

## PENGARUH WAKTU TAHAN (*HOLD TIME*) PADA PROSES *TEMPER* TERHADAP KETANGGUHAN IMPAK DAN KEKERASAN PADA BAJA AISI 4140 AS BAR DIAMETER 42mm

Susri Mizhar<sup>1</sup> dan A.Rahman<sup>2</sup>

Jurusan Teknik mesin Institut Teknologi Medan (ITM), Medan

[susrimizhar@yahoo.com](mailto:susrimizhar@yahoo.com)

Jurusan T.Mesin FT. Univ. Malikussaleh Aceh Utara

[rahman\\_muis@yahoo.com](mailto:rahman_muis@yahoo.com)

### Abstrak

Pada penelitian ini, sifat mekanis dan mikro struktur dari baja AISI 4140 setelah proses temper pada temperatur 600°C dengan perbedaan waktu tahan (*hold time*) yaitu 60 menit, 90 menit dan 120 menit di selidiki. Sifat mekanis seperti kekerasan (*hardness*) dan ketangguhan impak betul-betul dipertimbangkan sebagai fungsi dari kondisi tempering. Struktur mikro dari as-quench martensite dan perkembangannya selama tempering diamati.

Hasil menunjukkan bahwa sifat mekanis dan struktur mikro sangat dipengaruhi oleh temperatur tempering dan waktu tahan (*hold time*). Nilai kekerasan as bar meningkat drastis setelah proses *quench*, sebelum dikeraskan (*before hardening*) 26.6HRC dan setelah dikeraskan (*after hardening*) naik 104% menjadi 54.3HRC. Sebaliknya nilai ketangguhan impak menurun drastis sebelum dikeraskan (*before hardening*) impak 16J dan setelah dikeraskan (*after hardening*) ketangguhan impak menurun 100 % menjadi 8J. Setelah proses temper pada temperatur 600°C nilai rata-rata kekerasan menurun sebanding dengan penambahan waktu tahan (*hold time*). Nilai kekerasan turun hingga 44.1% sebesar 30.4HRC dan nilai ketangguhan naik hingga mencapai 518.8 % sebesar 49.5J, pada waktu tahan (*hold time*) selama 2 jam.

Pengamatan mikro struktur menampilkan bahwa temper martensit lebih seragam dengan pertambahan waktu penahanan (*hold time*) pada saat temper.

**Keywords:** *Hardness, Hold time, Impact, Quench, Temper.*

### Pendahuluan

Pemakaian baja dalam kehidupan sehari-hari mensyaratkan faktor keuletan, kekerasan, tahan aus dan sebagainya. Peningkatan kualitas baja ini dapat dilakukan dengan cara penambahan unsur atau dengan melakukan perlakuan panas (*heat treatment*) pada baja. Poros sebagai salah satu komponen dalam sebuah mesin yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga dari satu bagian ke bagian yang lain dengan penerimaan beban yang beragam dalam siklus kerjanya. Pembebanan yang dialami poros ini dapat berupa gaya tekan dari piston, gaya gesek pada bantalan *connecting rod*, gaya puntir dari *fly wheel* dan kombinasi beban saat dilakukan pemindahan tenaga (*power*) sehingga poros harus dibuat dengan memperhatikan beban-beban tersebut.

Mengetahui sifat mekanis logam dari berbagai kondisi pembebanan sangat penting dipertimbangkan untuk aplikasi perhitungan teknik seperti perhitungan untuk pembuatan komponen-komponen mesin.

Ada beberapa pengetahuan struktur dalam baja, seperti *ferrite*, *pearlite*, *bainite*, *martensite* dan *austenite*. Masing-masing struktur ini mempunyai sifat mekanik yang sangat berbeda. Oleh karena itu,

memungkin untuk memperoleh kekuatan yang lebih tinggi dari yang lain dari salah satu struktur. Secara tradisional kekerasan diperoleh dengan austenisasi *quenching* untuk mendapatkan fase martensit dan ditempering untuk melunakkan. George Krauss (2005)

Lawrence H. Van Vlack (1992) dalam teorinya tentang kemampuannya (*harden ability*) menyimpulkan bahwa pendinginan yang sangat cepat pada proses *heat treatment* mempunyai kekerasan maksimum dan pendinginan secara perlahan menghasilkan kekerasan lebih rendah. Hal ini berlaku untuk baja karbon, baja tahan karat, baja paduan dan besi cor.

Secara umum *quenching* dan *tempering* terbukti baik untuk menghasilkan kekuatan baja yang dapat dicapai dengan pengendapan dari penyebaran paduan carbide selama tempering. Selama tempering, variasi kekuatan dan kekerasan dari baja AISI 4340 mengindikasikan penurunan kekuatan sebagai kenaikan temperatur dan waktu penahanan. Keuletan dari material meningkat dengan peningkatan temperatur dan waktu penahanan, tetapi ketangguhan dan keuletan merosot ketika ditemper pada temperatur 300°C (Woei-Shyan Lee dan Tzay-Tian Su, 1997).

## Metoda Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan

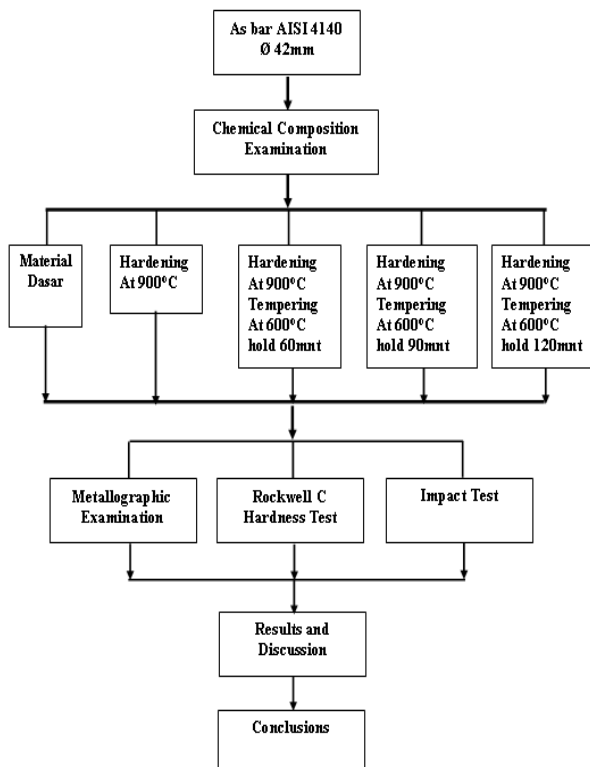
### • Material

Material yang digunakan untuk penelitian ini adalah AISI 4140 yang merupakan baja karbon menengah paduan rendah (*low alloy medium carbon steel*), diperoleh dari hasil ekstrusi diameter 42 mm.

### • Metode Penelitian

Pada penelitian ini, material terlebih dahulu dikeraskan (*Hardening*) dengan cara pemanasan material sampai temperatur 900°C dan ditahan selama 3 jam lalu didinginkan dengan cepat (*quenching*) pada media pendingin polimer sampai mencapai temperatur kamar.

Tempering dilakukan dengan variasi holding time 60 menit, 90 menit dan 120 menit pada temperatur 600°C. Pengamatan struktur mikro dilakukan pada material sebelum proses perlakuan panas (*heat treatment*) dan setelah proses perlakuan panas (*heat treatment*) serta Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode Rockwell C yaitu melakukan pengukuran pada bagian inti as bar (*core hardness*) dari permukaan (*surface*) sampai menuju tengah (*centre*) dengan jarak 3mm untuk mengamati distribusi kekerasan. Pengujian dampak dilakukan dengan metode charpy dengan jumlah 3 spesimen sesuai standart spesimen ASTM E8 type B untuk mendapatkan nilai ketangguhan akibat pengaruh *hold time* saat proses temper.



**Gambar 1.** Flow chart experimental details

## Hasil dan Pembahasan

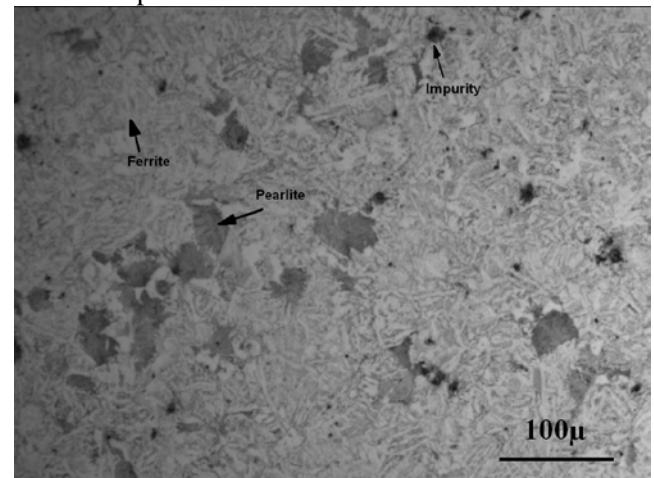
### • Komposisi Kimia

Komposisi kimia material terdiri dari: C = 0.4126 % ; Si = 0.2668 ; Mn = 0.6927% ; P = 0,0109% ; S = 0,0163% ; Cr = 1.0193% ; Mo = 0.1571%.

Dari hasil pengujian komposisi kimia material termasuk dalam klasifikasi baja karbon menengah paduan rendah (*low alloy medium carbon steel*)

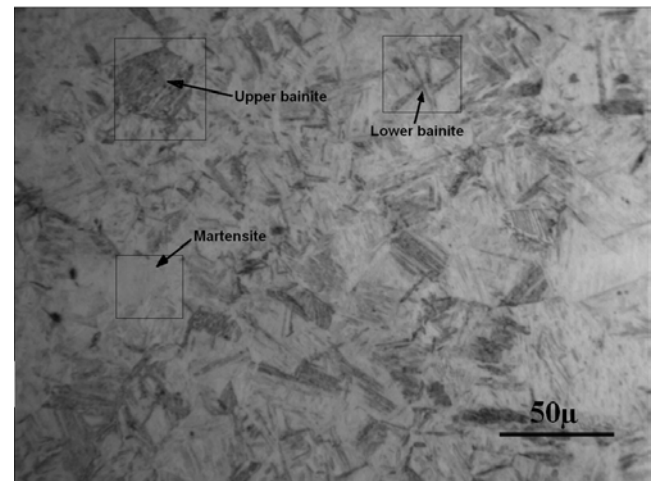
### • Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran 200X dan pembesaran 400X.



**Gambar 2.** Strukturmikro material AISI 4140

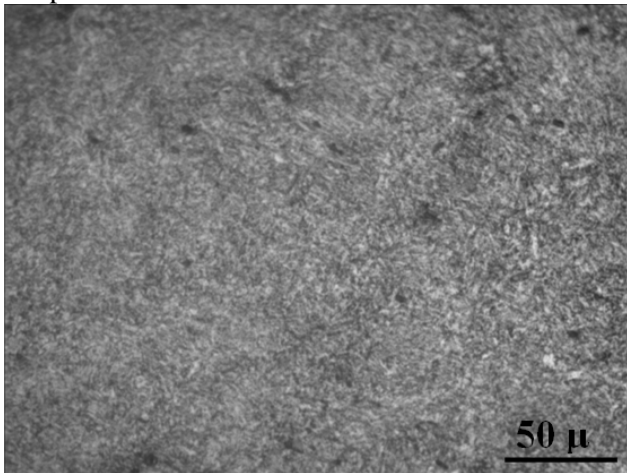
Struktur mikro awal Baja AISI 4140 memiliki fasa pearlite dan fasa ferit seperti yang terlihat pada Gambar 2.



**Gambar 3.** Strukturmikro material AISI 4140 setelah proses *quench*

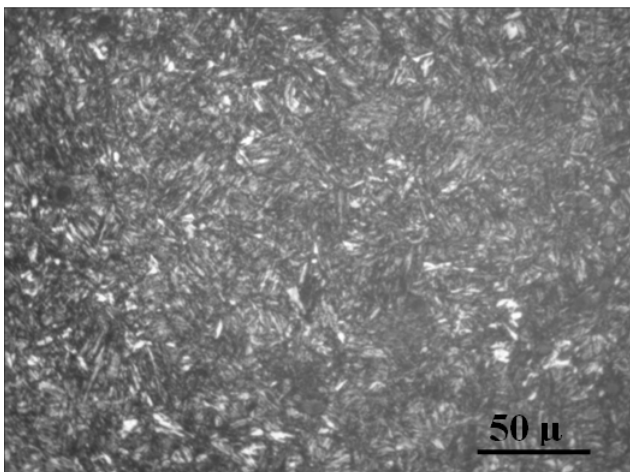
Martensit terbentuk apabila besi austenit didinginkan dengan sangat cepat ke temperatur rendah, sekitar temperatur ambien. Martensit adalah fasa tunggal yang tidak seimbang yang terjadi karena transformasi tanpa difusi dari austenit. Struktur FCC austenit akan berubah menjadi struktur BCT (*body centered*

*tetragonal*) martensit pada transformasi ini. Karena transformasi martensit tidak melewati proses difusi, maka ia terjadi seketika sehingga laju transformasi martensit adalah tidak bergantung waktu. Pada Gambar 3 memperlihatkan fase martensit setelah proses pendinginan cepat (*quench*). Butir martensit berbentuk seperti lidi/jarum atau plat. Pada struktur martensit masih didapati struktur austenit yang tidak sempat bertransformasi.

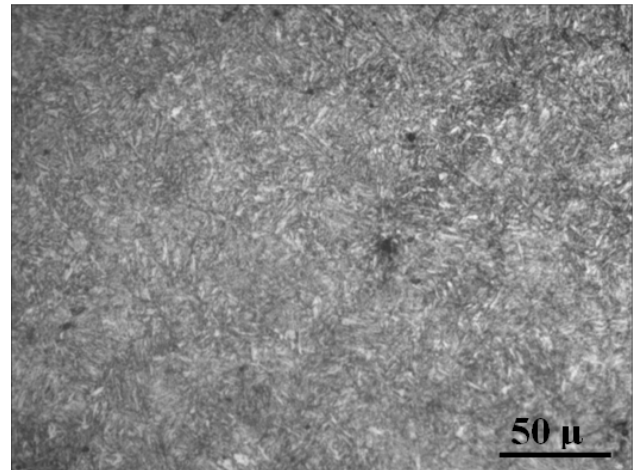


**Gambar 4.** Strukturmikro material AISI 4140 setelah proses temper holding time 60 menit

Setelah proses temper pada temperature  $600^{\circ}\text{C}$  lalu ditahan selama 60 menit, 90 menit dan 120 menit struktur mikro berupa temper martensit, bentuk baru dari martensit, austenit sisa (*retained austenite*) dan karbida. Telihat pada Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6 temper martensit menyebar merata seiring dengan bertambahnya waktu penahanan (*hold time*) saat proses temper



**Gambar 5.** Strukturmikro material AISI 4140 setelah proses temper holding time 90 menit



**Gambar 6.** Strukturmikro material AISI 4140 setelah proses temper holding time 120 menit

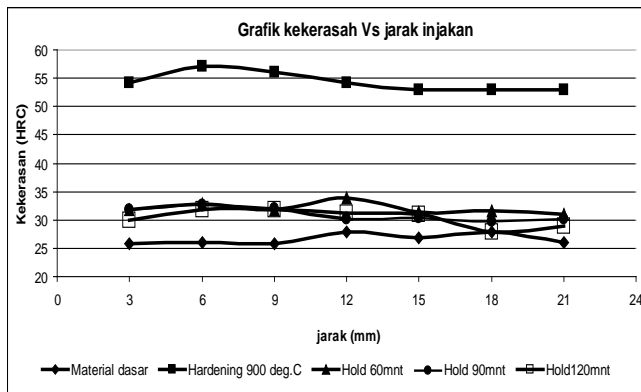
Proses temper pada temperatur  $600^{\circ}\text{C}$  dengan waktu tahan selama 120 menit austenit sisa (*retained austenite*) terlihat jelas. Gambar 6 memperlihatkan temper martensit lebih seragam dan karbida terlihat putih dengan matrik temper martensit.

- Pengujian Kekerasan (*Hardness test*)

Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode Rock well skala C dengan pembebanan 150 kg. Distribusi nilai kekerasan dari permukaan material sampai menuju tengah dengan jarak 3 mm dapat dilihat pada Gambar 7 yang menunjukkan kenaikan kekerasan secara drastis setelah proses *Quench*. Nilai rata-rata kekerasan as bar meningkat drastis setelah proses quench sebelum dikeraskan (before hardening) 26.6 HRC dan setelah dikeraskan (after hardening) naik 104 % menjadi 54.3 HRC

Hal ini disebabkan terjadinya perubahan struktur mikro dari *ferrite* dan *pearlite* terlihat pada Gambar 2 menjadi martensit seperti yang terlihat pada Gambar 3.

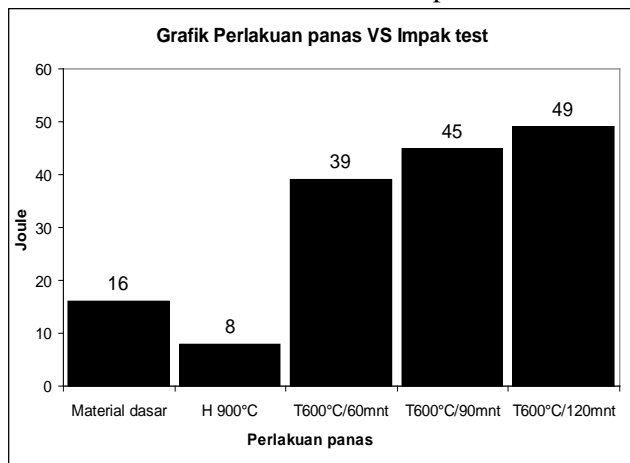
Proses temper bertujuan untuk menurunkan kekerasan pada material yang telah di *quench* agar dapat meningkatkan keuletan dan memiliki mampu mesin (*machineability*). Pada Gambar 7 terlihat penurunan nilai kekerasan setelah proses temper. Nilai kekerasan setelah temper pada temperatur  $600^{\circ}\text{C}$  dengan perbedaan waktu penahanan (*holding time*) berturut-turut 60 menit, 90 menit dan 120 menit maka nilai kekerasannya menurun menjadi 32.1 HRC , 31HRC dan 30.4 HRC. Hal ini sebab karena terjadi perubahan martensit menjadi fase temper martensit ,austenit sisa dan karbida.



**Gambar 7.** Grafik Pengujian Kekerasan

- Pengujian Impak (*Impact test*)

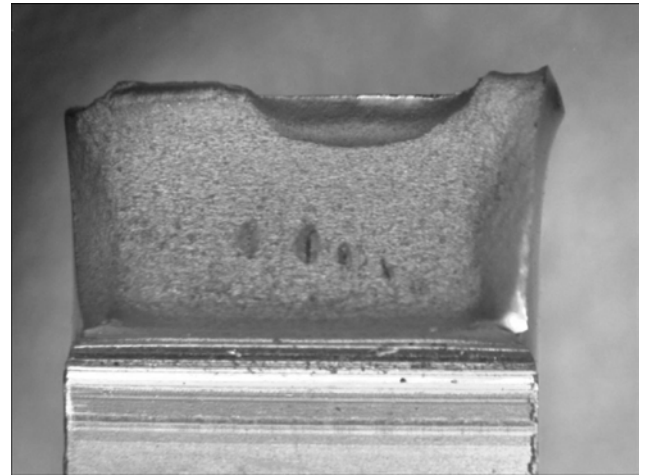
Dari hasil pengujian impak terlihat jelas pengaruh temper setelah hardening. Proses temper dilakukan untuk memperbaiki ketangguhan. Peningkatan nilai ketangguhan sebanding dengan penambahan waktu tahan (*hold time*). Setelah proses hardening nilai ketangguhan sebesar 8J setelah proses temper dengan *hold time* 120 menit ketangguhan mencapai 49J. Hal ini disebabkan oleh terjadinya perubahan strukturmikro dari martensite ke temper martensite.



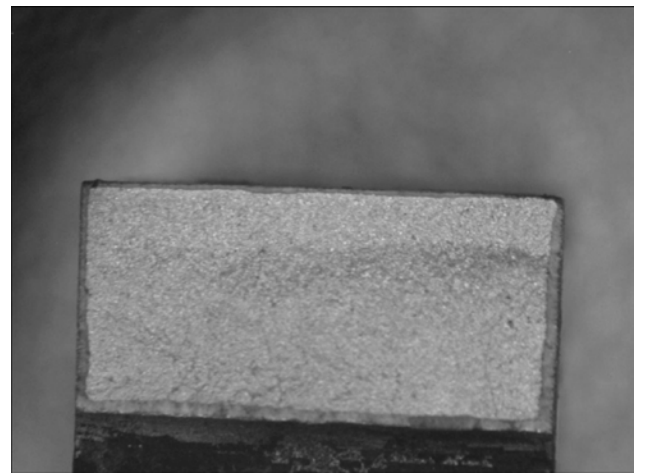
**Gambar 8.** Grafik Pengujian Impak

- Permukaan patah (*Fracturegrapich*)

Permukaan patah dari spesimen hasil pengujian impak memperlihatkan bahwa luas daerah patah ulet bertambah seiring dengan peningkatan nilai ketangguhan. Gambar 9, Gambar 10, Gambar 11, Gambar 12 dan Gambar 13 adalah permukaan patah specimen impak.



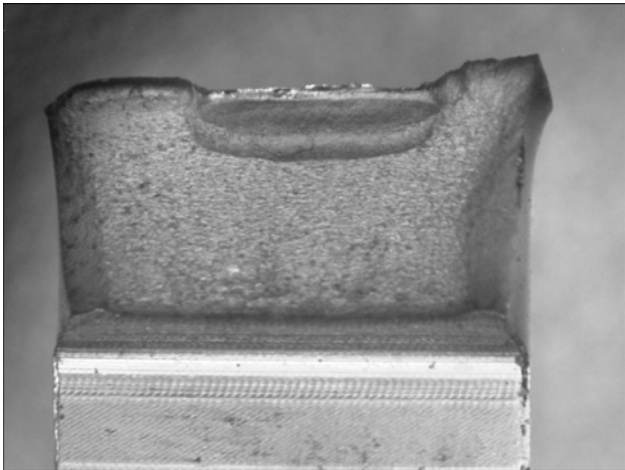
**Gambar 9.** Fraktograpi material AISI 4140



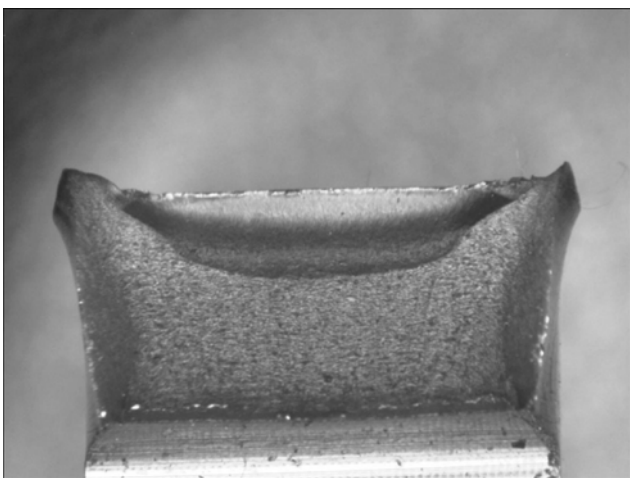
**Gambar 10.** Fraktograpi material AISI 4140 setelah proses hardening 900°C



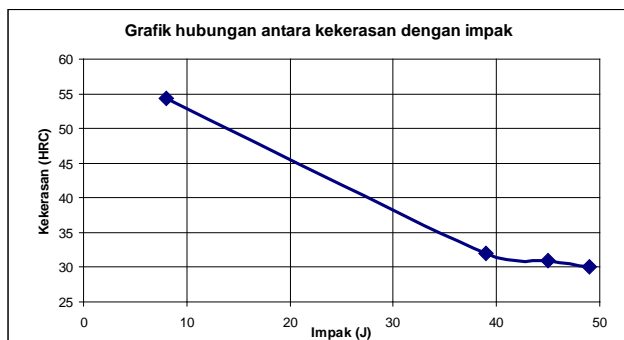
**Gambar 11.** Fraktograpi material AISI 4140 setelah proses temper holding time 60 menit



**Gambar 12.** Fraktografi material AISI 4140 setelah proses temper holding time 90 menit



**Gambar 13.** Fraktografi material AISI 4140 setelah proses temper holding time 120 menit



**Gambar 14.** Grafik hubungan antara kekerasan dengan dampak

Semangkin tinggi nilai kekerasan ketangguhan semakin rendah. Sebaliknya semakin menurun nilai kekerasan akibat temper maka ketangguhannya semakin meningkat.

### Kesimpulan

Hasil menunjukkan bahwa sifat mekanis dan struktur mikro sangat dipengaruhi oleh temperatur tempering dan waktu tahan (*hold time*). Nilai kekerasan as bar

meningkat drastis setelah proses *quench* sebelum dikeraskan (*before hardening*) 26.6HRC dan setelah dikeraskan (*after hardening*) naik 104% menjadi 54.3HRC. Sebaliknya nilai ketangguhan impact menurun drastis sebelum dikeraskan (*before hardening*) impact 16J dan setelah dikeraskan (*after hardening*) ketangguhan impact menurun 100 % menjadi 8J. Setelah proses *temper* pada temperatur 600°C nilai rata-rata kekerasan menurun sebanding dengan penambahan waktu tahan (*hold time*). Nilai kekerasan turun hingga 44.1% sebesar 30.4HRC dan nilai ketangguhan naik hingga mencapai 518.8 % sebesar 49.5J, pada waktu tahan (*hold time*) selama 2 jam. Pengamatan mikro struktur menampakkan bahwa temper martensit lebih seragam dengan pertambahan waktu penahanan (*hold time*) pada saat temper.

### Ucapan Terima kasih

Penulis sangat berterimakasih sekali kepada Manajemen PT Growth Asia (Foundry) Indonesia yang telah memberikan bahan, peralatan dan tempat sehingga terlaksananya penelitian ini.

### Referensi

ASM Handbook Committee, 1985, Metals Handbook, Volume 9 Edisi 9, Metallography and Microstructures, American Society for Metals International, New York.

ASM Handbook Comittee, 1986, Metal Handbook, Volume 6 Edisi 8, Welding, Brazing and Soldering, American Society for Metals International, New York.

ASM Handbook Committee, 1991, Metals Handbook, Volume 4, Heat Treating, American Society for Metals International, New York.

Babcock, George H., and Wilcox, S., 1978, Steam Its Generation and Use, Thirtyninth Edition, The Babcock & Wilcox Company, USA.

Bala, P., Pacyna, J., and Krawczyk, J., 2007, The kinetics of phase transformations during tempering of low alloy medium carbon steel, International Scientific Journal of the Committee of Materials Science of the Polish Academy of Sciences vol. 28, no. 2. Feb. 2007. pp. 98-104.

Krauss G., 2006, Steel Processing, Structure, and Performance, Ohio

Lee, W.S., and Su, T.T., 1999, Mechanical Properties And Microstructural Features Of Aisi 4340 High-Strength Alloy Steel Under Quenched And Tempered Conditions, Journal of Materials Processing Technology 87 (1999) 198-206.