

PENGARUH VISKOSITAS OLI SEBAGAI CAIRAN PENDINGIN TERHADAP SIFAT MEKANIS PADA PROSES *QUENCHING* BAJA ST 60

Yunaidi¹⁾, Saptyaji Harnowo²⁾

^{1), 2)} Program Studi Teknik Mesin Politeknik LPP, Yogyakarta, Indonesia
E-Mail : jai_lpp@yahoo.com, yunaidi@politeknik-lpp.ac.id

ABSTRACT

Quenching is one of the heat treatment process that are quite important and widely applied in manufacturing processes in the metal industry . Quenching can improve the mechanical properties of the steel , but on the other hand will cause internal stress that changes in the shape and size so that it can lead to the presence of cracks. Important factors that influence in the quenching process are, the design of the equipment , type of coolant media, coolant concentration, bath temperature, and movement of cooling rate. This study aims to determine the effect of oil viscosity on the mechanical properties of the material as indicated by the hardness test and tensile test on medium carbon steel St 60 that has undergone a process of quenching . Quenching process consists of heating and rapid cooling. Heating process using a blander, while the cooling process using a liquid oil with different levels of viscosity and cooling with water media as a comparison. Research shows that the difference in the viscosity of the oil in the quenching process can affect the value of the test material hardness. The lower the oil viscosity, hardness value tends to increase the quenching results. Quenching process can increase the tensile strength and yield stress test of the material. Quenching process resulting material becomes brittle fracture characterized by the results during the testing process showed brittle fracture. Quenching process changes material becomes brittle, its characterized by the results during the testing process showed brittle fracture, this is due to changes in the microstructure of ferrite and pearlite structure becomes martensite structure that hard and brittle.

Key words: heat treatment, medium carbon steel, quenching, oil viscosity

PENDAHULUAN

Proses perlakuan panas (*heat treatment*) pada baja telah ada sejak jaman sebelum Masehi. Proses ini bertujuan untuk mendapatkan beragam sifat mekanik yang dibutuhkan dengan mengatur parameter yang terjadi selama proses perlakuan panas.

Penyepuhan (*quenching*) merupakan salah satu proses perlakuan panas yang cukup penting dan banyak dilakukan dalam proses manufaktur di industri logam. Totten (1997), menjelaskan bahwa *quenching* dapat memperbaiki sifat mekanik baja, tetapi di sisi lain akan menimbulkan tegangan dalam

(*internal stress*) yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan bentuk dan ukuran sehingga bisa mengakibatkan adanya retakan (*cracks*).

Proses perlakuan panas dapat didefinisikan sebagai suatu proses kombinasi pengaturan pemanasan dan pendinginan pada suatu logam dalam kondisi padat (*solid state*) yang bertujuan untuk mendapatkan sifat-sifat yang spesifik (Houghton, 2000). Akibat proses perlakuan panas ini maka akan terjadi perubahan mikrostruktur pada logam.

Quenching pada baja merupakan salah satu dari beberapa proses perlakuan panas 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). Setelah mengalami proses *quenching*, biasanya baja martensit diberi perlakuan panas yang lain, yaitu temper untuk mendapatkan kombinasi sifat yang optimal antara kekuatan, ketangguhan dan kekerasan. Pada baja-baja jenis tertentu, terdapat titik-titik laju pendinginan kritis yang dapat menghasilkan kekerasan maksimal dari transformasi struktur austenit pada suhu tinggi menjadi struktur martensit tanpa terjadi pembentukan struktur perlit atau bainit (Houghton, 2000).

Pada saat baja dipanaskan, maka akan terjadi penyerapan energi panas yang kemudian energi tersebut akan dikeluarkan oleh cairan pendingin pada saat proses pencelupan. Memahami mekanisme pencelupan dan faktor-faktor yang mempengaruhi proses pencelupan adalah hal yang sangat penting, karena faktor-faktor tersebut mempunyai pengaruh yang cukup besar dalam menentukan cairan pendingin dan sifat mekanik hasil akhir proses *quenching*.

Secara umum proses perlakuan panas dapat merubah kekerasan, ketangguhan, dan ketahanan korosi suatu logam. *Quenching* dapat mempengaruhi tingkat kekerasan, tegangan sisa, dan distorsi pada baja. 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.

Faktor-faktor penting dalam proses *quenching* antara lain, disain peralatan, media pendingin, konsentrasi pendingin, temperatur bak, dan laju gerakan pendinginan. Masing-

masing faktor tersebut dapat mempengaruhi sifat akhir dari bahan logam sehingga harus diatur selama proses pendinginan berlangsung. 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).

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. Pendinginan dengan air lebih cepat dibandingkan dengan oli, sehingga kemungkinan terjadinya retak lebih besar, oleh karena itu oli lebih banyak digunakan sebagai media pendingin. Kemampuan pendinginan oli berbeda-beda, oleh karena itu diperlukan penggolongan tentang sifat fisik dan kimia dari oli yang dapat mempengaruhi hasil akhir proses *quenching*.

Penggunaan media oli/minyak sebagai pendingin terdiri dari oli/minyak mineral dan oli/minyak tumbuhan. Biasanya oli/minyak tersebut sudah ditambah dengan zat aditif. Penggunaan oli/minyak mineral maupun tumbuhan sebagai cairan pendingin dalam proses *quenching* menunjukkan bahwa kedua minyak tersebut menunjukkan hasil akhir yang relatif sama (Totten, 1993).

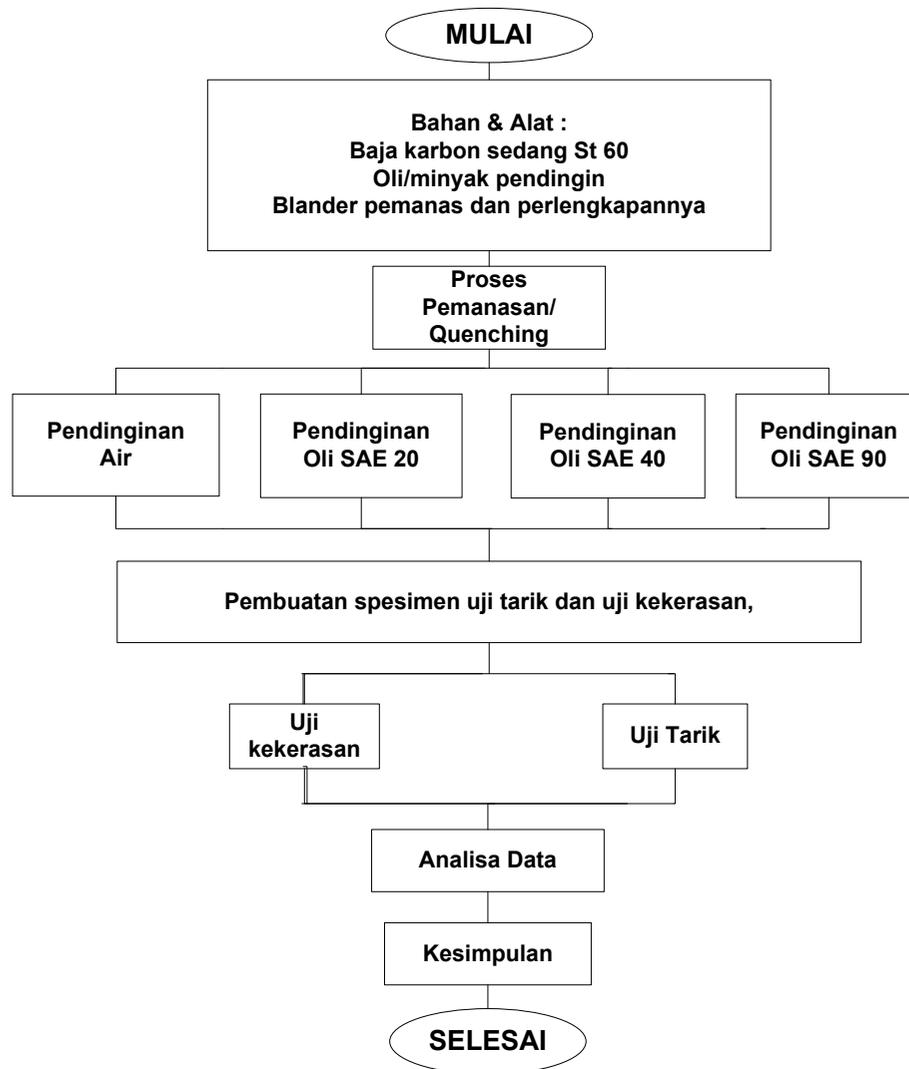
Oli/minyak mempunyai kelebihan diantaranya dapat digunakan pada berbagai temperatur secara efektif. Secara umum, oli/minyak mempunyai laju pendinginan yang lebih lambat dibandingkan dengan air atau air garam. Oleh karena itu, media pendingin ini dapat memberikan hasil *quenching* dengan distorsi dan retak yang lebih kecil. Oli mempunyai titik nyala yang beragam antara 130°- 290°C. Dalam aplikasinya temperatur bak pendingin biasanya

antara 75°-110°C di bawah titik nyalanya untuk menghindari kemungkinan oli terbakar.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara sifat fisik oli seperti viskositas

terhadap sifat mekanik baja (kekuatan tarik dan kekerasan) setelah mengalami proses *quenching*.

METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang pelaksanaannya mengikuti alur/metode penelitian seperti pada diagram alir di atas. Sebelum dilakukan proses *quenching*, material baja St 60 diuji dulu untuk memastikan bahwa material tersebut sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Berdasarkan pengujian spektrometri didapatkan hasil data komposisi kimia material uji sebagai berikut:

Tabel 1. Komposisi kimia material

UNSUR	St. 60 (standar)	St. 60 (hasil uji)
C	0.4	0.4427
Mn	-	0.6874
Si	-	0.2479
Cr	-	0.1195
Ni	-	0.0313
Mo	-	0.0224
S	<=0.05	0.0088
P	<=0.05	0.0108
Fe	sisanya	98.36

Berdasarkan hasil uji komposisi kimia dengan spektrometri menunjukkan bahwa hasilnya mendekati dengan standar material baja St 60 menurut standar JIS dan ASME, sehingga dapat disimpulkan bahwa material yang akan diuji tersebut sudah sesuai dengan yang diharapkan.

Proses *Quenching*

Proses *quenching* terdiri dari 2 (dua) tahap, yaitu proses pemanasan dan proses pendinginan. Proses pemanasan pada spesimen/logam baja menggunakan mesin blander dan proses pendinginan/pencelupan (*quenching*) dengan perlakuan yang berbeda-beda, yaitu menggunakan media cairan dari air dan oli. Dari proses *quenching* ini akan didapatkan 4 jenis perlakuan *quenching* pada spesimen uji, yaitu : spesimen dengan media *quenching* air, spesimen dengan media *quenching* oli dengan viskositas standar SAE 20, spesimen dengan media *quenching* oli dengan viskositas standar SAE 40, dan spesimen dengan media *quenching* oli dengan viskositas standar SAE 90

Pengamatan Struktur Mikro

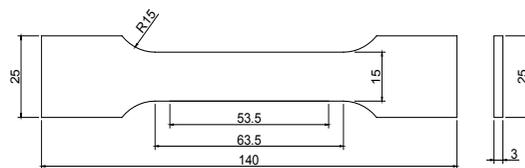
Pengujian struktur mikro dilakukan dengan mengamati daerah baja yang telah mengalami proses *quenching* pada arah transversal dengan melakukan foto mikro. Untuk mengetahui bentuk struktur mikro dilakukan dengan mengambil penampang permukaan spesimen untuk dipoles dan dietsa dengan larutan *Hydrofluoric Acid* (HF).

Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode *Rockwell C* dengan beban 150 kg untuk mengetahui kekerasan hasil *quenching*. Setiap spesimen diambil tiga titik untuk diuji kekerasannya, kemudian diambil nilai rata-rata kekerasannya pada setiap spesimen untuk mendapatkan nilai kekerasan spesimennya.

Pengujian Tarik

Proses pengujian tarik dilakukan pada spesimen yang dibuat sesuai dengan standar JIS Z2201 no. 6 (JIS, 1973). Pengujian tarik dilakukan setelah spesimen diberi perlakuan *quenching*. Pengujian dilakukan untuk melihat perbandingan antara kekuatan tarik dari material dasar dan material setelah mengalami *quenching* sehingga dapat mengetahui sifat mekanis dari benda uji yaitu kekuatan tarik (*tensile strength*), kekuatan luluh (*yield strength*) dan perpanjangan (*elongation*).



Gambar 2. Spesimen uji tarik Standar JIS Z2201 no. 6.

HASIL DAN PEMBAHASAN

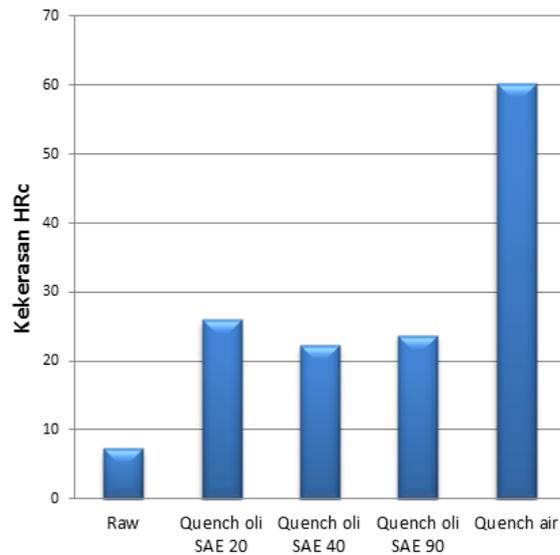
Struktur Mikro

Struktur mikro baja St 60 sebelum dan sesudah mengalami proses *quenching* dapat dilihat pada gambar 4 di bawah. Dari gambar menunjukkan struktur baja St 60 yang belum mengalami proses *quenching* terdiri dari ferit dan perlit. Setelah mengalami *quenching*, terjadi perubahan struktur mikro. Pada media oli SAE 20, struktur mikro berupa ferit dan perlit dengan butir yang paling halus bila dibandingkan dengan media oli SAE 40 dan SAE 90. Sedangkan pada media dengan air, struktur mikronya berubah menjadi martensit sehingga 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 St 60 menunjukkan kenaikan kekerasan

tertinggi terjadi pada proses *quenching* dengan media air yang mencapai 60 HRc, sedangkan peningkatan kekerasan quenching pada media oli tidak sebesar pada media quenching dengan air. *Quenching* dengan media oli SAE 40 mengalami peningkatan kekerasan yang paling sedikit yaitu 24 HRc.



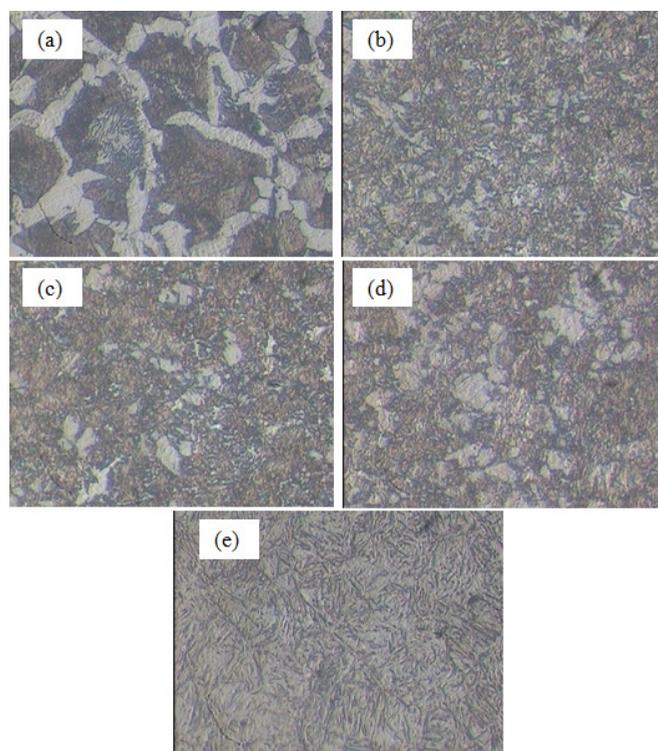
Gambar 3. Nilai kekerasan Rockwell C pada spesimen uji

Tabel 2. Nilai kekerasan Rockwell C

Material	St 60
Raw	7
Quench oli SAE 20	26
Quench oli SAE 40	22
Quench oli SAE 90	24
Quench air	60

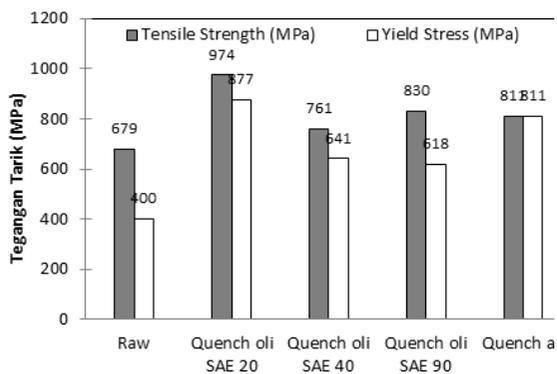
Kekuatan Tarik

Hasil pengujian tarik pada umumnya adalah parameter kekuatan tarik (*ultimate tensile strength*), tegangan atau kekuatan luluh (*yield strength*), keuletan atau regangan, serta bentuk penampang patahannya. Kekuatan tarik dan tegangan luluh pada material St 60 dapat dilihat pada gambar 5.2 di bawah ini. Secara umum pada proses *quenching* material St 60 akan meningkatkan kekuatannya. Dari gambar 5 terlihat jelas bahwa viskositas cairan oli media pendingin sangat mempengaruhi nilai kekuatan tarik dan tegangan luluhnya.



Gambar 4. Struktur mikro baja St 60 : (a) raw material, (b) quenching oli SAE 20, (c) quenching oli SAE 40, (d) quenching oli SAE 90, (e) quenching air

Nilai kekuatan tarik maksimal (σ_{max}) tertinggi material St 60 terjadi pada spesimen dengan perlakuan *quenching* oli SAE 20 yaitu 974 MPa, sehingga terjadi peningkatan kekuatan tarik sebesar 44% bila dibandingkan dengan kekuatan *raw material* (tanpa proses *quenching*). Sedangkan kenaikan kekuatan tarik terendah terjadi pada spesimen dengan *quenching* pada oli SAE 40 yaitu sebesar 12%.



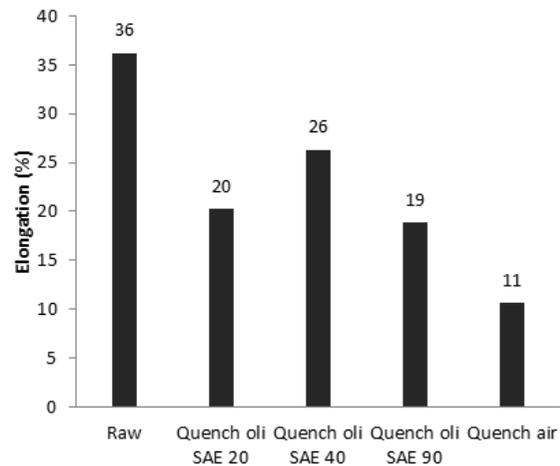
Gambar 5. Diagram perbandingan uji tarik material St 60.

Dari gambar grafik 5 juga terlihat bahwa proses *quenching* membuat bahan menjadi getas, karena nilai kekuatan tarik dan tegangan luluh material mempunyai selisih yang lebih sedikit, bahkan khusus pada media *quenching* air, nilai kekuatan tarik dan tegangan luluh besarnya sama.

Tabel 3. Kekuatan tarik dan tegangan luluh

	Tensile Strength (MPa)	Prosentase peningkatan	Yield Stress (MPa)	Prosentase peningkatan
Raw	679	0%	400	0%
Quench oli SAE 20	974	44%	877	119%
Quench oli SAE 40	761	12%	641	60%
Quench oli SAE 90	830	22%	618	54%
Quench air	811	20%	811	103%

Keuletan spesimen uji atau yang sering dinyatakan dengan % *elongation* atau % perpanjangan setiap spesimen terlihat pada Gambar 6. Persen perpanjangan spesimen St 60 setelah mengalami proses *quenching* cenderung berkurang karena *quenching* akan membuat material menjadi lebih getas dan keras.



Gambar 6. Diagram perbandingan % *elongation*

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 St 60 terjadi ketika proses *quenching* menggunakan media air.
3. Proses *quenching* dapat meningkatkan kekuatan tarik dan tegangan luluh material uji. Proses *quenching* mengakibatkan material menjadi getas yang ditandai dengan hasil patahan selama proses pengujian yang menunjukkan patah getas.
4. Pada material St 60 kekuatan tarik tertinggi terjadi pada spesimen dengan *quenching* oli SAE 20, sedangkan % *elongation* terbesar

terjadi pada spesimen dengan *quenching* oli SAE 40.

REFERENSI

- 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.
- Houghton, 2000, *Houghton On Quenching*, Houghton International, Inc.
- JIS, 1973," *Ferrous Metal* ", Japanese International Standar.
- Totten, G.E., Bates, C.E., Clinton, N.A., 1993, *Handbook of Quenchants and Quenching Technology*, ASM International, p 62, 140-144.
- Totten, G.E., Howes, Maurice A.H., 1997, *Steel Heat Treatment Handbook*, Marcel Dekker, Inc.