

PENGARUH PERBEDAAN KONDISI TEMPERING TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN DARI BAJA AISI 4140

Susri Mizhar^{1),2)} dan Suherman³⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Medan, Jln. Gedung Arca No. 52, Medan

²⁾Growth Asia, Medan, Sumatera Utara

³⁾Teknik Mesin, Politeknik Tanjung Balai, Jln. Sei Raja, Tanjung Balai

Abstrak

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui sifat mekanis dan struktur mikro dari baja karbon menengah paduan rendah (*Low Alloy Medium Carbon Steel*) AISI 4140 dengan perbedaan kondisi tempering. 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 0.5 jam, 1 jam dan 2 jam pada temperatur 600°C.

Hasil menunjukkan bahwa sifat mekanis dan struktur mikro sangat dipengaruhi oleh temperatur tempering dan waktu penahanan. 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. Setelah proses temper pada temperatur 600°C nilai rata-rata kekerasan menurun selama peningkatan waktu penahanan pada kondisi temper. Nilai kekerasan turun hingga 44.1% sebesar 30.4 HRC, pada penahanan selama 2 jam. Pengamatan mikrostruktur menampakkan bahwa temper martensit lebih seragam dengan pertambahan waktu penahanan (*hold time*) pada saat temper.

Keywords : AISI 4140, Holding Time, Tempering

1. Pendahuluan

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. Perubahan sifat logam akibat proses perlakuan panas dapat mencakup keseluruhan bagian dari logam atau sebagian dari logam. Penelitian ini

bertujuan untuk menyelidiki perubahan kekerasan dan struktur mikro akibat perbedaan waktu penahanan (*hold time*) pada saat proses tempering pada baja AISI 4140 as bar diameter 42 mm.

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

Ketika membicarakan baja kekuatan tinggi, sebenarnya penentuan untuk

menyatakan defenisi dari perkataan “kekuatan tinggi” sama sekali tergantung pada bagaimana baja tersebut digunakan.

Penggunaan ini cenderung untuk menurunkan menjadi perhitungan dari katagori yang berbeda. Sehingga perbedaan kombinasi dari sifat mekanis yang diperlukan dapat disesuaikan dengan kondisi kerja.

Dalam masing-masing katagori, untuk dapat mengolah sehingga menghasilkan baja yang memiliki kekuatan lebih tinggi harus dilakukan proses manufaktur, teknologi perlakuan panas dan penambahan unsur paduan menjadi pertimbangan. (1)

Ada beberapa pengetahuan struktur dalam baja, seperti ferrite, pearlite, bainite, martensite dan austenite. Masing-masing struktur ini mempunyai sifat mekanik yang sangat berbeda. (2-4)

Oleh karena itu, mungkin 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)

Secara umum *quenching* dan *tempering* terbukti baik untuk menghasilkan kekuatan baja yang dapat dicapai dengan pengendapan dari penyebaran paduan carbide selama *tempering*. (5)

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 temperature 300°C (Woei-Shyan Lee dan Tzay-Tian Su, 1997).

2. 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. Komposisi kimia dapat dilihat pada tabel 1.

3. 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* 0.5 jam, 1 jam dan 2 jam 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.

4. Hasil pengujian dan Analisa

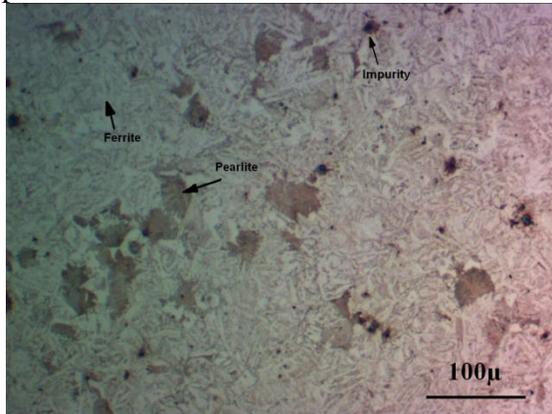
• Komposisi Kimia

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*)

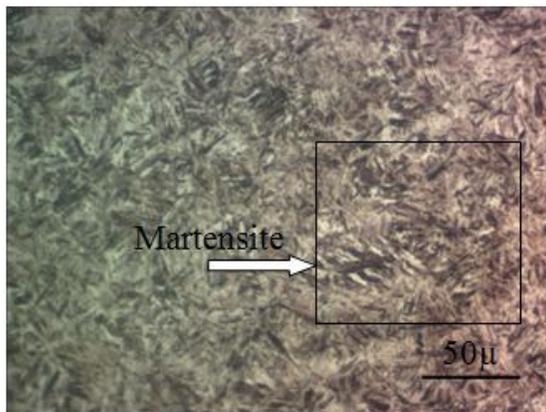
• **Pengamatan Struktur mikro**

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



Gambar 1. Struktur mikro material dasar AISI 4140

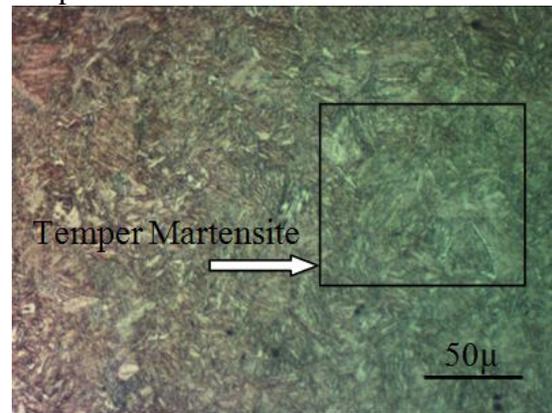
Struktur mikro awal Baja AISI 4140 memiliki fasa pearlite dan fasa ferit seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 2. Struktur mikro AISI 4140 akibat Pengaruh proses *Quench*

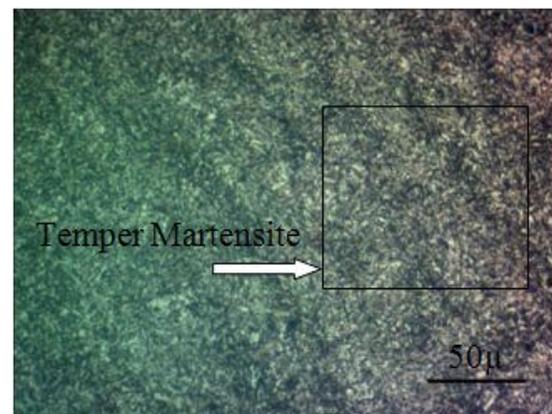
Martensit terbentuk apabila besi austenit didinginkan dengan sangat cepat ke temperatur rendah, sekitar temperatur ambien. Martensit adalah fasa tunggal yang tidak seimbang yang terjadi karena transformasi tanpa difusi dari austenit. Struktur FCC austenit akan berubah menjadi struktur BCT (body centered 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 2 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.



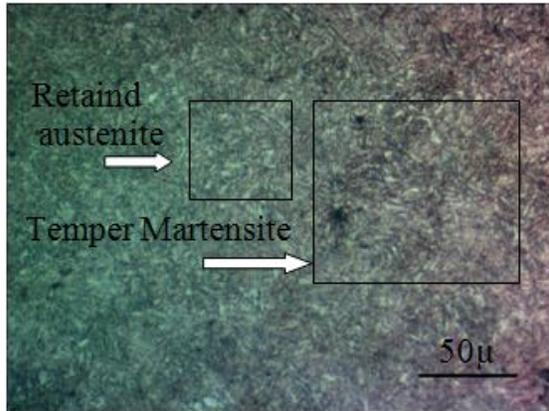
Gambar 3. Struktur mikro AISI 4140 setelah Proses Temper ($600^{\circ}\text{C}/0.5$ jam)

Setelah proses temper pada temperature 600°C lalu ditahan selama 0.5 jam struktur mikro berupa temper martensit, bentuk baru dari martensit, austenite sisa (retained austenite) dan karbida. Telihat pada Gambar 3 temper martensit menyebar merata.



Gambar 4. Struktur mikro AISI 4140 setelah Proses Temper ($600^{\circ}\text{C}/1$ jam)

Penambahan waktu tahan (*hold time*) selama 1 jam pada proses temper tidak terlalu merubah struktur mikro. Terlihat pada Gambar 4. Struktur mikro AISI 4140 setelah Proses Temper ($600^{\circ}\text{C}/1$ jam)



Gambar 5. Struktur mikro AISI 4140 setelah Proses Temper ($600^{\circ}\text{C}/2$ jam)

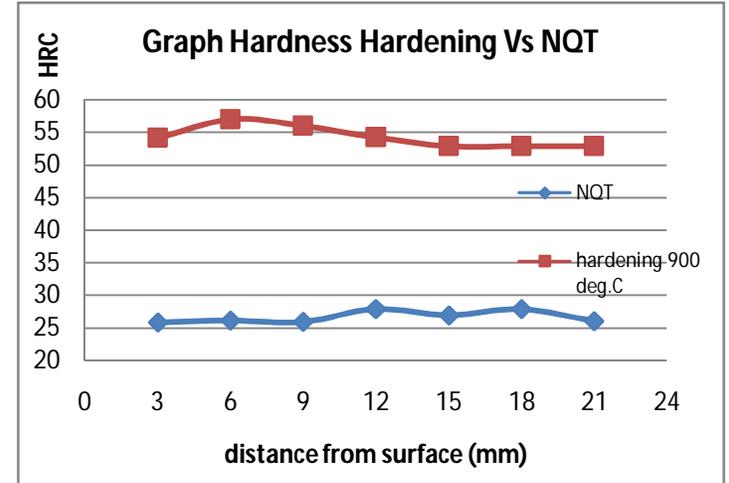
Proses temper pada temperatur 600°C dengan waktu tahan selama 2 jam austenite sisa (retained austenite) terlihat jelas. Gambar 5 memperlihatkan temper martensit lebih seragam dan austenite sisa terlihat putih dengan matrik temper martensit.

• **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 inti dengan jarak 3 mm dapat dilihat pada Gambar 6 yang menunjukkan kenaikan kekerasan secara drastic setelah proses Quench.

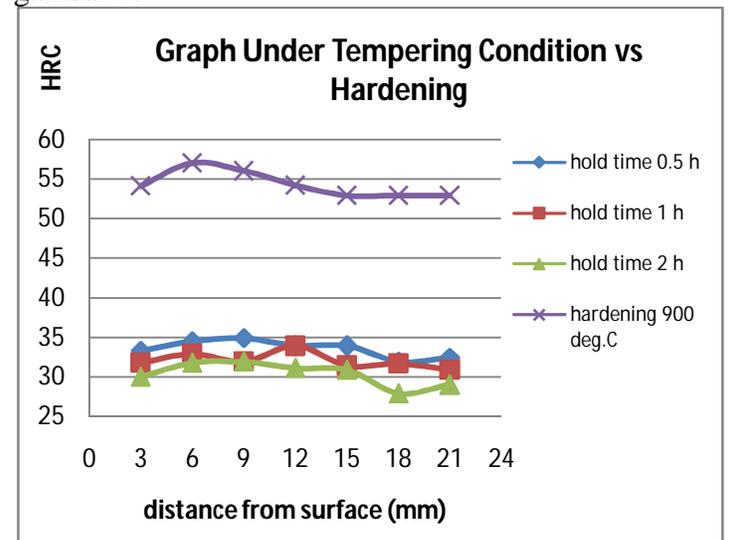
Nilai rata-rata kekerasan as bar meningkat drastis setelah proses *quench* sebelum dikeraskan (*before hardening*) 26.6 HRC dan setelah dikeraskan (*after*

hardening) naik 104 % menjadi 54.3 HRC



Gambar 6. Grafik hasil pengujian kekerasan akibat Pengaruh proses Quench.

Hal ini disebabkan terjadinya perubahan struktur mikro dari ferrite dan pearlite terlihat pada Gambar 1 menjadi martensite seperti yang terlihat pada gambar 2.



Gambar 7. Grafik Pengaruh proses temper dan perbedaan waktu tahan (*hold time*) pada kondisi tempering terhadap kekerasan

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°C dengan perbedaan waktu penahanan (*holding time*) berturut-turut 0.5 jam, 1 jam dan 2 jam maka nilai kekerasannya menurun menjadi 33.8HRC, 32HRC dan 30.5 HRC. Hal ini disebabkan karena terjadi perubahan martensit menjadi fase temper martensit, austenit sisa dan karbida.

• Kesimpulan

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. Setelah proses temper pada temperatur 600°C nilai rata-rata kekerasan menurun selama peningkatan waktu penahanan pada kondisi temper. Nilai kekerasan turun hingga 44.1% sebesar 30.4 HRC, pada penahanan selama 2 jam. Pengamatan mikrostruktur menampakkan bahwa temper martensit lebih seragam dengan penambahan waktu penahanan (*hold time*) pada saat temper.

• Ucapan terimakasih

Penulis berterimakasih kepada manajemen PT Growth Asia Indonesia yang telah memberi kesempatan, alat dan bahan sehingga terlaksananya penelitian ini.

• Daftar Pustaka

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

ASM Handbook Committee, 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*, Thirtiyninth 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,

Reed-Hill, R.E., and Abbaschian, R.J., 1991, *Physical Metalurgy Principles*,

The Third edition, PWS-Kent
Publishing Company, Boston.

Van Rooyen, G.T., 1986, *The
Embrittlement Of Hardened, Tempered
Low-Alloy Steel By Strain Aging*, Journal
of The South African Institute of Mining
And Metallurgy, vol. 86, no. 2. Feb.
1986. pp. 67-72.