pada penelitian ini meliputi austenisasi dengan temperatur  $850^{\circ}\text{C}$  dimulai dari temperatur ruang, pada proses perlakuan panas ini diawali dengan dimasukkannya 3 sampel baja *AISI 4130 low alloy steel* ke dalam *furnace* dengan temperatur  $850^{\circ}\text{C}$  dengan waktu penahanan selama 30 menit. Tujuan dari tahapan pertama ini adalah untuk menyeragamkan fasa pada baja menjadi *austenite*. Tahapan kedua, setelah dilakukannya penahanan selama 30 menit selanjutnya adalah *quenching*, yaitu sampel baja yang di keluarkan dari *furnace* kemudian dimasukkan ke dalam media pendingin air. Pada tahapan ketiga, sampel yang sudah melalui proses austenisasi kemudian dilakukan proses *tempering* hasil *quenching* dengan masing – masing temperatur  $400^{\circ}\text{C}$ ,  $500^{\circ}\text{C}$ ,  $600^{\circ}\text{C}$  dengan waktu penahanan 45 menit dan pendinginan pada suhu ruang.

## Prosedur Metalografi

Pengujian metalografi bertujuan untuk mengetahui struktur mikro dan fasa- fasa yang terbentuk sebelum dan sesudah dilakukannya proses *heat treatment* pada spesimen uji, pengujian yang dilakukan pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Metal Politeknik Negeri Batam.

Adapun tahapan yang dilakukan pada pengujian metalografi adalah sebagai berikut:

### 1. Pengampelasan (*Grinding*)

Sampel yang sudah dipotong kemudian dilakukan pengampelasan, yang bertujuan untuk meratakan permukaan sampel dengan kertas amplas kasar hingga halus, proses pengampelasan dilakukan pada kondisi basah untuk menghindari terjadinya gesekan yang mengakibatkan panas. Ukuran grit amplas yang digunakan adalah 800, 1000, 1200, 1500, dan 2000.

### 2. Pemolesan (*Polishing*)

Setelah dilakukan pengampelasan sampel dilanjutkan dengan pemolesan, di mana pemolesan bertujuan untuk menghaluskan serta menghilangkan goresan- goresan selama proses *grinding* dengan menggunakan kain beludru (*polishing cloth*) dan larutan alumina.

### 3. Pengetsaan (*Etching*)

Proses etsa bertujuan untuk memunculkan struktur mikro pada sampel logam dengan menggunakan cairan etsa. Pada penelitian ini cairan etsa yang digunakan adalah Nital 5% (5 ml  $\text{HNO}_3$  + 95 ml Etanol). Proses etsa dilakukan dengan mencelupkan sampel pada larutan Nital dalam waktu beberapa detik dan tidak terlalu lama, jika terlalu lama permukaan sampel akan *over etching* sehingga struktur mikro tidak terlihat.



Gambar 3. Mikroskop Olympus

## Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan suatu logam. Pada penelitian ini alat pengujian kekerasan yang digunakan adalah *Rockwell hardness test* yang menggunakan indenter kerucut intan berbentuk piramida, Besar sudut antar permukaan-permukaan piramida yang saling berhadapan adalah  $120^\circ$ , dan skala beban yang digunakan adalah skala C yaitu dengan beban 150 kgf. Pengujian kekerasan dengan metode *Rockwell* pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Metal Politeknik Negeri Batam.



**Gambar 4.** Alat uji kekerasan (Rockwell Hardness)

Adapun tahapan yang dilakukan pada pengujian kekerasan adalah sebagai berikut:

1. Persiapkan spesimen uji yang telah dilakukan proses *heat treatment* dan *raw material*.
2. Persiapkan alat pengujian kekerasan
  - a. Pilih metode pengujian yang cocok dengan sampel yang akan diuji (HRC).
  - b. Pasang indenter kerucut intan berdiameter  $120^\circ$ .
  - c. Hidupkan alat pengujian.
3. Pasang spesimen di atas meja uji pada mesin.
4. Tekan tombol mulai untuk melakukan pengujian dan tunggu hingga selesai.

5. Lakukan kegiatan di atas 3 kali pada setiap spesimen uji.
6. Proses pengujian selesai.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai data-data yang telah didapatkan dari proses pengujian serta menganalisis hasil perolehan data.

### Pengujian Komposisi

Pengujian komposisi menunjukkan unsur paduan dari material uji dalam bentuk persentase. Hasil uji komposisi ditampilkan dalam Tabel 4.1 berikut ini.

**Tabel 1.** Hasil uji komposisi kimia

Element	Sysmbol	Weight %
Carbon	C	0.3
Manganese	Mn	0.8
Phosphorus	P	0.015
Sulfur	S	0
Silicon	Si	0.2
Chromium	Cr	0.9
Molybdenum	Mo	0.187
Copper	Cu	0.146
Nickel	Ni	0.186
Vanadium	V	0
Iron	Fe	97.03

Unsur Karbon (C) dalam paduan baja *AISI 4130 low alloy steel* sebesar 0,3% berpengaruh terhadap kekuatan tarik, kekuatan luluh, elongasi dan pertumbuhan senyawa karbida pada baja. Memiliki unsur kandungan chromium 0,9% berpengaruh juga terhadap kekuatan tarik dan keplastisan serta berguna juga dalam membentuk lapisan pasif untuk melindungi baja dari korosi serta tahan terhadap suhu tinggi, dan unsur molybdenum 0.187% berperan untuk batas rentang kemampuan temper menyeluruh, ketahanan panas, batas kelelahan, menurunkan kerapuhan.



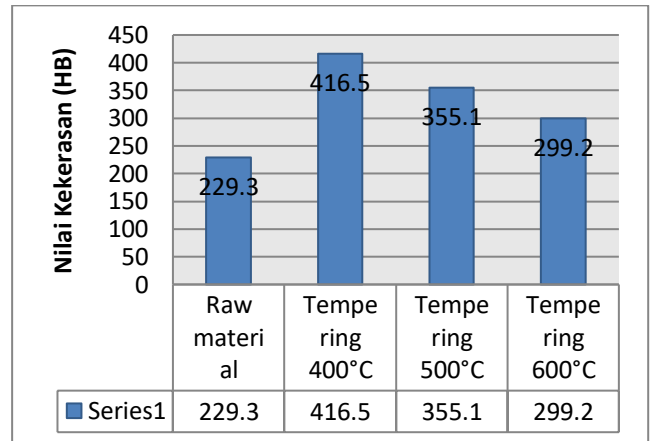
### Pengaruh *Hardening* dan *Tempering* terhadap kekerasan pada baja *AISI 4130 Low Alloy Steel*.

Proses *hardening* dan *tempering* dilakukan untuk meningkatkan sifat mekanik dari baja *AISI 4130 Low Alloy Steel*. Pada saat proses *hardening* baja dipanaskan sampai suhu 850°C dihold selama 30 menit setelah itu dilakukan *quenching* dengan media air. Proses *tempering* dilakukan setelah proses *quenching* yang bertujuan untuk menurunkan sifat mekanik terutama kekerasan agar tidak terlalu getas dan menambah ketangguhan pada baja. *Tempering* terhadap sampel yang dikenai proses *quenching* dengan air dilakukan pada temperatur sebesar 400°C, 500°C, dan 600°C. Grafik perbandingan kekerasan hasil *tempering* ditunjukkan pada Gambar 5.

Nilai kekerasan pada pengujian spesimen tanpa perlakuan didapatkan lokasi 1 sebesar 229 HB, lokasi 2 sebesar 229,3 HB, dan lokasi 3 sebesar 229,6 HB. Adapun nilai rata-rata kekerasan yakni 229,3 HB. Spesimen yang mengalami perlakuan panas *hardening* + *tempering* dengan suhu *tempering* 400°C didapatkan pada lokasi 1 sebesar 418,4 HB, lokasi 2 sebesar 410,1 HB, dan lokasi 3 sebesar 412 HB. Adapun rata-rata nilai kekerasan yakni 416,5 HB. Spesimen yang mengalami perlakuan panas *hardening* + *tempering* dengan suhu *tempering* 500°C didapatkan pada lokasi 1 sebesar 349,3 HB, lokasi 2 sebesar 359,3 HB, dan lokasi 3 sebesar 356,6 HB. Adapun rata-rata nilai kekerasan yakni 355,1 HB. Spesimen yang mengalami perlakuan panas *hardening* + *tempering* dengan suhu *tempering* 600°C didapatkan pada lokasi 1 sebesar 296,9 HB, lokasi 2 sebesar 296,2 HB, dan lokasi 3 sebesar 304,6 HB. Adapun rata-rata nilai kekerasan yakni 299,2 HB.

Dari data tersebut, dapat disimpulkan nilai rata-rata kelompok kekerasan baja *AISI 4130 Low Alloy Steel* tanpa perlakuan sebesar 229,3 HB, nilai kekerasan setelah *Tempering* suhu 400°C yakni 416,5 HB, nilai kekerasan setelah *Tempering* suhu 500°C yakni 355,1 HB, dan nilai kekerasan setelah *Tempering* suhu 600°C yakni 299,2 HB. Grafik rata-rata hasil kekerasan dapat dilihat pada gambar 4.1. Pada pengujian baja yang telah mengalami proses

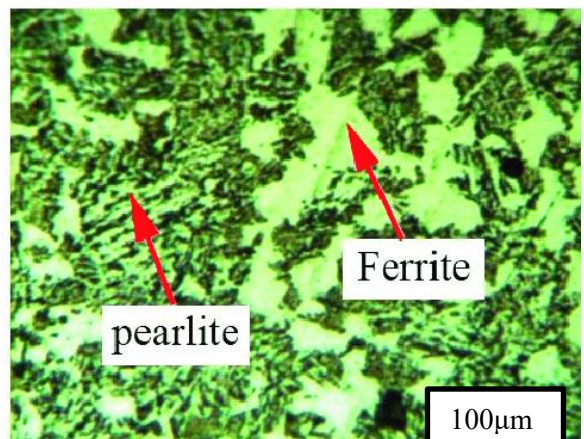
*hardening* dan *tempering* terdapat kenaikan nilai kekerasan yang sangat signifikan daripada *Raw Material*. Nilai kekerasan tertinggi adalah pada suhu *tempering* 400°C dan terendah pada suhu yang *tempering* paling tinggi 600°C. hal ini menggambarkan bahwa semakin tinggi suhu *tempering* maka mengurangi nilai kekerasan baja dan mengembalikan keuletan baja.



Gambar 5. Rata-Rata Kekerasan Brinell Baja *AISI 4130*

### Analisis Struktur Mikro Baja *AISI 4130 Low Alloy Steel* Dengan Perlakuan Panas *Hardening* dan *Tempering*.

Pengamatan metalografi, dilakukan dengan mesin *OLYMPUS* di Laboratorium Metal Politeknik Negeri Batam. Semua sampel yang akan diuji dipreparasi dengan proses berupa *grinding*, *polishing* dan *etching* dengan larutan Nital 5%. Gambar 6 menunjukkan struktur mikro spesimen baja *AISI 4130 low alloy steel* dengan perbesaran 100x tanpa perlakuan panas.

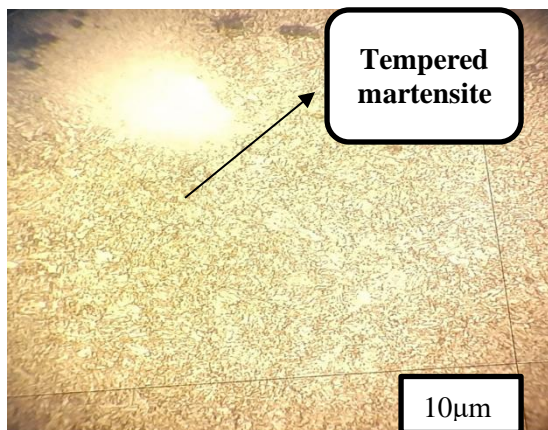


Gambar 6. Struktur mikro baja *AISI 4130 low alloy steel* tanpa perlakuan panas (etsa nital 5%)

Dari hasil pengamatan struktur mikro spesimen baja *AISI 4130 low alloy steel* tanpa perlakuan panas terbentuk fasa *pearlite* dan *ferrite*

yang menggambarkan baja tersebut ulet dan kekerasannya rendah. Untuk meningkatkan nilai kekerasan dari baja *AISI 4130 low alloy steel* ini maka diperlukan *heat treatment* berupa *hardening* dan *tempering*. *Hardening* yaitu bertujuan untuk membentuk fasa *martensite* pada baja dan *tempering* bertujuan untuk mengembalikan sebagian ketangguhan dari baja tersebut. Secara kimia selama *tempering* yang terjadi adalah atom C yang setelah proses *hardening* terperangkap pada jaringan besi Alfa dan pada proses pemanasan *tempering* atom C mendapat kesempatan untuk melakukan *diffuse* yaitu pemerataan kadar C tanpa adanya halangan.

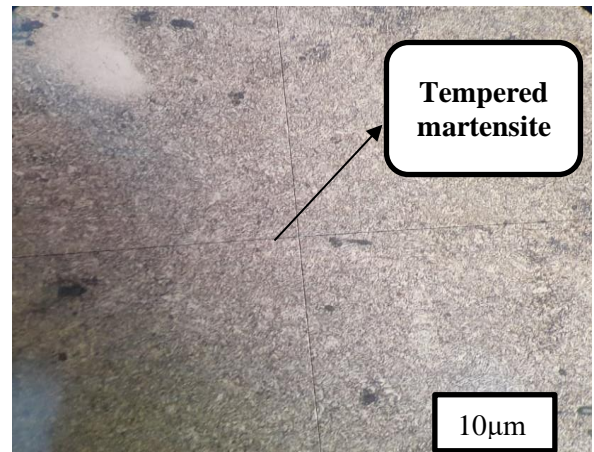
Gambar 7 menunjukkan struktur mikro spesimen baja *AISI 4130 low alloy steel* dengan perbesaran 100x dengan perlakuan *hardening* dan *tempering* pada suhu 400°C. Dari hasil pengamatan struktur mikro terlihat fasa yang terbentuk yakni *tempered martensite* dimana ditandai dengan bentuk yang menyerupai jarum dan lebih halus.



**Gambar 7.** Struktur mikro baja AISI 4130 low alloy steel hardening+tempering 400°C (etsa nital 5%)

Dengan terbentuknya fasa *tempered martensite* hal ini bisa dilihat dengan hasil kekerasan yang diperoleh oleh spesimen tersebut meningkat signifikan yakni sekitar 81,64% mengacu pada gambar 7.

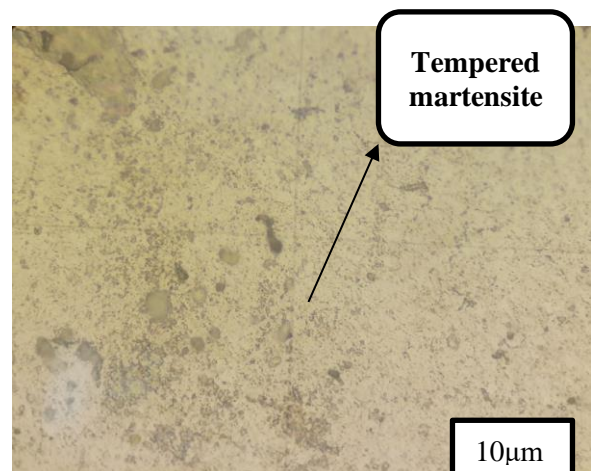
Gambar 8 menunjukkan struktur mikro spesimen baja *AISI 4130 low alloy steel* dengan perbesaran 100x dengan perlakuan *hardening* dan *tempering* pada suhu 500°C.



**Gambar 8.** Struktur mikro baja AISI 4130 low alloy steel hardening+tempering 500°C (etsa nital 5%)

Pada suhu ini fasa *tempered martensite* terlihat lebih kasar dan masih mendominasi sehingga kekerasan dari fasa *tempered martensite* ini masih di atas dibandingkan dengan *raw material* peningkatannya sekitar 54,86%.

Gambar 9 menunjukkan struktur mikro spesimen baja *AISI 4130 low alloy steel* dengan perbesaran 100x dengan perlakuan *hardening* dan *tempering* pada suhu 600°C.



**Gambar 9.** Struktur mikro baja AISI 4130 low alloy steel hardening+tempering 600°C (etsa nital 5%)

Pada suhu ini fasa *tempered martensite* pun sedikit lebih membesar yang mengakibatkan kekerasan dari fasa ini menurun dibandingkan dengan suhu *tempering* 500°C atau 400°C. Tetapi nilai kekerasan pada specimen ini meningkat dibandingkan *raw material* sekitar 30,49%.

## KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisa terhadap hasil pengambilan data penelitian sifat mekanik Baja *AISI 4130 Low Alloy Steel* yang telah mengalami

*hardening* + variasi *tempering* dan tanpa perlakuan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Kekerasan baja *AISI 4130 Low Alloy Steel* yang mendapatkan perlakuan *hardening* + variasi *tempering* lebih meningkat dibandingkan dengan *raw material* dan kekerasan tertinggi didapat pada suhu *tempering* 400°C dan kekerasan terendah pada suhu yang *tempering* paling tinggi 600°C.
2. Dengan meningkatnya suhu temperatur *tempering* maka stuktur mikro yang berupa karbida nampak menjadi lebih kasar.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anggoro, Sotya, Jl Lingkar, Selatan Tamantirto, and Kasihan Bantul. 2017. PENGARUH PERLAKUAN PANAS QUENCHING DAN TEMPERING TERHADAP LAJU KOROSI PADA BAJA AISI 420. Vol. 1.
- [2] Bhaskara Sardi, Vicky, Sarjito Jokosisworo, and Hartono Yudo. 2018. "Pengaruh *Normalizing* Dengan Variasi Waktu Penahanan Panas ( *Holding Time*) Baja ST 46 Terhadap Uji Kekerasan, Uji Tarik, Dan Uji Mikrografi." *Jurnal Teknik Perkapalan* 6(1):142.
- [3] Chung, Yip Wah, and Sossina M. Haile. 2008. "Introduction to Materials Science and Engineering." *Physics Today* 61(9):66–68. doi: 10.1063/1.2982126.
- [4] Ashby, M. F., & Jones, D. R. H. (2013). *Engineering materials 1* (5th ed.). Oxford, UK: Elsevier.
- [5] ASM International. (2012). *ASM handbook, volume 4: Heat treating* (2nd ed.). Materials Park, OH: ASM International .
- [6] Callister, W. D. (2014). *Materials science and engineering: An introduction* (9th ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- [7] Gbadebo, O. A., & Oluwole, O. A. (2014). Influence of heat treatment on the microstructure and mechanical properties of AISI 4130 low alloy steel. *Journal of Materials Science and Engineering*, 4(4), 63-69.
- [8] Yussy, Dhafi Atharobby. 2022. "PENGARUH VARIASI MEDIA QUENCHING DAN TEMPERING TERHADAP SIFAT KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA MANGAN JIS G 5131 UNTUK APLIKASI HAMMER CRUSHER."
- [9] Li, C., Guo, D., & Liu, J. (2012). Effect of heat treatment on the microstructure and mechanical properties of AISI 4130 low alloy steel. *Materials Science and Engineering: A*, 539, 180-186.
- [10] Purnomo, Dwi Joko, Sarjito Jokosisworo, and Untung Budiarto. 2019. "Analisa Pengaruh Holding Time Tempering Terhadap Kekerasan, Keuletan, Ketangguhan Dan Struktur Mikro Pada Baja ST 70." *Jurnal Teknik Perkapalan* 7(1):49–58.

