

PENGARUH VARIASI VISKOSITAS OLI SEBAGAI MEDIA PENDINGIN TERHADAP SIFAT KEKERASAN PADA PROSES *QUENCHING* BAJA AISI 4340

Bayu Sinung Pambudi¹, Muhammad Rifki Luthfansa¹, Wahyu Hidayat Nurdiansyah¹

¹ Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

E-mail : bayusinungp@gmail.com

Abstract

Quenching merupakan salah satu perlakuan panas yang sering digunakan di dalam dunia industri terutama industri manufaktur. Hal tersebut dikarenakan proses quenching dapat meningkatkan sifat mekanik dari material tersebut terutama kekerasan. Akan tetapi material yang telah diberi proses quenching akan menjadikan material tersebut memiliki sifat getas oleh karena itu diperlukan penelitian mengenai faktor-faktor yang memengaruhi kegetasan dari proses quenching itu sendiri. Faktor-faktor penting dari proses quenching itu sendiri adalah salahsatunya mengenai media pendingin dan laju pendinginan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh viskositas oli terhadap sifat mekanik dari baja AISI 4340 yang telah dilakukan proses quenching. Proses pendinginan terdiri dari pemanasan dan pendinginan cepat. proses pemanasan menggunakan muffle furnace, sedangkan proses pendinginan menggunakan oli dengan tingkat yang berbeda viskositas yaitu SAE 20, SAE 40 dan SAE 90. Penelitian menunjukkan bahwa perbedaan dalam viskositas minyak dalam proses pendinginan dapat mempengaruhi nilai kekerasan material uji. Semakin rendah viskositas minyak, nilai kekerasan cenderung meningkatkan hasil pendinginan. Pendinginan perubahan proses bahan menjadi keras, yang ditandai dengan hasil selama proses pengujian kekerasan menunjukkan peningkatan nilai kekerasan, hal ini disebabkan perubahan dalam struk mikro ferit dan perlit struktur menjadi struktur martensit yang keras dan rapuh.

Key words : heat treatment, quenching, baja karbon menengah, viskositas oli

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan jaman dan teknologi, penggunaan logam sebagai bahan utama operasional atau sebagai bahan baku produksi industri semakin besar. Baja karbon banyak digunakan terutama untuk membuat alat-alat perkakas, alat alat pertanian, komponen-komponen otomotif dan kebutuhan rumah tangga. Akibat dari pemakaian, menyebabkan struktur logam akan terkena pengaruh gaya luar berupa tegangan-tegangan gesek sehingga menimbulkan deformasi atau perubahan bentuk. Usaha menjaga agar logam lebih tahan gesekan atau tekanan adalah dengan cara perlakuan panas pada baja (Fariadhie, 2012).

Didalam dunia industri yang memiliki permasalahan yang kompleks perlu adanya berbagai variasi perlakuan panas pada logam agar didapatkan produk yang sesuai dengan yang diinginkan (Mizhar, 2011). Perlakuan Panas (Heat Treatment) adalah suatu proses mengubah sifat mekanis (Mechanical Properties) logam dengan cara mengubah struktur mikro melalui proses pemanasan dan

pengaturan kecepatan pendinginan dengan atau tanpa merubah komposisi kimia logam yang bersangkutan. Tujuan proses perlakuan panas untuk menghasilkan sifat-sifat logam yang diinginkan.

Baja merupakan salah satu jenis logam yang banyak digunakan oleh manusia untuk berbagai keperluan. Adakalanya baja yang akan diproses tidak mempunyai kekerasan yang cukup. Oleh karena itu perlu dilakukan proses lagi yaitu proses hardening. Dengan melakukan Hardening maka akan didapatkan sifat kekerasan yang lebih tinggi. Semakin tinggi angka kekerasan maka sifat keuletan akan menjadi rendah dan baja akan menjadi getas. Baja yang demikian tidak cukup baik untuk berbagai pemakaian. Oleh karena itu biasanya atau hampir selalu setelah dilakukan proses pengerasan kemudian segera diikuti dengan Tempering (Kirono, 2011). Akibat proses perlakuan panas ini adalah akan terjadi perubahan mikrostruktur pada logam. Quenching pada baja merupakan salah satu dari beberapa proses hardening yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan dan kekerasan baja

dengan cara memanaskan logam tersebut pada temperatur tertentu, biasanya antara 845°-870° C, kemudian didinginkan secara cepat pada media pendingin untuk mendapatkan struktur martensit. Quenching dilakukan untuk mencegah terjadinya pembentukan struktur perlit serta untuk memudahkan pembentukan struktur bainit atau martensit (Bates, 1992).

Tujuan utama quenching adalah meningkatkan kekerasan logam, sedangkan kunci utama dalam proses quenching adalah pengaturan laju pendinginan pada logam. Jika laju pendinginan terlalu lambat, logam menjadi lebih getas dan kekerasan akan berkurang. Jika laju pendinginan terlalu cepat, maka akan terjadi distorsi dan retak pada logam. Oleh karena itu, yang menarik dari metode quenching adalah bagaimana memilih media pendingin dan tahapan proses yang dilakukan sehingga akan meminimalkan beragam tegangan yang timbul yang dapat mengurangi terjadinya retak dan distorsi serta pada saat yang sama mampu menyediakan laju perpindahan panas yang cukup untuk mendapatkan sifat akhir hasil quenching seperti kekerasan (Chaves, 2001). Secara umum quenching dan tempering terbukti baik untuk menghasilkan kekuatan baja yang dapat dicapai dengan pengendapan dari penyebaran paduan carbide selama tempering. (Mizhar, 2011)

Terdapat beragam media pendingin yang digunakan dalam dunia industri antara lain : air, larutan/air garam, minyak/oli, polimer encer, dan bak garam. Air dan oli merupakan media pendingin yang paling banyak dipakai untuk mengeraskan baja karena mudah dalam proses pencelupannya. Oli/minyak mempunyai kelebihan diantaranya dapat digunakan pada berbagai temperatur secara efektif. Secara umum, oli/ minyak mempunyai laju pendinginan yang lebih lambat dibandingkan dengan air atau air garam. Oleh karena itu, media pendingin ini dapat memberikan hasil quenching dengan distorsi dan retak yang lebih kecil.

Salah satu jenis baja yang banyak digunakan dalam dunia industri adalah Baja AISI 4340. Baja AISI 4340 merupakan baja paduan nikel krom molibden. Komposisi kimia

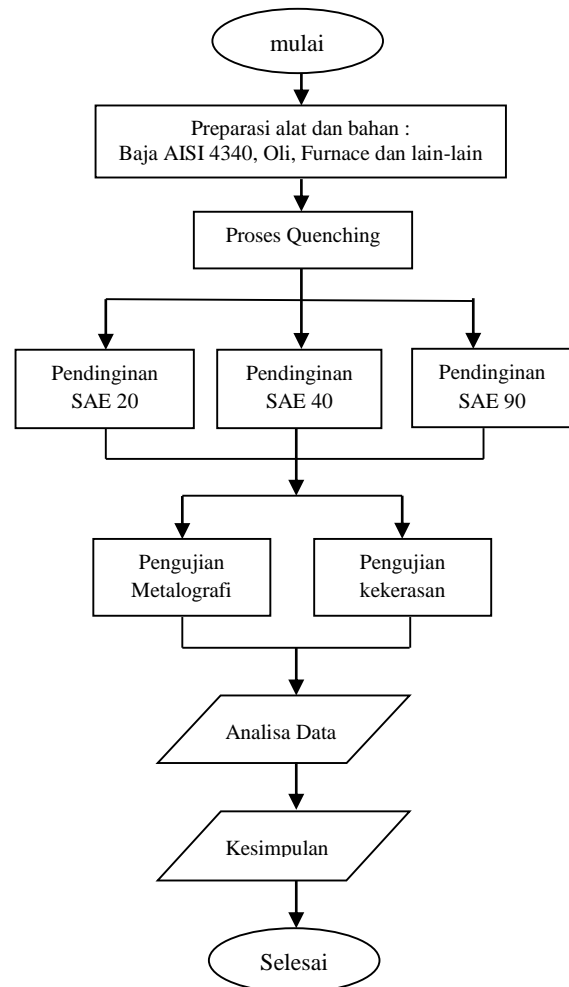
dari baja AISI 4340 ini dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 1.1 Komposisi Kimia Baja AISI

Carbon	0.40%
Silicon	0.25%
Manganese	0.70%
Nickel	1.85%
Chromium	0.80%
Molybdenum	0.25%
Iron	95.75%

Bahan ini sangat cocok untuk ditingkatkan atau diatur sifat-sifatnya dengan perlakuan panas. Oleh karena itu dalam penelitian ini baja AISI 4340 ini akan di beri perlakuan Quenching untuk mendapatkan kekerasan yang sesuai untuk diterapkan pada berbagai aplikasi semisal connecting rod dll. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh antara sifat fisik oli seperti viskositas terhadap sifat kekerasan baja AISI 4340 setelah mengalami proses *quenching*.

II. METODE PENELITIAN



Gambar 3.1 Diagram Alir Percobaan

Dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang pelaksanaannya mengikuti alur metode penelitian seperti pada diagram alir diatas. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah AISI 4340 yang merupakan baja karbon menengah paduan rendah (low alloy Medium carbon steel).

Dalam persiapan preparasi spesimen, specimen terlebih dahulu dipotong menjadi 3 bagian menggunakan gergaji otomatis. Gambar pemotongan dengan gergaji otomatis dapat dilihat pada gambar 2.1. Setelah pemotongan AISI 4340 memiliki dimensi diameter 30 mm dan tebal 10 mm. Setelah selesai dilakukan pemotongan dengan menggunakan gergaji otomatis material dikikir dan diampelas untuk memperhalus permukaannya.



Gambar 2.1 Proses pemotongan spesimen

Sebelum dilakukan proses *quenching*, material baja AISI 4340 dilakukan proses *normalizing* untuk mengembalikan sifat mekaniknya seperti semula. Hal ini dilakukan karena tidak diketahuinya perlakuan apa saja yang diterima oleh baja AISI 4340 sebelumnya. Proses ini dilakukan dengan memanaskan baja AISI 4340 didalam furnace dengan temperatur 850° C lalu ditahan selama satu jam. Setelah satu jam Baja AISI 4340 didinginkan dengan cara di biarkan didalam tungku/furnace dengan kondisi pintu tungku/furnace yang terbuka. Proses *Normalizing* dapat dilihat pada gambar 2.2. Setelah mencapai temperature ruangan Baja AISI 4340 diuji metalografi untuk melihat struktur mikro awal dan diuji kekerasan dengan metode *Brinell Hardness Test* untuk mengetahui kekerasan awal.



Gambar 2.2 Proses perlakuan *Normalizing* dengan specimen didinginkan di udara bebas.

Proses *Quenching*

Proses *quenching* terdiri dari 2 (dua) tahap, yaitu proses pemanasan dan proses pendinginan. Proses pemanasan pada specimen baja AISI 4340 ini menggunakan dapur furnace dengan temperatur 850°C serta waktu tahan satu jam. Setelah ditahan selama satu jam masuk ke proses pendinginan/pencelupan (*quenching*) dengan media cairan dari oli yang viskositasnya berbeda yaitu menggunakan oli SAE 20, SAE 40, SAE 90. Dari proses *quenching* ini akan didapatkan 3 jenis perlakuan *quenching* pada specimen uji, yaitu : specimen dengan media *quenching* oli dengan viskositas standar SAE 20, specimen dengan media *quenching* oli dengan viskositas standar SAE 40, dan specimen dengan media *quenching* oli dengan viskositas standar SAE 90. Proses *Quenching* dapat dilihat pada gambar 2.3.



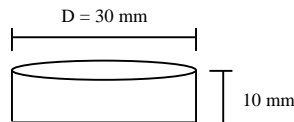
Gambar 2.3 Proses *Quenching* menggunakan 3 jenis oli yaitu SAE 20, SAE 40 dan SAE 90.

Pengamatan Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan dengan mengamati daerah baja yang telah mengalami proses *quenching* pada arah transversal dengan melakukan foto mikro. Pengamatan dilakukan dengan mikroskop yang telah disambungkan dengan computer sehingga hasil dapat langsung diamati melalui computer. Pengamatan dilakukan dengan pembesaran 500x agar terlihat jelas struktur mikro dari specimen uji. Untuk mengetahui bentuk struktur mikro dilakukan dengan mengambil penampang permukaan specimen untuk dipoles dan dietsa dengan larutan *Nital* sesuai dengan ASTM E-407 *Standard Practice for Microetching Metals and Alloys* yaitu campuran 100ml Methanol + 5ml HNO₃ untuk mengetahui *general structure* yang ada di dalam mikrostruktur specimen.

Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode *Brinell Hardness Test* dengan beban 150 kg dengan lama waktu indentasi 10 detik untuk mengetahui kekerasan hasil *quenching*. Setiap specimen diambil tiga titik untuk diuji kekerasannya, kemudian diambil nilai rata-rata kekerasannya pada setiap specimen untuk mendapatkan nilai kekerasan spesimennya.

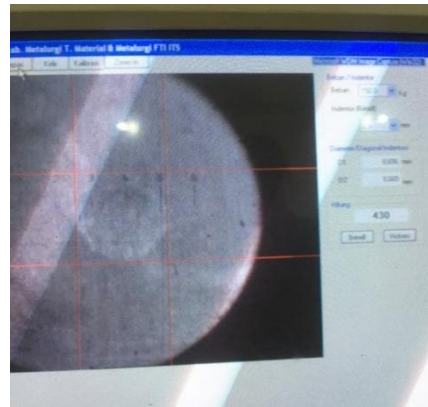


Gambar 2.4 Ukuran specimen uji

Untuk ukuran specimen dapat dilihat pada gambar 2.4. Sedangkan gambar pengujian kekerasam dan hasilnya dapat dilihat pada gambar 2.5 dan gambar 2.6.



Gambar 2.4 Pengujian kekerasan dengan menggunakan indentor Brinell dengan lama waktu indentasi 10 detik.



Gambar 2.5 Hasil pengujian kekerasan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN Struktur Mikro

Struktur mikro baja AISI 4340 sebelum di *quenching* dapat dilihat pada gambar 3.2. Dengan pembesaran mikroskop 500x dari gambar menunjukkan struktur baja AISI 4340 yang belum mengalami proses *quenching* dapat diketahui terdiri dari ferit dan perlit dengan struktur ferit berwarna putih sedangkan struktur perlit berwarna hitam. Struktur perlit terdiri atas Fe dan Fe₃C.

Setelah mengalami *quenching*, terjadi perubahan struktur mikro yang dapat dilihat pada gambar 3.3 untuk *quenching* pada media oli SAE 20. Pada media oli SAE 20, struktur mikro berupa martensit dengan butir yang paling halus bila dibandingkan dengan media oli SAE 40 dan SAE 90. Selain itu, pendinginan

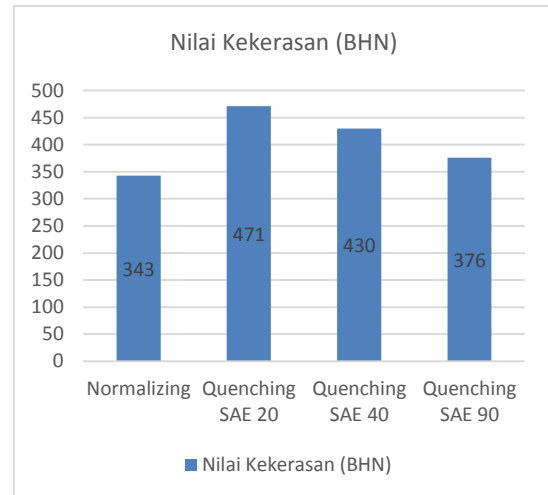
yang cepat menyebabkan butiran lebih kecil karena setiap sel tidak sempat lagi membentuk kelompok satuan yang lebih besar dan struktur butir yang halus memiliki sifat yang lebih keras dibanding butir yang kasar. Untuk gambar struktur mikro baja AISI 4340 yang *quenched*, dapat dilihat pada gambar 3.4 dan 3.5.

Struktur mikro pada proses *quenching* tidak sepenuhnya berubah menjadi martensit tetapi masih terdapat austenite sisa yaitu struktur austenite yang belum sepenuhnya dapat berubah menjadi martensit. Laju pendinginan SAE 20 yang memiliki viskositas paling rendah membuat struktur martensit lebih mudah terbentuk dan strukturnya lebih halus dibanding dengan oli SAE 40 dan SAE 90 yang memiliki nilai viskositas lebih tinggi. Viskositas yang rendah menyebabkan perpindahan panas lebih cepat sehingga laju pendinginan pun lebih cepat. Perubahan struktur mikronya dari ferit dan perlit menjadi martensit mengakibatkan logam baja menjadi sangat keras dan getas.

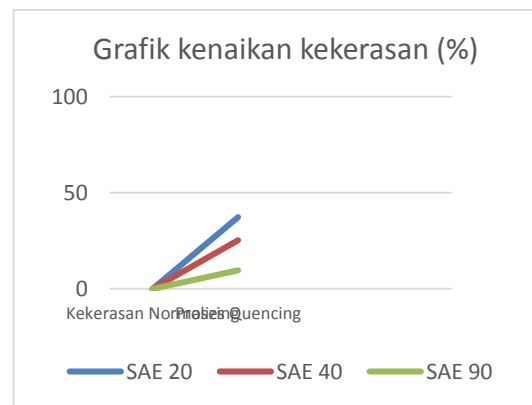
Kekerasan

Hasil uji kekerasan memperlihatkan bahwa terdapat peningkatan nilai kekerasan yang cukup signifikan antara material yang tidak mengalami proses *quenching* (raw material) dengan material yang telah diberi perlakuan *quenching*. Perlakuan *quenching* pada material AISI 4340 menunjukkan kenaikan kekerasan.

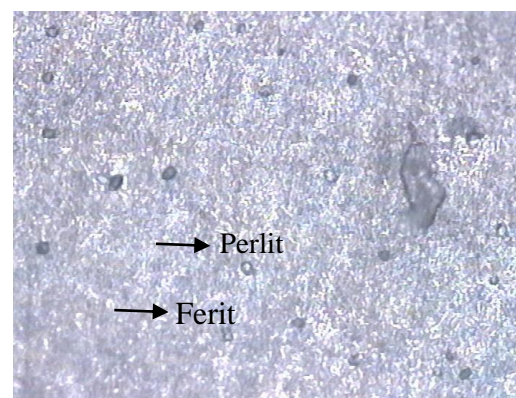
Pengujian kekerasan setelah diberi perlakuan *Normalizing* didapatkan kekerasan sebesar 343 BHN dengan beban indentasi sebesar 150kg dengan lama indentasi selama 10 detik. Setelah diberi perlakuan panas berupa *quenching* kekerasan tertinggi terjadi pada proses *quenching* dengan media oli SAE 20 yang mencapai 471 BHN yaitu kenaikan kekerasan sebesar 37.3% , sedangkan peningkatan kekerasan *quenching* pada media oli SAE 40 sebesar 430 BHN dengan kenaikan kekerasan 25.3%. *Quenching* dengan media oli SAE 90 mengalami peningkatan kekerasan yang paling sedikit yaitu 376 BHN dengan kenaikan kekerasan yaitu 9.62%.



Gambar 3.1 Nilai Kekerasan (BHN) pada Specimen Uji



Gambar 3.2 Grafik kenaikan kekerasan Baja AISI 4340



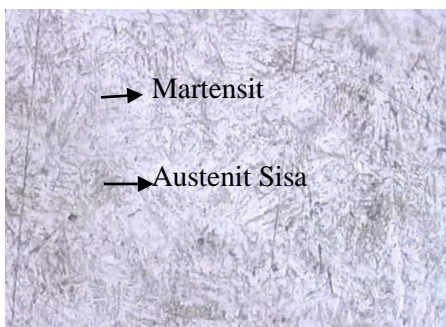
Gambar 3.2 Struktur mikro Baja AISI 4340 *Normalizing* dengan perbesaran 500x

Tabel 3.1 Nilai kekerasan (BHN)

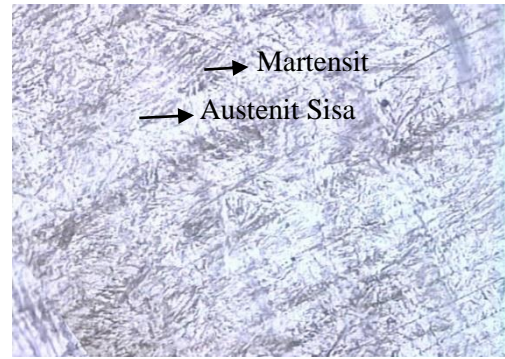
Jenis Spesimen	Nilai Kekerasan (BHN)
Normalizing	343
Quench SAE 20	471
Quench SAE 40	430
Quench SAE 90	376



Gambar 3.3 Strukturmikro Baja AISI 4340 Quenching SAE 20 dengan perbesaran 500x



Gambar 3.4 Strukturmikro Baja AISI 4340 Quenching SAE 40 dengan perbesaran 500x



Gambar 3.5 Strukturmikro Baja AISI 4340 Quenching SAE 90 dengan perbesaran 500x

IV. KESIMPULAN

Dari data-data dan hasil pembahasan penelitian maka dapat disimpulkan :

1. Proses *quenching* dapat meningkatkan nilai kekerasan material. Media pendingin pada proses *quenching* dapat mempengaruhi nilai kekerasan material baja yang diuji.
2. Perbedaan viskositas oli sebagai media pendingin *quenching* dapat mempengaruhi nilai kekerasan material uji. Hal ini terjadi akibat terjadinya perubahan struktur mikro pada logam yang mengalami *quenching*. Nilai kekerasan tertinggi pada material AISI 4340 terjadi ketika proses *quenching* menggunakan oli SAE 20.
3. Proses *quenching* dengan laju pendinginan lebih cepat mengakibatkan strukturmikro berupa martensit lebih cepat terbentuk.
4. Perbedaan viskositas oli sebagai media pendingin *quenching* dapat mempengaruhi ukuran butir dari struktur mikro material uji. Hal ini terjadi akibat terjadinya pendinginan yang lebih cepat pada logam yang mengalami *quenching*. Ukuran butir paling halus pada material AISI 4340 terjadi ketika proses *quenching* menggunakan oli SAE 20.

Daftar Pustaka

- Asfarizal, dkk, 2012, *Analisis Kekerasan Perlakuan Panas Baja Pegas Dengan Pendinginan Sstem Pancaran Pada Tekanan 20, 40, 60 Psi*, Institut Teknologi Padang
- ASTM E-407-07 Standard Practice for Microetching Metals and Alloys
- Bates, C.E., Totten, G.E., 1992, *Application of Quench Factor Analysis To Predict*

- Hardness Under Laboratory and Production Conditions*, The First International Conference on Quenching & Control Distortion, Chicago, Illionis.
- Chaves, J.C., 2001, *The Effect of Surface Condition and High Temperature Oxidation on Quenching Performance of 4140 Steel in Mineral Oil*, in *Manufacturing Engineering*, Worcester Polytechnic Institute.
- Fariadhie, Jeni. 2012. *Pengaruh Temper dengan Quenching Media Pendingin Oli Mesran SAE 40 terhadap kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Baja ST 60*. Jurnal Politeknosains. Vol. 9. No.1. pp 1-14.
- Gurumurthy, B.M, 2015, *Characteristics Evaluation of Normalized and Conventionally Hardened AISI 4340 Steel*. International Conference on Automotive, Mechanical and Materials Engineering.
- Kirono, Sasi, 2011, *Analisa Pengaruh Temperatur Pada Proses Tempering Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Baja AISI 4340*, Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Mizhar, 2011, *Pengaruh Perbedaan Kondisi Tempering Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Dari Baja AISI 4140*, Institut Teknologi Medan
- Yunaidi, 2015, *Pengaruh Viskositas Oli Sebagai Cairan Pendingin Terhadap Sifat Mekanis Pada Proses Quenching Baja ST 60*, Politeknik LPP Yogyakarta.