



Research Article

Pengaruh Laju Pendingin Pada Proses *Heat Treatment* Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja Karbon S45C

Margono^{1,*}, Bambang Hari Priyambodo¹, Kacuk Cikal Nugroho¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Warga Surakarta

Email: margono@sttw.ac.id, bambanghp@sttw.ac.id, cikal@sttw.ac.id

*Corresponding author: margono@sttw.ac.id

Article History:

Online first:

31 July 2021

Keywords: heat treatment, cooling rate, hardness, microstructure

Kata Kunci: perlakuan panas, laju pendingin, kekerasan, struktur mikro

ABSTRACT

A simple modification process was introduced to investigate the effect of cooling rate on the microstructure and mechanical properties of medium carbon steels. Carbon steel is being formed and heated in a furnace at 850 °C for 30 minutes and cooled using different cooling rates, namely: quenching, normalizing, and annealing. The results showed that the hardness of S45C carbon steel using quenching was higher than normalizing and annealing. The hardness values obtained from S45C carbon steel after the heat treatment process by quenching, normalizing, and annealing are 674 HV, 208 HV, and 150 HV. The hardness of the specimen after being heat treated by quenching has increased by about 31.6% compared to that of the raw material, which is 213 HV. The resulting microstructure on the surface of the specimen after being heat treated by quenching underwent a deformation of the ferrite structure into pearlite and martensite.

ABSTRAK

Penelitian Proses modifikasi sederhana diperkenalkan untuk menyelidiki pengaruh laju pendinginan terhadap struktur mikro dan sifat mekanik dari baja karbon sedang. Baja karbon sedang dibentuk dan dipanaskan dalam tungku pada suhu 850 °C selama 30 menit dan didinginkan menggunakan laju pendinginan yang berbeda, yaitu: quenching, normalizing dan annealing. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekerasan baja karbon S45C menggunakan pendinginan quenching lebih tinggi dibandingkan normalizing dan annealing. Nilai kekerasan yang diperoleh dari baja karbon S45C setelah dilakukan proses perlakuan panas dengan quenching, normalizing, dan annealing yaitu 674 HV, 208 HV dan 150 HV. Kekerasan spesimen setelah diberi perlakuan panas dengan pendinginan quenching mengalami peningkatan sekitar 31,6% dibandingkan dengan raw material yaitu 213 HV. Struktur mikro yang dihasilkan pada permukaan spesimen setelah

diberi perlakuan panas dengan pendinginan quenching mengalami deformasi struktur ferrit menjadi pearlit dan martensit.

PENDAHULUAN

Saat ini perkembangan teknologi pada industri manufaktur semakin berkembang. Beberapa produksi dengan bahan baja sebagai bahan baku banyak digunakan untuk alat-alat perkakas dan komponen-komponen otomotif seperti roda gigi, poros dan komponen lainnya yang memerlukan kekerasan tinggi. Baja karbon digunakan dalam berbagai aplikasi karena mampu menghasilkan sifat – sifat mekanik yang baik dengan pengaruh parameter yang menarik seperti komposisi paduan, suhu, laju pendinginan, dan perlakuan panas [1].

Perlakuan panas adalah proses peningkatan sifat-sifat mekanik yang berhubungan dengan pemanasan dan pendinginan logam dalam keadaan padat. Tujuan dari perlakuan panas adalah untuk memberikan sifat tertentu pada logam [1]. Perlakuan panas pada baja melalui proses gabungan antara pemanasan dan pendinginan yang terkontrol [2]–[4]. Proses pendinginan dapat dicapai dengan membiarkan material yang dipanaskan mendingin secara perlahan di bawah udara alami atau dengan mencelupkannya ke dalam pendinginan [5]. Perlakuan panas yang sering digunakan untuk memodifikasi struktur mikro dan sifat mekanik bahan rekayasa khususnya baja adalah *annealing*, *normalizing*, *hardening* dan *tempering* [6]. Material yang diberi perlakuan panas mengalami perubahan fase, mikrostruktur dan kristalografi [7][8]. Perlakuan panas juga dapat meningkatkan sifat mekanik baja seperti kekerasan, kekuatan luluh, kekuatan tarik, keuletan, dan ketahanan benturan [9]. Saat ini banyak penelitian untuk meningkatkan kekuatan dan kekerasan pada baja karbon dengan mekanisme perubahan fasa yaitu martensit [10]. Di mana, fasa martensit dapat dibentuk melalui quenching [11]. Struktur mikro martensitik keras berkembang selama quenching air yang memberikan peningkatan kekuatan dan ketangguhan [12]. Perubahan fasa martensit merupakan masa pergeseran dari fasa austenit [13].

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sifat mekanik dan mikrostruktur baja karbon sedang yang mengalami perlakuan panas dengan laju pendinginan menggunakan *quenching*, *normalizing* dan *annealing*. Alasan pentingnya adalah karena bahan ini kuat, ulet, dan murah dengan sifat pengecoran, pengerjaan, dan pemesinan. Selain itu, juga dapat menerima perlakuan panas untuk menghasilkan berbagai sifat.

METODE PENELITIAN

Spesimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon S45C berbentuk batang diameter 20 mm dengan tebal 100 mm. Permukaan dihaluskan dengan kertas amplas dibantu alat orbital sander dengan amplas ukuran 400, 600, 800, 1000, dan 2000. Setelah dihaluskan dengan amplas, selanjutnya spesimen difinishing menggunakan autosol metal polish untuk menghilangkan goresan dan membuat permukaan spesimen lebih halus. Spesimen uji baja karbon S45C yang sudah preparasi ditunjukkan pada Gambar 1. Spesimen dipanaskan dalam tungku sampai temperatur 850 °C dan ditahan selama 30 menit. Selanjutnya, proses quenching dilakukan dengan mencelupkan spesimen uji ke dalam air. Proses normalizing, spesimen uji dikeluarkan dari tungku dan dibiarkan dalam suhu ruangan (temperatur 29 °C) sampai sampel uji mencapai temperatur kamar. Sedangkan, proses annealing spesimen uji dibiarkan di dalam tungku sampai mencapai suhu kamar.

Pengujian kekerasan menggunakan standar ASTM E92 dengan pemberian beban 0,49 N selama 10 detik [14]. Preparasi spesimen uji struktur mikro dilakukan proses polishing dengan autosol untuk menghaluskan permukaan. Spesimen yang sudah halus dilakukan proses etsa menggunakan larutan 1 ml HNO₃ dan 20 ml alkohol. Permukaan spesimen diamati dengan

menggunakan foto mikroskop optik yang dihubungkan dengan komputer. Pengujian stuktur mikro dilakukan untuk mengetahui perubahan kondisi struktur mikro pada permukaan baja karbon S45C yang terbentuk setelah dilakukan pendinginan secara cepat pada proses perlakuan panas.



Gambar 1. Spesimen baja karbon sedang tipe S45C

HASIL DAN DISKUSI

Hasil Komposisi Baja S45C

Sifat mekanik suatu bahan dapat ditentukan berdasarkan komposisi kimia yang terkandung di dalam suatu bahan. Uji spektroskopi dilakukan untuk mengetahui komposisi permukaan S45C. Kandungan zat bahan ini juga dapat dijadikan sebagai parameter acuan untuk mengetahui sifat material. Dari pengujian di dapatkan data sebagai berikut. Dapat dilihat pada Tabel 1.

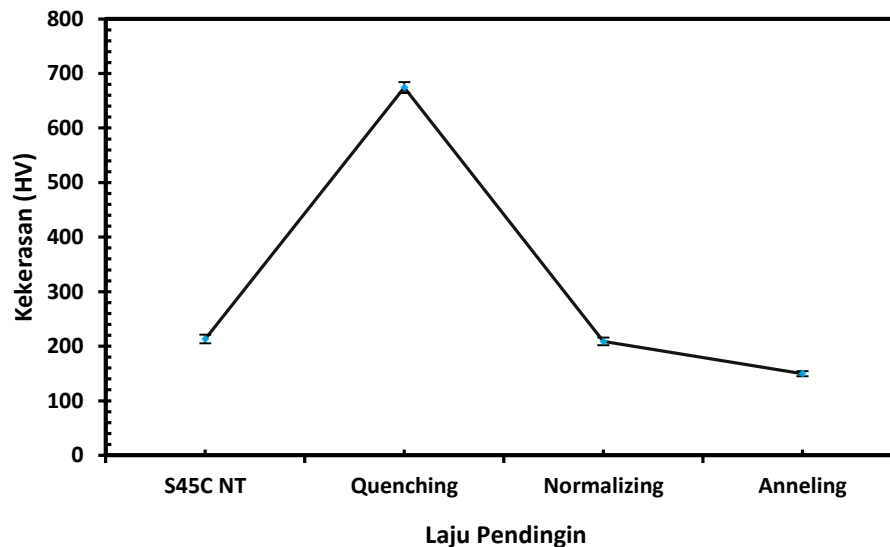
Tabel 1. Hasil Komposisi

Unsur	(%)
Fe	98,40
C	0,481
Si	0,223
Mn	0,498
P	<0,0100
S	<0,0100
Cr	0,297
Mo	0,020
Ni	<0,0100
Cu	0,010
Al	0,080
Co	<0,0050
Mg	<0,0050
Nb	0,021
Ti	0,0057

V	<0,0050
W	<0,100

Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan sebelum dan sesudah pada spesimen yang diberi perlakuan panas dengan suhu 850 °C serta didinginkan menggunakan laju pendingin *quenching*, *normalizing*, dan *annealing*. Pengukuran kekerasan material sebelum dan sesudah diberi perlakuan dengan alat uji jenis microhardness dengan metode *Vickers*. Nilai kekerasan rata - rata untuk setiap kondisi disajikan pada gambar 2.

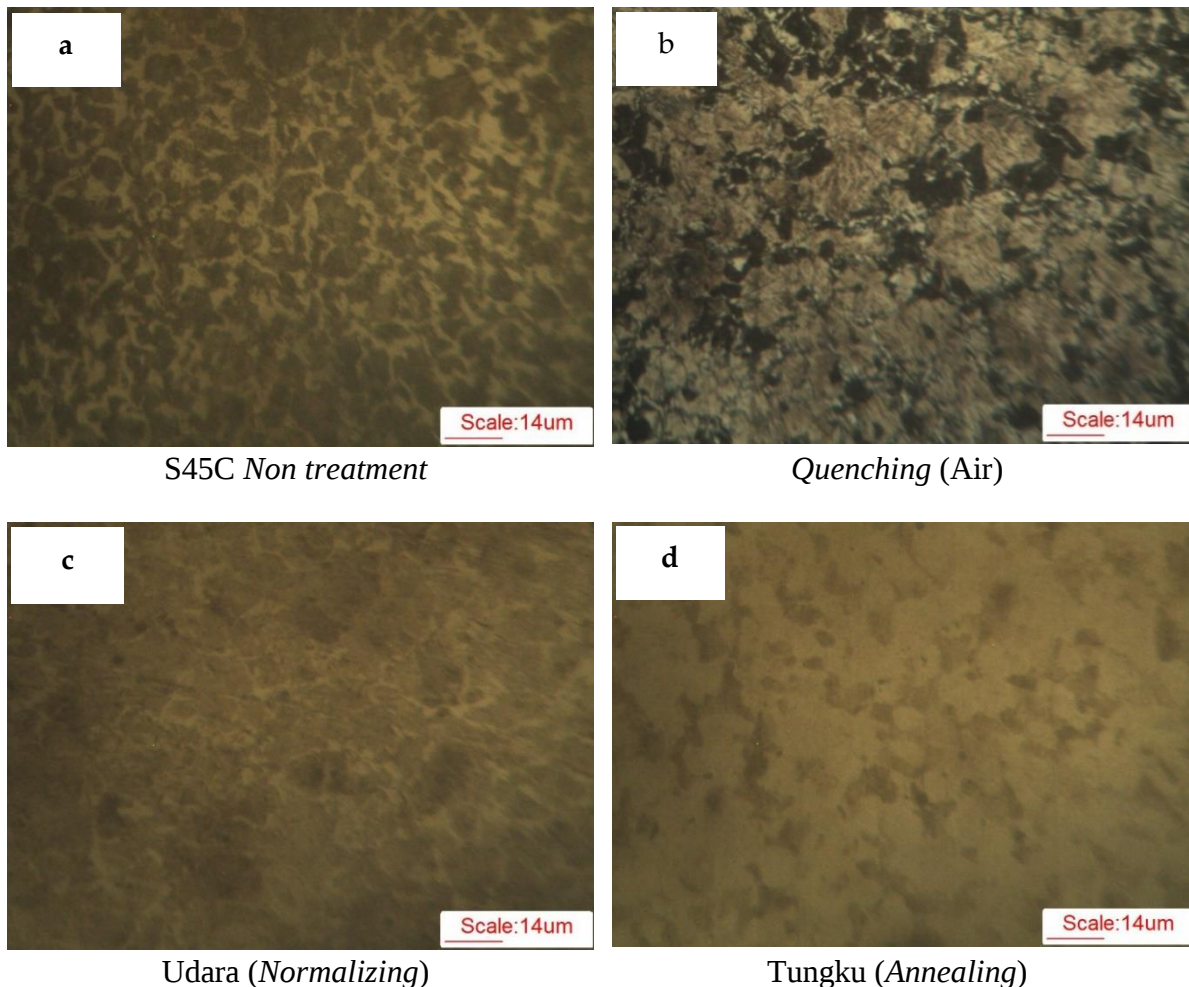


Gambar 2. Nilai kekerasan sebelum dan sesudah proses perlakuan panas dengan perbedaan laju pendingin pada S45C

Gambar 2. ditemukan bahwa kekerasan baja karbon dengan laju pendingin menggunakan *quenching* memiliki kekerasan lebih tinggi sebesar 674 HV daripada raw material, *normalizing* dan *annealing* sebesar 213 HV, 208 HV, dan 150 HV berturut- turut. Pemanasan sampel uji pada 850 °C selama 30 menit dan pendinginan cepat menggunakan *quenching* telah menghasilkan struktur martensit dalam baja (lihat dalam Gambar 4b), sehingga menghasilkan baja yang keras. Struktur martensit memiliki kekerasan yang lebih tinggi karena efektivitas karbon interstisial dalam menghambat gerakan dislokasi [15].

Struktur Mikro

Hasil pengamatan mikro melalui mikroskop menunjukkan bahwa material uji sebelum diberi perlakuan panas memiliki buiran struktur ferrit yang berwarna putih dengan jumlah besar dan sedikit pearlit yang berwarna kehitaman seperti diperlihatkan dalam gambar 3a. Adanya struktur ferrit tersebut dalam baja yang menyebabkan sifat mekanik baja menjadi rendah (lunak).



Gambar 3. Struktur mikro dari material baja karbon sedang (S45C) sebelum dan sesudah diproses perlakuan panas dengan *Quenching*, *Normalizing* dan *Annealing*.

Setelah diberi perlakuan panas pada temperatur 850 °C dan ditahan selama 30 menit, lalu didinginkan dengan media pendinginan yang berbeda. Perbedaan media pendinginan telah memberikan perubahan mikrostruktur. Pada material dengan laju pendingin menggunakan *quenching*, struktur mikro menunjukkan adanya struktur martensit, sementit dan pearlit dengan batas butir terlihat lebih besar yang ditunjukkan pada Gambar 3b. Pembentukan struktur martensit melalui *quenching* [11]. Dimana, struktur martensit merupakan pergeseran dari fasa austenit [13]. Perubahan struktur martensit pada material uji yang menyebabkan kekerasan baja meningkat. Pendinginan di dalam tungku (*annealing*) dan udara bebas (*normalizing*) menghasilkan struktur ferrit, pearlit dan sementit, terlihat ukurannya lebih besar dengan batas butir lebih halus daripada S45C Non treatment dan *Quenching* ditunjukkan pada Gambar 3a dan 3b. Banyak peneliti membuktikan bahwa jika waktu penahanan meningkat, maka diameter butir juga akan meningkat [16][13].

KESIMPULAN

Hasil uji kekerasan pada baja karbon S45C, sampel raw material sebesar 213 HV, Pada laju pendinginan *quenching* sebesar 674 HV, *normalizing* sebesar 208 HV dan *annealing* sebesar 150 HV. Kekerasan baja menggunakan proses *quenching* lebih tinggi dibandingkan dengan laju pendingin lainnya. Perlakuan panas (heat treatment) dari sampel baja pada temperatur 850 °C selama 30 menit dengan laju pendinginan yang berbeda memberikan efek perubahan

struktur mikro dari baja. Hasil pengamatan struktur mikro sebelum diberi perlakuan panas menghasilkan butir-butir ferrit dan pearlit dan setelah dikenakan perlakuan panas dengan proses quenching menghasilkan butir-butir martensit dan sementit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Sekolah Tinggi Teknologi “Warga” Surakarta yang telah memberikan fasilitas dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] O. O. Agboola *et al.*, “Optimization of heat treatment parameters of medium carbon steel quenched in different media using Taguchi method and grey relational analysis,” *Heliyon*, vol. 6, no. e04444, 2020.
- [2] A. A. Adeleke, P. P. Ikubanni, T. A. Orhadahwe, J. O. Aweda, J. K. Odusote, and O. O. Agboola, “Microstructural assessment of AISI 1021 steel under rapid cyclic heat treatment process,” *Results Eng.*, vol. 4, p. 100044, 2019.
- [3] A. A. Adeleke, P. Ikubanni, A. A. Adediran, A. Olayinka, and O. Aran, “Tensile strength and micro-structural behavior of medium carbon steel quenched in some selected media,” *IJCIET*, vol. 9, no. 10, pp. 2148–2156, 2018.
- [4] I. O. Aweda, J.O., Orhadahwe, T.A. and Ohijeagbon, “Rapid Cyclic Heating of Mild Steel and its Effects on Microstructure and Mechanical properties Rapid Cyclic Heating of Mild Steel and its Effects on Microstructure and Mechanical properties,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 413, 2018.
- [5] P. Pelumi, A. Adesoji, A. Akanni, K. Rasaq, and O. Oluwole, “Mechanical Properties Improvement Evaluation of Medium Carbon Steels Quenched in Different Media,” vol. 32, pp. 1–10, 2017.
- [6] B. C. Kandpal *et al.*, “Effect of heat treatment on properties and microstructure of steels,” *Mater. Today Proc.*, vol. xxx, no. xxxx, p. xxx, 2020.
- [7] V. Sreeja, P. Dinesh, and S. B. Patil, “Study of Mechanical Properties of Steel Quenched in a Blend of Biodegradable Oils with Quench Accelerators,” *IJLTEMAS*, vol. 5, no. 5, pp. 20–24, 2016.
- [8] F. X. Ding, L. F. Lan, Y. J. Yu, and M. K. Man, “Experimental study of the effect of a slow-cooling heat treatment on the mechanical properties of high strength steels,” vol. 241, 2020.
- [9] O. O. Agboola *et al.*, “Optimization of heat treatment parameters of medium carbon steel quenched in different media using Taguchi method and grey relational analysis,” *Heliyon*, vol. 6, no. July, p. e04444, 2020.
- [10] Y. C. Lin, S. W. Wang, and T. M. Chen, “A study on the wear behavior of hardened medium carbon steel,” *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 120, no. July 2000, pp. 126–132, 2002.
- [11] V. Javaheri, O. Haiko, S. Sadeghpour, K. Valtonen, J. Komia, and D. Porter, “On the role of grain size on slurry erosion behavior of a novel medium-carbon, low-alloy pipeline steel after induction hardening,” *Wear*, vol. xxx, no. xxxx, p. xxx, 2021.
- [12] A. Mukhopadhyay, S. De, R. R. Kumar, V. K. Suman, B. Kumar, and M. Das, “Tribological studies of aqueous poly quenched medium carbon steel,” *Mater. Today Proc.*, vol. 22, pp. 1610–1616, 2020.
- [13] Z. Babasafari, A. V Pan, F. Pahlevani, R. Hossain, and V. Sahajwalla, “Effects of austenizing temperature, cooling rate and isothermal temperature on overall phase transformation characteristics in high carbon steel,” *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 9, no. 6, pp. 15286–15297, 2020.

- [14] ASTM, *Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials 1*, vol. 82, no. Reapproved 1997. 2000.
- [15] A. Prof and Z. D. Kadhim, "Effect of Quenching Media on Mechanical Properties for Medium Carbon Steel," *J. Eng. Res. Appl.*, vol. 6, no. 8, pp. 26–34, 2016.
- [16] D. K. M. Joydeep Maity, "Isothermal Grain Growth of Austenite in Hypoeutectoid and Hypereutectoid Plain Carbon Steels," *J. IRON STEEL Res.*, vol. 17, no. 7, pp. 38–43, 2010.