

PENGARUH MEDIA PENDINGIN MINYAK PELUMAS SAE 40 PADA PROSES *QUENCHING* DAN *TEMPERING* TERHADAP KETANGGUHAN BAJA KARBON RENDAH

Bahtiar, Muh. Iqbal dan Supramono

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tadulako

Jl. Soekarno-Hatta km. 9 Palu Sulawesi Tengah

Email: bahtiaruntad@yahoo.com

Abstract: The Effect of Lubricating Oil SAE 40 As Cooling Media of Quenching and Tempering Processes on Strength of Low Carbon Steel. This study was conducted to determine the effect of lubricating oil SAE 40 as cooling media of quenching and tempering process on the mechanical properties of low carbon steel. Quenching process is done for 7 min, 1 and 2 hours holding times at 925 °C. Furthermore, tempering process consumes 14 minutes, 1 and and 2 hours holding times at 450 °C. The raw material for the steel specimen is ST 42. Charpy impact test using a method based on ASTM standards E23-02. The results of impact testing the highest impact toughness values obtained for the heat treatment process then quenching is 2033 KJ / m², at 925°C with a heating holding time 7 minutes, the lowest value is 523 KJ / m². The results of testing the highest impact toughness values obtained for the heat treatment process then quenching and given treatment at a temperature of 450 °C tempering at 2607 KJ / m², at 925°C with a heating holding time 7 minutes and tempering holding time of 14 minutes, the lowest value is 776 KJ / m², at 925°C with a heating holding time 2 hours minutes and tempering holding time is 2 hours.

Keywords: quenching, tempering, cooling media, lubricating oil & strength

Abstrak: Pengaruh Media Pendingin Minyak Pelumas SAE 40 Pada Proses Quenching dan Tempering Terhadap Ketangguhan Baja Karbon Rendah. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh media pendingin minyak pelumas SAE 40 pada proses *quenching* dan *tempering* terhadap sifat mekanis baja karbon rendah. Proses *quenching* dilakukan dengan *holding time* 7 menit, 1 jam dan 2 jam dengan pada temperatur 925°C. Selanjutnya dilanjutkan proses *tempering* dengan *holding time* 14 menit, 1 jam dan 2 jam pada pada temperatur 450°C. Bahan baku untuk spesimen adalah baja ST 42. Pengujian impak menggunakan metode *charpy* mengacu pada standar ASTM E23-02. Hasil pengujian impak didapatkan nilai ketangguhan tertinggi untuk proses perlakuan panas kemudian diquenching sebesar 2033 KJ/m², pada temperatur pemanasan 925°C dengan holding time 7 menit, nilai terendah sebesar 523 KJ/m². Hasil pengujian impak didapatkan nilai ketangguhan tertinggi untuk proses perlakuan panas kemudian diquenching dan diberikan perlakuan tempering dengan suhu 450°C sebesar 2607 KJ/m², pada temperatur pemanasan 925°C dengan holding time 7 menit dan waktu tahan tempering 14 menit, nilai terendah sebesar 776 KJ/m², pada temperatur pemanasan 925°C dengan holding time 2 jam menit dan waktu tahan tempering 2 jam.

Kata kunci: quenching, tempering, media pendingin, pelumas, ketangguhan

PENDAHULUAN

Penggunaan baja sebagai material konstruksi dan bahan baku produk masih menempati posisi teratas yaitu sebesar 70%. Salah satu dari jenis baja yang banyak dijumpai dipasaran adalah baja karbon. Baja karbon digunakan untuk membuat alat-alat perkakas, alat-alat pertanian, komponen-

komponen otomotif dan kebutuhan rumah tangga.

Logam yang terkena pengaruh gaya luar berupa tegangan gesek akan menimbulkan deformasi atau perubahan bentuk, salah satu cara untuk menjaga agar logam lebih tahan gesekan atau tekanan adalah dengan Proses perlakuan panas. Proses ini meliputi

pemanasan baja pada suhu tertentu, dipertahankan pada waktu tertentu dan didinginkan pada media tertentu pula. Perlakuan panas mempunyai tujuan untuk meningkatkan keuletan, menghilangkan tegangan internal, menghaluskan butir kristal, meningkatkan kekerasan, tegangan tarik logam dan sebagainya, tujuan ini akan tercapai seperti apa yang diinginkan jika memperhatikan faktor yang mempengaruhinya, seperti suhu pemanasan dan media pendingin yang digunakan (Wibowo, 2006).

Salah satu proses perlakuan panas pada baja adalah pengerasan (*hardening*), yaitu proses pemanasan baja sampai suhu di daerah atau diatas daerah kritis disusul dengan pendinginan yang cepat dinamakan *quenching* (Amstead, 1979).

Proses *annealing* adalah proses perlakuan panas dimana bahan mengalami pemanasan disusul dengan pendinginan secara pelan-pelan pula (Van Vlack, 1983). Proses *annealing* terbagi atas dua macam yakni: *annealing* isothermal dan *annealing* isokronal. *Annealing* isothermal jika *annealing* dilakukan pada temperatur yang sama sedangkan waktunya berubah-ubah. *Annealing* isokronal adalah *annealing* yang dilakukan pada temperatur yang berubah-ubah tapi waktunya tetap (Estiyono, 2009).

Proses *quenching* adalah proses perlakuan panas dimana baja mengalami pemanasan secara perlahan disusul dengan pendinginan secara cepat, seperti pada *annealing*, ada dua macam *quenching*, yakni: *quenching* isothermal dan *quenching* isokronal. *Quenching* isothermal jika *quenching* dilakukan pada temperatur yang sama sedangkan waktunya berubah-ubah. *Quenching* isokronal adalah *quenching* yang dilakukan pada temperatur yang berubah-ubah tapi waktunya tetap (Van Vlack, 1983).

Perlakuan untuk menghilangkan tegangan dalam dan menguatkan baja dari

kerapuhan disebut dengan memudahkan (*tempering*). *Tempering* didefinisikan sebagai proses pemanasan logam setelah dikeraskan pada temperatur *tempering* (dibawah suhu kritis), yang dilanjutkan dengan proses pendinginan (Koswara, 1991)

Penggunaan pelumas sebagai media pendingin akan menyebabkan timbulnya selaput karbon pada spesimen tergantung dari besarnya viskositas pelumas. Atas dasar tujuan untuk memperbaiki sifat baja tersebut, maka peneliti memilih perlakuan panas dengan *quenching* media Oli Mesran SAE 40, dan dilanjutkan pelakuan panas *tempering*. Penelitian ini memanfaatkan baja karbon rendah ST 42 untuk mengetahui sifat mekanik melalui uji kekerasan, uji ketangguhan serta sifat fisis melalui uji mikro struktur.

Perlakuan panas (*heat treatment*) terhadap bahan logam dapat mempengaruhi sifat mekanik dan struktur mikro. Mizhar dan Suherman meneliti tentang baja AISI 4140 (Mizhar dan Suherman, 2011). Pramono (2011) meneliti tentang baja AISI 1045. Kurniawan (2007) meneliti baja karbon AISI 4140H. Asiri dan Amrullah (2010) meneliti tentang analisis hubungan besar butir dengan sifat mekanik baja karbon. Penelitian diatas dengan bahan yang berbeda-beda menunjukkan bahwa baja karbon akan mengalami perubahan sifat mekanik dan struktur butir bila diberikan perlakuan.

Variasi media pendingin berpengaruh pada sifat mekanik dan struktur mikro baja karbon. Kadirman meneliti tentang pengaruh jenis media pendingin terhadap peningkatan nilai kekerasan baja ST40 melalui proses pemanasan (Kardiman, 2009). Penelitian diatas menunjukkan bahwa variasi media pendingin mempengaruhi struktur mikro tang terbentuk.

Holding time berpengaruh pada sifat mekanik dan struktur mikro baja karbon. Miftakhuddin meneliti tentang Pengaruh temper dengan *quenching* media oli Mesran SAE 20w-50w

terhadap karakteristik Medium *carbon steel* (Miftakhuddin, 2006). Penelitian diatas menunjukkan bahwa waktu tahan (*holding time*) berpengaruh pada sifat mekanis dan struktur butir.

Hardening

Proses ini berguna untuk memperbaiki kekerasan dari baja tanpa mengubah komposisi kimia secara keseluruhan. Proses ini mencakup proses pemanasan sampai pada *austenisasi* dan diikuti oleh pendinginan dengan kecepatan tertentu untuk mendapatkan sifat-sifat yang diinginkan. Temperatur yang dipilih tergantung pada jenis baja yang diproses, dimana temperatur pemanasan 50°C-100°C di atas garis eutektoid untuk baja *hypoeutektoid*. Sedangkan proses, pendinginannya bermacam-macam tergantung pada kecepatan pendinginan dan media *quenching* yang dikehendaki (Pramono, 2011). Untuk pendinginan yang cepat akan didapatkan sifat logam yang keras dan getas sedangkan untuk pendinginan yang lambat akan didapatkan sifat yang lunak dan ulet.

Quenching baja *hypoeutektoid* dari temperatur di atas temperatur optimum akan menyebabkan terjadinya *overheating*. *Overheating* dalam *hardening* akan menghasilkan butir *martensit* kasar yang mempunyai kerapuhan yang tinggi. Proses ini sangat dipengaruhi oleh parameter tertentu seperti :

- a. Temperatur pemanasan, yaitu temperatur *austenisasi* yang dikehendaki agar dicapai transformasi yang seragam pada material.
- b. Waktu pemanasan, yaitu lamanya waktu yang diperlukan untuk mencapai temperatur pemanasan tertentu (temperatur *austenisasi*).
- c. Waktu penahanan, yaitu lamanya waktu yang diperlukan agar didapatkan distribusi temperatur yang seragam pada benda kerja. Waktu pemanasan ini merupakan fungsi dari dimensi dan daya hantar panas benda kerja.

Quenching

Pendinginan cepat adalah salah satu perlakuan panas dengan laju pendinginan cepat yang dilakukan didalam suatu media pendingin air garam, air atau oli. Proses *quenching* bertujuan untuk mendapatkan sifat mekanik yang keras. Pada baja karbon rendah atau baja karbon sedang biasanya menggunakan air, sedangkan baja karbon tinggi menggunakan oli.

Quenching merupakan proses perpindahan panas pendinginan dengan sangat cepat dari fasa *austenit* pada umumnya suhu antara 815°C - 870°C untuk material baja. Media pendingin yang biasa digunakan untuk proses *quenching* yaitu air, oli, larutan garam, dan udara. Media pendingin yang digunakan untuk proses *quenching* tergantung dari komposisi kimia baja yang diproses, kekerasan yang ingin dicapai, dan kompleksitas bentuk benda kerja. Jenis baja, ketebalan penampang, dan sifat yang ingin diperoleh dari benda kerja yang diproses menentukan metode atau cara *quenching* (Wibawa, 2013).

Tempering

Perlakuan untuk menghilangkan tegangan dalam dan menguatkan baja dari kerapuhan disebut dengan *tempering*. *Tempering* didefinisikan sebagai proses pemanasan logam (di bawah suhu kritis) setelah dikeraskan yang dilanjutkan dengan proses pendinginan (Koswara, 1991).

Baja yang telah dikeraskan bersifat rapuh dan tidak cocok untuk digunakan, melalui proses *tempering* kekerasan dan kerapuhan dapat diturunkan sampai memenuhi persyaratan penggunaan. Kekerasan turun, kekuatan tarik akan turun pula sedang keuletan dan ketangguhan baja akan meningkat. Proses *tempering* terdiri dari pemanasan kembali dari baja yang telah

dikeraskan pada suhu dibawah suhu kritis, dan disusul dengan pendinginan. Meskipun proses ini menghasilkan baja yang lebih lunak, proses ini berbeda dengan proses anil (*annealing*) karena disini sifat-sifat fisis dapat dikendalikan dengan cermat. Struktur akhir hasil *tempering* baja yang dikeraskan disebut *martensit tempering* (Amstead, 1979).

Holding time

Holding time dilakukan untuk mendapatkan kekerasan maksimum dari suatu bahan pada proses *hardening* dengan menahan pada temperatur pengerasan untuk memperoleh pemanasan yang merata sehingga struktur austenitnya *homogen* atau terjadi kelarutan karbida ke dalam *austenit* dan difusi karbon dan unsur paduannya.

Waktu penahanan sangat berpengaruh pada saat transformasi karena apabila waktu penahanan yang diberikan kurang tepat atau

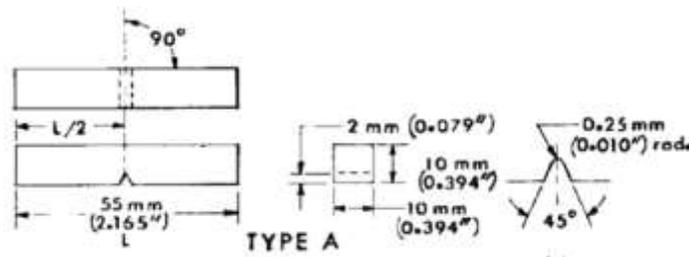
terlalu cepat, maka transformasi yang terjadi tidak sempurna dan tidak homogen. Waktu tahan terlalu pendek akan menghasilkan kekerasan yang rendah hal ini disebabkan tidak cukupnya jumlah karbida yang larut dalam larutan, sedangkan apabila waktu penahanan yang diberikan terlalu lama, transformasi terjadi namun diikuti dengan pertumbuhan butir yang dapat menurunkan ketangguhan (Thelning, 1984). Ketebalan benda uji sangat mempengaruhi pemberian waktu penahanan pada saat proses austenisasi. Secara matematis pemberian waktu penahanan terhadap ketebalan benda uji dapat ditulis pada persamaan 1 berikut (Kraus, 1986):

$$T = 1,4 \times H \dots\dots\dots (1)$$

dengan :

T = waktu penahanan (menit)

H = tebal benda kerja (mm)



Gambar 1. Spesimen pengujian *impact charpy* (ASTM E23-02)

Pengujian Ketangguhan

Ketangguhan adalah ketahanan bahan terhadap beban tumbukan atau kejutan. Ketangguhan juga dapat diartikan jumlah energi yang diserap bahansampai terjadi perpatahan.

Pengujian *impact* adalah pengujian yang berdasarkan pada prinsip hukum kekekalan energi, yang menyatakan bahwa jumlah energy mekanik selalu konstan. Maksud utama dari pengujian *impact* adalah untuk mengukur kegetasan atau keuletan bahan

terhadap beban kejut dengan cara mengukur energi potensial sebuah palu godam yang dijatuhkan pada ketinggian tertentu. Pengujian *impact* merupakan pengujian dengan menggunakan beban sentakan tiba-tiba. Metode yang sering digunakan adalah metode *Charpy* dengan menggunakan alat uji *Impact Charpy*. Gambar 1 menunjukkan spesimen pengujian *impact* dengan menggunakan standar pengujian ASTM E23-02

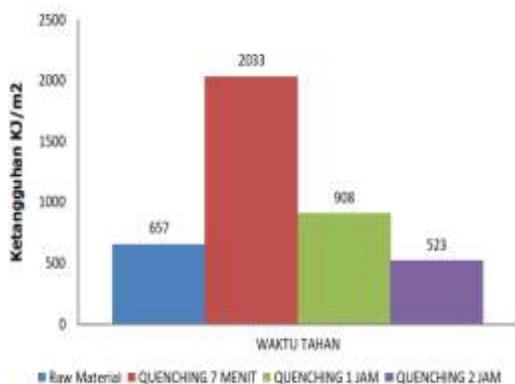
METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan Oli Mesran SAE 40 produksi PT. Pertamina sebagai media pendingin yang digunakan untuk menurunkan temperatur baja ST42 pada proses *quenching* yang dipanaskan pada temperatur 925°C. *Quenching* yang dilakukan dalam penelitian ini yakni *quenching* isothermal yang dilakukan pada temperatur konstan 925°C dengan waktu tahan (*holding time*) 7 menit, 1 jam dan 2 jam, kemudian dilanjutkan proses *tempering* 450°C. Waktu tahan 14 menit, 1 jam dan 2 jam. *Tempering* yang dipakai pada suhu sedang bertujuan untuk menambah keuletan dan kekerasannya sedikit berkurang. Oli Mesran SAE 40 merupakan pelumas produksi PT. Pertamina dengan nilai viskositas 40 pada temperatur 100°C.

HASIL DAN DISKUSI

Hasil Perlakuan panas – *Quenching*

Spesimen pengujian yang telah dipanaskan hingga temperatur 925°C ditahan selama 7 menit, 1 dan 2 jam kemudian di *quenching* dengan menggunakan oli mesran SAE 40. Spesimen tersebut kemudian diuji dampak dan menghasilkan data sesuai dengan gambar 2:



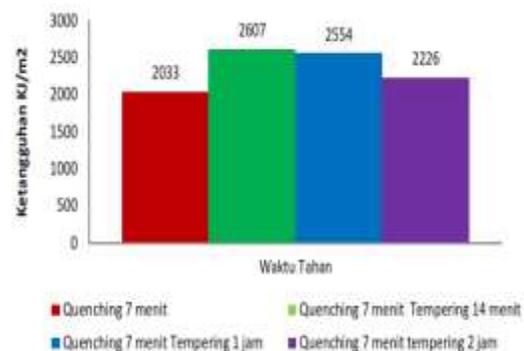
Gambar 2. Hasil pengujian dampak untuk spesimen yang mengalami perlakuan panas dan *quenching* media pendingin oli mesran 40

Didapatkan nilai ketangguhan rata-rata sebesar 2033 KJ/m² dan 908 KJ/ m² pada *holding time* 7 menit dan 1 jam, yang jika dibandingkan dengan nilai ketangguhan *raw*

material terdapat persentase peningkatan nilai ketangguhan sebesar 67,68 % dan 27,64%. Sedangkan untuk *holding time* 2 jam nilai ketangguhannya 523 KJ/ m² yang artinya menurun sebesar 22,80% dari ketangguhan *raw material*. Nilai rata-rata ketangguhan tertinggi 2033 KJ/m pada proses *quenching* media pendinginan Oli mesran SAE 40 *holding time* 7 menit pada temperatur 925°C.

Hasil *Quenching-Tempering*

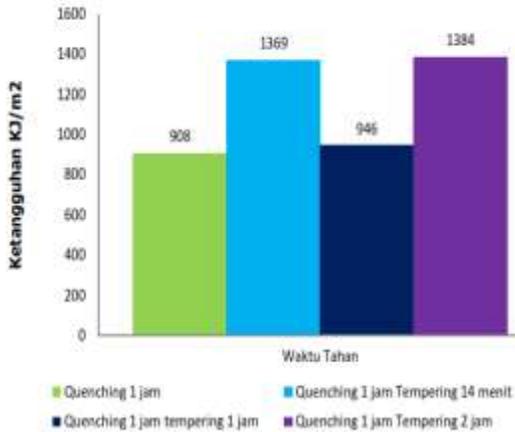
Spesimen yang telah mengalami perlakuan *quenching* kemudian diberikan perlakuan *tempering* pada temperatur *tempering* 450°C dengan waktu tahan *tempering* selama 14 menit, 1 jam dan 2 jam. Hasil pengujian *quenching tempering* disajikan pada gambar 3.



Gambar 3. Hasil pengujian dampak untuk spesimen yang mengalami perlakuan panas dengan *holding time* 7 menit kemudian di *quenching* lalu diberikan perlakuan *tempering*

Untuk proses *quenching* media pendinginan Oli mesran SAE 40 *holding time* 7 menit pada temperatur 925°C. Dilanjutkan proses *tempering* *holding time* 14 menit, 1 jam dan 2 jam pada temperatur 450°C. Didapatkan nilai ketangguhan rata-rata 2607 KJ/m², 2554 KJ/ m² dan 2226 KJ/ m² yang artinya mengalami peningkatan 22,02%, 20,40% dan 8,67% dari nilai ketangguhan pada proses *quenching* media pendinginan Oli mesran SAE 40 *holding time* 7 menit pada temperatur 925°C. Nilai ketangguhan tertinggi 2607KJ/ m².

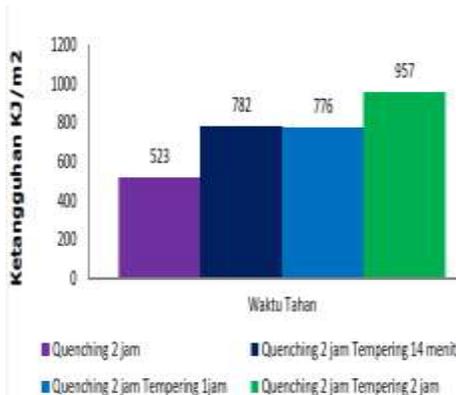
Pada proses *tempering holding time* 14 menit pada temperatur 450°C. Grafik dari hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Hasil pengujian impact untuk spesimen yang mengalami perlakuan panas dengan holding time 1 jam kemudian di *quenching* lalu diberikan perlakuan *tempering*

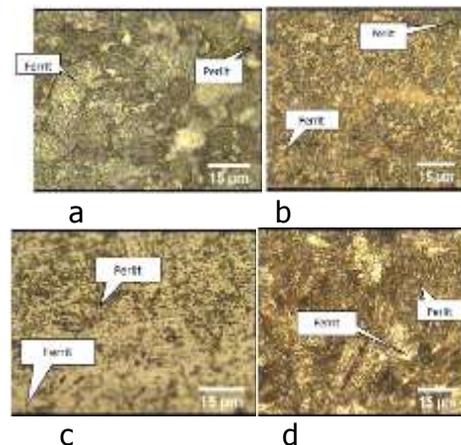
Proses *quenching* media pendinginan Oli mesran SAE 40 *Holding time* 1jam pada temperatur 925°C. Dilanjutkan proses *tempering Holding time* 14 menit, 1 jam dan 2 jam pada temperatur 450°C. Didapatkan nilai ketangguhan rata-rata 1369 KJ/m², 946 KJ/m² dan 1384 KJ/m² yang artinya mengalami peningkatan 33,67, 4,02 dan 34,39%. Dari nilai ketangguhan pada proses *quenching* media pendinginan Oli mesran SAE 40 *Holding time* 1 jam pada temperatur 925°C. Nilai ketangguhan tertinggi 1384 KJ/ m².

Proses *tempering* dengan *holding time* 2 jam pada temperatur 450°C. Grafik dari hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada gambar 4.6



Gambar 5. Hasil pengujian impact untuk spesimen yang mengalami perlakuan panas dengan holding time 2 Jam kemudian di *quenching* lalu diberikan perlakuan *tempering*

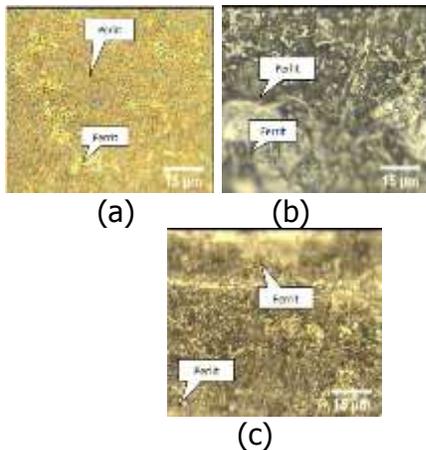
Gambar 5 memperlihatkan proses *quenching* media pendinginan Oli mesran SAE 40 *Holding time* 2 jam pada temperatur 925°C. Dilanjutkan proses *tempering Holding time* 14 menit, 1 jam dan 2 jam pada temperatur 450°C. Didapatkan nilai ketangguhan rata-rata sebesar 782 KJ/m², 776 KJ/ m² dan 957 KJ/ m² yang apabila dibandingkan dengan nilai ketangguhan rata-rata pada proses *quenching* media pendinginan Oli mesran SAE 40 *Holding time* 2 jam pada temperatur 925°C sebesar 523 KJ/ m² mengalami peningkatan sebesar 33,12%, 32,60% dan 45,35%. Nilai ketangguhan tertinggi 957 KJ/m pada proses *tempering holding time* 2 jam pada temperatur 450°C.



Gambar 6. Struktur mikro material (a) Struktur mikro *raw material* (b) Struktur mikro *holding time* 7 menit-*quenching* (c) Struktur mikro *holding time* 1 jam-*quenching* (d) Struktur mikro *holding time* 2 jam *quenching*.

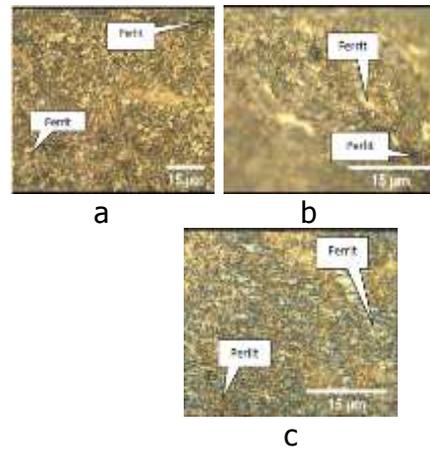
Gambar 6. Memperlihatkan hasil pengamatan struktur mikro *raw material* dan proses *quenching* media pendinginan Oli mesran SAE 40 dengan *holding time* 7 menit, 1 jam dan 2 jam pada temperatur 925°C. Tampak pada struktur mikro *raw material* terdiri dari *ferrit* dan *perlit* yang didominasi oleh *ferrit*. Pada Proses *Quenching* dengan *Holding Time* 7 menit tampak bahwa struktur *perlit* yang terbentuk lebih sedikit, struktur *ferrit*

terbentuk lebih banyak, pada holding time 1 jam tampak struktur *perlit* yang terbentuk lebih sedikit, struktur *ferrit* terbentuk hampir merata dengan struktur butir yang halus sedangkan pada *holding time* 2 jam tampak struktur *ferrit* yang terbentuk lebih sedikit, struktur *perlit* terbentuk lebih banyak dengan struktur butir yang lebih halus dibandingkan dengan *holding time* 7 menit dan 1 jam.



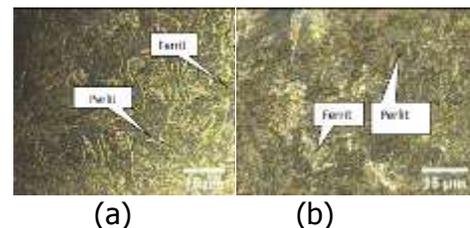
Gambar 7. Struktur mikro material *holding time* 7 menit dilanjutkan proses *quenching-tempering* (a) Struktur mikro *tempering holding time* 14 menit (b) Struktur mikro *tempering holding time* 1 jam (c) Struktur mikro *tempering holding time* 2 jam.

Pada gambar 7. memperlihatkan Hasil pengamatan struktur mikro proses *quenching* media pendinginan Oli mesran SAE 40 *holding time* 7 menit pada temperatur 925°C, dilanjutkan dengan proses *tempering holding time* 14 menit, 1 jam dan 2 jam pada temperatur 450°C. Pada proses *tempering* dengan *holding time* 14 menit, tampak bahwa struktur *ferrit* yang terbentuk lebih sedikit, struktur *perlit* terbentuk belum merata secara keseluruhan, Struktur butir yang terlihat agak halus. Proses *tempering Holding time* 1 jam, tampak bahwa struktur *ferrit* yang terbentuk lebih sedikit dengan bentuk butiran agak kasar serta struktur *perlit* yang terbentuk lebih banyak dengan struktur butir yang terlihat agak halus. Sementara pada proses *tempering holding time* 2 jam tampak struktur *ferrit* yang terbentuk memanjang, struktur *perlit* jauh lebih banyak dibandingkan *ferrit*.



Gambar 8. Struktur mikro material *holding time* 1 jam dilanjutkan proses *quenching-tempering* (a) Struktur mikro *tempering holding time* 14 menit (b) Struktur mikro *tempering holding time* 1 jam (c) Struktur mikro *tempering holding time* 2 jam.

Pada gambar 8. memperlihatkan Hasil pengamatan struktur mikro proses *quenching* media pendinginan Oli mesran SAE 40 *holding time* 1 jam pada temperatur 925°C. Dilanjutkan dengan proses *tempering* dengan *holding time* 14 menit, 1 jam dan 2 jam pada temperatur 450°C. Pada proses *tempering Holding time* 14 menit. Tampak bahwa struktur *ferrit* yang terbentuk lebih sedikit, struktur *perlit* terbentuk lebih banyak. Struktur butir yang terlihat agak halus. Proses *tempering Holding time* 1 jam tampak bahwa struktur *ferrit* yang terbentuk lebih sedikit, struktur *perlit* terbentuk hampir merata. Struktur butir yang terlihat agak halus. Sementara pada proses *tempering holding time* 2 jam struktur *ferrit* yang terbentuk sedikit, struktur *perlit* lebih banyak dibandingkan *ferrit*.





(c)

Gambar 9. Struktur mikro material *holding time* 2 jam dilanjutkan proses *quenching-tempering* (a) Struktur mikro tempering *holding time* 14 menit (b) Struktur mikro tempering *holding time* 1 jam (c) Struktur mikro tempering *holding time* 2 jam.

Pada gambar 9. memperlihatkan Hasil pengamatan struktur mikro proses *quenching* media pendinginan Oli mesran SAE 40 *Holding time* 2 jam pada temperatur 925°C. Dilanjutkan dengan proses *tempering* *Holding time* 14 menit, 1 jam dan 2 jam pada temperatur 450°C. Tampak bahwa struktur *ferrit* yang terbentuk lebih sedikit, struktur *perlit* terbentuk lebih banyak dengan struktur butir kasar, hal ini berimplikasi pada nilai ketangguhan yang tinggi. Pada proses *tempering* *Holding time* 1 jam Tampak bahwa struktur *ferrit* yang terbentuk lebih sedikit dibandingkan dengan struktur *perlit*. Sementara pada proses *tempering* *holding time* 2 jam struktur *ferrit* yang terbentuk lebih sedikit dengan struktur butir yang kasar, struktur *perlit* lebih banyak struktur butirnya lebih halus.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dari pengujian dan pembahasan pada proses perlakuan panas *holding time* 7 menit, 1 jam dan 2 jam kemudian *diquenching* dengan menggunakan media pendingin Oli Mesran SAE 40 pada temperatur 925°C. dan *tempering* *holding time* 14 menit, 1 jam dan 2 jam pada temperatur 450°C. Maka dapat diambil kesimpulan:

- Material yang mengalami perlakuan panas dengan *holding time* selama 7 menit kemudian diberikan perlakuan *quenching* dengan media pendingin oli Mesran SAE 40

mengakibatkan peningkatan nilai ketangguhan 209 % dibanding *raw material*.

- Proses *tempering* dengan waktu tahan selama 14 menit yang diberikan pada material yang telah mengalami proses perlakuan panas dengan waktu tahan 7 menit kemudian *quenching* dengan menggunakan media pendingin oli Mesran SAE 40 mengakibatkan peningkatan nilai ketangguhan 22% dibanding *raw material*.

DAFTAR RUJUKAN

- Amstead, B. H., dkk. 1979, *Teknologi Mekanik Jilid I Edisi ketujuh versi S1*, Terjemahan oleh Sriati Djaprie, 1993, Penerbit Erlangga - Jakarta.
- Asiri, H. dan Amrullah. 2010. Analisa Hubungan Besar Butir dengan Sifat Mekanis Baja Karbon. *Majalah Imiah Al-Jibra*. ISSN 14411-7797. Vol. 11. No 35.
- Istiyono, E., 2009, Analisis Sifat Magnetik Bahan yang Mengalami Proses Annealing Dan Quenching, *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta*.
- Kadirman, 2009, Pengaruh Jenis Media Pendingin Terhadap Peningkatan Nilai Kekerasan Baja ST.40 Melalui Proses Pemanasan. *Teknologi*. Vol. 9. No. 2. Hal 115-120.
- Koswara, Engkos, 1991, *Pengujian Bahan Logam*. Bandung, Humaniora Utama Press.
- Krauss, G. 1986. *Principles of Heat Treatment of Steel*. American Society for Material, Metal Park Ohio.
- Kurniawan, Ibnu. 2007. Perbedaan Nilai Kekerasan Pada Proses Double Hardening Dengan Media Pendingin Air Dan Oli SAE 20 Pada Baja Karbon Rendah JTM. *Volume 03 Nomor 01 Tahun 2014*, 106-112
- Miftakhuddin, N., 2006, Pengaruh temper dengan *quenching* media oli Mesran SAE 20w-50w terhadap karakteristik *Medium carbon steel*, Skripsi, Universitas Negeri Malang, Malang.
- Mizhar, S. dan Suherman. 2011. Pengaruh Perbedaan Kondisi Tempering Terhadap

Struktur Mikro dan Kekerasan dari Baja AISI 4140. *Jurnal Dinamis*. Vol. II. No. 8. ISSN 0216-7492.

Pramono, A. 2011, Karakteristik Mekanik Proses Hardening Baja Aisi 1045 Media Quenching Untuk Aplikasi Sprochet Rantai, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram* Vol. 5 No.1. April 2011.

Thelning, K.E. 1984. *Steel and It's Heat Treatment*. 2nd editon. Butterworths. London.

Van Vlack L.H., 1983, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Edisi Kelima, Terjemahan oleh Sriati Djaprie, 1995, Penerbit Erlangga-Jakarta.

Wibawa, A., 2013, Karakterisasi Material Bucket Tip pada Excavator (Caterpillar 320D), Skripsi, Universitas Pasundan, Bandung.

Wibowo, B. T. 2006, *Pengaruh Temper dengan Quenching Media Pendingin Oli Mesran SAE 40 terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Baja ST 60*. Semarang. Universitas Negeri Semarang.