

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR PERLAKUAN PANAS *HARDENING*
DAN MEDIA *QUENCHING* TERHADAP TINGKAT KEKERASAN SERTA
STRUKTUR MIKRO BAJA PEGAS JIS SUP 9**

JURNAL ILMIAH



Oleh :

SATRIO PAMBUDI

123.18.008

PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL

FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN

INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG

2022

**“PENGARUH VARIASI TEMPERATUR PERLAKUAN PANAS *HARDENING*
DAN MEDIA *QUENCHING* TERHADAP TINGKAT KEKERASAN SERTA
STRUKTUR MIKRO BAJA PEGAS JIS SUP 9”**

JURNAL ILMIAH

Oleh:

SATRIO PAMBUDI

123.18.008

Kota Deltamas, Juli 2022

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



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

NIP. 197412042008011011

Dosen Pembimbing II



Andrie Harmaji, S.T., M.T.

NIK. 19910107201607516

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR PERLAKUAN PANAS
HARDENING DAN MEDIA QUENCHING TERHADAP TINGKAT KEKERASAN
SERTA STRUKTUR MIKRO BAJA PEGAS JIS SUP 9**

Satrio Pambudi¹, Akhmad Ardian Korda², Andrie Harmajie³

Program Studi Teknik Metalurgi, Institut Teknologi Dan Sains Bandung¹

Email : riopambudi2412@gmail.com

ABSTRAK

Baja JIS SUP9 merupakan salah satu baja pegas yang biasa digunakan untuk komponen suspensi pada kendaraan bermotor. Baja pegas merupakan salah satu material komponen otomotif yang bahan dasarnya adalah baja karbon. Komposisi dari baja JIS SUP 9 antara lain C (0,5% - 0,6%), Mn (0,65% - 0,95%), P (Max 0,35%), Si (0,15% - 0,35%), Cr (0,65% - 0,95%), S (Max 0,35%). Baja JIS SUP 9 harus memiliki kekerasan dan ketangguhan yang baik agar tidak terjadi kegagalan pada saat pemakaian operasional..

Proses perlakuan panas yang dilakukan bertujuan untuk memperbaiki sifat mekanik dari logam maupun paduan. Pada percobaan ini baja JIS SUP 9 dipotong menjadi ukuran 25mm × 5 mm × 2 mm. Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh proses laku panas hardening dan tempering terhadap kekerasan ketangguhan baja pegas JIS SUP 9, Serta mengetahui struktur mikro hasil perlakuan tersebut. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja pegas karbon sedang standart jis grade SUP9. alat uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah Micro Hardness Vickers dan Olympus Metallurgical Microscope. Perlakuan panas yang dilakukan pada percobaan ini yaitu *hardening* dengan temperatur berbeda-beda (830°C, 855°C, 880°C) dengan waktu penahanan 7 menit kemudian didinginkan menggunakan media pendingin air dan oli. Setelah proses *hardening* dilakukan proses *tempering* dengan temperature 420°C dengan waktu penahanan 7 menit kemudian didinginkan dengan udara pada suhu ruang.

Hasil pada percobaan ini menunjukkan bahwa perlakuan panas menaikkan kekerasan dari baja JIS SUP 9 dimana rata-rata kekerasan awal baja adalah 229 HVN. Setelah dilakukan perlakuan panas nilai kekerasan dengan media pendingin air pada temperature 830° (473,6 HVN), 885°C (491 HVN) dan 880°C (510,3 HVN). Sedangkan perlakuan panas dengan media pendingin oli pada temperatur 830°C (448,3 HVN), 855°C (469 HVN) dan 880°C (499,6 HVN). Hasil struktur mikro Sedangkan pada sampel yang dilakukan perlakuan panas menunjukkan fasa martensit temper, austenite sisa dan karbida. Perubahan struktur mikro mempengaruhi peningkatan kekerasan pada baja JIS SUP 9.

KATA KUNCI : Baja JIS SUP 9, Perlakuan panas, *Hardening*, *Tempering*, *Quenching*, Kekerasan, Struktur Mikro.

A. PENDAHULUAN

Pada dunia otomotif selain sisi desain dan akselerasi untuk memilih kendaraan apa yang akan digunakan nantinya perlu diperhatikan juga sisi kenyamanan dan keselamatan dalam hal berkendara. Untuk menunjang hal itu dibutuhkan sebuah sistem suspensi yang baik agar kenyamanan dan keselamatan dalam hal berkendara bisa didapatkan dengan sempurna. Sistem suspensi ini terbuat dari komponen pegas dan redam yang terletak diantara roda dan bodi kendaraan.

Seiring perkembangan zaman, baja pegas juga sudah berkurang pemakaiannya dalam segi kegunaan untuk suspensi. sehingga saat ini banyak baja pegas yang beralih fungsi untuk pembuatan senjata tajam seperti golok ataupun pedang karena dinilai memiliki kekerasan yang baik. Pembuatan baja JIS SUP9 yang berkomposisi karbon sedang diawali dengan pengerjaan mesin untuk pembuatan komponen baja pegas pada umumnya. Baja yang digunakan adalah baja pegas dengan kadar karbon 0,55% C yang merupakan baja karbon sedang, Karena baja mempunyai kisaran karbon 0,30-0,60% C. (Daryanto, 2003)

Tingkat kekerasan dapat diketahui berdasarkan temperatur perlakuan panasnya. Heat treatment merupakan

proses kombinasi antara pemanasan dan pendinginan terhadap logam atau paduan dalam keadaan Padat dalam jangka waktu tertentu yang dimaksudkan untuk memperoleh sifat-sifat tertentu pada logam atau paduan.

Dalam Penelitian ini akan dianalisis hasil dari variasi temperatur pada proses hardening dengan pemanasan ulang (Tempering) terhadap kekerasan baja JIS SUP 9 dengan pengujian kekerasan serta mengamati struktur mikro yang terbentuk

B. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Alat dan bahan

Pada penelitian ini alat yang digunakan adalah Furnace, gerinda, spidol, kain bludru, 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, Larutan etsa kimia nital (5% HNO₃ +95ml Etanol), Amplas grit 100, 240, 320, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1500 dan 2000.

2.2 Prosedur Percobaan

2.2.1 Prosedur Perlakuan Panas

Baja SUP 9 ini dipotong menjadi 7 buah sampel, menggunakan mesin gerinda dengan dimensi 2,5mm x 2mm seperti

pada gambar 3.2, hasil pemotongan yang tidak rata kemudian dimachining agar tidak melukai tangan saat dilakukannya pengujian. Dari 7 sampel baja JIS SUP 9, 1 sampel baja tidak dilakukan proses perlakuan panas, hanya dilakukan pengujian kekerasan dan struktur mikro. Tahap pertama, pada proses perlakuan panas ini yaitu dengan dimasukkannya 6 sampel baja SUP 9 ke dalam furnace dengan variasi temperatur 830°C, 855°C, 880°C (Masing-Masing variasi 2 sampel) dengan waktu penahanannya 7 menit. Tujuan dari tahapan pertama ini adalah untuk menyeragamkan fasa pada baja menjadi austenite. Tahapan kedua, setelah dilakukannya penahanan selamat 7 menit selanjutnya adalah quenching, yaitu sampel baja yang di keluarkan dari furnace kemudian 3 sampel dimasukkan ke dalam media pendingin air dan 3 sampel lainnya dimasukkan ke dalam media pendingin oli. Tahapan ketiga, 6 sampel yang sudah melalui proses austenisasi kemudian dilakukan proses tempering dengan temperatur 420°C dengan waktu penahanan 7 menit dan pendinginan menggunakan suhu ruang..

2.2.2 Prosedur Mikroskop Optik

Metalografi dilakukan untuk mengetahui struktur mikro yang terdapat pada sampel uji (Baja JIS SUP 9). Beberapa tahapan dalam metalografi.

Tahapan pertama emotongan (Cutting) Tahap awal dari proses metalografi adalah pemotongan baja dengan menggunakan alat potong, proses ini bertujuan untuk mempermudah saat melakukan proses metalografi. Proses Selanjutnya mounting (dudukan / bingkai). Mounting merupakan proses penambahan material resin dan katalis pada material sampel untuk memudahkan dan mengamankan proses grinding dan polishing. Setelah mounting dilakukan Grinding (pengamplasan). Pengamplasan bertujuan untuk menghaluskan permukaan sampel yang kasar agar mudah saat observasi dilakukan. 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. Proses pengamplasan dilakukan menggunakan kertas silicon carbide dari yang paling kasar (grit terkecil) sampai yang paling halus (grit terbesar). Grit yang digunakan pada penelitian ini antara lain 100, 240, 320, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1500, 2000. Setelah itu masuk ke tahap polishing (pemolesan). Polishing atau pemolesan merupakan proses lanjutan

dari pengamplasan yang 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. Tahap terakhir adalah Etching (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 nilai kekerasan suatu logam yaitu. Pada 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.

$$HV = \frac{1,854 F}{D^2}$$

Dimana :

F = Beban yang diberikan

D² = Panjang diagonal rata-rata (mm)

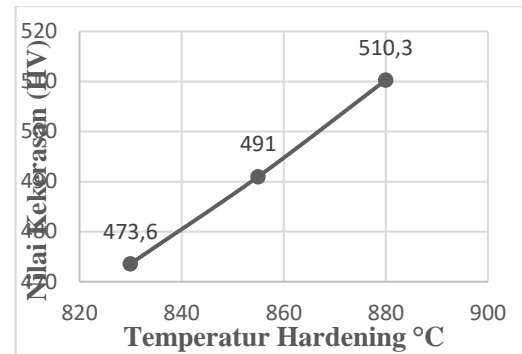
C. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Variasi Temperatur Hardening Menggunakan Media Pendingin Air Dengan Proses Tempering Pada Baja JIS SUP 9

Pada baja yang tidak dilakukan metode perlakuan panas didapatkan hasil kekerasan 229 HV. Sedangkan pada baja yang telah dilakukan pemanasan terjadi peningkatan kekerasan yang disebabkan oleh terbentuknya fasa martensit setelah dilakukannya proses hardening. Terbentuknya fasa martensit dapat dilihat dengan bertambahnya angka kekerasan yang dihasilkan, dimana angka tersebut berada jangkauan kekerasan fasa martensit. Fasa martensit terbentuk pada proses hardening yang dilakukan pada temperatur diatas garis A3 dan terjadi

transformasi dari fasa perlit menjadi fasa austenit. Media pendingin air tergolong ke dalam pendinginan cepat, Proses *tempering* dilakukan setelah proses pendinginan cepat yang bertujuan untuk menurunkan sifat mekanik terutama kekerasan agar tidak terlalu getas dan menambah ketangguhan pada baja. Pada penelitian ini variasi temperatur pada proses *hardening* menggunakan temperatur 830°C, 855°C dan 880°C dimana hasil kekerasan tertinggi berada pada temperatur 880°C dengan nilai kekerasan 510,3 HV dan nilai kekerasan terendah pada temperatur 830°C dengan nilai kekerasan 473 HV sedangkan pada temperatur 855°C memiliki nilai kekerasan 491 HV, dengan media pendingin air dan proses *tempering* pada suhu 420°C. Pada hasil kekerasan variasi proses *hardening* dapat terlihat bahwa semakin tinggi temperatur *hardening* maka kekerasan akan semakin meningkat hal ini terjadi karena pada saat proses pendinginan cepat fasa austenite berubah menjadi fasa martensite dan setelah dilakukan *tempering* fasa martensit akan berubah menjadi fasa martensit temper perbedaan kekerasan di setiap temperatur terjadi karena perbedaan ukuran butir austenit yang akan

bertransformasi menjadi martensit. Pada gambar 3.1 dapat dilihat grafik nilai kekerasan vs variasi temperatur *hardening* dengan media *quenching* air

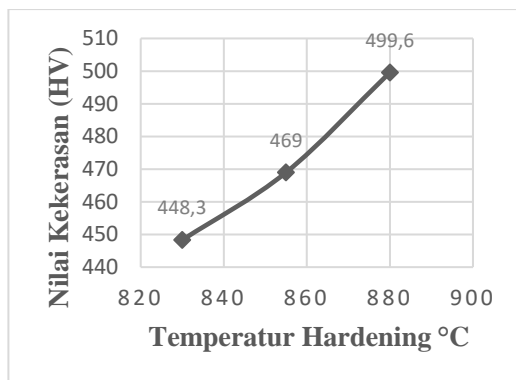


Gambar 3. 1 Grafik Kekerasan VS Temperatur Penahanan dengan media pendingin air

3.2 Pengaruh Variasi Temperatur Hardening Menggunakan Media Pendingin Oli Dengan Proses Tempering Pada Baja JIS SUP 9

Variasi temperature *hardening* juga dilakukan dengan media pendingin yang berbeda. Pada penelitian ini juga menggunakan media pendingin oli sebagai variasi dari media pendingin. Variasi temperatur *hardening* menggunakan temperatur 830°C, 855°C dan 880°C dimana hasil nilai kekerasan pada temperatur 880°C adalah 499,6 HV, lalu selanjutnya pada temperatur 855°C memiliki nilai kekerasan 469°C dan pada temperatur 830°C memiliki nilai kekerasan 448 HV. Menggunakan media pendingin oli dan melauai proses *tempering* pada suhu 420°C. Dimana pada

media pendingin oli memiliki hasil kekerasan yang lebih rendah disetiap variasi temperaturnya dibandingkan dengan media pendingin air. Hal ini membuktikan bahwa media pendingin oli memiliki pendinginan yang stabil dibandingkan media pendingin air yang relative cepat. Pada hasil nilai kekerasan menggunakan media pendingin oli, nilai kekerasan juga meningkat seiring dengan tingginya variasi temperatur *hardening*. Pada penelitian ini digunakan waktu penahanan 7 menit pada proses *hardening* dan tempering. Grafik nilai kekerasan vs variasi temperatur *hardening* dengan media *quenching* oli dapat dilihat pada gambar 3.2



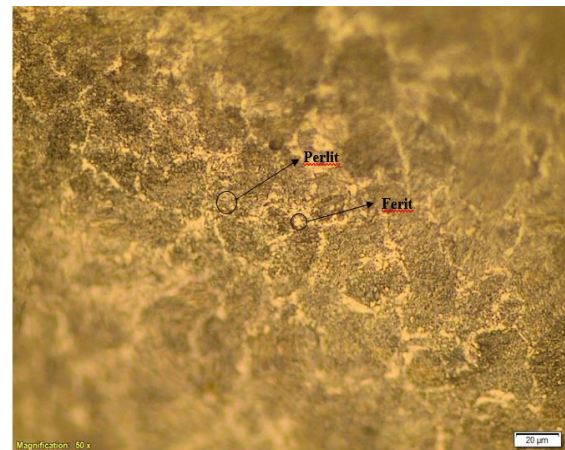
Gambar 3. 2 Grafik Kekerasan VS Temperatur *Hardening* dengan media pendingin oli

3.3 Analisis Struktur Mikro Baja JIS SUP 9 Tanpa Perlakuan Panas

Pada hasil pengujian mikro struktur sampel baja JIS SUP 9 tanpa perlakuan panas menunjukkan bahwa fasa yang terbentuk hanyalah perlit dan ferit.

Dimana ferit merupakan fasa yang bersifat lunak, lemah dan ulet, ferit juga merupakan besi murni dengan struktur kristal *body centered cubic* (BCC). Sedangkan fasa perlit terbentuk sewaktu austenit dengan komposisi *eutectoid* bertransformasi menjadi ferit dan karbida secara bersamaan.

Struktur dasar perlit adalah struktur lamellar yang tersusun dari lapisan ferit dan sementit. Gambar 3.1 menunjukkan fasa yang terbentuk pada baja JIS SUP 9 yang tidak dilakukan perlakuan panas.



Gambar 3. 1 Struktur Mikro Baja JIS SUP 9 Tanpa Perlakuan Panas (Perbesaran 50×)

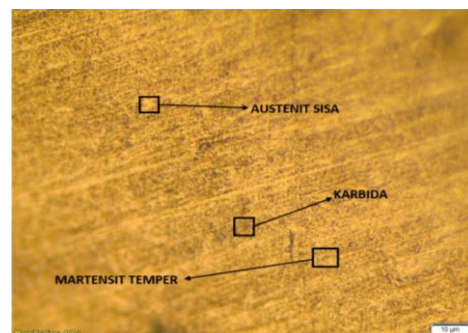
3.4 Analisis Struktur Mikro Baja JIS SUP 9 Dengan Perlakuan Panas *Hardening* Menggunakan Media Pendingin Air

Analisis ini menunjukkan hasil mikro struktur baja JIS SUP 9 dengan proses perlakuan panas *hardening* dengan media pendingin air menggunakan perbesaran

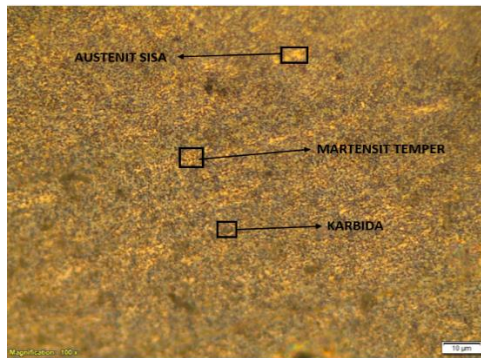
50× dengan *tempering* pada suhu 420°C. Variasi temperatur yang dilakukan pada proses laku panas *hardening* antara lain 830°C, 855°C dan 880°C. Pada hasil foto mikro struktur baja JIS SUP 9 hasil variasi temperatur perlakuan panas *hardening* pada temperatur 830°C, 855°C dan 880 °C media pendingin air serta dilakukannya proses *tempering* dengan temperatur 420°C menunjukkan adanya perbedaan ukuran dan banyak nya butiran fasa pada masing-masing variasi temperatur. Fasa martensit temper diperoleh dari proses pendinginan cepat yang disertai dengan proses pemanasan ulang (*tempering*), sedangkan karbida dapat diperoleh karena pada pemanasan di temperatur austenit senyawa karbon yang terkandung di baja tidak larut sehingga membentuk karbida, dan austenit sisa muncul dikarenakan kehomogenan struktur pada temperatur austenit. dimana semakin tinggi temperatur austenisasi maka semakin banyak kadar austenit sisa yang muncul. Pemanasan ulang (*tempering*) dilakukan bertujuan untuk mengurangi tegangan sisa, meningkatkan ketangguhan dan keuletan baja yang telah mengalami pengerasan martensite. Selama proses *tempering* baja akan mengalami penurunan kekerasan dan kekuatan. Pada temperatur *hardening* 830°C dan 855°C fasa yang terbentuk paling banyak adalah martensit temper kasar yang bersifat getas

dan keras dan autenit sisa yang memiliki sifat ulet, sedangkan pada temperatur 880°C di dominasi oleh fasa Martensit Temper dan juga karbida , sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi temperatur *hardening* yang digunakan maka kekerasan baja akan semakin meningkat, peningkatan angka kekerasan ini sejalan dengan turunya keuletan dan ketangguhan pada material baja JIS SUP 9.

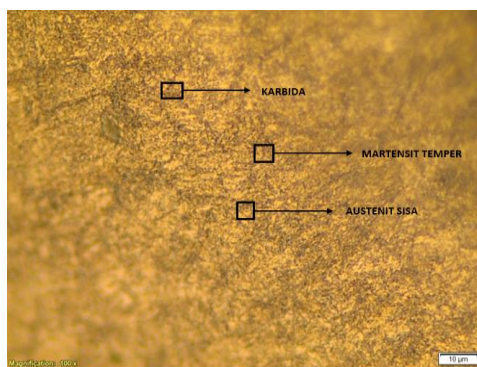
Gambar 3.2 menunjukkan foto mikro struktur baja JIS SUP 9 dengan variasi temperatur 830°C, Gambar 3.4 dengan variasi temperatur 855°C dan Gambar 3.3 dengan variasi temperatur 880°C menggunakan media pendingin air dengan perlakuan pemanasan ulang pada temperatur 420°C.



Gambar 3. 2 Struktur mikro baja JIS SUP 9 dengan perlakuan panas *hardening* 830°C (perbesaran 1000x)



Gambar 3. 3 Struktur mikro baja JIS SUP 9 dengan perlakuan panas hardening 855°C (perbesaran 1000x)



Gambar 3. 4 Struktur mikro baja JIS SUP 9 dengan perlakuan panas hardening 880°C (perbesaran 1000x)

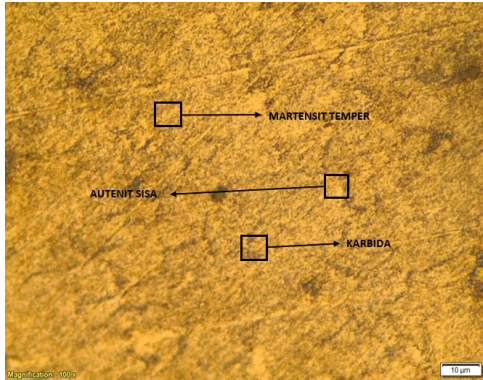
3.5 Analisis Struktur Mikro Baja JIS SUP 9 Dengan Perlakuan Panas *Hardening* Menggunakan Media Pendingin Oli

Analisis pada bagian ini menunjukkan hasil mikro struktur baja JIS SUP 9 dengan proses perlakuan panas *hardening* dengan media pendingin oli menggunakan perbesaran 50× dengan tempering pada suhu 420°C. Variasi temperatur yang dilakukan pada proses laku panas *hardening* masih sama antara lain 830°C, 855°C dan 880°C. Pada hasil foto mikro struktur baja JIS SUP 9 hasil variasi temperatur perlakuan panas *hardening*

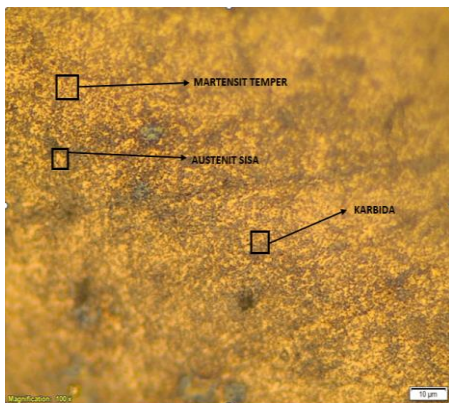
pada temperatur 830°C, 855°C dan 880 °C media pendingin air serta dilakukannya proses *tempering* dengan temperatur 420°C juga menunjukkan adanya perbedaan ukuran dan banyak nya butiran fasa pada masing-masing variasi temperatur. Pada bagian ini juga dilakukan proses pemanasan ulang dengan tujuan yang sama seperti pada bagian pendinginan menggunakan media air agar meningkatkan ketangguhan dan keuletan baja.

Pada temperatur *hardening* 830°C dan 855°C fasa yang terbentuk adalah martensit temper kasar yang bersifat getas dan keras dan autenit sisa yang memiliki sifat ulet, namun bentuk fasa martensit tempernya tidak sebanyak seperti pada saat pendinginan menggunakan media air. Hal ini di sebabkan oleh media pendingin oli yang memiliki penyerapan panas yang stabil atau tidak terlalu cepat. Begitu juga pada variasi temperatur *hardening* 880°C dimana martensit temper dan karbida tidak sebanyak pada saat menggunakan media pendingin air dan lebih menunjukkan fasa austenit sisa yang memiliki sifat ulet. Ini menyimpulkan bahwa media air menghasilkan nilai kekerasan lebih besar dibandingkan media pendingin oli. Gambar 3.1 menunjukkan foto mikro struktur baja JIS SUP 9 dengan variasi temperatur 830°C. Gambar 4.8

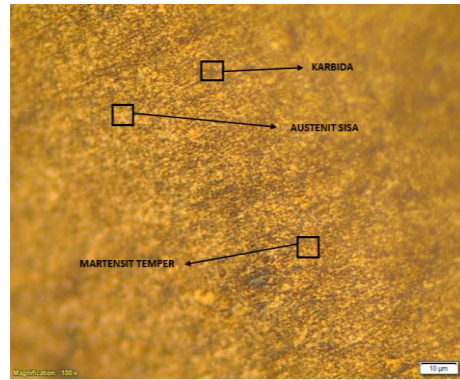
dengan variasi temperatur 855°C dan Gambar 4.9 dengan variasi temperatur 880°C menggunakan media pendingin oli dengan perlakuan pemanasan ulang pada temperatur 420°C.



Gambar 3. 5 Struktur Mikro Baja JIS SUP 9 Perlakuan Panas Hardening 830°C (Perbesaran 1000x)



Gambar 3. 6 Struktur Mikro Baja JIS SUP 9 Perlakuan Panas Hardening 855°C (Perbesaran 1000x)



Gambar 3. 7 Struktur Mikro Baja JIS SUP 9 Perlakuan Panas Hardening 880°C (Perbesaran 1000x)

D. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 KESIMPULAN

Dari rangkaian percobaan diatas terdapat beberapa kesimpulan yang bisa dijabarkan yaitu.

1. Proses perlakuan panas *hardening* dapat meningkatkan kekerasan pada baja baja JIS SUP 9.
2. Proses pendinginan cepat menggunakan media air menghasilkan nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan proses pendinginan cepat menggunakan media oli.
3. Semakin meningkatnya temperatur penahan maka nilai kekerasan pada baja JIS SUP 9 akan semakin meningkat juga.
4. Struktur mikro martensit temper, austenite sisa dan karbida terbentuk setelah dilakukan proses perlakuan panas
5. Semakin meningkat temperatur penahanan maka kekerasan maka kekerasan baja JIS SUP 9 setelah proses *quenching* dan *tempering* semakin tinggi

dan Nilai kekerasan tertinggi ada pada proses *hardening* dengan media pendingin air pada variasi suhu 880°C (510,3 HVN). Sedangkan nilai kekerasan terendah ada pada proses *hardening* dengan media pendingin oli pada variasi suhu 830°C (448,3 HVN)

6. Semakin cepat laju pendinginan maka kekerasan baja JIS SUP 9 juga akan bertambah.
7. Nilai kekerasan rata-rata yang dihasilkan adalah 481,8 HVN melebihi syarat pada sample SPHC PO yaitu 200 HVN.

4.2 SARAN

1. Melakukan pengujian Tarik untuk mengetahui nilai keuletan material baja JIS SUP 9
2. Melakukan pengujian *impact* untuk mengetahui nilai ketangguhan material baja JIS SUP 9

E. DAFTAR PUSTAKA

1. Adawiyah, R., & Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Banjarmasin Ringkasan, S. (2015). PENGARUH BEDA MEDIA PENDINGIN PADA PROSES HARDENING TERHADAP KEKERASAN BAJA PEGAS DAUN. *Jurnal Poros Teknik*, 7(1), 1-53. Retrieved from <http://pistonracing.wordpress.com/category/sistem->
2. 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.
3. Daryanto. (2003). Dasar-Dasar Teknik Mesin. PT. Bhineka Cipta Jakarta.
4. DR. IR. I KT. Suarsana, M. (2014). Klasifikasi material teknik. *JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS UDAYANA DENPASAR UNIVERSITAS*.
5. Fentje Abdul Rauf, Frans P. Sappu, & Arwanto M.A. Lakat. (2018). UJI KEKERASAN DENGANMENGUNAKAN ALAT MICROHARDNESS VICKERS PADA BERBAGAI JENIS MATERIAL TEKNIK. *Jurnal Tekno Mesin*, 05 (1), 1-24.
6. Halim Rusjidi, Andika Widya Pramono, & Wahyu Bawono Faathir. (2016). PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA AISI 4340. *Jurnal Power Plant*, 4(2), 60.
7. 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.
8. Ipnu Irfan Nurdianto, Nelly Ana Mufarida, & Nur Halim. (2019). PENGARUH VARIASI SUHU TEMPERING TERHADAP KEKERASAN BAJA PEGAS JIS SUP 9 THE EFFECT OF TEMPERING TEMPERATURE VARIATION ON VIOLENCE OF SPRING STEEL JIS SUP 9.
9. Kim, H., Inoue, J., Okada, M., & Nagata, K. (2017). Prediction of Ac3 and martensite start temperatures by a data-driven model selection approach. *ISIJ International*, 57(12), 2229-2236.
10. Kumayasari, M., & Sultoni, A. (2017, 12). Studi Uji kekerasan Rockwell Superficial

- vs Micro Vickers. *Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri*, 2(2).
11. Permana, E., Hafizh, A., & Rasyid, A. (2018). Studi Eksperimen Pengaruh Suhu Tempering Pada Baja Pegas JIS SUP 9 Terhadap Impact. *JTM*, 06(01), 17-24.
 12. Pramono, A. (2011). *Karakteristik Mekanik Proses Hardening Baja Aisi 1045 Media Quenching Untuk Aplikasi Sprochet Rantai*. Retrieved from www.uddeholm.com,
 13. Purboputro, I. P. (2009). Peningkatan Kekuatan Pegas daun denagn cara Quenching. *Jurnal Media Mesin Vol 10 No.1*.
 14. Setiawan, I., & Nur, M. S. (2018). Meningkatkan Mutu Baja SUP 9 Pada Pegas Daun Dengan Proses Perlakuan Panas . J.T.M Universitas Muhammadiyah Jakarta.
 15. Zhao, W., & Zhang, Y. (2019, 8). Prediction of transition temperature of alloy steel austenite based on self-organizing neural network. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 563(2).