

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN MEDIA
PENDINGIN PERLAKUAN PANAS TERHADAP KEKERASAN
SERTA STRUKTUR MIKRO BAJA JIS SUP 9**

JURNAL ILMIAH

RAMA RAMADHAN

123.18.006



PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL

FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN

INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG

KOTA DELTAMAS

2022

**“PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN MEDIA
PENDINGIN PERLAKUAN PANAS TERHADAP KEKERASAN
SERTA STRUKTUR MIKRO BAJA JIS SUP 9”**

JURNAL ILMIAH

**RAMA RAMADHAN
12318006**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Metalurgi

Menyetujui,

Kota Deltamas, Juli 2022

Pembimbing I



Dr. Eng. Akhmad Ardian Korda, S.T., M.T.
NIP. 197412042008011011

Pembimbing II



Andrie Harmaji, S.T., M.T.
NIP. 199110107201607516

PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN MEDIA PENDINGIN PERLAKUAN PANAS TERHADAP KEKERASAN SERTA STRUKTUR MIKRO BAJA JIS SUP 9

Rama Ramadhan^[1], Akhmad Ardian Korda^[2], Andrie Harmaji^[2]
Program Studi Teknik Metalurgi, Institut Teknologi dan Sains Bandung^[1]
Email: Rama30122000@gmail.com^[1]

ABSTRAK

Baja JIS SUP 9 merupakan baja pegas dengan jenis “*Medium Carbon Steel*” yang memiliki unsur karbon 0,55% C. Baja JIS SUP 9 dalam pengaplikasiannya banyak digunakan untuk bahan baku pembuatan pisau serta per mobil yang membutuhkan kekerasan dan ketangguhan yang baik. Proses perlakuan panas merupakan suatu metode yang digunakan untuk memperbaiki sifat mekanik terutama kekerasan dan ketangguhan pada baja JIS SUP 9.

Pada percobaan ini baja JIS SUP 9 dipotong menjadi ukuran 2,5cm x 1,5cm dengan ketebalan 0,5cm. Proses perlakuan panas yang dilakukan pada percobaan ini yaitu *hardening*, material baja JIS SUP 9 dipanaskan pada temperatur 830°C dengan waktu penahan 7 menit kemudian di *quenching* menggunakan media air dan oli. Setelah proses *hardening* material baja JIS SUP 9 dilakukan proses *tempering* dengan variasi temperatur (340°C, 380°C, dan 420°C) dan waktu penahanannya 7 menit.

Hasil dari percobaan ini dapat diketahui bahwa proses perlakuan panas dapat menaikkan kekerasan baja JIS SUP 9 dimana kekerasan awalnya adalah 229 HV. setelah dilakukan proses perlakuan panas *hardening* dan *tempering* kekerasan tertinggi yang dihasilkan adalah 512,6 HV dan kekerasan terendah adalah 426,3 HV. Semakin tinggi temperatur *tempering* yang digunakan maka kekerasan pada baja JIS SUP 9 akan menurun. Struktur mikro pada baja JIS SUP 9 mengalami perubahan setelah dilakukannya proses perlakuan panas dimana spesimen yang fasa awalnya adalah ferit dan perlit setelah proses perlakuan panas berubah menjadi fasa martensit temper, karbida, dan austenit sisa. Perubahan struktur mikro ini mengakibatkan kekerasan pada baja JIS SUP 9 meningkat.

Kata Kunci: Baja JIS SUP 9, Perlakuan Panas, *Hardening*, *Tempering*, *Quenching*, Kekerasan, Struktur Mikro.

I. PENDAHULUAN

Produk dengan menggunakan bahan logam kadang memerlukan kekerasan serta ketangguhan yang baik. Baja karbon sedang merupakan material yang mempunyai keuletan dan ketangguhan yang baik. Proses pengerjaan baja sangat tergantung pada proses perlakuan Panas dan media pendingin yang digunakan untuk mendapatkan kualitas produk yang baik.

Perlakuan panas adalah suatu proses mengubah sifat logam dengan cara mengubah struktur mikro melalui proses pemanasan dan pengaturan kecepatan pendinginan dengan atau tanpa merubah komposisi kimia logam yang bersangkutan. Baja JIS SUP 9 (JIS: *Japanese Industrial Standard*) atau biasa di sebut JIS G4801 merupakan baja pegas dengan jenis “*Medium Carbon Steel*” yang memiliki unsur karbon 0,55% C. Dalam penggunaannya baja SUP 9 di rekomendasikan untuk bahan baku pembuatan pisau serta per mobil yang membutuhkan kekerasan dan ketangguhan yang baik.

Sifat mekanik pada baja SUP 9 dapat ditingkatkan dengan memberikann perlakuan panas, proses menaikkan kekerasan pada baja disebut *Hardening* dengan dilakukannya pemanasan pada baja hingga suhu austenisasinya tercapai,

kemudian didinginkan dengan cepat (*Quench*). Pada proses *hardening*, media pendingin memiliki peran yang sangat penting karena dapat mempengaruhi nilai kekerasan yang dihasilkan, karena adanya perubahan struktur mikro dengan bentuk martensitik pada baja, Media yang digunakan pada proses *Quenching* dapat berupa air, oli, air garam dan udara.

Dalam penelitian ini akan dianalisis pengaruh variasi temperatur dan media pendingin terhadap kekerasan pada baja SUP 9 dengan pengujian VHN serta mengamati struktur mikro yang terbentuk.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah Furnace, Gerinda, Spidol, Kain Bludru, Tisu, Penggaris, Cetakan (Paralon), Mesin Poles, Alat Uji Kekerasan Vickers, Alat Uji Mikrostruktur.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah baja JIS SUP 9, Air, Oli, Pasta Gigi Zact, Resin, Hardener, Etsa Kimia Nital 5% (5 ml HNO₃ + 95 ml Etanol), Kertas Amplas Grit 100, 240, 320, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1500, 2000.

2.2 Prosedur Percobaan

2.2.1 Prosedur Perlakuan Panas

Tahap pertama, pada proses perlakuan panas ini yaitu dengan di masukkannya 8 sampel baja SUP 9 ke dalam furnace dengan temperatur 830°C dan waktu penahanannya 7 menit. Tahap kedua setelah dilakukannya penahan selama 7 menit yaitu sampel baja di dikeluarkan dari furnace kemudian 4 sampel dimasukkan ke dalam media pendingin air dan 4 sampel lainnya dimasukkan ke dalam media pendingin oli. Tahapan ketiga, 2 sampel yang sudah melalui proses *hardening* yang di quenchig dengan air dan oli dilakukan pengujian kekerasan dan struktur mikro. Tahapan ke empat, 6 sampel yang sudah melalui proses *hardening* kemudian dilakukan proses *tempering* dengan temperatur yang bervariasi antara lain 340°C, 380°C, dan 420°C.

2.2.2 Prosedur Mikroskop Optik

Sebelum dilakukannya pengamatan struktur mikro menggunakan mikroskop optik, sampel terlebih dahulu dilakukan proses metalografi yang diawali dengan proses mounting menggunakan resin dan hardener dengan tujuan untuk memudahkan pemegangan sampel pada proses pengamplasan. Tahap selanjutnya yaitu proses pengamplasan dari amplas kasar sampai dengan amplas halus dengan

grit 100, 240, 320, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1500, 2000. Pada proses pengamplasan ini harus dialiri dengan air agar tidak ada panas pada saat proses dilakukan, karena panas yang timbul akibat dari proses ini akan membuat struktur mikro pada baja mengalami perubahan. Setiap penggantian amplas material sampel diputar 90° dari posisi semula agar alur amplas berpotongan dan meratakan permukaan.

Setelah dilakukan pengamplasan sampel di poles, bertujuan untuk membuat permukaan sampel lebih halus dan terang sehingga memudahkan proses observasi. Ada 2 bahan yang digunakan pada proses *polishing* yaitu pasta gigi zact dan kain bludru. Pasta gigi zact digunakan karena mengandung alumina yang dapat mengabrasi permukaan sampel. Proses *polishing* dilakukan dengan cara mengoleskan pasta gigi zact ke permukaan sampel lalu di gosokkan ke kain bludru sampai permukaan sampel memantulkan cahaya.

Setelah dilakukan pemolesan, tahap selanjutnya yaitu proses etsa. 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 HNO₃ + 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.

2.2.3 Prosedur Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui kekerasan suatu logam dalam hal ini yaitu sampel uji. Dalam penelitian ini alat pengujian kekerasan yang digunakan adalah *Vickers hardness test* yang menggunakan indentor intan berbentuk piramida, Besar sudut antar permukaan-permukaan piramida yang saling berhadapan adalah 136° . Nilai yang diperoleh dari pengujian *Vickers hardness test* ini diperoleh dari beban yang digunakan pada saat pemrosesan dikalikan dengan luas indentasi. Pembebanan tekan yang digunakan yaitu 1000g.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kekerasan Spesimen Pada Proses Hardening.

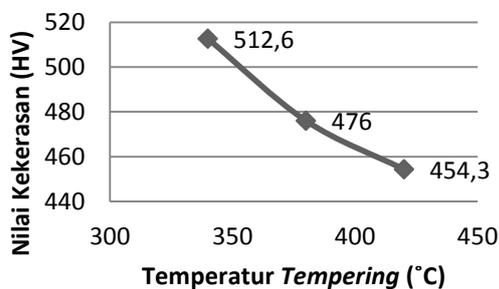
Kekerasan awal pada spesimen yang tidak dilakukan proses *hardening* memiliki kekerasan rata-rata yaitu 229 HV, setelah itu dilakukan proses *hardening* dengan temperatur 830°C dengan media pendingin air kekerasan rata-rata yang dihasilkan adalah 721,3 HV, sementara untuk media pendingin oli kekerasannya adalah 600 HV. Peningkatan nilai kekerasan yang

tinggi ini diakibatkan oleh terbentuknya fasa martensit setelah dilakukannya proses *hardening*. Terbentuknya fasa martensit dapat ditandai dengan tingginya angka kekerasan yang dihasilkan, dimana angka tersebut masuk dalam range kekerasan fasa martensit. Fasa martensit terbentuk ketika proses *hardening* pada temperatur di atas garis A3 dan dilakukannya pendinginan cepat. Media pendingin air tergolong ke dalam pendinginan cepat, sementara itu media pendingin oli merupakan pendinginan yang stabil. Oleh karena pendinginan itu, struktur atom *Face Centered Cubic (FCC)* bertransformasi menjadi *Body Centered Tetragonal (BCT)* dan terbentuklah fasa martensit.

3.2 Pengaruh Variasi Tempering Dengan Media Pendingin Air Terhadap Kekerasan Baja JIS SUP 9.

Setelah melalui tahap *Quenching* sampel baja JIS SUP 9 selanjutnya masuk ke tahap *Tempering* dengan tujuan untuk menurunkan sifat mekanik terutama kekerasan agar tidak terlalu getas. Pada penelitian ini temperatur *tempering* yang digunakan adalah 340°C , 380°C , dan 420°C . Seperti Pada gambar 4.1 dapat dilihat pada temperatur *tempering* 340°C terdapat nilai kekerasan sebesar 512,6 HV nilai tersebut merupakan nilai tertinggi dari temperatur lainnya.

pada temperatur *tempering* 380°C nilai kekerasannya adalah 476 HV, lalu pada temperatur 420°C memiliki nilai kekerasan terendah yaitu 454,3 HV. Pada kekerasan dengan variasi temperatur *tempering* serta media *quenching* air dapat dilihat bahwa semakin tinggi temperatur *tempering* maka kekerasannya akan semakin menurun. Hal ini terjadi karena fasa martensit yang terbentuk pada saat proses *quenching* dengan sifat getas di *tempering* hingga fasa nya bertransformasi menjadi martensit temper yang memiliki kekuatan dan ketangguhan. Berikut merupakan grafik nilai kekerasan terhadap temperatur *tempering* dengan media quench air.

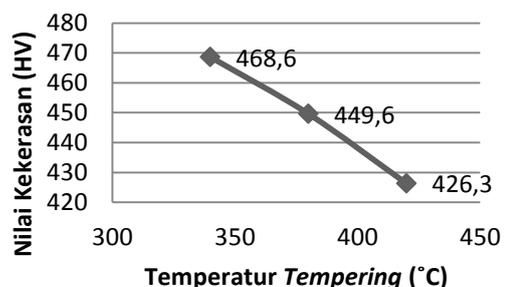


Gambar 3. 1 Grafik Nilai Kekerasan Terhadap Temperatur Tempering Dengan Media Quench Air

3.3 Pengaruh Variasi *Tempering* Dengan Media Pendingin Oli Terhadap Kekerasan Baja JIS SUP 9.

Variasi temperatur *tempering* yang digunakan dengan media pendingin oli adalah 340°C, 380°C, dan 420°C. Pada gambar 3.2 dapat dilihat pada temperatur *tempering* 340°C terdapat nilai kekerasan

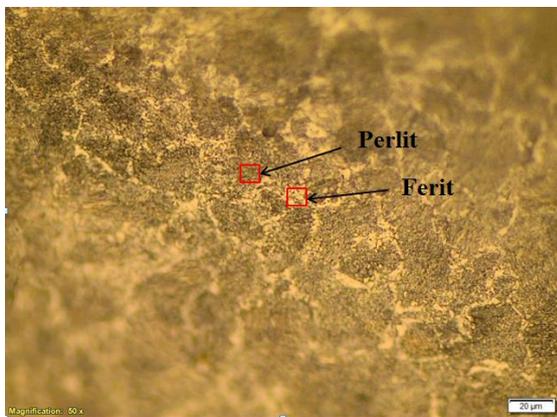
sebesar 468,6 HV nilai tersebut merupakan nilai tertinggi dari temperatur lainnya. Kemudian pada temperatur *tempering* 380°C nilai kekerasan yang diperoleh adalah 449,6 HV. pada temperatur *tempering* 420°C memiliki nilai kekerasan terendah yaitu 426,3 HV. Pada penggunaan media *quenching* air serta dilakukannya proses *tempering* nilai kekerasan yang didapat lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan media quench oli serta *tempering*. Hal ini terjadi karena pada saat proses *hardening* dengan *quenching* air, fasa martensit yang terbentuk lebih banyak dan bentuknya kasar dengan kata lain needles nya tidak seperti semak di bandingkan dengan media *quenching* oli. Begitu pun setelah dilakukannya proses *tempering*, hasil kekerasan dengan menggunakan media *quenching* air lebih tinggi dibandingkan dengan media *quenching* oli. Berikut ini merupakan grafik nilai kekerasan terhadap temperatur *tempering* dengan media *quenching* oli.



Gambar 3. 2 Grafik Nilai Kekerasan Terhadap Temperatur Tempering Dengan Media Quench Oli

3.4 Analisis Struktur Mikro Baja JIS SUP 9 Tanpa Perlakuan Panas

Gambar 3.3 memperlihatkan bahwa struktur mikro pada baja JIS SUP 9 tanpa perlakuan panas adalah adanya fasa perlit dan fasa ferit yang terkandung di dalamnya. Berikut merupakan hasil foto struktur mikro spesimen baja JIS SUP 9 tanpa perlakuan panas yang digunakan dalam penelitian ini.

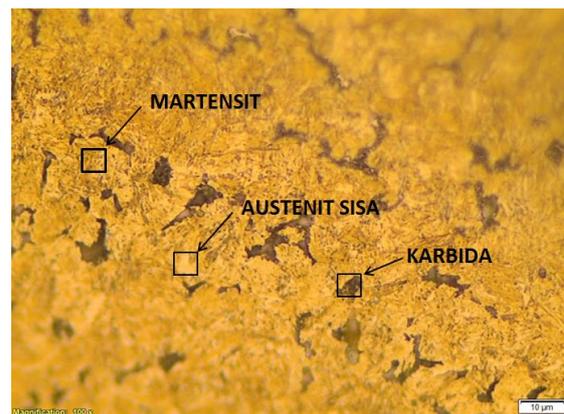


Gambar 3.3 Struktur Mikro Baja JIS SUP 9 Tanpa Perlakuan Panas, Perbesaran 500x

3.5 Analisis Struktur Mikro Baja JIS SUP 9 Perlakuan Panas *Hardening* Media Pendingin Air.

Gambar 3.4 memperlihatkan bahwa adanya perubahan struktur mikro pada baja JIS SUP 9 dengan perlakuan panas *hardening* temperatur 830°C dan media pendingin air. Terdapat fasa martensit yang bersifat keras dan getas dikarenakan temperatur pemanasan yang digunakan sudah melewati 723°C atau dengan kata lain sudah memasuki area full austenit

serta dilakukannya proses pendinginan dengan media air yang tergolong ke dalam laju pendinginan cepat sehingga fasa martensit terbentuk. Serta terdapat fasa karbida akibat dari karbon yang tidak sepenuhnya terperangkap pada struktur Body Centered Tetragonal (BCT). Berikut ini hasil dari foto struktur mikro pada spesimen baja JIS SUP 9 dengan perbesaran 1000x serta pemberian perlakuan panas *hardening* dengan tempertaur 830°C menggunakan media pendingin air.

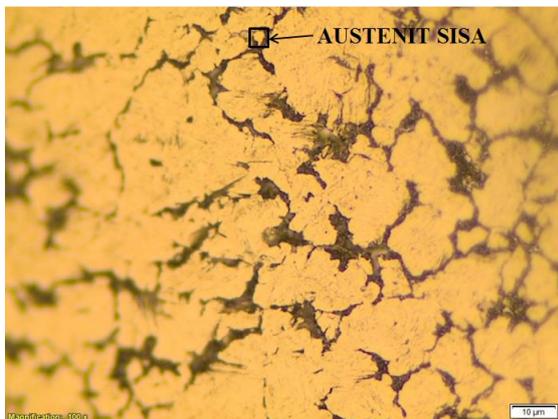


Gambar 3.4 Struktur Mikro Baja JIS SUP 9 Perlakuan Panas *Hardening* Temperatur 830°C Dengan Media Pendingin Air, Perbesaran 1000x.

3.6 Analisis Struktur Mikro Baja JIS SUP 9 Perlakuan Panas *Hardening* Media Pendingin Oli.

Gambar 3.5 memperlihatkan bahwa tidak munculnya struktur mikro terutama fasa martensit pada sampel uji akibat dari kesalahan pada proses etsa, dimana sampel uji mengalami *over aging* dan sampel dilakukan lagi proses pemolesan sehingga

struktur mikro terutama fasa martensitnya tertutup dan tidak terlihat ketika dilakukannya uji mikrostruktur. Jika di korelasikan dengan hasil uji kekerasan, pada spesimen uji sudah terdapat martensit yang memiliki sifat keras dan getas karena kekerasan pada spesimen bertambah setelah dilakukannya proses hardening serta quenching. Hanya saja terjadi kesalahan pada proses metalografi yang mengakibatkan tidak muncul nya fasa martensit ketika dilakukan pengujian dibawah mikroskop optik Berikut ini hasil dari foto struktur mikro pada spesimen baja JIS SUP 9 dengan perbesaran 1000x serta pemberian perlakuan panas *hardening* dengan temperatur 830°C.



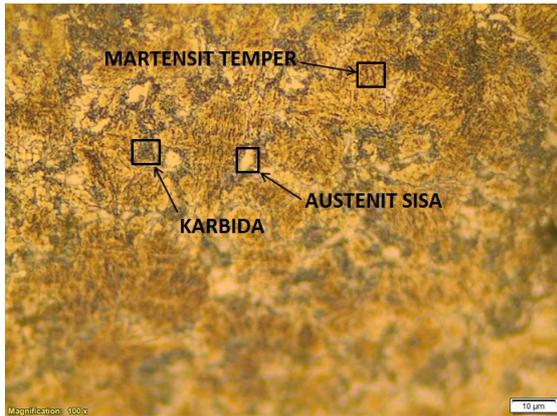
Gambar 3. 5 Struktur Mikro Baja JIS SUP 9 Perlakuan Panas Hardening Temperatur 830°C Dengan Media Pendingin Oli, Perbesaran 1000x.

3.7 Analisis Struktur Mikro Baja JIS SUP 9 Perlakuan Panas *Tempering* Media Pendingin Air

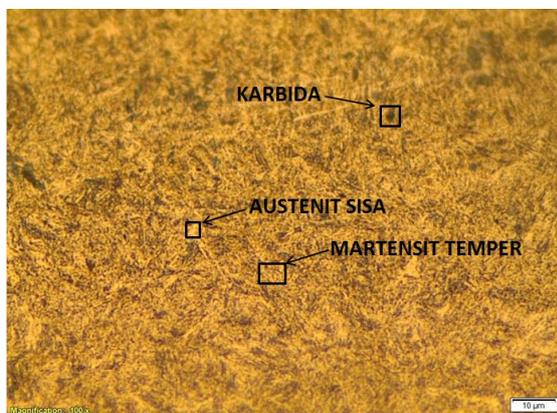
Pada hasil foto struktur mikro baja JIS SUP 9 hasil perlakuan panas *hardening*

pada temperatur 830°C media pendingin air serta dilakukannya proses *tempering* dengan variasi temperatur 340°C, 380°C, dan 420°C menunjukkan bahwa adanya perbedaan ukuran dan banyak nya butiran fasa pada masing-masing temperatur *tempering*. Fasa martensit temper muncul akibat dari pendinginan cepat yang disertai proses pemanasan ulang, sedangkan karbida muncul akibat pemanasan di suhu austenit senyawa yang terkandung di baja tidak larut sehingga membentuk karbida, dan austenit sisa muncul akibat kehomogenan struktur pada suhu austenit. Pada temperatur *tempering* 340°C fasa yang terbentuk adalah martensit temper dengan bentuk kasar, sedangkan pada temperatur 380°C dan 420°C bentuk dari martensit temper adalah seperti semak atau dengan kata lain needles nya terlihat seperti semak. sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi temperatur *tempering* yang digunakan maka kekerasan baja akan semakin berkurang.

Berikut ini hasil foto struktur mikro baja JIS SUP 9 dengan pemberian perlakuan panaas *tempering* menggunakan media pendingin air dengan perbesaran 1000x serta variasi temperatur *tempering* antara lain 340°C, 380°C, dan 420°C.



Gambar 3. 6 Struktur Mikro Baja JIS SUP 9 Perlakuan Panas Tempering Temperatur 340°C Dengan Media Pendingin Air, Perbesaran 1000x.



Gambar 3. 7 Struktur Mikro Baja JIS SUP 9 Perlakuan Panas Tempering Temperatur 380°C Dengan Media Pendingin Air, Perbesaran 1000x.

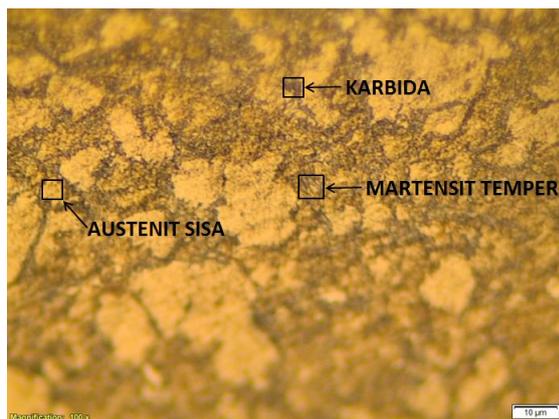


Gambar 3. 8 Struktur Mikro Baja JIS SUP 9 Perlakuan Panas Tempering Temperatur 420°C Dengan Media Pendingin Air, Perbesaran 1000x.

3.8 Analisis Struktur Mikro Baja JIS SUP 9 Perlakuan Panas *Tempering* Media Pendingin Oli

Pada hasil foto struktur mikro baja JIS SUP 9 hasil perlakuan panas *hardening* pada temperatur 830°C media pendingin oli serta dilakukannya proses *tempering* dengan variasi temperatur 340°C, 380°C, dan 420°C menunjukkan bahwa terdapat fasa martensit temper, karbida dan austenit sisa. Fasa martensit temper muncul akibat dari pendinginan cepat yang disertai proses pemanasan ulang, sedangkan karbida muncul akibat pemanasan di suhu austenit senyawa yang terkandung di baja tidak larut sehingga membentuk karbida, dan austenit sisa muncul akibat kehomogenan struktur pada suhu austenit. Pada temperatur 340°C fasa martensit temper memiliki bentuk lebih kasar dibandingkan dengan temperatur 420°C hal ini mengakibatkan kekerasan pada spesimen dengan temperatur tempering 340°C lebih keras dibandingkan dengan temperatur 420°C yang memiliki needles seperti semak. Pada spesimen dengan temperatur tempering 380°C terdapat kesalahan pada proses etsa, dimana sampel uji mengalami *over aging* dan sampel dilakukan lagi proses pemolesan sehingga struktur mikro terutama fasa martensitnya tertutup dan tidak terlihat ketika dilakukannya uji mikrostruktur. Jika di korelasikan dengan hasil uji kekerasan, pada spesimen uji

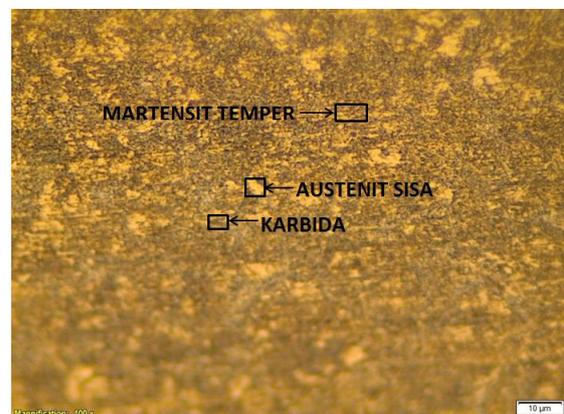
sudah terdapat martensit karena kekerasan pada spesimen bertambah setelah dilakukannya proses hardening serta quenching dan tempering. Banyak nya fasa martensit yang bertransformasi menjadi fasa martensit temper ketika proses *tempering* serta kehadiran fasa karbida mempengaruhi kekerasan pada baja JIS SUP 9. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan media *quenching* air serta perlakuan panas *tempering* yang diberikan menghasilkan nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan media pendingin oli yang diberikan perlakuan panas *tempering*. Berikut ini hasil foto struktur mikro baja JIS SUP 9 dengan pemberian perlakuan panas *tempering* menggunakan media pendingin oli dengan perbesaran 1000x serta variasi temperatur *tempering* antara lain 340°C, 380°C, dan 420°C.



Gambar 3. 9 Struktur Mikro Baja JIS SUP 9 Perlakuan Panas Tempering Temperatur 340°C Dengan Media Pendingin Oli, Perbesaran 1000x.



Gambar 3. 10 Struktur Mikro Baja JIS SUP 9 Perlakuan Panas Tempering Temperatur 380°C Dengan Media Pendingin Oli, Perbesaran 1000x.



Gambar 3. 11 Struktur Mikro Baja JIS SUP 9 Perlakuan Panas Tempering Temperatur 420°C Dengan Media Pendingin Oli, Perbesaran 1000x.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Terdapat beberapa kesimpulan yang didapat setelah dilakukan percobaan ini antara lain :

1. Proses perlakuan panas *hardening* dapat meningkatkan kekerasan pada baja dan perlakuan panas *tempering* dapat menurunkan kekerasan pada baja JIS SUP 9.

2. Proses *quenching* dengan menggunakan media air hasil kekerasan pada baja JIS SUP 9 lebih tinggi dibandingkan dengan media pendingin oli.
3. Semakin tinggi temperatur *tempering* yang digunakan maka kekerasan baja JIS SUP 9 akan semakin berkurang.
4. Fasa yang dihasilkan dari proses *hardening* dengan media pendingin air dan oli adalah martensit serta austenit sisa. Sedangkan fasa yang terbentuk setelah dilakukannya proses *tempering* adalah martensit temper, karbida, dan austenit sisa.
5. Hasil kekerasan pada proses *hardening* media pendingin air dan oli yaitu, 830°C air (721,1 HV), 830°C oli (600 HV). Kekerasan *tempering* tertinggi terdapat pada media pendingin air, *tempering* 340°C (512,6 HV), 380°C (476 HV), 420°C (454,3 HV). Kekerasan *tempering* terendah terdapat pada media pendingin oli, *tempering* 340°C (468,6 HV), 380°C (449,6 HV, 420°C (426,3 HV).
6. Laju pendinginan mempengaruhi kekerasan pada baja JIS SUP 9 karena semakin cepat laju pendinginan maka fasa martensit yang terbentuk semakin banyak.

4.2 Saran

1. Melakukan pengujian impact untuk mengetahui nilai ketangguhan pada baja JIS SUP 9
2. Melakukan pengujian tarik untuk mengetahui keuletan pada baja jis sup 9.

V. DAFTAR PUSTAKA

1. Akhmad Ashri Kharismasuddin, A. S. (2019). Pengaruh Temperatur Heating Pada Baja SUP 9-A Terhadap Supplier JTS (JATIM TAMAN STEEL) . *Jurnal Keilmuan dan Terapan Teknik* .
2. Auliyak, A., Arifin, Z., & Wahid, I. (2019). Pengaruh VariasiI Temperature dan Media Pendingin Perlakuan Panas *Quenching* Pelat Baja SUP 9 Terhadap Sifat Mekanis Kekuatan dan Kekerasan. *Publikasi Online Mahasiswa Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya Volume 2 No. 1*.
3. Callister Jr, William D, 2007, Material Science and Engineering An Introduction 7ed, Departement of Metallurgical Engineering The University of Utah, John Willey and Sons, Inc, USA.

4. Daryanto. (2003). Dasar-Dasar Teknik Mesin. PT. Bhineka Cipta Jakarta.
5. Eko Nugroho, S. D. (2019). Pengaruh Temperatur dan Media Pendingin Pada Proses Heat Treatment Baja AISI 1045 Terhadap Kekerasan dan Laju Korosi. Jurnal Teknik Mesin.
6. Halimi, A., & Arif Irfa', M. (2017). UJI EKSPERIMEN TINGKAT KEKERASAN DAN KETANGGUHAN BAJA PEGAS JIS SUP 9 DENGAN METODE LAKU PANAS *HARDENING* DAN *TEMPERING*. JTM, 05(03), 45-52.
7. Halim Rusjdi, A. W. (2016). Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Pada Baja AISI 4340. Jurnal Power Plant.
8. Mersilia, Anggun. (2016). Pengaruh Heat Treatment dengan Variasi Media *Quenching* Air Garam dan Oli Terhadap Struktur Mikro dan Nilai Kekerasan Baja Pegas Daun AISI 6135. Jurnal Teknik.
9. Muhammad Jordi, H. Y. (2017). Analisa Pengaruh Proses *Quenching* dengan Media Berbeda Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Baja st 36 dengan Pengelasan SMAW. JURNAL TEKNIK PERKAPALAN .
10. Nurlina, N. (2019). Pengaruh Pengujian *Hardening* Pada Baja Karbon Rendah Sebagai Solusi Peningkatan Kualitas Pada Material. Jurnal Qua Teknik, 11-20.
11. Pramono, A. (2011). Karakteristik Mekanik Proses *Hardening* Baja AISI 1045 Media *Quenching* Untuk Aplikasi Sprochet Rantai. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 32-38.
12. Setiawan, I., & Nur, M. S. (2018). Meningkatkan Mutu Baja SUP 9 Pada Pegas Daun Dengan Proses Perlakuan Panas . *J.T.M Universitas Muhammadiyah Jakarta*.
13. Wahyudi, s. (2021). Transformasi Fasa dan Perlakuan Permukaan. Institut Teknologi dan Sains Bandung.
14. Yudha Kurniawan Afandi, I. S. (2015). Analisa Laju Korosi Pada Pelat Baja Karbon dengan Variasi Ketebalan Coating. JURNAL TEKNIK ITS VOL. 4, NO 1.

15. Zainuri Anwar, R. I. (2021).
Analisa Pengaruh Perlakuan Panas
Quench-Temper Terhadap Nilai
Kekerasan dan Kekuatan Tarik
Baja JIS SUP 9. Jurnal Inovator,
36-40.