

Optimalisasi *Hardening* Baja ST 42 Dengan Variasi Temperatur Pemanasan Dan *Holding Time*

Keandra Mazaya Fasha¹⁾, I Gede Wiratmaja²⁾, Kadek Rihendra Dantes³⁾.

^{1,2,3)}Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Jurusan Teknologi Industri, Universitas Pendidikan Ganesha

E-mail: ¹⁾keandra@undiksha.ac.id, ²⁾wiratmaja@undiksha.ac.id, ³⁾rihendradantes@undiksha.ac.id

Abstrak

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh dari variasi temperatur pemanasan dan *holding time* terhadap kekerasan baja ST 42 dalam proses perlakuan panas (*heat treatment*). Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksperimental kuantitatif dengan variasi temperatur pemanasan dimulai dari 750°C, 800°C, dan 850°C serta variasi *holding time* selama 30 menit, 60 menit, dan 90 menit yang dilanjutkan dengan proses pendinginan cepat (*quenching*) menggunakan media air laut dan dilakukan pengujian kekerasan menggunakan metode *Vickers* yang dilanjutkan dengan pengujian metalografi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi temperatur dan waktu penahanan memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai kekerasan baja ST 42. Temperatur pemanasan yang lebih tinggi dan waktu penahanan yang optimal dapat meningkatkan kekerasan karena pembentukan struktur *martensit* yang lebih dominan, sehingga diharapkan dapat menjadi salah satu acuan bagi industri manufaktur dalam meningkatkan sifat mekanik baja ST 42 melalui perlakuan panas yang terkontrol.

Kata Kunci: temperatur pemanasan, *holding time*, *hardening*, *vickers*, metalografi

Abstract

This study was conducted to examine the effects of variations in heating temperature and holding time on the hardness of ST 42 steel during the heat treatment process. A quantitative experimental method was employed, with heating temperatures set at 750°C, 800°C, and 850°C, and holding times of 30, 60, and 90 minutes. The specimens then underwent rapid cooling (quenching) using seawater, followed by hardness testing using the Vickers method and metallographic analysis. The results showed that both heating temperature and holding time had a significant influence on the hardness of ST 42 steel. Higher heating temperatures combined with optimal holding times increased the hardness due to the formation of a more dominant martensitic structure. These findings may serve as a valuable reference for the manufacturing industry in improving the mechanical properties of ST 42 steel through controlled heat treatment processes.

Keywords: heating temperature, holding time, hardening, vickers, metallography

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri manufaktur di Indonesia menghadapi pertumbuhan yang begitu pesat yang berdampak pada meningkatnya kebutuhan akan bahan baku yang digunakan dalam pembuatan berbagai peralatan mekanis yang meliputi alat konstruksi, alat produksi, kendaraan, dan lain-lain. Dalam kesehariannya, manusia senantiasa bergantung pada penggunaan berbagai material. Beragam jenis bahan telah dirancang, dikembangkan, dan dimanfaatkan guna mendukung berbagai kebutuhan manusia [1]. Pengetahuan tentang metalurgi sebenarnya telah dikenal sejak zaman prasejarah, ketika manusia mulai mencari cara untuk memperoleh logam seperti emas, perak, tembaga, dan sebagainya. Pada abad ke-19, baru sekitar 24 jenis logam yang berhasil diidentifikasi, dari sekian banyak logam yang saat ini telah diketahui [2].

Setiap komponen alat memiliki karakteristik yang berbeda, sehingga akan menunjukkan perilaku yang berbeda pula saat digunakan. Perbedaan ini dapat menyebabkan kerusakan jika tidak disesuaikan dengan fungsi dan penggunaannya. Oleh karena itu, pemahaman yang baik mengenai sifat-sifat material sangat dibutuhkan untuk mengantisipasi kerusakan tersebut [3]. Salah satu logam yang paling sering dimanfaatkan adalah baja, yakni campuran antara besi (Fe) dan karbon (C) dengan kandungan karbon yang tak melebihi 2%. Kandungan karbon dalam baja memiliki pengaruh besar terhadap sifat mekaniknya di mana semakin tingginya kadar karbon, maka semakin tingginya juga tingkat kekerasan bajanya.

Pemilihan jenis baja harus disesuaikan dengan kebutuhan agar dapat mendukung fungsi utama dari komponen seperti *kingpin* yang kerap mengalami gesekan. Umumnya, material yang digunakan untuk membuat poros atau pasak memiliki kekerasan yang cukup tinggi, seperti baja tipe ST 41, ST 42, ST 60, dan jenis lainnya. Baja ST 42 yaitu baja karbon rendah hingga menengah (sekitar 0,20–0,25% C), yang pada kondisi tanpa perlakuan panas hanya memiliki struktur *ferrite-pearlite*, dengan kekerasan relatif rendah (sekitar 120–180 HV). Hal ini berdampak pada material yang tidak cukup tahan terhadap gesekan, abrasi, dan deformasi plastis di aplikasi struktural.

Karena kandungan karbonnya rendah, struktur mikronya didominasi *ferrite* yang lunak, sehingga material lebih mudah berubah bentuk ketika diberi beban mekanis jangka panjang. Baja ST 42 secara luas digunakan sebagai material struktural, namun memiliki keterbatasan utama dalam hal kekerasan dan ketahanan aus akibat dominasi struktur *ferrite-pearlite*. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan perlakuan panas terkontrol guna membentuk struktur martensit yang lebih keras. Kajian ini tujuannya mengeksplorasi bagaimana pengaruh variasi temperatur pemanasan, waktu penahanan, dan waktu *quenching* terhadap kekerasan baja ST 42, sebagai pendekatan alternatif dalam peningkatan performa mekanik material.

Beberapa penelitian yang dilakukan dalam usaha meningkatkan kekerasan baja ST 42 diawali dari kajian tentang pengaruh dari variasi temperatur pemanasan dan *holding time* pada perlakuan panas baja ST 42 terhadap sifat mekanik yang menyimpulkan bahwa proses *hardening* merupakan salah satu bentuk perlakuan panas yang tujuannya meningkatkan sifat mekanik material, khususnya dalam hal peningkatan kekerasan dan kekuatan. *Hardening* dilaksanakan dengan memanaskan logam sampai mencapai suhu *austenit*, selanjutnya menahannya di temperatur tersebut selama waktu tertentu sebelum didinginkan dengan cepat memakai media pendingin yang tepat. Pada studi ini, material yang dipergunakan

berupa baja ST 42 yang tergolong dalam kategori baja karbon rendah dan diberi perlakuan panas berupa *hardening* [4].

Penelitian berikutnya mengkaji waktu penahanan dan media pendingin (*quenching*) yang optimal dalam meningkatkan kekerasan baja karbon rendah. Studi ini mengadopsi pendekatan eksperimental dengan melibatkan 26 sampel baja karbon rendah ST 42 dengan bentuk pelat. Uji kekerasan dilaksanakan sebelum dan setelah proses karburasi padat menggunakan metode Rockwell B (HRB). Proses karburasi padat (*pack carburizing*) dilaksanakan pada suhu 950°C dengan variasi waktu penahanan selama 1, 2, 3, dan 4 jam. Diperoleh hasil bahwasanya air sebagai media pendingin memiliki laju pendinginan tercepat. Sementara itu, penggunaan air laut sebagai media pendingin juga terbukti mampu meningkatkan nilai kekerasan baja karbon rendah [5].

Berikutnya adalah penelitian yang meneliti tentang pengaruh temperatur *austenit* dengan *holding time* 2 jam terhadap kekerasan dan ketangguhan Baja ST42, dimana dapat disimpulkan bahwa temperatur *austenit* dengan *holding time* 2 jam berpengaruh kepada kekerasan baja ST 42, dimana nilai kekerasan tertinggi dengan temperatur 980°C sebesar 204.8 kg/mm², dan terendah berada pada spesimen normal dengan nilai sebesar 186.6 kg/mm²[6].

Dari *state of the art* dapat dilihat bahwa usaha peningkatan kekerasan pada baja ST 42 masih berfokus pada sifat mekanik dengan menggunakan metode uji tarik (*tensile test*), berikutnya pada nilai kekerasan yang diperoleh waktu penahan serta media *quenching* yang baik, dengan menggunakan pengujian kekerasan dengan metode Rockwell B (HRB). Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengkombinasikan variabel bebas, yaitu variasi temperatur pemanasan dengan *holding time* (waktu penahanan) yang divariasikan menjadi tiga variasi dimulai dari variasi temperatur pemanasan 750°C, 800°C dan 850°C dengan *holding time* (waktu penahanan) selama 30 menit, 60 menit, dan 90 menit, serta *quenching* (pendinginan cepat) menggunakan media air laut yang mengandung natrium klorida (NaCl), dengan selang waktu 5 menit yang dilanjutkan dengan proses pendinginan alami (*normalizing*) hingga suhu benar-benar stabil pada suhu ruangan. Pengujian kekerasan material dilaksanakan memakai metode *Vickers* untuk mendapatkan hasil uji kekerasan pada baja ST 42 yang dipadukan dengan pengujian metalografi untuk mengetahui gambaran struktur mikro dari spesimen hasil perlakuan panas.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimental yang diawali dengan tahapan studi literatur, persiapan alat dan bahan penelitian, perlakuan panas pada spesimen uji, *quenching* dengan media air laut, dan pengujian kekerasan. Subjek penelitian adalah baja ST-42, sementara obyek penelitian adalah kekerasan permukaan material. Variabel bebas penelitian adalah variasi temperatur dan waktu penahanan, sedangkan variabel terikatnya adalah nilai kekerasan yang diperoleh dari pengujian (HVN). Penelitian ini dilakukan dengan prosedur sistematis untuk mengetahui pengaruh dari variasi temperatur pemanasan dan waktu penahanan (*holding time*) terhadap kekerasan baja ST-42 menggunakan metode uji *Vickers* dan analisis struktur mikro permukaan material. Prosedur penelitian dimulai dengan pengecekan dan persiapan alat serta spesimen, dilanjutkan dengan pemotongan, penghalusan, dan pembersihan material. Spesimen kemudian dipanaskan pada suhu 750°C, 800°C, dan 850°C dengan *holding time* masing-masing 30, 60, dan 90

menit, kemudian dilakukan pendinginan cepat menggunakan air laut (*quenching*). Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan mesin uji kekerasan tipe *Vickers* dengan indenter berlian, diikuti pengukuran dan perhitungan nilai HVN. Selanjutnya, dilakukan uji metalografi struktur mikro digunakan mikroskop elektrik dengan pembesaran hingga 1000 kali. Data hasil uji kekerasan dihimpun dan diolah dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Teknik pengumpulan data melibatkan dokumentasi dan observasi langsung, sedangkan analisis dilakukan secara deskriptif kuantitatif untuk menilai hubungan antara temperatur pemanasan dan waktu penahanan terhadap tingkat kekerasan material.

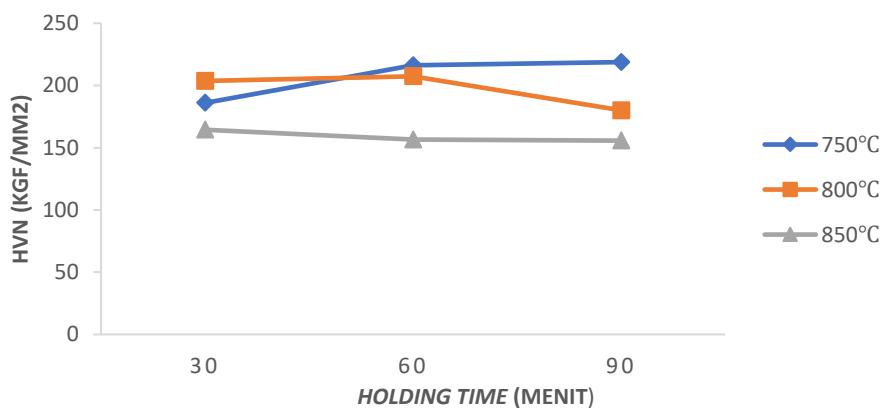
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil Pengujian Kekerasan *Vickers*

Nilai kekerasan baja ST 42 diukur dari rata – rata data tingkat kekerasan pada 5 buah spesimen uji untuk setiap variasi temperatur pemanasan dan waktu penahanan. Data rata – rata nilai kekerasan spesimen dengan variasi perlakuan dan *holding time* dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata Kekerasan (HVN) Spesimen Dengan Kombinasi Perlakuan Panas (Temperatur Pemanasan dan *Holding Time*)

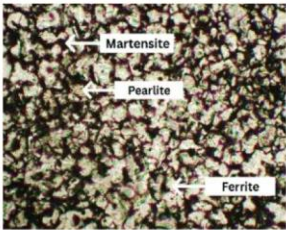
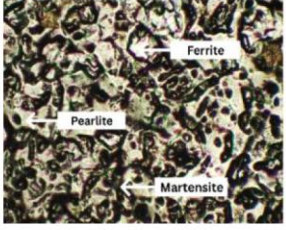
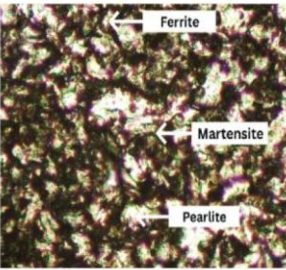
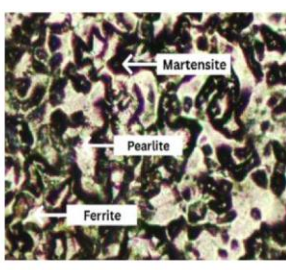
Temperatur	<i>Holding Time</i> (menit)	Rata-rata Kekerasan (HVN) (kgf/mm ²)
Tanpa perlakuan (27 °C)	-	179,17
750°C	30	186,01
	60	216,35
	90	218,78
800°C	30	203,67
	60	207,36
	90	180,06
850°C	30	164,43
	60	156,59
	90	155,68



Gambar 1. Grafik Rata-Rata Kekerasan *Vickers* Baja ST 42 Berdasarkan Temperatur Pemanasan dan *Holding Time*

Berdasarkan grafik rata-rata kekerasan *Vickers* spesimen baja ST 42, dapat diamati bahwasanya pada perlakuan panas dengan temperatur 750°C dan *holding time* 90 menit merupakan kombinasi perlakuan panas paling optimal yang menghasilkan rata-rata material tertinggi sebesar 218,78 kgf/mm². Perlakuan ini menunjukkan bahwa temperatur 750°C dengan durasi waktu penahanan yang cukup lama mampu menghasilkan transformasi mikrostruktur yang maksimal tanpa memicu pertumbuhan butir berlebih.

Sebaliknya, perlakuan panas pada temperatur 850°C cenderung menghasilkan kekerasan material yang lebih rendah dibandingkan dengan variasi temperatur pemanasan dan *holding time* yg lainnya termasuk dengan spesimen yang tanpa perlakuan. Nilai kekerasan material terendah tercatat pada temperatur pemanasan 850°C dengan *holding time* 90 menit dengan rerata nilai kekerasan yaitu 155,68 kgf/mm². Hal ini diduga akibat *overheating* dan *grain growth* yang menyebabkan dominasi fasa lunak seperti *ferrite* dan *pearlite*. Tren serupa juga tampak pada temperatur pemanasan 800°C dengan waktu penahanan 90 menit yang hanya menghasilkan kekerasan material sebesar 180,06 kgf/mm².

Perbandingan Struktur Mikro		
Pembesaran	Temperatur 750°C <i>Holding Time</i> 90 Menit (Tertinggi)	Temperatur 850°C <i>Holding Time</i> 90 Menit (Terendah)
600 Kali		
1000 kali		

Gambar 2. Perbandingan Struktur Mikro Dari Nilai Kekerasan Tertinggi dan Terendah dari Spesimen Baja ST 42

Dari pengamatan struktur mikro (metalografi) menggunakan mikroskop optik pada pembesaran 600 kali dan 1000 kali. Pada spesimen uji hasil perlakuan panas 750°C dan *holding time* selama 90 menit, terlihat bahwa struktur mikro didominasi oleh fasa *martensit* halus dan merata, yang secara langsung berkontribusi terhadap

peningkatan kekerasan material. Sebaliknya, pada perlakuan panas 850°C dan *holding time* selama 90 menit, struktur mikro menunjukkan area *ferrite* dan *pearlite* yang lebih luas, serta tanda-tanda pertumbuhan butir yang kasar dan tidak teratur sehingga berkorelasi dengan nilai kekerasan material yang rendah.

Sebaliknya, suhu pemanasan tinggi seperti 850°C selama 90 menit justru menurunkan kekerasan menjadi 155,68 kgf/mm², akibat dominasi *ferrite* dan *pearlite* serta *grain growth* yang tidak terkontrol. Temuan ini didukung oleh studi pendahuluan [7], [8], [9], yang menyatakan bahwa temperatur austenitisasi yang terkontrol dan waktu penahanan optimal sangat menentukan dominasi fasa *martensit* yang meningkatkan kekerasan secara signifikan.

4. SIMPULAN

Terdapat pengaruh variasi temperatur pemanasan dan *holding time* terhadap kekerasan baja ST 42, dimana spesimen pada perlakuan panas dengan temperatur 750°C dengan waktu penahanan (*holding time*) selama 90 menit memberikan nilai kekerasan paling tinggi dengan peningkatan kekerasan sebesar 40,53% dibandingkan dengan spesimen yang menghasilkan tingkat kekerasan terendah. Hasil penelitian ini didukung oleh struktur mikro berbanding lurus dengan tingkat kekerasan material dimana fasa *martensit* terbentuk optimal saat pemanasan dilakukan dengan temperatur yang terkontrol dan waktu penahanan yang tepat, namun akan menunjukkan penurunan kekerasan jika terjadi *over tempering* atau pertumbuhan butir yang berlebihan.

5. SARAN

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya mencakup penambahan variabel media pendinginan cepat menggunakan air tawar, oli dan larutan garam guna mengevaluasi efek terhadap kekerasan dan mikrostruktur material, serta pelaksanaan uji mekanik lanjutan seperti uji tarik dan impak untuk analisis lebih menyeluruh. Perlu dikaji pula pemanfaatan air laut sebagai media *quenching* terkait dengan potensi korosi dan dampak jangka panjang dalam aplikasi industri.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahaneku, I. E., Kamal, A. R., & Ogunjirin, O. A. (2012). Effects of Heat Treatment on The Properties of Mild Steel Using Different Quenchants. *Frontiers in Science*, 2(6), 153–158.
- [2] Amstead, B. H., Ostwald, P. F., & Begeman, M. L. (1995). *Teknologi Mekanik Jilid 1*. Jakarta : Erlangga.
- [3] Astrini, I. R. (2016). *Pengaruh Heat Treatment dengan Variasi Media Quenching Air Dan Oli Terhadap Struktur Mikro Dan Nilai Kekerasan Baja Pegas Daun Aisi 6135*. Skripsi. Universitas Lampung.
- [4] Clark, D. S., & Varney, W. R. (1962). *Physical Metallurgy for Engineers* (2nd ed.). New York : Litton Educational Publishing.
- [5] Fatih, A. M. (2018). *Pengaruh Variasi Suhu Tempering Yang Diikuti Proses Peening Dan Dichelup Pada Campuran Air Dan Garam Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat Mekanik Pada Baja SM490 Yang Digunakan Pada Underframe Kereta Api*. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [6] Gale, W. F., & Totemeier, T. C. (2004). *Smithells Metals Reference Book* (8th ed.). Chennai : Elsevier.

- [7] Krauss, G. (1989). *Principles of Heat Treatment of Steel*. Michigan : ASM International.
- [8] Lesmanah, U., Marsyahyo, E., & Vitasari, P. (2013). Optimasi Sifat Mekanis Kekuatan Tarik Baja St 50 Dengan Perlakuan Gas Carburizing Variasi Holding Time Untuk Peningkatan Mutu Baja Standar Uji Astm A370. *Jurnal Mekanikal*, 4(2), 366–375.
- [9] Nitha, Bontong, Y., Sampelawang, P., Rumpa, L. D., Pasae, N., & Fikran. (2024). Pengaruh Temperatur Austenit dengan Holding Time 2 Jam Terhadap Kekerasan dan Ketangguhan Baja ST 42. *Journal of Electrical and System Control Engineering*, 7(2), 103–108.