

## ANALISIS SIFAT MEKANIK BAJA ST 60 SETELAH PROSES *QUENCHING* DENGAN VARIASI WAKTU

Nota Ali Sukarno <sup>1)</sup>, Abdi Legowo <sup>2)</sup>, Abdul Azis <sup>3)</sup>, Lingga Arti Saputa <sup>4)</sup>, Sunaryo <sup>5)</sup>

<sup>1, 2), 3), 4)</sup> Program Studi Teknik Mesin Universitas Perwira Purbalingga

<sup>5)</sup> Program Studi Teknik Mesin, Universitas Sains Al-Qur'an

[notalisukarno@unperba.ac.id](mailto:notalisukarno@unperba.ac.id)

---

### INFO ARTIKEL

---

#### Riwayat Artikel :

Diterima : 16 Agustus 2023

Disetujui : 20 September 2023

---

#### Kata Kunci :

Sifat mekanik, Baja ST 60, *Quenching*, *Holding time*

---

### ABSTRAK

Baja ST 60 termasuk baja karbon sedang yang merupakan bahan yang mudah dibentuk. Baja ini mempunyai kandungan karbon 0,3% - 6%. Penggunaan pada industri permesinan bisa mengakibatkan struktur logam terkena gaya eksternal seperti tegangan gesek yang mengakibatkan perubahan bentuk. Pada penelitian baja ST 60 ini mempunyai tujuan untuk mengetahui sifat kekerasan dari baja ST 60 tersebut. Dalam penelitian ini diawali dengan proses preparasi material menjadi spesimen uji, kemudian dilakukan perlakuan panas (*heat treatment*) pada suhu yang sudah ditentukan yaitu 850 °C dengan variasi waktu tahan (*holding time*) 10, 15, 20, 25 dan 30 menit pada tungku pemanas (*furnace*) dan kemudian dilakukan pendinginan secara cepat (*quenching*) pada oli SAE 50. Setelah di *quenching*, spesimen uji tersebut dilakukan pengujian kekerasan. Dari pengujian didapatkan hasil bahwa sifat kekerasan baja ST 60 setelah dilakukan perlakuan panas terjadi peningkatan, yaitu dengan nilai kekerasan maksimum pada *holding time* 30 menit sebesar 26,50 HRC dan minimum pada *holding time* 10 menit sebesar 32,20 HRC. Sedangkan sebelum perlakuan panas kekerasannya 12,48 HRC. Meningkatnya sifat kekerasan ini dikarenakan *holding time* yang lama akan mempengaruhi butiran karbon yang menyebar ke permukaan baja ST 60.

---

### ARTICLE INFO

---

#### Article History :

Received : 16 Agustus 2023

Accepted : 20 September 2023

---

#### Keywords:

Mechanical properties, Steel ST 60, *Quenching*, *Holding time*

---

### ABSTRACT

*ST 60 steel belongs to medium carbon steel which is an easily formed material. This fertilizer has a carbon content of 0.3% - 6%. Use in the machinery industry can cause metal structures to be exposed to external forces such as frictional stress that result in deformation. In this ST 60 steel research has the aim of determining the hardness of the ST 60 steel. In this study, it begins with the process of material preparation into test specimens, then heat treatment is carried out at a predetermined temperature of 850 °C with a holding time variation of 10, 15, 20, 25 and 30 minutes in the furnace and then rapid cooling (*quenching*) on SAE 50 oil. After *quenching*, the test specimen is subjected to hardness testing. From the test, it was found that the hardness properties of ST 60 steel after heat treatment increased, namely with a maximum hardness value at a 30-minute holding time of 26.50 HRC and a minimum of 10-minute holding time of 32.20 HRC. While before heat treatment the hardness was 12.48 HRC. This increased hardness is due to the long holding time that will affect the carbon grains that spread to the surface of ST 60 steel.*

## 1. PENDAHULUAN

Baja merupakan bahan yang mudah dibentuk sesuai dengan ukuran dan kondisi Sifat mampu mesin, tahan benturan, mampu las serta kekuatan yang tinggi adalah sifat yang dimiliki oleh baja karbon sedang. Sifat fisik dan mekanik pada baja ini dapat disesuaikan di banyak industri dengan perlakuan panas (Singh *et al.*, 2021). Kekuatan kombinasi antara kekuatan plastisitas dan ketangguhan yang sangat baik maka baja digunakan sebagai struktur material (Jiang *et al.*, 2019).

Baja karbon mengandung unsur (P) fosfor, Si (silikon), Sulfur (S) dan mangan (Mn) serta unsur lain yang dibatasi jumlahnya (Ridwan Redi Putra, Sarjito Jokosisworo, 2020) Baja ST 60 ini juga merupakan baja karbon menengah, yang mempunyai 1550°C titik didihnya dan 2900°C titik leburnya (Syaifullah and Subhan, 2021). Baja ST 60 juga mempunyai 0,697% kandungan mangan, yang menjadikan baja ST 60 mempunyai sifat keras dan tahan terhadap keausan (Iriandoko, Akbar and Sindy Pramesty, 2020).

Dalam penggunaannya, baja sering mengalami tekanan dan gesekan, sehingga komponen tersebut sangat perlu tahan terhadap keausan dan kekerasan (Iriandoko, Akbar and Sindy Pramesty, 2020). Karakteristik dari setiap logam yang berbeda, logam harus di perlakukan secara khusus agar sesuai dengan yang diinginkan untuk sifat mekanis, sifat fisis dan sifat kimianya (Suhardiman and Prayogi, 2019). Penciptaan kepadatan struktur mikro yang tinggi dapat meningkatkan karakteristik dari logam (Cui *et al.*, 2023).

Untuk merubah sifat fisis logam perlu dilakukan proses pemanasan (*heat treatment*) dan pendinginan (*quenching*). Kemampuan pakai baja akan meningkat sehingga tahan aus dan gesekan apabila baja tersebut dikeraskan, dan untuk permesinan lebih lanjut agar mudah, baja dapat juga dilunakkan (Nasution, 2014). Pada proses *heat treatment* yang dapat mempengaruhi dan menentukan kekerasan dan ketangguhan suatu material adalah temperatur austenite (Farhan, Bukhari, Hamdani, Ilyas Yusuf, 2021).

Quenching merupakan proses memanaskan logam dan kemudian mendinginkannya dengan

cepat. Proses *quenching* bertujuan untuk menghasilkan struktur mikro yang keras dan berbentuk martensit pada material logam (Fenoria Putri, Sairul Effendi, 2021). Penggunaan beragam media *quenching* pastinya memengaruhi sifat kekerasan baja. Variasi media *quenching* berdampak pada sifat kekerasannya dan bisa mempercepat waktu produksi, jika pendinginan berlangsung dengan cepat (Hanif Fadhlurrohman Aziz *et al.*, 2023).

Air, oli, udara dan garam adalah media pendingin yang biasa digunakan pada proses *quenching*, dikarenakan media pendingin tersebut dapat membantu pengerasan logam sesuai dengan kebutuhan (Setiadi and Samlawi, 2019). Perubahan sifat fisis dan mekanis serta kimia dapat terjadi dari akibat media pendingin yang dipakai dalam proses pengerjaan panas (Alfian Siswara Arlingga, 2021).

Pada penelitian sebelumnya, bahwa variasi *holding time* sangat mempengaruhi sifat kekerasan pada baja ST 60 yang signifikan, media pendingin adalah air aqua dengan waktu tahan 15 menit, 20 menit dan 25 menit. Kekerasan tertinggi pada waktu tahan 25 menit yaitu 1358,24 kg/mm<sup>2</sup> (Murjito, 2022).

Penelitian lain juga menunjukkan nilai kekerasan baja ST 60, sebelum dan sesudah dilakukan perlakuan panas hasilnya meningkatnya kekerasan, sebelum perlakuan panas 14,5 HRC dan setelah perlakuan panas dengan media pendingin air garam dapur (NaCl) 35% (40,5 HRC), air garam dapur (NaCl) 40% (43,4 HRC), air garam magnesium chloride (MgCl<sub>2</sub>) 35% (43,7 HRC) dan air garam magnesium chloride (MgCl<sub>2</sub>) 40% (46,2 HRC) (Jiang *et al.*, 2019)

Berdasar kajian Pustaka tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik baja ST 60 setelah mengalami perlakuan panas/hardening dengan variasi waktu tahan menggunakan media pendingin oli SAE 20W-50. Alasan dari penelitian ini disebabkan baja ST 60 merupakan baja dengan karbon sedang yang mempunyai sifat kuat, ulet dan mudah untuk pengerjaan permesinan serta baja ST 60 dapat menerima perlakuan panas dan dapat menghasilkan berbagai sifat.

## 2. METODE

Pada teknik pengumpulan data diperoleh dari buku-buku referensi, jurnal, artikel, modul dan internet.

Variabel penelitian ini menggunakan variabel sebagai berikut:

### a. Variabel Bebas

Variable bebas pada penelitian ini adalah waktu tahan 10, 20, 30, 40 dan 50 menit.

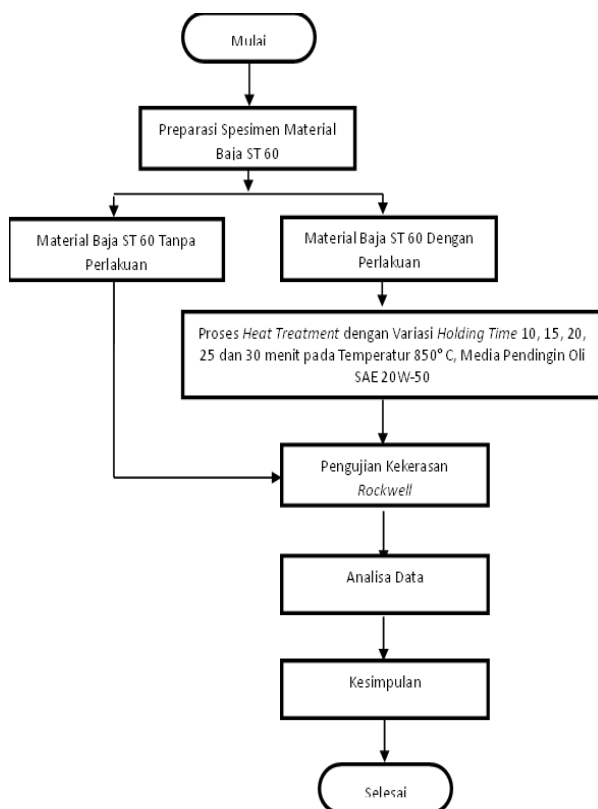
### b. Variabel Terikat

Variable terikat pada penelitian ini berupa nilai kekerasan.

### c. Variable Kontrol

Variable kontrol penelitian ini meliputi material baja ST 60, temperatur *hardening* 850° C, dengan media pendingin Oli SAE 20W-50.

Dalam penelitian ini, prosedur yang dilaksanakan adalah seperti terlihat pada diagram alir dibawah ini:

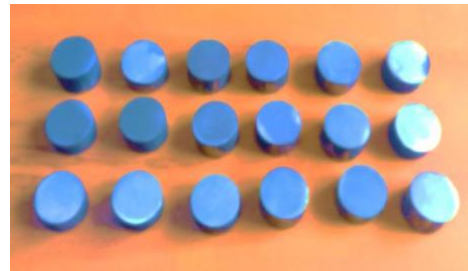


Gambar 1. Diagram alir penelitian

### a. PREPARASI SPESIMEN

Sebelum pengujian, dilakukan preparasi material baja ST 60 menjadi Spesimen material

yang akan diuji. Spesimen material uji kekerasan dengan ukuran ketebalan 10 mm dan diameter 20 mm.

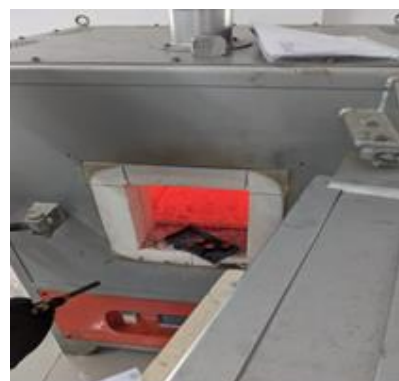


Gambar 2. Spesimen uji material Baja ST 60

### b. PROSES HEAT TREATMENT

*Heat treatment* merupakan perlakuan panas pada logam untuk memperbaiki sifat fisis maupun sifat mekanis pada logam. Juga merupakan proses pemanasan serta pendinginan logam dalam merubah sifat logam tersebut (Suhardiman and Prayogi, 2019).

Pada proses ini, spesimen baja ST 60 diletakkan dalam oven pemanas, kemudian dipanaskan dalam suhu 850°C pada holding time dengan variasi 10, 15, 20, 25 dan 30 menit. Setelah holding time terpenuhi, selanjutnya dilakukan proses quenching.



Gambar 3. Proses *heat treatment*

### c. PROSES QUENCHING

Proses *quenching* adalah pengerjaan pengerasan logam atau baja dengan pendinginan yang secara cepat setelah dipanaskan. Media pendinginan dapat berupa air, air garam, oli dan udara bebas serta lainnya (Murjito, 2022). Proses *quenching* dapat menyebabkan nilai kekerasan menjadi meningkat (Farhan, Bukhari, Hamdani, Ilyas Yusuf, 2021).

Pada proses *quenching* ini, spesimen yang telah dipanaskan kemudian dilakukan pendinginan secara cepat pada media pendingin

berupa oli dengan tingkat SAE 50, agar terbentuk unsur martensit yang sifatnya keras.



Gambar 4. Proses *quenching* dengan media oli

#### d. PROSES PENGUJIAN KEKERASAN

Proses uji kekerasan spesimen baja ST 60 dilakukan setelah spesimen material tersebut mengalami proses perlakuan panas. Pengujian kekerasan dilakukan dengan pengujian kekerasan *Rockwell*, yaitu menggunakan penekanan indenter bola baja dengan beban sebesar 150 kg. Kemudian tahan beban dengan menarik tuas uji berlawanan arah jarum jam. Spesimen dengan diameter ukuran 20 mm dan Panjang berukuran 10 mm yang akan diuji ditaruh diatas alas anvil holder screw, putar searah jarum jam hand wheel serta memutar piringan skala dan amatilah jarum yang panjang persis diatas angka nol dengan skala hitam, kemudian tarik tuas uji yang searah jarum jam secara perlahan, terakhir membaca skala *Rockwell*.

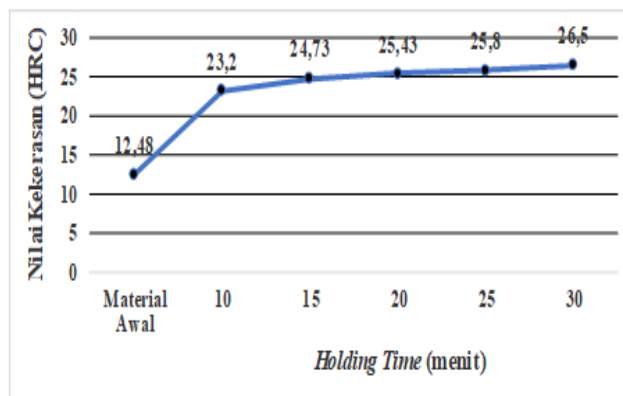
Tujuan pengujian kekerasan *Rockwell* adalah untuk mengetahui kekerasan material ditinjau dari ketahanannya terhadap indenter yang merupakan bola baja atau kerucut intan ke permukaan material tersebut (Kumayasari and Sultoni, 2017).



Gambar 5. Proses pengujian kekerasan metode *Rockwell*

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian kekerasan, didapatkan nilai kekerasan rata-rata dari spesimen material baja ST 60, seperti gambar 6 sebagai berikut:



Gambar 6. Grafik nilai kekerasan Baja ST 60

Dari hasil pengujian kekerasan spesimen baja ST 60, seperti diperlihatkan gambar 6 diatas, didapatkan kekerasan rata-rata material awal sebelum mendapatkan perlakuan panas adalah 12,48 HRC, sedangkan setelah mendapatkan perlakuan panas dengan *holding time* 10 menit 23,20 HRC, 15 menit 24,73 HRC, 20 menit 25,43 HRC, 25 menit 25,80 HRC dan 30 menit 26,50 HRC. Kekerasan *optimum* diperoleh saat *holding time* 30 menit dengan nilai kekerasan 26,50 HRC, meningkat 112 % dari material awal.

Peningkatan kekerasan dikarenakan waktu penahanan merupakan faktor dalam mengubah nilai kekerasan. Semakin tinggi nilai kekerasan suatu benda, maka semakin keras pula sifat benda tersebut (Korawan, 2022). Perbedaan tingkat kekerasan dari hasil pengujian kekerasan dapat dipengaruhi oleh variasi waktu penahanan saat perlakuan panas, sebab semakin lama waktu penahanan, semakin baik perubahan kekerasannya (Ervan Agustian, Somawardi, 2021). Semakin lama waktu penahanan, struktur austenit akan berubah secara merata dan sempurna, serta kecepatan pendinginan pada media pendingin setelah perlakuan panas akan berpengaruh pada tingkat kekerasan material tersebut (Dwi Herizen, 2020).

Peningkatan kekerasan juga disebabkan karena proses celup atau *quenching* sangat cepat sehingga unsur karbon tidak sempat berdifusi (Setyo, no date).

#### 4. PENUTUP

##### a. Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa nilai kekerasan baja ST 60 semakin meningkat setelah perlakuan panas, kekerasan maksimum pada suhu 850 °C pada *holding time* 30 menit sebesar 26,50 HRC. Meningkat 112 % dibanding sebelum perlakuan panas yaitu 12,48 HRC.

Hal ini dapat dikarenakan:

- Waktu penahanan merupakan faktor dalam mengubah nilai kekerasan. Semakin tinggi nilai kekerasan suatu benda, maka semakin keras pula sifat benda tersebut.
- Peningkatan kekerasan juga disebabkan karena proses celup atau *quenching* yang cepat sehingga unsur karbon tidak sempat berdifusi.

##### b. Saran

Dari hasil kesimpulan di atas, tentunya masih banyak kekurangannya, oleh karena itu saran yang dapat disampaikan peneliti adalah sebagai berikut:

- Untuk menghasilkan nilai kekerasan, kekuatan tarik yang lebih baik dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan variabel, media pendinginan dan waktu tahan yang berbeda.
- Perlu adanya studi literatur yang berbeda, yang terbaru untuk mendapatkan referensi yang lebih terkini.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

Alfian Siswara Arlingga (2021) 'Analisis Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekerasan Baja S45C Pada Proses Hardening-Tempering Analysis of Cooling Media Effects on Steel S45C Hardness in the Process Hardening-Tempering', pp. 1–65.

Cui, Q. et al. (2023) 'High-pressure quenching effect on martensitic transformation characteristics and mechanical properties of low-alloy medium-carbon steel', *Journal of Materials Research and Technology*, 23, pp. 765–777. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.01.051>.

Dwi Herizen, R.S. (2020) 'pengaruh variasi holding time dan media pendingin terhadap

kekerasan dan struktur mikro baja 630 metode hardening', 2(2), pp. 149–160.

Ervan Agustian, Somawardi, S. (2021) 'Analisis Pengaruh Media Pendingin Dengan Kombinasi Waktu Penahanan Pendingin Terhadap Nilai Kekerasan Baja AISI-1045 Pada Proses Quenching', *Jurnal Teknologi Manufaktur*, 13(01).

Farhan, Bukhari, Hamdani, Ilyas Yusuf, Z. (2021) 'pengaruh temperatur pemanasan (austenisasi) perlakuan panas quenching terhadap kekerasan dan struktur mikro baja ST 60', 5(1), pp. 1–7.

Fenoria Putri, Sairul Effendi, R.D.S.M.F.G. (2021) 'pengaruh quenching media pendingin minyak goreng bekas terhadap kekerasan baja S45C yang telah di pack', 13(2).

Hanif Fadhlurrohman Aziz, N. et al. (2023) 'Kekerasan Baja DC 11 Pada Perlakuan Media Quenching dan Suhu Tempering', 14(01), pp. 1–7. Available at: <https://doi.org/10.35970/infotekmesin.v14i1.1481>.

Iriandoko, H., Akbar, A. and Sindy Pramesty, Y. (2020) 'Pengaruh Heat Treatment Baja St 60 Terhadap Nilai Kekerasan Dengan Media Pendingin Asam Cuka', *Semnas IV*, pp. 1–6.

Jiang, B. et al. (2019) 'Mechanical properties and microstructural characterization of medium carbon non-quenched and tempered steel: Microalloying behavior', *Materials Science and Engineering A*, 748, pp. 180–188. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.msea.2019.01.094>.

Korawan, A.D. (2022) 'hardening baja aisi-4120 dengan variasi holding time', 8(1), pp. 19–23.

Kumayasari, M.F. and Sultoni, A.I. (2017) 'Studi Uji kekerasan Rockwell Superficial vs Micro Vickers', *Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri*, 2(2). Available at: <https://doi.org/10.36048/jtpii.v2i2.789>.

Murjito (2022) 'Efek Hoding Time Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Pada Baja ST 60', pp. 83–91.

Nasution, J.M. (2014) 'Analisa Sifat-Sifat Baja Hardening yang digunakan dalam Industri Otomotif', *Teknik Mesin UISU*, pp. 10–24.

Ridwan Redi Putra, Sarjito Jokosisworo, A.W.B.

- (2020) 'Analisa Kekuatan Puntir, Kekuatan Tarik dan Kekerasan Baja ST 60 sebagai Bahan Poros Baling-baling Kapal (Propeller Shaft) setelah Proses Tempering', *Teknik Perkapalan*, 8(3), pp. 368–374.
- Setiadi, D. and Samlawi, A.K. (2019) 'Pengaruh Quenching Dengan Media Pendingin Air Dan Oli Terhadap Mechanical Propertis Baja S45C', *Jtam Rotary*, 1(2), p. 183. Available at: [https://doi.org/10.20527/jtam\\_rotary.v1i2.1751](https://doi.org/10.20527/jtam_rotary.v1i2.1751).
- Setyo, N. (no date) 'pengaruh viskositas oli terhadap kekerasan dan struktur mikro baja 60', pp. 51–60.
- Singh, S. et al. (2021) 'Effect of heat treatment processes on the mechanical properties of AISI 1045 steel', *Materials Today: Proceedings*, 45, pp. 5097–5101. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.590>.
- Suhardiman and Prayogi, A. (2019) 'Analisa pengaruh variasi media pendingin pada perlakuan panas terhadap kekerasandan struktur mikro baja karbon rendah', *Jurnal Polimesin*, 17(2), pp. 29–37.
- Syaifullah, M. and Subhan, M. (2021) 'pengaruh air garam sebagai media pendingin terhadap nilai kekerasan pada proses pengerasan baja ST 60', 2(8), pp. 1–23.
- Alfian Siswara Arlingga (2021) 'Analisis Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekerasan Baja S45C Pada Proses Hardening-Tempering Analysis of Cooling Media Effects on Steel S45C Hardness in the Process Hardening-Tempering', pp. 1–65.
- Cui, Q. et al. (2023) 'High-pressure quenching effect on martensitic transformation characteristics and mechanical properties of low-alloy medium-carbon steel', *Journal of Materials Research and Technology*, 23, pp. 765–777. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.01.051>.
- Dwi Herizen, R.S. (2020) 'pengaruh variasi holding time dan media pendingin terhadap kekerasan dan struktur mikro baja sus 630 metode hardening', 2(2), pp. 149–160.
- Erwan Agustian, Somawardi, S. (2021) 'Analisis Pengaruh Media Pendingin Dengan Kombinasi Waktu Penahanan Pendingin Terhadap Nilai Kekerasan Baja AISI-1045 Pada Proses Quenching', *Jurnal Teknologi Manufaktur*, 13(01).
- Farhan, Bukhari, Hamdani, Ilyas Yusuf, Z. (2021) 'pengaruh temperatur pemanasan (austenisasi) perlakuan panas quenching terhadap kekerasan dan struktur mikro baja ST 60', 5(1), pp. 1–7.
- Fenoria Putri, Sairul Effendi, R.D.S.M.F.G. (2021) 'pengaruh quenching media pendingin minyak goreng bekas terhadap kekerasan baja S45C yang telah di pack', 13(2).
- Hanif Fadhlurrohman Aziz, N. et al. (2023) 'Kekerasan Baja DC 11 Pada Perlakuan Media Quenching dan Suhu Tempering', 14(01), pp. 1–7. Available at: <https://doi.org/10.35970/infotekmesin.v14i1.1481>.
- Iriandoko, H., Akbar, A. and Sindy Pramesty, Y. (2020) 'Pengaruh Heat Treatment Baja St 60 Terhadap Nilai Kekerasan Dengan Media Pendingin Asam Cuka', *Semnas IV*, pp. 1–6.
- Jiang, B. et al. (2019) 'Mechanical properties and microstructural characterization of medium carbon non-quenched and tempered steel: Microalloying behavior', *Materials Science and Engineering A*, 748, pp. 180–188. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.msea.2019.01.094>.
- Korawan, A.D. (2022) 'hardening baja aisi-4120 dengan variasi holding time', 8(1), pp. 19–23.
- Kumayasari, M.F. and Sultoni, A.I. (2017) 'Studi Uji kekerasan Rockwell Superficial vs Micro Vickers', *Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri*, 2(2). Available at: <https://doi.org/10.36048/jtpii.v2i2.789>.
- Murjito (2022) 'Efek Hoding Time Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Pada Baja ST 60', pp. 83–91.
- Nasution, J.M. (2014) 'Analisa Sifat-Sifat Baja Hardening yang digunakan dalam Industri Otomotif', *Teknik Mesin UISU*, pp. 10–24.
- Ridwan Redi Putra, Sarjito Jokosisworo, A.W.B. (2020) 'Analisa Kekuatan Puntir, Kekuatan Tarik dan Kekerasan Baja ST 60 sebagai Bahan Poros Baling-baling Kapal (Propeller Shaft) setelah Proses Tempering', *Teknik*

Perkapalan, 8(3), pp. 368–374.

- Setiadi, D. and Samlawi, A.K. (2019) ‘Pengaruh Quenching Dengan Media Pendingin Air Dan Oli Terhadap Mechanical Propertis Baja S45C’, *Jtam Rotary*, 1(2), p. 183. Available at: [https://doi.org/10.20527/jtam\\_rotary.v1i2.1751](https://doi.org/10.20527/jtam_rotary.v1i2.1751).
- Setyo, N. (no date) ‘pengaruh viskositas oli terhadap kekerasan dan struktur mikro baja 60’, pp. 51–60.
- Singh, S. et al. (2021) ‘Effect of heat treatment processes on the mechanical properties of AISI 1045 steel’, *Materials Today: Proceedings*, 45, pp. 5097–5101. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.590>.
- Suhardiman and Prayogi, A. (2019) ‘Analisa pengaruh variasi media pendingin pada perlakuan panas terhadap kekerasandan struktur mikro baja karbon rendah’, *Jurnal Polimesin*, 17(2), pp. 29–37.
- Syaifullah, M. and Subhan, M. (2021) ‘pengaruh air garam sebagai media pendingin terhadap nilai kekerasan pada proses pengerasan baja ST 60’, 2(8), pp. 1–23.