

PENGARUH PERBANDINGAN BERAT MEDIA QUENCHING DENGAN BERAT SPESIMEN UJI TERHADAP SIFAT MEKANIK BAJA KARBON SEDANG (S45C)

Arthur Halik Razak¹⁾, Syaharuddin Rasyid¹⁾

¹⁾ Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

This study aims to analyze the mechanical properties (hardness, impact strength) of medium carbon steel (S45C) which is quantified with water cooling media. The research method used is a heated S45C Steel specimen using an electric furnace at a temperature of 850OC for 6-8 hours with a holding time of 60 minutes. S45C steel specimens were then quenched on water cooling media with a ratio (weight of cooling media: weight of specimens) was 2: 1, 4: 1, 6: 1, 8: 1, 10: 1. Furthermore, S45C steel was tested for hardness and impact test. The conclusions of this study are: 1). Hardness values are in the range of 50.4 - 56.4 HRC. The highest hardness value was in the ratio of 10: 1 at 56.4 HRC, 2). Where the impact strength value is in the range 4.0 - 6.1 N/mm². The highest impact strength value at a ratio of 2: 1 is 6.1 N / mm², and 3). The ratio of the weight / volume of the cooling media to the weight of the right specimen to produce hardness and optimum impact strength is a ratio of 7: 1.

Kata kunci: S45C, Quenching, Kekerasan, Kekuatan Impak.

1. PENDAHULUAN

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.

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).

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.

¹ Korespondensi penulis: Nama Arthur Halik Razak, Telp 08124284552, arthurhalikrazak76@gmail.com

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.

Baja karbon sedang secara umum memiliki kadar karbon 0,3 – 0,6 %. Kekerasan yang dapat dicapai pada baja ini bila diquenching pada media pendingin air adalah 54-57HRC. Baja ini umumnya dipakai sebagai komponen automotif misalnya untuk komponen roda gigi pada kendaraan bermotor yang pada aplikasinya sering mengalami gesekan dan tekanan maka ketahanan terhadap aus dan kekerasan sangat diperlukan sekali [KS Review, 2004].

Selama ini proses pengerasan baja karbon sedang menggunakan beberapa jenis media pendingin telah banyak dilakukan, namun perbandingan antara volume atau berat material dan media quenching belum atau jarang diungkapkan pada metode penelitian. Perbandingan volume media quenching dan volume material berpengaruh terhadap laju pendinginan. Semakin cepat laju pendinginan maka semakin tinggi tingkat kekerasan pada baja. Dimana kekerasan baja yang sudah diquenching selain dipengaruhi oleh laju pendinginan, juga dipengaruhi oleh prosentase berat karbon dan unsur-unsur pepadu lainnya. Baja karbon sedang yang akan diteliti adalah baja S45C yang memiliki kadar karbon 0.45%.

Rasyid, (2012) telah melakukan penelitian tentang pengaruh suhu media pendingin air pada proses quenching terhadap Baja EMS-45. Dari penelitian ini diperoleh bahwa nilai kekerasan tertinggi terjadi pada suhu 0°C sebesar 62,5 HRC dan nilai kekerasan semakin menurun dengan naiknya suhu media pendingin, namun nilai kekuatan impak berbanding terbalik dengan nilai kekerasan dengan naiknya temperatur media pendingin. Nilai impak Baja EMS-45 pada suhu 0°C sebesar 250,07 N.m dan mengalami kenaikan kekuatan impak sejalan dengan naiknya suhu media pendingin.

Muas, (2014) telah melakukan penelitian tentang karakteristik sifat mekanik dan struktur mikro baja AISI 1045 melalui variasi temperatur dan media pendingin pada proses quenching-tempering. Nilai kekerasan maksimum terjadi pada media pendingin air garam diikuti dengan media pendingin air, dan media pendingin oli tidak mengalami perubahan.

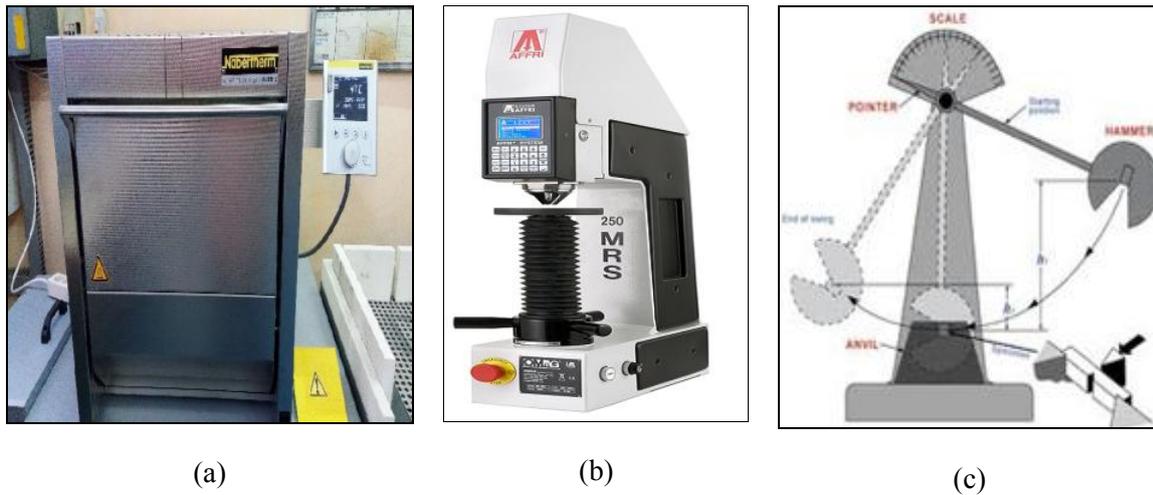
Muas (2016) telah melakukan penelitian pada baja AISI 4140 dengan judul kajian eksperimental laju pendinginan tersirkulasi dengan system sentrifugal pada proses quenching terhadap sifat mekanik baja AISI 4140. Kesimpulan yang diperoleh pada penelitian ini adalah kekerasan baja AISI-4140 setelah diquenching menggunakan media pendingin air dan oli tanpa disirkulasi adalah 55.2HRC dan 48.8 HRC. Setelah diquenching dengan cara disirkulasi sentrifugal, kekerasan baja AISI 4140 meningkat menjadi 62.3HRC dan 54.8 HRC.

Razak (2017) telah melakukan penelitian pada baja AISI 4140 dengan judul Pengaruh Quenching Bertingkat pada Proses Hardening Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Baja AISI 4140. Kesimpulan yang diperoleh pada penelitian ini adalah terjadi perbedaan tingkat kekerasan dan kekuatan impak pada baja AISI-4140 yang telah dequenching dengan media pendingin bertingkat.

Berdasarkan permasalahan di atas, peneliti akan mencoba meneliti sejauhmana pengaruh perbandingan berat antara berat spesimen baja S45C dan media pendingin air terhadap sifat mekanik (kekerasan dan kekuatan impak).

2. METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah baja S45C dengan komposisi 0,48% C, 0,30% Si, dan 0,70% Mn. ukuran spesimen uji kekerasan dan uji impak adalah 10x10x65 mm dan spesimen uji struktur mikro adalah \varnothing 20x12 mm. Selanjutnya Baja S45C dipanaskan menggunakan tungku litrik (gambar 1a) pada suhu 830 °C selama 6-8 jam. Baja S45C diquenching pada media pendingin air dengan perbandingan berat media pendingin terhadap berat specimen 2:1, 4:1, 6:1, 8:1, dan 10:1. Pada tahap quenching, suhu media air diukur untuk mengetahui kenaikan temperatur terhadap waktu. Baja S45C yang sudah dequenching kemudian diuji kekerasan (Gambar 1.b).

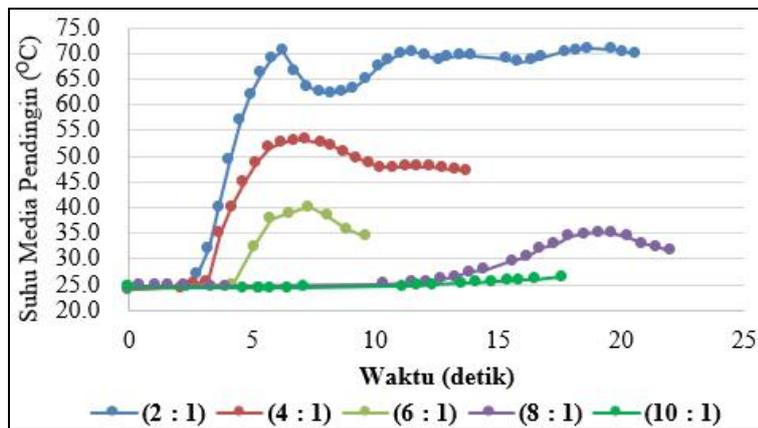


Gambar 1. Tungku pemanas listrik (a), alat uji kekerasan (b), dan alat uji impak (c).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

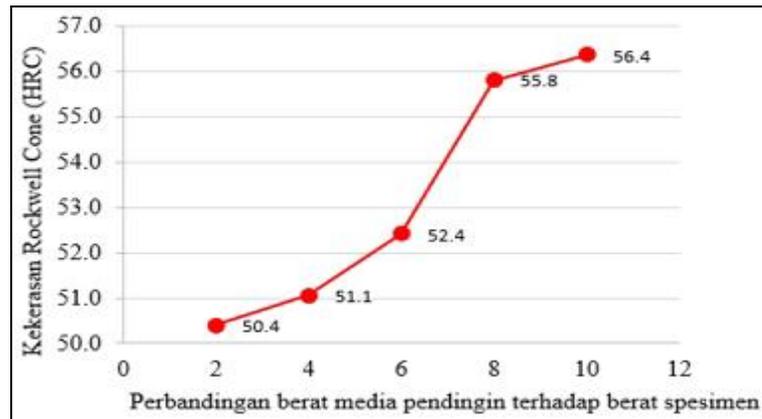
Bahan baja karbon sedang (S45C) dilakukan pengujian mekanik (kekerasan, pengujian impak) sebelum dilakukan proses perlakuan panas. Hasil pengujian ini digunakan untuk membandingkan sifat mekanik bahan setelah dilakukan proses perlakuan panas. Hasil pengujian sifat mekanik (kekerasan, kekuatan impak) sebelum dilakukan proses perlakuan panas adalah 182,5 HB=18,2 HRC dan 10,2 N/mm².

Setelah dilakukan pengujian sifat mekanik pada baja sebelum proses perlakuan panas maka tahap pengujian berikutnya adalah melakukan proses perlakuan panas. Proses perlakuan panas terdiri dari dua tahap yaitu tahap pemanasan dan tahap pendinginan. Pada tahap pemanasan, Baja dipanaskan pada tungku listrik pada temperature 820-830°C selama 6-8 jam. Baja S45C yang sudah dipanaskan dilakukan pencelupan (quenching) dalam media pendingin air. Perbandingan berat media pendingin dan berat spesimen adalah 2:1, 4:1, 6:1, 8:1, dan 10:1. Pada proses pencelupan (quenching) suhu media pendingin diukur (Gambar 2).



Gambar 2. Perubahan suhu media pendingin terhadap waktu dengan variasi volume media pendingin.

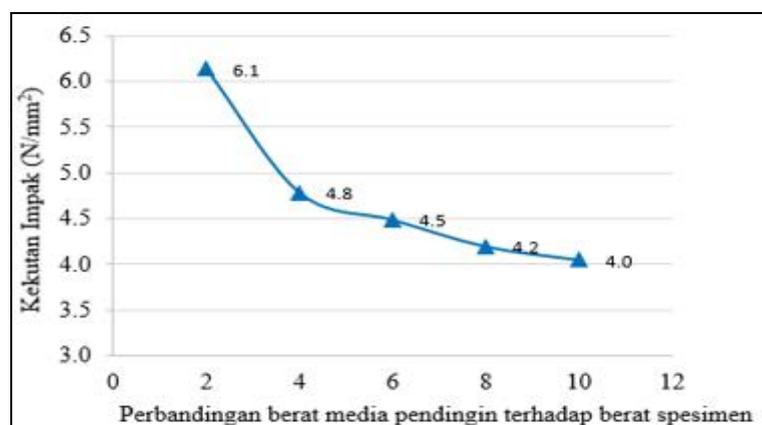
Gambar 2 menunjukkan hasil pengukuran temperatur media pendingin pada beberapa perbandingan berat media pendingin terhadap berat spesimen. Semakin besar berat/volume media pendingin maka kenaikan suhu media pendingin semakin kecil. Dimana pada perbandingan 2:1, suhu maksimum mencapai 71°C, kemudian diikuti perbandingan 4:1 sebesar 53.2°C, perbandingan 6:1 sebesar 40°C, perbandingan 8:1 sebesar 35.1°C, dan perbandingan 10:1 sebesar 28.4°C. Gambar 5.3 juga dapat diamati bahwa pada perbandingan 10:1, suhu media pendingin lebih konstan dan kenaikan temperatur tidak lebih dar 5°C. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perbandingan berat media pendingin terhadap berat spesimen yang minimum adalah perbandingan 10:1.



Gambar 3. Nilai kekerasan baja karbon sedang (S45C) terhadap terhadap variasi volume media pendingin.

Gambar 3 menunjukkan hasil pengukuran kekerasan pada beberapa perbandingan berat media pendingin terhadap berat spesimen. Berdasarkan hasil pengujian kekerasan pada baja karbon sedang (S45C) setelah dilakukan proses perlakuan panas dengan metode perbandingan berat media pendingin terhadap berat spesimen dapat dilihat bahwa semakin berat/volume media pendingin maka nilai kekerasan semakin meningkat. Dimana nilai kekerasan berada pada range 50,4 – 56,4 HRC. Hal ini menunjukkan bahwa media pendingin air memiliki pengaruh yang sangat besar dalam mempercepat laju pendinginan baja dari suhu 860°C ke suhu 200°C. Dengan pendinginan yang cepat, larutan padat dihalangi untuk menguraikan kristal ferrit atau sementit dan untuk beralih wujud menjadi perlit. Kisi gamma terpusat bidang memang menjelma menjadi kisi alfa terpusat ruang, namun bagi atom zat arang tidak cukup tersedia waktu untuk meninggalkan pusat dadu. Akan tetapi pada saat yang sama, atom besi menempati pusat dadu alfa. Oleh karena tidak cukup tempat untuk dua atom, maka kisi alfa mengalami suatu keadaan paksaan yang menimbulkan tegangan-tegangan. Tegangan ini mengakibatkan suatu struktur keras dan getas yang pada suhu 180...220°C tetap berdaulat (Amanto, 1999). Adanya perbedaan kekerasan dari setiap perbandingan ini karena kecepatan pendinginan yang tidak sama. Nilai kekerasan baja S45C ini sudah sesuai dengan standar baja hasil quenching (Bohler) dan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Rasyid (2012 dan Muas (2014).

Pada pendinginan cepat tidak akan memungkinkan transformasi lengkap untuk martensit dan austenit akan dipertahankan dalam struktur dengan persentase yang berbeda tergantung pada suhu austenizing, quenchant, dan komposisi paduan. Jadi, kekerasan tinggi dikombinasikan dengan jumlah martensit yang tinggi dan berkurang dengan peningkatan persentase austenit yang dipertahankan. Hal ini dapat pula dijelaskan berdasarkan perubahan mikrostruktur yang berinteraksi dengan peran elemen paduan yang memodifikasi properti baja untuk setiap suhu dan media quenching sebagaimana diterjemahkan oleh diagram *Time Temperature Transformation* (TTT) untuk setiap jenis baja.

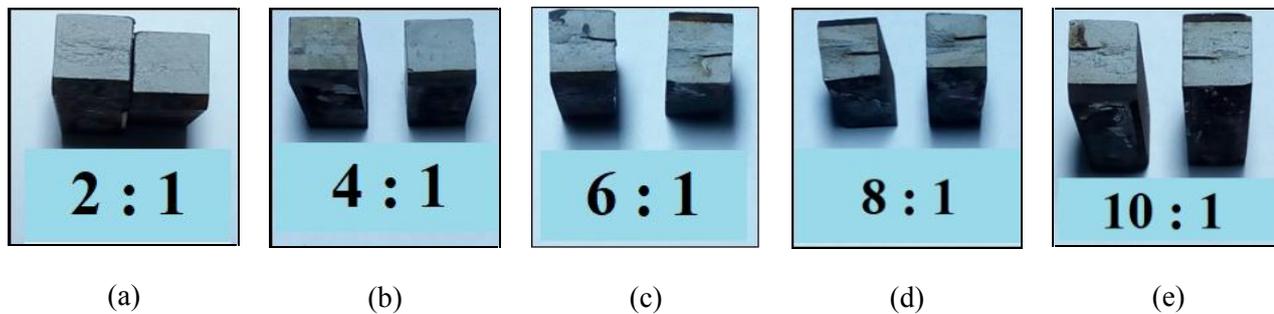


Gambar 4. Nilai kekuatan impact baja karbon sedang (S45C) terhadap terhadap variasi volume media pendingin.

Nilai kekerasan baja S45C yang direkomendasikan berdasarkan standar Bohler adalah 54-57 HRC, sehingga dapat disimpulkan bahwa perbandingan berat media pendingin terhadap berat spesimen yang minimum untuk kekerasan 54 HRC adalah perbandingan 8:1.

Gambar 4 menunjukkan hasil pengujian impak Baja S45C setelah dequenching dengan variasi perbandingan berat media pendingin terhadap berat spesimen. Semakin besar berat/volume media pendingin maka nilai kekuatan impak semakin menurun. Dimana nilai kekuatan impak berada pada range 4,0 – 6,1 N/mm². Nilai kekuatan impak baja S45C ini sudah sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Rasyid (2012 dan Muas (2014) yang menyatakan kecepatan pendingin mempengaruhi nilai kekuatan impak.

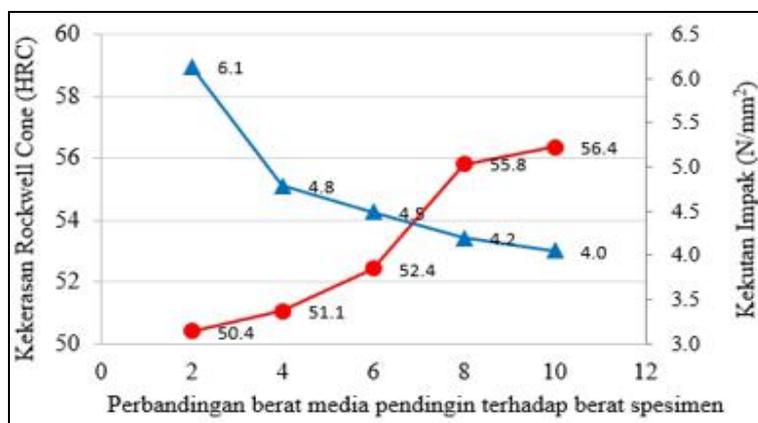
Hal ini dapat dijelaskan bahwa energi benturan secara signifikan bervariasi dan berbanding terbalik dengan kekerasan di mana pada baja kekerasan tinggi memantulkan kekuatan rendah dan pada gilirannya kekerasan tergantung pada suhu austenitizing. Untuk fraktur ulet yang terjadi dalam sampel ulet yang mengandung struktur ferit dan austenit dan fraktur getas yang terjadi pada sampel terdiri dari jumlah martensit yang tinggi. Dislokasi dalam material ulet dapat bergerak pada sejumlah besar sistem slip dan bahkan menyeberang dari satu bidang ke bidang lainnya sementara pada gerakan dislokasi bahan rapuh dibatasi oleh konseptor tegangan seperti ujung tajam nodul martensit dan batas fasa yang berfungsi sebagai batas butir yang menghambat gerakan dislokasi juga. Berdasarkan hasil pengujian impak pada ketiga jenis baja ini dapat disimpulkan bahwa perbandingan berat media pendingin terhadap berat spesimen yang maksimum untuk menghasilkan kekuatan impak yang besar adalah pada perbandingan 2:1.



Gambar 5. Jenis patahan baja S45C (AISI 1045) proses perlakuan panas dengan berat media pendingin yang berbeda. (a) Patahan getas, (b). Patahan getas, (c). Patahan getas, (d). Patahan getas, dan (e). Patahan getas.

Gambar 7 menunjukkan sampel permukaan patahan baja S45C pada beberapa perbandingan berat media pendingin terhadap berat spesimen. Secara umum sifat patahan adalah patahan getas, kontur permukaan halus, dan sedikit ada step patahan.

Perbandingan tingkat kekerasan dan kekuatan impak baja karbon sedang (S45C). setelah diquenching dengan variasi volume media pendingin air dapat diilustrasikan pada gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan tingkat kekerasan dan kekuatan impak baja karbon sedang (S45C) terhadap variasi volume media pendingin.

Gambar 6 menunjukkan hasil pengujian kekerasan dan pengujian dampak pada beberapa perbandingan berat media pendingin terhadap berat specimen. Perbandingan berat/volume media pendingin terhadap berat specimen yang tepat untuk menghasilkan sifat mekanik (kekerasan dan kekuatan dampak) baja S45C yang optimal adalah perbandingan 7:1.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data pengujian sifat mekanik pada baja S45C setelah dilakukan proses perlakuan panas dengan perbandingan berat media pendingin yang berbeda maka dapat disimpulkan:

1. Semakin besar berat/volume media pendingin maka nilai kekerasan semakin tinggi. Nilai kekerasan berada pada range 50,4 – 56,4 HRC. Nilai kekerasan tertinggi pada perbandingan 10:1 adalah 56,4 HRC.
2. Semakin besar berat/volume media pendingin maka nilai kekuatan dampak semakin menurun. Dimana nilai kekuatan dampak berada pada range 4,0 – 6,1 N/mm². Nilai kekuatan dampak tertinggi pada perbandingan 2:1 adalah 6,1 N/mm².
3. Perbandingan berat/volume media pendingin terhadap berat specimen yang tepat untuk menghasilkan sifat mekanik (kekerasan dan kekuatan dampak) yang optimal adalah sebesar 54 HRC adalah perbandingan 7:1.

5. DAFTAR PUSTAKA

- ASM Handbook.2005. Volume 1, Properties and Selection: Irons Steels and High Performance Alloys. ASM International.
- Bohler. 2005. Baja dan Spesifikasi Baja Paduan Produk Bohler. Jakarta, Indonesia.
- Callister, William D. 1994. Materials Science and Engineering. John Willey & Sons, Inc. USA.
- Houghton. 2000. Materials Science and Engineering. John Willey & Sons, Inc. USA.
- Kramer, Hans. 1994. Pengetahuan Bahan untuk Industri. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Muas dan Syaharuddin Rasyid. 2015. Sifat Mekanik Baja AISI 1045 Melalui Proses Hardening-Tempering. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri III, Akademi Teknik Industri Makassar.
- Muas dan Syaharuddin R. 2016. Kajian Eksperimental Laju Pendinginan Tersirkulasi Dengan System Sentrifugal Pada Proses Quenching Terhadap Sifat Mekanik Baja AISI 4140 (Laporan Hasil Penelitian). Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar.
- Purnomo, Syahrir, D. 2009. Pengaruh Medium Quenching Air Tersirkulasi terhadap Nilai Kekerasan dan Struktur Mikro Baja AISI 4337.
- Pramono, A. 2011. Karakteristik Mekanik Proses Hardening Baja Aisi 1045 Media Quenching Untuk Aplikasi Sprocket Rantai. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin "Cakra M" Vol. 5 No.1. April 2011 (32-38). Diakses pada Tanggal 7 Pebruari 2013.
- Rasyid, S. Abram, T., Yosrihard, B., Arman, Baso, N. 2012. Pengaruh Variabel Temperatur Media Pendingin Air Pada Proses Quenching Terhadap Nilai Kekerasan dan Kekuatan Dampak Baja EMS-45. Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Razak, A.H. dan Abram, T. 2017. Pengaruh Quenching Bertingkat pada Proses Hardening Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Baja AISI 4140. Prosiding Seminar Hasil Penelitian PNUP 2017, ISBN.978-602-60766-3-2
- Sumiyanto dan Abdunnsir. 2011. Pengaruh Proses Hardening dan Tempering Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro pada Baja Karbon Sedang Jenis SNCM 447. Jurnal UPN, Diakses pada Tanggal 7 Pebruari 2013.
- Totten, GE, Bates, CE, Clinton, NA. 1997. Handbook of Quenchant and Quenching Technology.ASM International, USA.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pimpinan Politeknik Negeri Ujung Pandang dan Staf Unit Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat atas kepercayaan yang diberikan kepada penulis dan tim pelaksana penelitian atas dukungan dana penelitian yang diberikan.