

Pengaruh Variasi Temperatur Pemanasan *Hardening* Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja S45C

Syahrul Rifa'i¹, Ali Achmadi²

^{1,2,3*}Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe

E-mail: ^{*}senator@gmail.com, ² rifaisyahrul23@gmail.com

ABSTRAK – Peningkatan kekerasan dan ketahanan aus material merupakan tujuan utama dari perlakuan panas *hardening*. Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh variasi temperatur *hardening* terhadap kekerasan dan struktur mikro baja karbon sedang S45C. Spesimen berbentuk silinder berdiameter 30 mm dan tebal 20 mm dipanaskan pada temperatur 750, 850, dan 950°C, kemudian ditahan selama 30 menit sebelum didinginkan cepat menggunakan media air. Uji kekerasan dilakukan dengan metode Rockwell skala HRB, sedangkan pengamatan struktur mikro dilakukan dengan mikroskop optik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kenaikan temperatur *hardening* meningkatkan nilai kekerasan, dari 47,5 HRB (tanpa perlakuan) menjadi 88,0 HRB (750°C), 110,6 HRB (850°C), dan 114,3 HRB (950°C). Pengamatan struktur mikro memperlihatkan dominasi fasa perlit dan ferrit pada seluruh spesimen. Hasil ini menegaskan bahwa temperatur pemanasan berperan penting dalam mengoptimalkan sifat mekanik baja S45C.

Kata Kunci — Baja S45C, *hardening*, temperatur pemanasan, pendinginan cepat air, kekerasan Rockwell, struktur mikro

ABSTRACT – Increasing hardness and wear resistance is the main objective of *hardening* heat treatment. This study aims to investigate the effect of *hardening* temperature variation on the hardness and microstructure of medium-carbon steel S45C. Cylindrical specimens with a diameter of 30 mm and thickness of 20 mm were heated at 750°C, 850°C, and 950°C, then held for 30 minutes before being rapidly cooled in water. Hardness tests were performed using the Rockwell method (HRB scale), while microstructural observations were conducted using an optical microscope. The results showed that increasing the *hardening* temperature improved hardness values from 47.5 HRB (untreated) to 88.0 HRB (750°C), 110.6 HRB (850°C), and 114.3 HRB (950°C). Microstructural analysis revealed pearlite and ferrite as the dominant phases. These findings highlight the critical role of heating temperature in optimizing the mechanical properties of S45C steel.

Keywords — S45C steel, *hardening*, heating temperature, rapid water cooling, Rockwell hardness, microstructure analysis

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dan industri telah mendorong melonjaknya pemakaian logam, terutama baja karbon. Material ini menjadi pilihan utama untuk memproduksi berbagai barang, seperti perkakas, alat pertanian, suku cadang kendaraan, dan perlengkapan rumah. Agar material memiliki sifat yang optimal sesuai kebutuhan, perlakuan panas (*heat treatment*) perlu diaplikasikan. Salah satu fungsi utama perlakuan panas adalah untuk meningkatkan kekerasan material.

Proses peningkatan kekerasan pada logam dikenal dengan istilah *hardening*. Tahapan ini dimulai dengan memanaskan logam hingga mencapai suhu austenit, kemudian dilanjutkan dengan pendinginan cepat (*quenching*). Baja karbon sedang merupakan salah satu material yang ideal untuk proses ini karena memiliki harga yang relatif ekonomis. Berdasarkan kadar karbonnya, baja karbon dapat dibedakan menjadi tiga jenis (Murtiono, 2012):

- Baja karbon rendah (0,10–0,30% karbon): Umumnya diproduksi dalam bentuk pelat, strip, atau batang.
- Baja karbon sedang (0,30–0,60% karbon): Aplikasi utama material ini mencakup pembuatan

perkakas, komponen otomotif, serta roda gigi dan poros.

- Baja karbon tinggi (0,60–1,7% karbon): Biasanya digunakan untuk membuat palu, gergaji, dan mata pahat.

Penelitian terdahulu lebih banyak berfokus pada variasi media pendingin, seperti oli atau air garam, sedangkan penelitian ini menitikberatkan pada pengaruh variasi temperatur pemanasan hardening terhadap kekerasan dan struktur mikro baja S45C. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai kondisi optimum temperatur pemanasan untuk peningkatan sifat mekanik baja S45C.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dengan empat spesimen baja S45C berbentuk silinder dengan diameter 30 mm dan tebal 20 mm. Tahapan penelitian meliputi persiapan spesimen, perlakuan panas, pengujian kekerasan, dan analisis struktur mikro.

Spesimen dipanaskan dalam tungku pada suhu 750°C, 850°C, dan 950°C, kemudian ditahan selama 30 menit untuk homogenisasi fasa material. Setelah itu, spesimen didinginkan secara cepat dengan mencelupkannya ke dalam media pendingin air sebanyak 5 liter.

Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan metode *Rockwell Hardness Test* dengan skala HRB. Untuk setiap spesimen, pengujian diulang pada tiga titik berbeda.

Pengamatan struktur mikro dilakukan menggunakan mikroskop optik pada tingkat pembesaran 1500x. Sebelum diamati, spesimen dipoles dan dietsa dengan larutan asam nitrat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengujian

Data penelitian disajikan dalam bentuk tabel untuk mempermudah analisis dan pembahasan. Tabel tersebut mengelompokkan data hasil pengujian kekerasan dan pengamatan struktur mikro. Pengujian ini dilakukan pada suhu 750, 850, dan 950°C, dengan waktu tahan 30 menit.

Laju pemanasan yang diterapkan adalah 180°C/jam. Perhitungan waktu pemanasan adalah sebagai berikut:

- Mencapai 750°C: sekitar 4 jam 1 menit.
- Mencapai 850°C (dari suhu sebelumnya): tambahan sekitar 33 menit 20 detik.
- Mencapai 950°C: sekitar 5 jam 8 menit, karena spesimen diuji secara terpisah dari yang lain.

2. Hasil Pengujian Kekerasan

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan yang sudah dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang Jl. Soekarno Hatta No.9, Jatimulyo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65141. Dikarenakan salah satu spesimen tidak dapat diuji menggunakan HRC dan dapat diuji menggunakan HRB, agar hasil dapat dibandingkan jadi hasil nilai kekerasan yang diperoleh kita konversi menjadi HRB agar memudahkan dalam perhitungan. Diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Pengujian Kekerasan

Material	Perlakuan	Media Pendingin	Nilai Kekerasan Rockwell			Rata - rata
			1	2	3	
Baja S45C	Tanpa perlakuan	Air	47,5 HRB	48 HRB	47 HRB	47,5 HRB
	Temperatur 750°C dengan waktu tahan selama 30 menit.		87 HRB	89 HRB	88 HRB	88 HRB
	Temperatur 850°C dengan waktu tahan selama 30 menit.		111 HRB	110 HRB	111 HRB	110,6 HRB
	Temperatur 950°C dengan waktu tahan selama 30 menit.		114 HRB	115 HRB	114 HRB	114,3 HRB

Berdasarkan tabel 1 dapat kita simpulkan sebagai berikut:

- Spesimen 1

Hasil pengujian kekerasan untuk spesimen 1 (yang tidak diberi perlakuan) menunjukkan nilai rata-rata 47,5 HRB. Nilai ini merupakan hasil rata-rata dari tiga pengukuran yang dilakukan pada spesimen tersebut, yaitu 47,5 HRB, 48 HRB, dan 47 HRB.

- Spesimen 2

Pengujian kekerasan dilakukan pada Spesimen 2 (kode 750°C) adalah material yang telah melalui proses hardening. Perlakuan ini dilakukan dengan memanaskan material hingga 750°C selama 30 menit, lalu didinginkan secara cepat menggunakan air (quenching), dan diakhiri dengan pendinginan di suhu ruang.

Hasil pengujian menunjukkan rata-rata kekerasan sebesar 88 HRB. Nilai ini naik signifikan, sebesar 40,5 HRB, jika dibandingkan dengan material tanpa perlakuan (spesimen 1). Peningkatan kekerasan yang besar ini membuktikan keberhasilan proses heat treatment, yang dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti suhu pemanasan, waktu penahanan, dan jenis media pendingin.

- Spesimen 3

Spesimen 3 (kode 850°C) adalah material yang telah melalui proses hardening. Material ini dipanaskan hingga 850°C bersamaan dengan spesimen 2, tanpa waktu tahan khusus. Setelah pemanasan, spesimen didinginkan cepat menggunakan air (quenching), lalu didinginkan di suhu ruang.

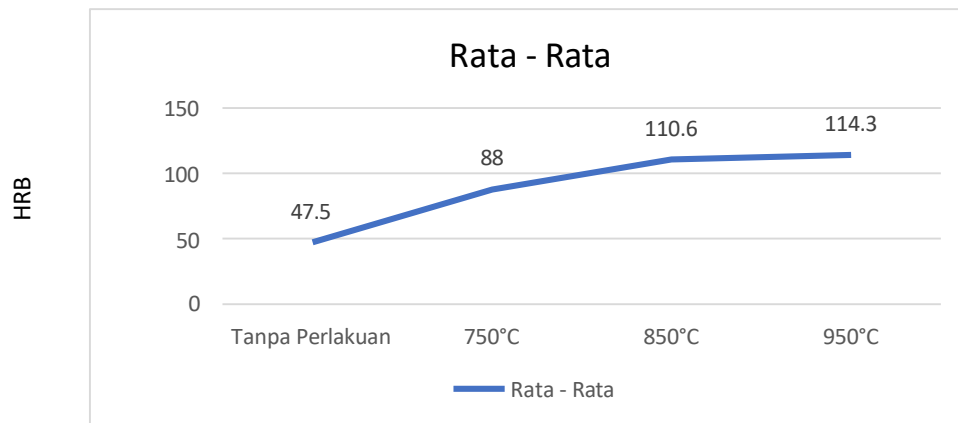
Hasil pengujian menunjukkan rata-rata kekerasan sebesar 110,6 HRB. Nilai ini mengalami peningkatan 22,6 HRB dibandingkan dengan spesimen 2. Peningkatan kekerasan ini membuktikan keberhasilan proses heat treatment, di mana suhu pemanasan, waktu tahan, dan media pendingin adalah faktor-faktor penentu.

- Spesimen 4

Spesimen 4 (kode 950°C) adalah material yang telah melalui proses hardening. Proses ini melibatkan pemanasan pada suhu 950°C selama 30 menit, diikuti pendinginan cepat dengan air, dan diakhiri dengan pendinginan pada suhu ruang.

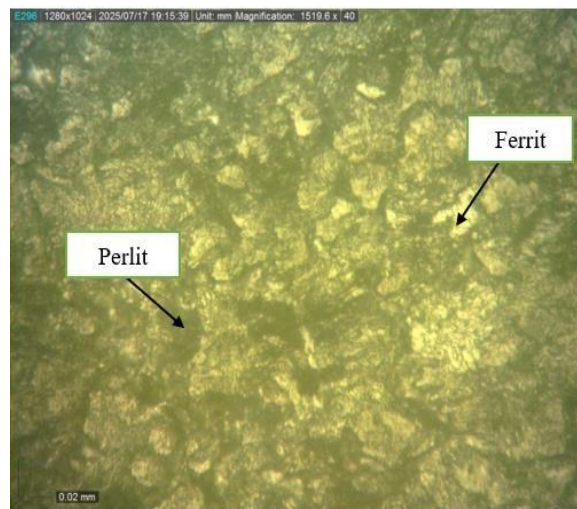
Hasil pengujian menunjukkan rata-rata kekerasan sebesar 114,3 HRB, yang merupakan peningkatan sebesar 3,7 HRB dari spesimen 3. Peningkatan kekerasan ini membuktikan keberhasilan proses heat treatment.

Berdasarkan hasil uji kekerasan, terlihat adanya peningkatan signifikan pada material yang telah melalui proses heat treatment dibandingkan dengan material asli (raw material). Temuan ini menunjukkan hubungan langsung; semakin tinggi suhu pemanasan, semakin besar pula nilai kekerasan yang dihasilkan.



Gambar 1. Grafik Pengujian Kekerasan

3. Hasil Pengamatan Struktur Mikro



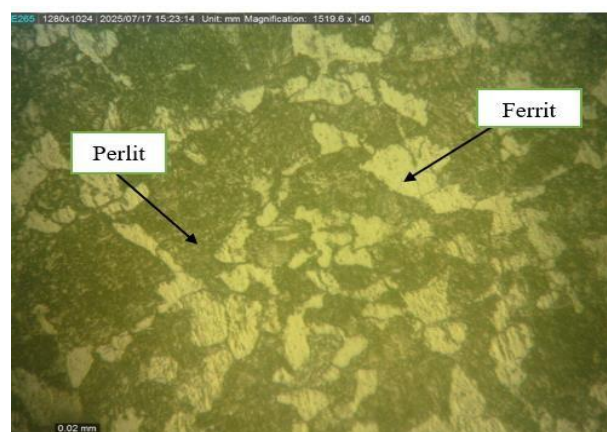
Gambar 2. Hasil Pengujian Struktur Mikro Baja S45C tanpa perlakuan

Dari analisis citra struktur mikro, perhitungan menunjukkan total jumlah fasa yang teridentifikasi adalah sebagai berikut:

Perlit : 26.633%

Ferrit : 73.367%

Pengujian struktur mikro pada baja S45C tanpa perlakuan menunjukkan dominasi fasa perlit dan ferit. Data ini sangat penting karena mencerminkan kondisi awal (as-received) material sebelum mengalami perlakuan pengerasan (hardening).



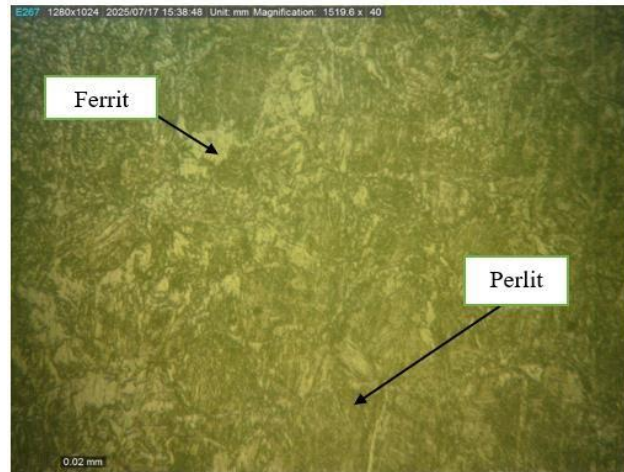
Gambar 3. Hasil Pengujian Struktur Mikro Baja S45C temperatur 750°C

Dari analisis citra struktur mikro, perhitungan menunjukkan total jumlah fasa yang teridentifikasi adalah sebagai berikut:

Perlit : 27.927%

Ferrit : 72.073%

Spesimen yang diberi perlakuan pada suhu 750°C dan didinginkan cepat menggunakan media air menghasilkan struktur mikro yang terdiri dari fasa ferit dan perlit. Dengan dominasi fasa ferit, sifat mekanik material menunjukkan karakteristik tangguh dan ulet.



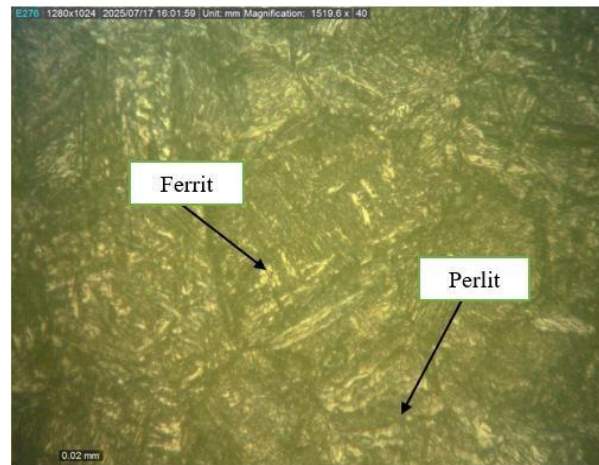
Gambar 4. Hasil Pengujian Struktur Mikro Baja S45C temperatur 850°C

Dari analisis citra struktur mikro, perhitungan menunjukkan total jumlah fasa yang teridentifikasi adalah sebagai berikut:

Perlit : 30.353%

Ferrit : 69.647%

Perlakuan panas pada suhu 850°C dengan pendinginan cepat menggunakan media air menghasilkan struktur mikro yang terdiri dari fasa ferit dan perlit. Dominasi fasa ferit dalam spesimen ini berkorelasi dengan karakteristik material yang tangguh dan ulet.



Gambar 5. Hasil Pengujian Struktur Mikro Baja S45C temperatur 950°C

Dari analisis citra struktur mikro, perhitungan menunjukkan total jumlah fasa yang teridentifikasi adalah sebagai berikut:

Perlit : 18.494%

Ferrit : 81.506%

Perlakuan panas pada suhu 950°C dengan media pendingin air menghasilkan struktur mikro yang didominasi oleh fasa ferit dan perlit. Kondisi fasa ini berkorelasi dengan karakteristik material yang tangguh dan ulet.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian kekerasan menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada spesimen yang diberi perlakuan panas (*heat treatment*) dibandingkan dengan spesimen tanpa perlakuan.
2. Dalam penelitian ini, nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada spesimen yang dipanaskan pada 950°C, dengan salah satu titik pengukuran mencapai 115 HRB. Nilai kekerasan terendah dari spesimen yang diberi perlakuan adalah spesimen 750°C dengan salah satu titik pengukuran sebesar 87 HRB.
3. Hasil pengujian struktur mikro menunjukkan perbedaan yang kurang signifikan antar spesimen karena selisih temperatur *hardening* yang tidak terlalu besar. Struktur mikro yang terbentuk didominasi oleh fasa perlit dan fasa ferit.

5. SARAN

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini, antara lain:

1. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan variasi temperatur yang lebih besar, tidak hanya dengan selisih 100°C seperti pada penelitian ini.
2. Pengujian kekerasan sebaiknya menggunakan skala Vicker. Hal ini bertujuan agar hasil kekerasan yang didapatkan lebih akurat dan nilai kekerasan bisa lebih tinggi.
3. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai media pendingin yang berbeda, seperti oli atau larutan garam, untuk mengetahui perbandingan nilai kekerasan yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agustian, E.. Sifat-sifat Material dan Karakteristik Keramik. 2014
- [2] Alisjahbana.. Uji Kekerasan. Jakarta: Erlangga. 2011
- [3] American Society for Testing and Materials. (1985). ASTM-E18.
- [4] Arifin, A., dkk. Pengaruh Media Pendingin dan Temperatur Tempering Terhadap Kekuatan Tarik Serta Struktur Mikro Baja Karbon Sedang untuk Mata Pisau Pemanen Sawit. *Jurnal e-Dinamis*, 2(2), 57-70. 2017.
- [5] Firmansyah, B. . Pengaruh Proses *Normalizing* Terhadap Kekuatan dan Kekerasan. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 5(2), 12-14. 2014.
- [6] Khasani, A.. Pengaruh *Quenching* dan *Tempering* Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 7(2).2018.
- [7] Murtiono, Y. . Pengaruh *Hardening* dan *Tempering* Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Baja S45C. 2012.
- [8] Nugraheni, Novi Tri. “Uji Kekerasan dengan Metode Rockwell” *Jurnal Fisika Eksperimental Lanjut*. Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga Surabaya. 2015.
- [9] Setyarini, Era. . “Optimalisasi Sifat-Sifat Material S45C”. Fakultas Teknologi Industri [Skripsi]. Yogyakarta (ID): Universitas Atma Jaya Yogyakarta. 2013.
- [10] Widodo, Edi dan Miftahul.. “Optimasi *Holding Time* untuk Mendapatkan Kekerasan Baja S45C” dalam *Rekayasa Energi Manufaktur: Vol. 1 No. 1* (hlm.3). ISSN 2527-5674. 2016.
- [11] Windarto, W., Mahfud, M. I., & Wibowo, S.. Pengaruh Variasi Temperatur *Hardening* Terhadap *Mechanical Properties* Pada Baja S45C Untuk Komponen Griper. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 8(1), 11–24. <https://doi.org/10.33558/jitm.v8i1.1999>. 2020.
- [12] Yopi Handoyo. (2015). Pengaruh *Quenching* Dan *Tempering* Pada Baja Jis Grade S45C Terhadap Sifat Mekanis. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 3(2), 104–105. Retrieved from <http://ejournal.unismabekasi.ac.id/> 2015.
- [13] Zainuri, Zainuri. . Pengaruh Perlakuan Panas *Hardening* terhadap Perubahan Sifat Mekanis Baja Karbon Rendah. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 5(1), 1–7. 2015.
- [14] Kertiyasa, I. N. S.. Perlakuan Panas *Hardening* Dengan Media Pendingin Air Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja ST-37. *Jurnal Teknik Mesin*, 6(1). 2016.