

PENGARUH PROSES *HARDENING TEMPERING* TERHADAP KEKERASAN, STRUKTUR MIKRO DAN IMPAK PADA BAJA PADUAN RENDAH

Moch Chamim^{1*}, Haikal¹, Fatimah NH¹, Ardika¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi “Warga” Surakarta, Indonesia

ABSTRAK

Baja paduan rendah banyak digunakan untuk material khusus salah satunya material tahan abrasif. Ketahanan abrasif didapatkan dari nilai kekerasan yang tinggi. Meningkatnya kekerasan akan mengakibatkan kerugian karena cenderung rapuh sehingga perlu proses lanjutan yaitu temper. Penelitian ini dilakukan dengan cara memanaskan spesimen pada temperatur austenit 800°C dan 850°C dengan *holding* 15 menit kemudian didinginkan dengan media oli dan ditemper pada temperatur 300°C dengan *holding* 15menit didinginkan pada udara terbuka. Pada spesimen yang telah mengalami pemanasan dan pendinginan tersebut kemudian dilakukan pengujian Kekerasan, Impak dan struktur mikro untuk mengetahui perubahan sifat dari baja paduan rendah. Hasil pengujian terlihat susunan martensit temper dan jaringan krom karbida sebelum adanya proses perlakuan panas. Martensit temper memiliki kekuatan akan tetapi ada sedikit keuletan didalamnya karena hasil proses *tempering*. Karbida krom memiliki sifat sangat keras yang terbentuk setelah proses *quenching* bertujuan untuk mempertahankan kekuatan material. setelah proses perlakuan panas, material paduan akan berubah sifat fisik dan mekaniknya. Nilai kekerasan sangat berpengaruh terhadap penyerapan energi. Kekerasan semakin tinggi akan menurunkan nilai penyerapan energi.

Kata kunci : *baja paduan rendah; impak; kekerasan; metalografi; temper*

ABSTRACT

Low alloy steel is widely used for special materials, one of which is abrasive resistance. Abrasive resistance is obtained from high hardness values. Increased violence will result in losses because it tends to be brittle so it needs further processing, namely tempering. This research was conducted by heating the specimens at an austenite temperature of 800 ° C and 850 ° C with holding for 15 minutes then cooled with oil media and tempered at a temperature of 300 ° C with holding 15 minutes cooled in open air. The specimens that have undergone heating and cooling are then tested for hardness, impact and microstructure to determine changes in the properties of low alloy steels. The test results show the composition of the martensite and chromium carbide network before the heat treatment process. The chromium carbide dissolves after the heat treatment process. The value of hardness greatly affects energy absorption.

Keywords : *low alloy steel, impact, hardness, metallography, tempering*

1. PENDAHULUAN

Struktur dan paduan logam merupakan faktor yang menentukan dari susunan mikro baja yang mempengaruhi sifat logam. Untuk mendapatkan struktur mikro yang baik dengan memperbaiki sifat logam dapat diupayakan melalui proses perlakuan panas. Perlakuan panas (*Heat Treatment*) merupakan proses pemanasan dan pendinginan logam dalam keadaan padat

untuk mengubah sifat mekanis logam. Untuk melakukan perlakuan panas yang tepat, susunan kimia baja harus diketahui karena pada proses ini terjadi perubahan komposisi kimia terutama unsur karbon yang mempengaruhi sifat fisis logam. Besi dan baja memiliki sifat yang bervariasi, dari yang paling lunak dan mudah dibentuk sampai yang paling keras.

Perlakuan panas pada baja AISI 440 menghasilkan martensit dan *retained martensite*

* Penulis korespondensi

Email: mchamim1@gmail.com

Diterima 09 Desember 2020; Penerimaan hasil revisi 18 Januari 2021; Disetujui 25 Januari 2021

Tersedia online Maret 2021

AME (Aplikasi Mekanika dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin © 2021

[1]. Penelitian lain perlakuan panas baja dengan kandungan Mn 5,42 % pada tempering suhu *intercritical* pada 625° C dan 665° C, ketangguhan impak meningkat dibandingkan dengan tempering pada 570 ° C [2]. Penelitian lain perlakuan panas baja paduan tinggi sangat berpengaruh pada perubahan struktur mikro khususnya fasa martensit yang dibentuk oleh pengendapan elemen krom sebagai pembentuk karbida [3]–[5].

Dislokasi butiran dan mekanisme deformasi fase yang dipengaruhi proses temper disebabkan redistribusi kandungan C dalam butir. Proses temper mengakibatkan difusi karbon dari martensit ke austenit yang tertahan dan memebentuk nano karbida dalam matriks martensit sehingga nilai kekeasan martensit turun [6]. Material *spring* memiliki kekakuan sehingga proses temper yang bertujuan untuk mendapatkan ketangguhan akan tetapi tidak mengurangi kekakuan yang diakibatkan nilai kekerasan [7].

Penelitian yang dilakukan Ali dkk (2019) tentang karakteristik karbida dengan menggunakan *scanning electron microscopy* pada karbon yang diekstraksi terlihat martensit temper dengan jumlah fraksi kecil muncul dari endapan austenit yang tertahan [8]. Proses karakteristik juga dilakukan oleh Jiang (2018) pada material baja 2.25Cr-1Mo-0.25V dengan proses *forging* berisi *granular bainite* yang terdiri dari ferit bainitik dan butiran martensit seperti pulau berwarna kuning dan *retained austenite* [9].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh proses temper terhadap baja paduan rendah produksi lokal dilihat dari sifat mekanis dan sifat fisik. Produk lokal yang telah dilakukan riset mengalami kegagalan dengan hasil material yang sangat getas. Produk akan digunakan sebagai material part alat berat dimana membutuhkan ketangguhan dan kekuatan yang seimbang dengan memodifikasi kandungan kimia dan proses perlakuan panasnya.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Material dan Proses *Heat Treatment*

Material yang digunakan adalah baja dengan kandungan karbon yang rendah sekitar 0,283 % seperti di Tabel 1. Elemen lain yaitu Cr (krom) dan Ni (Nikel) memiliki kandungan 2,085 % dan 3,751 %. Tujuan meningkatkan Cr untuk

meningkatkan kekuatan dan Ni sebagai penstabil austenit sehingga menghindari keretakan.

Proses *heat treatment* seperti Gambar 1 dengan temperatur 800° C (Spesimen 1) dan 850° C (Spesimen 2) ditahan selama 15 menit kemudian material di-*quench* menggunakan oli (Gambar 2). Selanjutnya, seluruh material dimasukkan lagi ke *electric furnace* untuk *tempering* dengan temperatur 300°C ditahan selama 15 menit.

Tabel 1. Komposisi Kimia Raw material

Elemen	Berat (%)
Karbon	0.238
Silikon	0.166
Mangan	1.318
Fosfor	0.020
Sulfur	0.0046
Krom	2.085
Nikel	3.751
Molibdenum	0.54

2.2 Metode Pengujian

2.2.1 Pengujian Impak

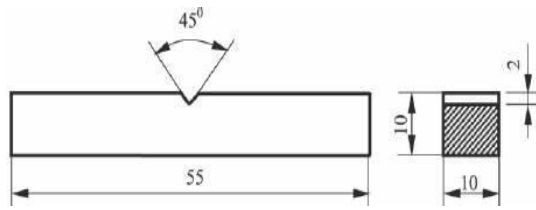
Raw material awal berbentuk balok-balok ukuran 210 mm x 60 mm dan dipotong menggunakan mesin cutting sebanyak 6 buah. Melalui proses permesinan material dibuat sampai dengan ukuran 55 mm x 10 mm x 10 mm menjadi spesimen dan membuat alur V dengan ukuran 2mmx2mm dibagian tengah-tengah spesimen sesuai standar ASTM E23.



Gambar 1. Proses *Heat Treatment* didalam *electric furnace*



Gambar 2. Proses *quench* dalam bak oli



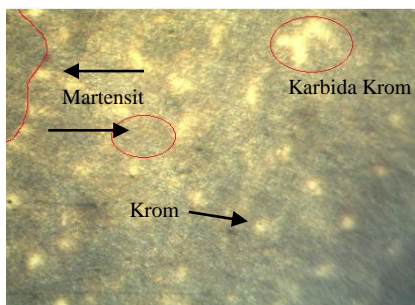
Gambar 3. Spesimen Uji Impak

2.2.2 Pengujian Kekerasan dan Struktur Mikro

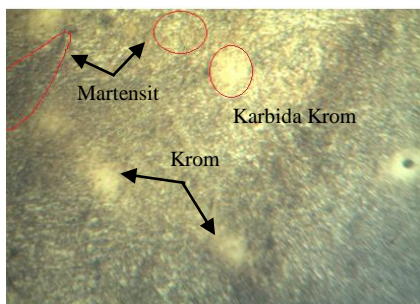
Pengujian kekerasan dan struktur mikro menggunakan bagian dari material uji impak. Setelah diuji impak, spesimen dihaluskan menggunakan *sand paper* grade 100-1000. Pengujian kekerasan menggunakan metode Vickers dengan beban 9,8 N penahan 20 detik. Data yang diambil untuk uji kekerasan sebanyak 3 titik lokasi secara acak kemudian hasilnya dirata-rata. Gambar struktur mikro diambil dengan perbesaran 200X dan 500X. Sebelum proses pengambilan gambar Struktur mikro permukaan spesimen di-tsa menggunakan Nital yaitu campran alkohol 20 ml dan HnO3.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

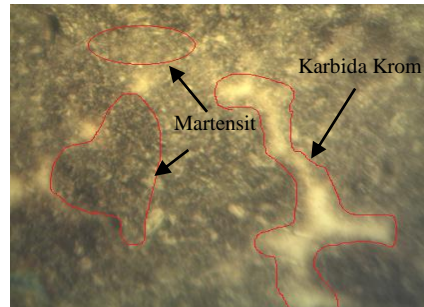
3.1 Pengaruh Krom pada Struktur Mikro



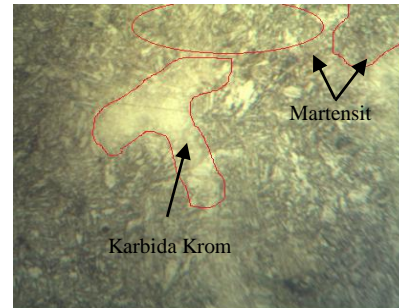
Gambar 4. Raw Material Perbesaran 200X



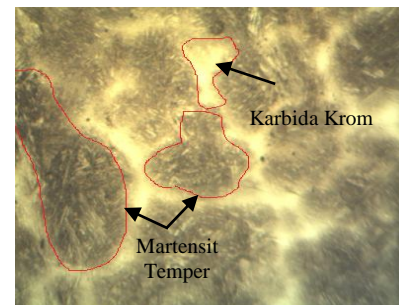
Gambar 5. Raw Material Perbesaran 500X



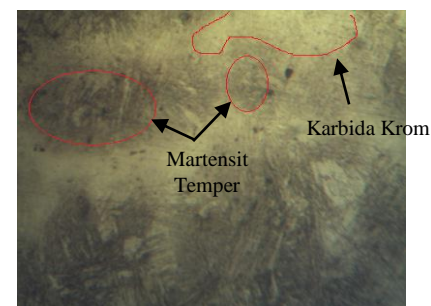
Gambar 6. Spesimen 1 Perbesaran 200X



Gambar 7. Spesimen 1 Perbesaran 500X



Gambar 8. Spesimen 2 Perbesaran 200X



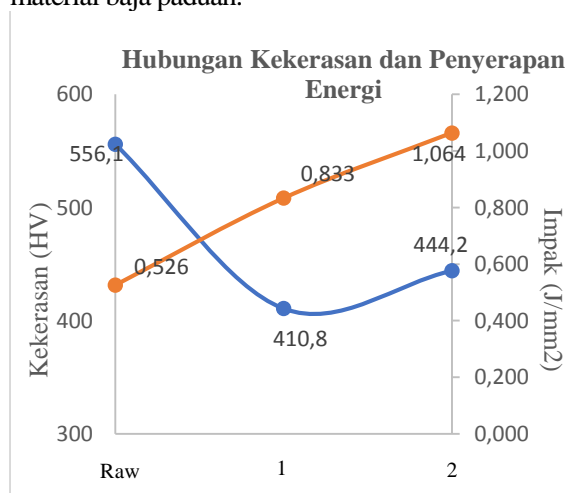
Gambar 9. Spesimen 2 Perbesaran 500X

Krom terlihat menyebar diseluruh Raw material dengan membentuk seperti dot atau titik seperti Gambar 4 dan Gambar 5. Saat proses solidifikasi, ada beberapa elemen krom bersatu dengan karbon membentuk karbida krom karena pendinginan lambat. Spesimen 1 mengalami peningkatan jaringan karbida karena pengaruh *heat treatment*. Saat masuk temperatur austenit, krom larut membentuk jaringan karbida krom yang besar dan beberapa jaringan martensit

sangat terlihat kasar seperti Gambar 6. dan Gambar 7. Jaringan krom karbida terbentuk dengan meningkatnya suhu austenit hasil proses *heat treatment* spesimen 2. Karbida krom sangat besar membentuk sebuah koloni. Ada hal yang menarik seiring meningkatnya suhu austenit dimana terdapat martensit temper didalam koloni karbida krom seperti Gambar 8 dan Gambar 9. Propertis martensit temper sangat bagus karena memiliki kekuatan dan juga ketangguhan.

3.2 Hubungan Penyerapan Energi dengan kekerasan

Hubungan kekerasan dan penyerapan energi material sangat penting dalam penelitian ini. Hasil pengujian kekerasan disandingkan dengan hasil uji impak sangat menarik untuk dibahas seperti pada Gambar 10. Nilai kekerasan tertinggi terdapat di raw material sebesar 556,1 HV akan tetapi penyerapan energi sangat rendah sebesar 0,526 J/mm². Hal ini disebabkan oleh sifat getas dari nilai kekerasan tinggi sehingga keuletan berkurang. Spesimen 1 mengalami penurunan nilai kekerasan sebesar 410,8 HV karena pengaruh proses temper setelah *quenching*. Penyerapan energi di spesimen ini sebesar 0,833 J/mm². Kekerasan specimen 2 meningkat sebesar 444,2 HV karena banyak jaringan karbida krom terbentuk. Hal yang menarik di spesimen 2 adalah nilai penyerapan energi yang paling tinggi diantara dua spesimen yang lain padahal nilai kekerasan meningkat dibandingkan spesimen 1. Munculnya martensit temper menyebabkan sedikitnya kekerasan akan tetapi memiliki ketangguhan. Sifat martensit temper sangat membantu peningkatan propertis material baja paduan.



Gambar 10. Grafik hubungan kekerasan dengan nilai penyerapan energi impak

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil perlakuan panas material baja paduan rendah produksi lokal dapat disimpulkan:

- Material hasil produk *casting* (pegecoran logam) tidak bisa langsung digunakan karena memiliki sifat yang masih buruk yaitu kekerasan tinggi dan cenderung getas
- Proses *heat treatment* menggunakan suhu austenit bisa melarutkan kandungan krom menjadi fasa baru karbida krom dalam bentuk jaringan.
- Proses temper akan membuat nilai kekerasan material turun dan meningkatkan keuletan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih untuk LPPM Sekolah Tinggi Teknologi “Warga” Surakarta atas pembiayaan melalui program penelitian lokal.

REFERENSI

- [1] R. Subbiah, K. Lokesh, S. K. Singh, S. Chatterjee, and D. Eswaraiah, “ScienceDirect Investigation on Microstructure and Mechanical Properties of Treated AISI 440 Steel by Tempering Process -A Review,” *Mater. Today Proc.*, vol. 18, pp. 2802–2805, 2019, doi: 10.1016/j.matpr.2019.07.146.
- [2] C. Sun, S. L. Liu, R. D. K. Misra, Q. Li, and D. H. Li, “Materials Science & Engineering A Influence of intercritical tempering temperature on impact toughness of a quenched and tempered medium-Mn steel : Intercritical tempering versus traditional tempering,” vol. 711, no. September 2017, pp. 484–491, 2018, doi: 10.1016/j.msea.2017.11.072.
- [3] J. Zhu, Z. Zhang, and J. Xie, “Materials Science & Engineering A Improving strength and ductility of H13 die steel by pre-tempering treatment and its mechanism,” *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 752, no. March, pp. 101–114, 2019, doi: 10.1016/j.msea.2019.02.085.
- [4] Y. Zhang, D. Zhan, X. Qi, and Z. Jiang, “Journal of Materials Science & Technology Effect of tempering temperature on the microstructure and properties of ultrahigh-strength stainless steel,” *J. Mater. Sci. Technol.*, vol. 35, no. 7, pp. 1240–1249, 2019, doi:

- 10.1016/j.jmst.2019.01.009.
- [5] S. S. M. Tavares, R. P. C. Cunha, C. Barbosa, and J. L. M. Andia, "Temper embrittlement of 9 % Ni low carbon steel," *Eng. Fail. Anal.*, vol. 96, no. October 2018, pp. 538–542, 2019, doi: 10.1016/j.engfailanal.2018.11.011.
- [6] R. Hossain, F. Pahlevani, and V. Sahajwalla, "Materials Characterization Stability of retained austenite in high carbon steel – Effect of post-tempering heat treatment," *Mater. Charact.*, vol. 149, no. November 2018, pp. 239–247, 2019, doi: 10.1016/j.matchar.2019.01.034.
- [7] Y. G. Chabak, V. L. Gresha, and M. V Pomazkov, "Author's Accepted Manuscript," 2018, doi: 10.1016/j.msea.2018.12.106.
- [8] M. Ali, D. Porter, J. Kömi, M. Eissa, and H. El, "Materials Science & Engineering A The effect of double austenitization and quenching on the microstructure and mechanical properties of CrNiMoWMnV ultrahigh-strength steels after low-temperature tempering," *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 763, no. April, p. 138169, 2019, doi: 10.1016/j.msea.2019.138169.
- [9] Z. Jiang, P. Wang, D. Li, and Y. Li, "Author's Accepted Manuscript," *Mater. Sci. Eng. A*, pp. 0–35, 2018, doi: 10.1016/j.msea.2018.11.014.