

## KARAKTERISASI STRUKTUR MARTENSIT DAN KEKERASAN BAJA S50C HASIL *HARDENING* DALAM MEDIA COOLANT BEKAS PERMESINAN

<sup>1</sup>Syafrizal, <sup>2</sup>Ade Irvan Tauvana, <sup>3</sup>Lukman Nulhakim  
<sup>1,2,3</sup>Teknologi Rekayasa Manufaktur,  
Politeknik Enjineri Indorama, Purwakarta, Indonesia  
<sup>1</sup>e-mail: [syafrizal@pei.ac.id](mailto:syafrizal@pei.ac.id)

### Abstrak

Baja karbon S50C banyak digunakan dalam industri manufaktur, karena memiliki keseimbangan antara kekuatan dan keuletan, untuk meningkatkan sifat mekanik Baja S50C khususnya kekerasan dapat dilakukan dengan proses perlakuan panas quenching dengan media air, oli dan coolant baru. Tetapi penggunaan limbah coolant permesinan belum pernah dimanfaatkan secara optimal yang berpotensi dapat digunakan sebagai media alternatif yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan. Oleh sebab itu penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan limbah coolant permesinan sebagai media quenching terhadap karakteristik baja S50C. Pada prosesnya baja S50C dipanaskan pada temperatur 870 °C, kemudian didinginkan secara cepat menggunakan coolant bekas permesinan. Pengujian sifat mekanik yang dilakukan adalah pengujian kekerasan dan pengamatan perubahan struktur mikro baja S50C dengan fasa yang terbentuk. Hasil penelitian menggunakan limbah coolant permesinan sebagai media quenching mampu meningkatkan kekerasan baja S50C sebesar 219,31 % dari kekerasan semula, dan pengamatan struktur mikro baja juga mengalami perubahan dari fasa ferit dan perlit menjadi perlit dan martensit berbentuk serat memanjang dengan warna yang lebih gelap dan merata. Dari hasil yang diperoleh maka perlu suatu kontrol kualitas dan komposisi limbah coolant untuk mendapatkan hasil yang konsisten dan optimal

**Kata kunci:** Baja S50C, quenching, kekerasan, struktur mikro, coolant bekas

### Abstract

S50C carbon steel is widely used in the manufacturing industry, because it has a balance between strength and ductility, to improve the mechanical properties of S50C steel, especially hardness, can be done by quenching heat treatment process with water, oil and new coolant media. But the use of machining waste coolant has never been utilized optimally which has the potential to be used as an alternative media that is more economical and environmentally friendly. Therefore, this study aims to analyze the effect of using machining waste coolant as a quenching medium on the characteristics of S50C steel. In the process, S50C steel is heated at a temperature of 870 °C, then cooled quickly using used machining coolant. Mechanical property testing carried out is a hardness test and observation of changes in the microstructure of S50C steel with the phase formed. The results of the study using machining waste coolant as a quenching medium can increase the hardness of S50C steel by 219.31% of the original hardness, and observations of the microstructure of the steel also experienced changes from the ferrite and pearlite phase to pearlite and martensite in the form of elongated fibers with a darker and more even color. Based on the results obtained, it is necessary to control the quality and composition of the coolant waste to obtain consistent and optimal results.

**Keywords:** S50C steel, quenching, hardness, microstructure, former cooler

## 1. 1 PENDAHULUAN

Proses *quenching* pada baja adalah serangkaian proses *heat treatment* baja pada temperature *austenite* yang dilanjut dengan pendinginan cepat menggunakan media air, *coolant* dan oli, proses ini dapat menimbulkan perubahan sifat dan karakteristik baja, khususnya terjadi pada baja karbon, dimana secara teoritis sifat mekanik baja seperti kekerasan dapat meningkat lebih keras berapa persen lebih tinggi dan tergantung pada proses *heat treatment* dan media pendinginan yang digunakan[1]. Secara berurutan pendinginan menggunakan air menghasilkan baja dengan kekerasan yang lebih tinggi tapi lebih beresiko terjadinya retak setelah proses pendinginan yang terlalu cepat, *quenching* menggunakan *coolant* juga termasuk cepat, tetapi lebih terkontrol karena *coolant* terdiri dari bahan campuran antara air dan oli, sedangkan *quenching* menggunakan oli lebih beragam dibanding 2 jenis media air dan *coolant*, tetapi tingkat kekerasan yang ditimbulkan lebih rendah dan ulet. Penggunaan *coolant* bekas permesinan adalah satu upaya maksimal untuk pengolahan limbah secara kontinu, penggunaan *coolant* bekas dapat diperkirakan akan lebih beresiko terjadinya retak mikro dan distorsi karena kekerasan yang dihasilkan lebih heterogen, akibat *coolant* bekas sudah terkontaminasi oleh kotoran, bakteri dan lain lain, tetapi tingkat kekerasan yang ditimbulkan tetap lebih tinggi dibanding menggunakan oli. Sedang secara mikro bahwa struktur mikro yang dihasilkan berupa struktur martensit yang keras dengan struktur kristal *Body Centered Tetragonal* (BCT)[2],[3]

Karena proses *quenching* pada baja karbon dapat meningkatkan sifat mekanik baja, seperti kekerasan dan ketahanan *aus* dari material sehingga ketahanan *aus* menjadi lebih baik, maka proses ini sering dimanfaatkan pada proses produksi manufaktur, seperti pembuatan roda gigi, poros, dan komponen lainnya yang membutuhkan kekuatan tinggi[4].

Kondisi perlakuan panas dan proses *quenching* dengan media yang digunakan akan memberikan efek mekanik yang berbeda beda, tergantung pada jenis media dan kualitas media pendingin yang digunakan, sebagai contoh sebuah baja karbon dipanaskan dengan tingkat temperature yang berbeda dengan media pendinginan yang sama akan memberikan efek mekanik yang berbeda pada hasil akhir, begitu juga dengan tingkat pemanasan yang sama, tapi media pendinginan yang berbeda akan memberikan efek akhir yang juga berbeda pada sifat mekanik material[5]

Baja S50C adalah jenis baja karbon menengah dengan kandungan karbon (0,47 s/d 0,53 %C), baja ini sering dimanfaatkan untuk kebutuhan manufaktur berkekuatan tinggi, seperti poros, spindle, pin, roda gigi, dan lain sebagainya. Karena pentingnya material S50C, maka diperlukan suatu *treatment* penting yang dapat meningkatkan kekuatan material secara mekanik, yaitu dengan proses *heat treatment* dan proses *quenching* yang tepat sasaran guna memaksimalkan proses manufaktur yang tepat guna [6].

*Coolant* bekas permesinan adalah salah satu media pendingin yang dapat dimanfaatkan untuk proses *quenching* baja, biasanya *coolant* tersebut langsung dibuang tanpa ada manfaat. Pada dasarnya *coolant* terdiri dari campuran oli dan air, maka secara teoritis kekerasan yang dihasilkan menggunakan *coolant* harusnya memiliki kekuatan yang lebih tinggi dari oli, tetapi tetap lebih rendah dari pendinginan air. Untuk pembuktian hal tersebut perlu dilakukan suatu kajian laboratorium yang dapat membuktikan berapa persen peningkatan yang dapat dilakukan jika menggunakan *quenching coolant* bekas permesinan, sehingga bisa dijadikan suatu pilihan dalam satu proses manufaktur yang tepat guna.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Metode Literatur

Untuk mempermudah proses penelitian mengenai karakteristik baja S50C, maka proses akan diawali dengan pengetahuan material, merencanakan hingga sampai pada suatu analisis dan kesimpulan, seperti yang diuraikan dalam satu perencanaan diagram blok pada gambar 1[7].

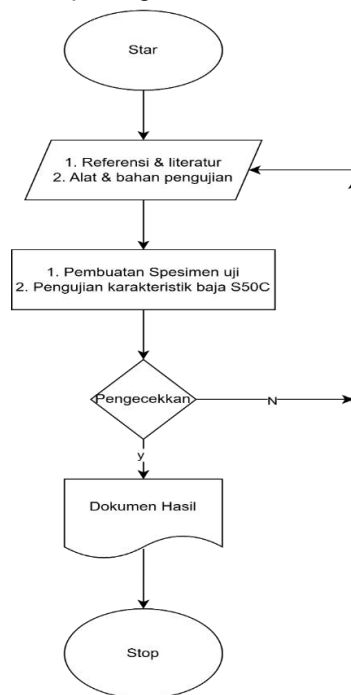
Baja karbon S50C adalah jenis baja karbon menengah dengan kandungan karbon 0,47 s/d 0,53 %, dan kekuatan Tarik (570 s/d 700 MPa). Baja karbon S50C sering diaplikasikan

untuk produk produk manufaktur, seperti poros, roda gigi, dan produksi manufaktur lainnya yang membutuhkan kekutaan tinggi. Jenis baja ini sangat mudah untuk ditingkatkan kekuatan mekaniknya dengan melakukan proses *quenching*.

Baja S50C adalah jenis material dengan ketahanan aus yang sangat baik dan dapat ditingkatkan lagi dengan proses *quenching* dan *tempering*, tetapi tidak tahan korosi, maka produk yang dibuat dengan baja S50C, perlu dilakukan perlindungan supaya tidak gampang karat dengan pelapisan, yang salah satunya dengan pengecatan[8].

Proses *quenching* adalah proses pendinginan cepat sebuah baja dalam sebuah media pendingin setelah pemanasan pada temperature austenite, proses *quenching* dilakukan untuk meningkatkan kekuatan baja secara mekanik, seperti kekerasan, kekuatan tarik, ketahanan aus dan sebagainya, sedangkan media pendingin yang digunakan secara lazim adalah air, *coolant* dan oli. Dalam penelitian ini media *quenching* yang digunakan adalah limbah *coolant* permesinan, disamping lebih ekonomis, juga dapat memaksimalkan pengolahan limbah secara kontinu. *Coolant* merupah senyawa campuran antara minyak dan air, sedangkan limbah *coolant* permesinan adalah *coolant* yang sudah terkontaminasi oleh bahan lain, seperti serbuk logam, oli pelumasan mesin yang mungkin bocor, bakteri dan jamur, sehingga menyebabkan *coolant* menjadi keruh dan berbau. Karena *coolant* pada dasarnya adalah *emulsi* minyak dengan air, maka kekeran yang ditimbulkan diyakini tetap lebih keras daripada menggunkan oli, tetapi lebih rendah jika dibandingkan *quenching* menggunakan air [10].

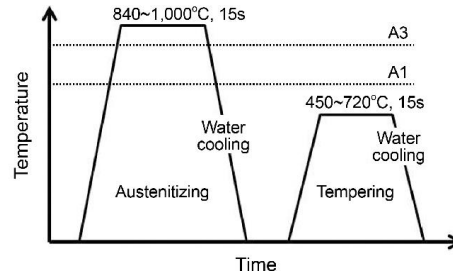
Karena proses *quenching* dapat merubah karakteristik dari sebuah baja, maka proses ini sangat diperlukan dalam proses manufaktur, terutama untuk produk yang dibuat dari baja karbon campuran tinggi, seperti baja S50C, tetapi proses *quenching* sering kali dilanjut dengan proses *tempering*, guna menghomogenisasikan tegangan internal yang timbul akibat proses *quenching*, seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.



Gambar 1. Flowchart perencanaan



a. quenching



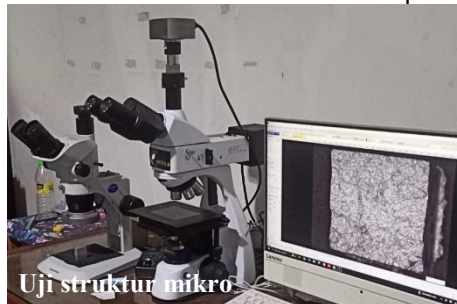
b. diagram proses

Gambar 2. Proses heat treatment[http]

## 2.2. Pengujian

Sebelum dilakukan pengujian kekerasan dan struktur mikro pada baja karbon terlebih dulu dipilih baja S50C (baja karbon menengah) yang dipotong sesuai kebutuhan, dipanaskan pada temperature *austenite*, *dequenching* menggunakan *coolant* bekas permesinan dan *dipolisishing* sebelum dilakukan pengujian sesuai standar ASTM E18 .

Pengujian karakteristik baja S50C yang mendapat perlakuan panas dan proses *quenching* dilakukan dalam dua karakteristik, yaitu perubahan struktur mikro dan perubahan tingkat kekerasan baja setelah proses *heat treatment*. Karena bertujuan untuk mencari perubahan karakteristik baja, maka pengujian dilakukan terhadap baja S50C yang tidak mendapat perlakuan panas (*row material*) dan yang mengalami proses pemanasan yang dilanjutkan dengan proses *quenching* menggunakan media *coolant* bekas permesinan. proses pengujian struktur mikro dan kekerasan dapat dilihat pada gambar 3 [11].



Uji struktur mikro

a. Uji struktur mikro



Uji Kekerasan

b. Uji kekerasan HV

Gambar 3. Proses pengujian

Analisa perubahan struktur mikro baja S50C sebelum dan proses *heat treatment* akan terkoordinasi langsung dengan perubahan tingkat kekerasan baja, dimana secara teoritis baja karbon yang mengalami proses *quenching* akan mengalami peningkatan kekerasan seiring dengan perubahan struktur fasa ferit menjadi martensit yang dikenal sangat keras dengan struktur kristal *Body centered tetragonal* (BCT).

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Hasil

- Uji struktur mikro: Hasil uji struktur mikro yang dilakukan pada baja S50C, ditampilkan secara berdampingan antara *row material* dengan yang mendapat perlakuan panas dengan perbesaran 1000 x, terlihat pada gambar 4.



cerah. Namun, setelah dilakukan pendinginan cepat menggunakan *coolant* bekas, fasa tersebut bertransformasi menjadi martensit dengan struktur kristal *Body-Centered Tetragonal* (BCT) [11].

Secara visual, martensit yang terbentuk menunjukkan warna yang lebih gelap dengan morfologi serat panjang yang tajam (*acicular/needle-like structure*). Fenomena ini terjadi karena atom karbon terperangkap dalam kisi kristal akibat laju pendinginan yang sangat tinggi, sehingga mencegah pembentukan perlit yang lebih lunak [12]. Penemuan serat panjang pada hasil foto mikro ini merupakan ciri khas *lath martensite* yang umum ditemukan pada baja karbon sedang dengan kadar karbon sekitar 0,5% seperti S50C [13].

#### Analisis Kekerasan Vickers (HV)

Data pengujian kekerasan menunjukkan lonjakan yang sangat drastis, yaitu dari rata-rata 229,72 HV meningkat menjadi 733,53 HV. Kenaikan sebesar 219,3% ini membuktikan *efektivitas coolant* bekas permesinan sebagai media pendingin. Hasil ini diperkuat oleh beberapa penelitian terdahulu sebagai berikut: Nilai kekerasan 733,53 HV berada pada koridor teoritis untuk baja S50C yang mengalami pengerasan penuh (*full hardening*), di mana kekerasan maksimal dapat dicapai di atas 700 HV apabila laju pendinginan berhasil melewati "hidung" kurva TTT tanpa menyentuh fasa ferit dan perlit [14].

Penggunaan media pendingin berbasis air dengan campuran zat kimia, seperti pada cairan *coolant*, memiliki *quenching* seperti yang lebih tinggi dibandingkan oli murni, sehingga mampu menghasilkan struktur martensit yang lebih keras dan merata [15].

Zat aditif yang terkandung dalam *coolant* bekas, seperti sisa emulsi minyak dan partikel metalik halus, dapat bertindak sebagai akselerator pendinginan yang membantu stabilitas pembentukan fasa BCT pada baja karbon sedang [16].

#### 4. KESIMPULAN

1. Proses *quenching* menggunakan media pendingin *coolant* bekas permesinan mampu meningkatkan kekerasan baja S50C sampai dengan 219,31 %, tetapi lebih bersifat heterogen dan dapat menimbulkan *internal stress*
2. Pemanasan baja S50C hingga temperature 870 °C dan proses *quenching* menggunakan *coolant* bekas permesinan, struktur baja *ferit* dan *perlit* dapat dirobah menjadi struktur perlit dan martensit, dapat dilihat secara visual pada gambar 4.b dengan tampilan serat yang panjang-panjang dan tajam pada perbesaran 1000x.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Technology, "Heat treatment 8.1," no. 1, pp. 130–148.
- [2] A. I. Tauvana and L. Nulhakim, "ANALISA KARAKTERISTIK LOGAM ST37," vol. 4, no. 2, pp. 2–7, 2024.
- [3] A. K. Samlawi and R. Siswanto, "Diktat Bahan Kuliah: Material Teknik," *Martensitic SS*, p. 53, 2016, [Online]. Available: [https://eprints.uad.ac.id/24681/1/MODUL\\_KULIAH\\_MATERIAL\\_TEKNIK.pdf](https://eprints.uad.ac.id/24681/1/MODUL_KULIAH_MATERIAL_TEKNIK.pdf)
- [4] R. Rifnaldi, "PENGARUH PERLAKUAN PANAS HARDENING DAN TEMPERING TERHADAP KEKERASAN ( HARDNESS ) BAJA AISI 1045," pp. 950–959, 2019.
- [5] W. D. Callister and D. G. Rethwisch, *Fundamentals of materials science and engineering : an integrated approach LK* - <https://tudelft.on.worldcat.org/oclc/798982985>. 2012.
- [6] M. H. Alfariji Munandar, K. Kardiman, and D. T. Santoso, "Pengaruh Variasi Holding Time Pada Proses Heat Treatment (Hardening) Untuk Baja S50c Sebagai Pisau Mesin Pencacah Kayu," *J. Mesin Nusant.*, vol. 6, no. 2, pp. 127–136, 2023, doi: 10.29407/jmn.v6i2.20304.
- [7] R. Dengan, M. Pengujian, and A. Dan, "Universitas 17 agustus 1945 jakarta," vol. 3, no. 2, 1945.
- [8] V. Naubnome, E. Widiyanto, and Marno, "Pengaruh Waktu Pemanasan Menggunakan

- Pemanas Induksi Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Material S50C," *LONTAR J. Tek. Mesin Undana (LJTMU)*, vol. 03, no. 02, pp. 35–40, 2016, [Online]. Available: <http://ejournal.undana.ac.id/index.php/LJTMU/article/view/289>
- [9] Noraffandy Yahaya & Nur Fazila i Salleh, "No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title," vol. 21, no. 1, pp. 1–9, 2020.
- [10] H. Fery Nurdiawan, "the Impact of Quenching and Tempering Heat Treatment To the Hardness and Micro Structure of Weld Metal Joint St-60 Steel Plate With Mig Welding ( Metal Inert Gas)".
- [11] G. Require- *et al.*, "Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials 1 , 2," 2015, doi: 10.1520/E0018-15.2.
- [11] W. D. Callister and D. G. Rethwisch, *Materials Science and Engineering: An Introduction*, 10th ed. New York, NY, USA: John Wiley & Sons, 2018.
- [12] G. E. Totten, *Steel Heat Treatment: Metallurgy and Technologies*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2006.
- [13] S. M. Hassan, et al., "Effect of Quenching Media on Mechanical Properties and Microstructure of Medium Carbon Steel," *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 8, no. 3, pp. 2015-2022, 2019.
- [14] H. Pranoto, dkk., "Analisis Laju Pendinginan Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Baja S50C pada Proses Hardening," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 9, no. 1, pp. 45-52, 2020.
- [15] Y. Handoyo, "Pengaruh Variasi Media Quenching Terhadap Kekerasan Baja AISI 1045," *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unisma*, vol. 3, no. 2, pp. 110-118, 2015.
- [16] I. W. Sujita, "Pemanfaatan Limbah Cair Industri sebagai Media Quenching pada Proses Heat Treatment Baja Karbon," *Jurnal Material dan Proses Manufaktur*, vol. 5, no. 1, pp. 12-20, 2021.