PENGARUH VARIASI *HOLDING TIME* PADA PROSES *HARDENING* DENGAN MEDIA PENDINGIN OLI TERHADAP KEKERASAN DAN KETANGGUHAN BAJA S45C

Helmi Tegar Cahyawijaya
S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: helmi.20044@mhs.unesa.ac.id

Mochamad Arif Irfa'i
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: arifirfai@unesa.ac.id

Abstrak

Baja S45C merupakan baja karbon menengah yang dapat digunakan pada komponen mekanis, termasuk roda gigi dan *sprocket*. Pada pemakaian yang melibatkan gesekan dan beban kejut, karakteristik kekerasan dan ketangguhan menjadi dua aspek penting yang perlu diperhatikan. Penelitian ini mengevaluasi perubahan kedua sifat tersebut akibat perbedaan waktu penahanan pada proses hardening dengan pendinginan oli. Spesimen dipanaskan hingga temperatur austenisasi 850°C, ditahan selama 15, 30, atau 45 menit, kemudian didinginkan menggunakan oli SAE 20W-50. Sifat mekanik diukur melalui pengujian kekerasan *Rockwell C* dan impak *Charpy*. Nilai kekerasan rata-rata material tanpa perlakuan adalah 12,6 HRC, lalu meningkat menjadi 22,12 HRC pada 15 menit, 25,9 HRC pada 30 menit, dan 29,58 HRC pada 45 menit. Sebaliknya, nilai impak tertinggi tercatat pada waktu penahanan 30 menit, yakni 1,68 J/mm²; pada 45 menit nilainya turun menjadi 1,638 J/mm². Hasil ini memperlihatkan bahwa waktu penahanan yang menghasilkan kekerasan tertinggi tidak selalu memberikan ketangguhan tertinggi. Pemilihan parameter hardening perlu mempertimbangkan kebutuhan kedua sifat mekanik tersebut secara bersamaan.

Kata Kunci: *Hardening, holding time,* Uji Kekerasan *Rockwell,* Uji *impact*, Baja S45C

Abstract

S45C is a medium-carbon steel used in mechanical parts, including gears and sprockets. For components exposed to friction and impact loading, hardness and toughness are important properties to consider together. This study examines how holding time during hardening affects these properties when oil is used as the quenching medium. The specimens were heated to an austenitizing temperature of 850°C, held for 15, 30, or 45 minutes, and then quenched in SAE 20W-50 oil. Mechanical properties were evaluated using the Rockwell C hardness test and the Charpy impact test. The untreated material had an average hardness of 12.6 HRC. After hardening, the values increased to 22.12 HRC at 15 minutes, 25.9 HRC at 30 minutes, and 29.58 HRC at 45 minutes. The highest impact value, however, was recorded at 30 minutes (1.68 J/mm²), before decreasing to 1.638 J/mm² at 45 minutes. The results indicate that the holding time that produces the greatest hardness does not necessarily provide the highest impact toughness. Hardening parameters should therefore be selected by considering the required balance between these mechanical properties.

Keywords: *Hardening, holding time, Rockwell hardness test, impact test, S45C steel*

PENDAHULUAN

Komponen mekanik yang digunakan dalam bidang manufaktur dan otomotif perlu memiliki sifat mekanik yang sesuai dengan kondisi kerjanya. Pada komponen yang mengalami gesekan berulang maupun beban kejut, kekerasan dan ketangguhan menjadi dua karakteristik penting karena berkaitan dengan ketahanan terhadap keausan serta kemampuan material menahan pembebanan tanpa mudah mengalami kerusakan. Oleh sebab itu, pemilihan material dan pengaturan proses perlakuan panas perlu disesuaikan dengan kebutuhan penggunaan komponen. Pada aplikasi tertentu, seperti sistem transmisi roda gigi, material dituntut memiliki kombinasi antara kekerasan tinggi dan ketangguhan yang memadai. Hal ini penting untuk meminimalkan keausan serta mencegah kegagalan akibat beban kejut. Dengan demikian, diperlukan penerapan teknik rekayasa material guna memperbaiki karakteristik mekanik bahan tersebut agar sesuai dengan kebutuhan operasional.

Baja S45C termasuk kelompok baja karbon menengah yang mengandung karbon berkisar antara 0,3% hingga 0,5%. Material ini memiliki keseimbangan yang cukup baik antara kekuatan dan keuletan, sehingga banyak dimanfaatkan pada berbagai komponen mesin, termasuk *gear sprocket*. Namun, pada kondisi operasional yang melibatkan kontak langsung dan gesekan berulang dengan rantai, material ini cenderung mengalami keausan yang dapat mengurangi umur pakainya. "Dari singgungan *gear sprocket* dan rantai itulah yang menyebabkan berkurangnya umur pemakaian dan keausan sehingga dibutuhkan kekerasan dan kekuatan pada *gear sprocket* yang tinggi" (Gunawan & Mahendra, 2024). Salah satu upaya yang dapat diterapkan untuk memperbaiki sifat mekanik material ialah melalui proses perlakuan panas. Pada proses tersebut, material dipanaskan hingga mencapai

temperatur austenisasi yang telah ditetapkan, dilanjutkan dengan penahanan pada suhu tertentu, dan diakhiri dengan pendinginan cepat *(quenching)*.

Waktu penahanan *(holding time)* menjadi salah satu faktor penting dalam proses *hardening* karena berperan dalam memastikan distribusi panas berlangsung secara merata serta terbentuknya struktur austenit yang homogen. Pemilihan waktu penahanan yang tepat memungkinkan proses difusi karbon terjadi secara optimal, sehingga dapat meningkatkan nilai kekerasan material.

"Namun demikian, waktu penahanan yang terlalu lama berpotensi menyebabkan pertumbuhan butir yang berlebihan. Kondisi ini dapat menghasilkan struktur yang lebih kasar dan berdampak pada penurunan ketangguhan material. Meningkatnya nilai kekerasan logam dipengaruhi oleh waktu penahanan *(holding time)"* (Anwar & Irawan, 2021).

Dengan mempertimbangkan latar belakang yang telah dijelaskan, penelitian ini berfokus pada analisis pengaruh variasi waktu penahanan selama proses *hardening* terhadap sifat mekanik, khususnya kekerasan dan ketangguhan baja S45C. Hasil pengujian diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam menentukan waktu penahanan yang sesuai dengan kebutuhan sifat mekanik material, terutama untuk penerapan pada komponen mekanik di bidang otomotif.

METODE

Penelitian ini menerapkan metode eksperimen untuk menganalisis pengaruh variasi waktu penahanan pada proses *hardening* terhadap sifat mekanik baja S45C. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan waktu penahanan, sementara parameter lain dijaga konstan untuk memastikan bahwa perubahan sifat mekanik yang terjadi dipengaruhi oleh variabel yang diteliti.

Waktu dan Tempat Penelitian

- **Waktu Penelitian**
  Penelitian ini dilaksanakan pada Juni 2025 hingga Juli 2025.
- **Tempat Penelitian**
  Tempat penelitian dilaksanakan di Labolatorium Pelapisan Logam dan Laboratorium Perlakuan dan Pengujian Bahan, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang.

Variabel Penelitian

- **Variabel Bebas**
  Variasi waktu penahanan *(holding time)* pada proses *hardening* selama 15,30, dan 45 menit.
- **Variabel Terikat**
  Nilai kekerasan dan ketangguhan baja S45C setelah perlakuan panas.
- **Variabel Kontrol**
  - Material baja S45C dengan dimensi yang sama
  - Jumlah spesimen perlakuan yaitu 9 dan tanpa perlakuan yaitu 3
  - Media pendingin menggunakan oli SAE 20W-50
  - Pendinginan dilakukan selama 5 menit
  - Volume media pendingin oli sebanyak 400 ml
  - Pengambilan data diukur pada temperatur 850°C
  - Pengujian kekerasan menggunakan metode HRC *Rockwell*

Alat dan Bahan Penelitian

- **Alat**
  - *Furnace*
  - Penjepit
  - Wadah Pendingin
  - Sarung Tangan
  - *Stopwatch*
  - Penggaris
  - Mesin Gerinda
- **Bahan**
  - Baja S45C

Tabel 1. Komposisi Kimia

Unsur	(%)
C	0,39-0,50
Mn	0,55-0,70
Si	0,15-0,35
S	0,004
Cr	0,34
Ni	0,02

  - Oli SAE 20W-50

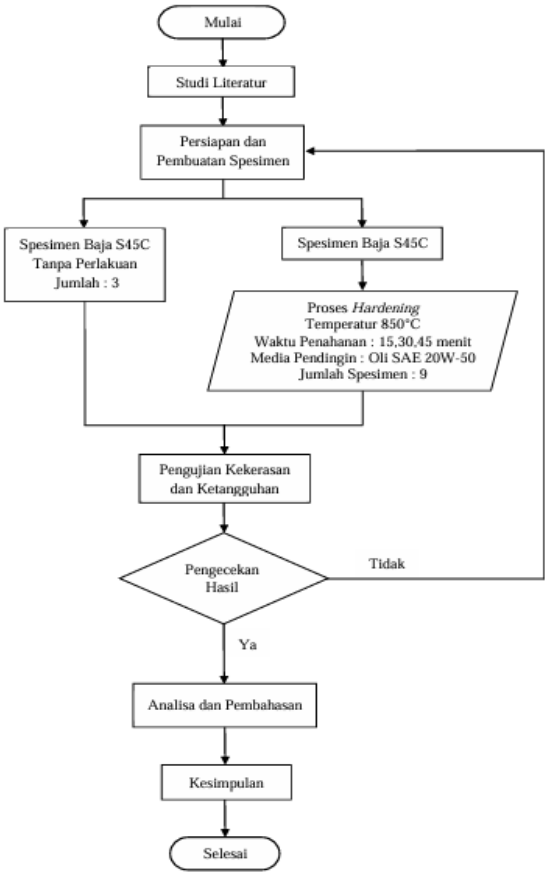
Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengujian kekerasan dan ketangguhan selanjutnya diolah menggunakan metode kuantitatif deskriptif. Pengolahan dilakukan dengan menyusun data hasil pengujian ke dalam tabel, kemudian divisualisasikan melalui grafik untuk mempermudah pengamatan terhadap pola perubahan yang terjadi akibat variasi waktu penahanan.

Selanjutnya, data dianalisis untuk mengidentifikasi hubungan antara variabel waktu penahanan dengan sifat mekanik material. Analisis dilanjutkan dengan membandingkan hasil antar kelompok sehingga dapat diketahui pengaruh peningkatan waktu penahanan terhadap perubahan kekerasan dan ketangguhan.

Untuk memperkuat hasil analisis, digunakan metode regresi guna melihat tingkat hubungan antar variabel secara kuantitatif. Hasil regresi ini digunakan sebagai dasar dalam mengevaluasi hubungan antara durasi penahanan terhadap sifat mekanik baja S45C, serta untuk mendukung penarikan kesimpulan penelitian.

Rancangan Penelitian



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

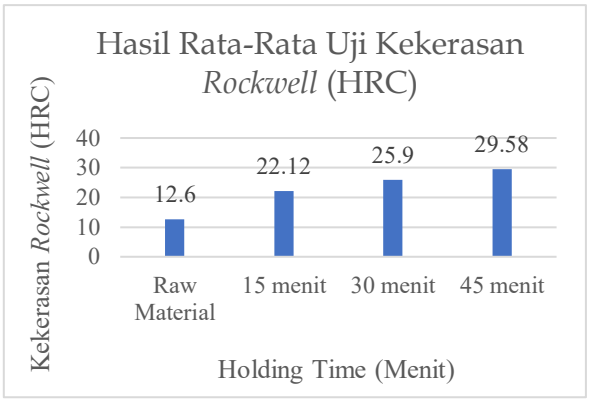
HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan yang digunakan adalah *Rockwell C*. Berikut ini merupakan data hasil pengujian kekerasan.

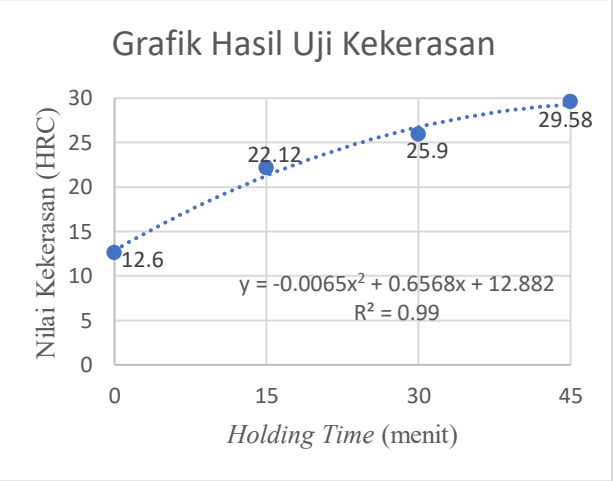
Tabel 2. Hasil Uji Kekerasan

Spesimen		Nilai Kekerasan (HRC)
Tanpa Perlakuan	Spesimen 1	12,6
	Spesimen 2	12,6
	Spesimen 3	12,6
	Rata-rata	12,6
15 menit	Spesimen 1	22,23
	Spesimen 2	22,5
	Spesimen 3	21,63
	Rata-rata	22,12
30 menit	Spesimen 1	26,63
	Spesimen 2	27,3
	Spesimen 3	24,06
	Rata-rata	25,9
45 menit	Spesimen 1	29,03
	Spesimen 2	30,16
	Spesimen 3	29,56
	Rata-rata	29,58



Gambar 2. Diagram Hasil Uji Kekerasan

Berdasarkan grafik yang ditampilkan, kekerasan baja S45C mengalami peningkatan sesudah dilakukan perlakuan panas dengan variasi waktu penahanan. Spesimen tanpa perlakuan menunjukkan nilai kekerasan rata-rata sebesar 12,6 HRC. Setelah diberikan perlakuan panas dengan waktu penahanan 15 menit, nilai kekerasan meningkat menjadi 22,12 HRC, kemudian bertambah menjadi 25,9 HRC pada waktu 30 menit, dan mencapai 29,58 HRC pada waktu penahanan 45 menit. Hasil tersebut menunjukkan bahwa spesimen yang menjalani proses penahanan selama 45 menit menghasilkan tingkat kekerasan tertinggi, yaitu sebesar 29,58 HRC. Sebaliknya, spesimen tanpa perlakuan mendapatkan nilai kekerasan terendah dengan nilai sebesar 12,6 HRC.



Gambar 3. Grafik Polinomial Hasil Uji Kekerasan

Dari data pengujian kekerasan pada Gambar 3, terlihat bahwa setiap variasi waktu penahanan menghasilkan nilai kekerasan yang berbeda. Spesimen dengan waktu penahanan 45 menit menunjukkan nilai kekerasan tertinggi sebesar 29,58 HRC, sedangkan spesimen tanpa perlakuan memiliki nilai terendah sebesar 12,6 HRC. Hasil tersebut menunjukkan bahwa variasi waktu penahanan dalam proses perlakuan panas berpengaruh terhadap peningkatan kekerasan material. Peningkatan ini terlihat dari perbandingan antara spesimen tanpa perlakuan dan spesimen yang telah mengalami *hardening*, di mana nilai kekerasan mengalami kenaikan seiring dengan diberikannya perlakuan panas. Penelitian dari (Widodo & Huda, 2016) juga mengatakan bahwa "waktu tahan yang lebih lama

memberikan waktu yang cukup bagi karbon untuk terlarut secara homogen, sehingga setelah melalui proses *quenching*, martensit terbentuk lebih sempurna dan menyebabkan kekerasan meningkat."

Uji Ketangguhan (Impak)

Uji impak yang digunakan adalah uji impak *Charpy*. Berikut ini adalah data hasil pengujian ketangguhan.

Tabel 3. Hasil Pengujian Ketangguhan (Impak)

Variasi Data	Hasil Uji *Impact* (J/mm^2)			
	1	2	3	Rata-rata
Raw Material	0,53	0,52	0,49	0,513
Holding Time 15 menit	1,67	1,67	1,665	1,668
Holding Time 30 menit	1,7	1,694	1,67	1,68
Holding Time 45 menit	1,651	1,64	1,623	1,638

Untuk mendapatkan nilai impak maka hasil dari pengujian dapat dihitung menggunakan rumus :

$$HI = \frac{E}{A}$$

Keterangan:

HI = Nilai Impak (Kg/mm^2)

E = Energi Yang Diserap (Joule)

A = Luas Penampang di bawah takikan (mm^2)

Sedangkan Energi terserap spesimen uji dihitung dengan rumus :

$$E = m \times g \times \lambda (\cos \beta - \cos \alpha)$$

Keterangan:

E = Energi terserap (Joule)

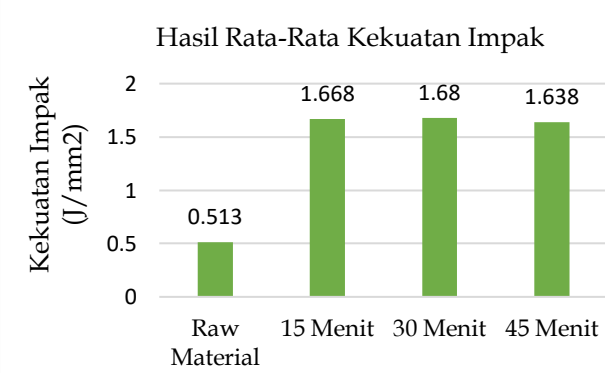
m = Berat Pendulum (Kg)

g = Gravitasi 9,81 m/s^2

λ = Jarak lengan pengayun (m)

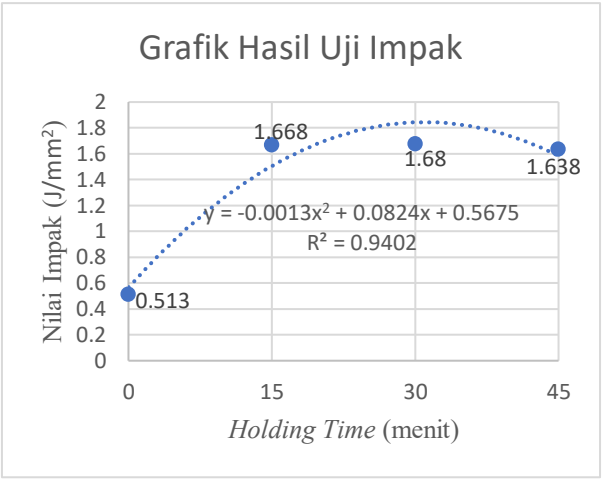
α = Sudut posisi awal pendulum

β = Sudut posisi akhir pendulum



Gambar 4. Diagram Hasil Uji Impak

Berdasarkan grafik hasil uji impak, terlihat adanya perubahan nilai ketangguhan pada setiap variasi waktu penahanan. Spesimen tanpa perlakuan menunjukkan nilai terendah sebesar 0,513 J/mm². Setelah dilakukan proses hardening, nilai tersebut meningkat menjadi 1,668 J/mm² pada 15 menit dan mencapai nilai maksimum sebesar 1,68 J/mm² pada 30 menit, kemudian mengalami sedikit penurunan menjadi 1,638 J/mm² pada waktu penahanan 45 menit.



Gambar 5. Grafik Polinomial Hasil Uji Impak

Berdasarkan hasil pengujian impak pada Gambar 5, terlihat bahwa rata-rata nilai ketangguhan yang didapat berbeda pada setiap durasi waktu penahanan. Nilai ketangguhan tertinggi terdapat pada spesimen dengan waktu penahanan 30 menit sebesar 1,68 J/mm², sedangkan nilai ketangguhan terendah terdapat pada spesimen tanpa perlakuan, yaitu sebesar 0,513 J/mm². Namun, pada variasi waktu penahanan 45 menit terjadi penurunan nilai ketangguhan dibandingkan dengan variasi 15 dan 30 menit. Kondisi ini mengindikasikan adanya pengaruh waktu penahanan yang terlalu lama terhadap struktur mikro material. Pertumbuhan butir austenit (grain growth) yang semakin besar selama proses *hardening* menyebabkan terbentuknya struktur yang lebih kasar, sehingga material menjadi lebih rentan terhadap retak dan berdampak pada penurunan ketangguhan meskipun kekerasan meningkat (Bajželj & Burja, 2022).

Secara umum, hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa perbedaan durasi penahanan dalam proses perlakuan panas memengaruhi karakteristik material yang diuji. Hal ini dibuktikan oleh peningkatan nilai kekerasan dan ketangguhan pada spesimen yang telah mengalami *hardening* dibandingkan dengan spesimen tanpa perlakuan.

Selain itu, berdasarkan grafik pada Gambar 3 dan Gambar 5, garis kecenderungan *(trendline)* menunjukkan adanya peningkatan nilai kekerasan dan ketangguhan. Hubungan tersebut diperkuat oleh nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,99 pada uji kekerasan dan 0,9402 pada uji impak, yang menunjukkan bahwa hubungan antar variabel dalam kedua pengujian tergolong kuat.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Secara umum, temuan yang diperoleh menunjukkan bahwa perubahan waktu penahanan pada proses *hardening* turut memengaruhi karakteristik sifat mekanik baja S45C. Hasil pengujian kekerasan menunjukkan adanya peningkatan nilai kekerasan seiring bertambahnya waktu penahanan. Nilai kekerasan awal sebesar 12,6 HRC pada spesimen tanpa perlakuan meningkat menjadi 22,12 HRC pada 15 menit, 25,9 HRC pada 30 menit, dan mencapai 29,58 HRC pada waktu penahanan 45 menit. Hal ini mengindikasikan bahwa waktu penahanan berkontribusi dalam meningkatkan kekerasan material. Sementara itu, hasil pengujian ketangguhan menunjukkan tren yang berbeda. Nilai ketangguhan meningkat dari 0,513 J/mm² pada spesimen tanpa perlakuan menjadi 1,668 J/mm² pada 15 menit dan mencapai nilai maksimum sebesar 1,68 J/mm² pada 30 menit. Namun, pada waktu penahanan 45 menit terjadi penurunan nilai ketangguhan menjadi 1,638 J/mm². Hasil penelitian mengindikasikan bahwa penentuan durasi waktu penahanan yang sesuai sangat penting untuk memperoleh keseimbangan antara kekerasan dan ketangguhan. Waktu penahanan yang optimal dapat meningkatkan kedua sifat tersebut, sedangkan waktu penahanan yang terlalu lama cenderung menurunkan ketangguhan material.

Saran

Untuk pengembangan penelitian di masa mendatang, beberapa hal berikut dapat dijadikan sebagai pertimbangan:

Penelitian ini sebaiknya dikembangkan dengan jumlah spesimen yang lebih banyak sehingga hasil pengujian yang diperoleh dapat mencapai tingkat ketelitian yang lebih baik. Selain itu, proses pengujian yang diterapkan pada penelitian ini masih terbatas pada kekerasan dan ketangguhan, sehingga pada penelitian berikutnya disarankan untuk menambahkan pengujian lain, seperti analisis struktur mikro, guna memahami perubahan fasa yang terjadi selama proses *hardening*.

Selanjutnya, penelitian lanjutan juga dapat mengkaji pengaruh variasi parameter lain, seperti temperatur pemanasan maupun variasi waktu penahanan yang lebih beragam, sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas hasil.

DAFTAR PUSTAKA

Hawari, M. I., Widagdo, Tri., Soegeng, W. (2020). Pengaruh Temperature Dan Holding Time Pada Proses Hardening Dengan Media Pendingin Air Kelapa Tua Terhadap Kekerasan Baja JIS S45C. Machinery Jurnal Teknologi Terapan, Vol.1(1): 47-54.

Syahputra, E. D. A., Nafi, M. (2023). Analisa Kekuatan Baja Profil L Menggunakan Metode Hardening Dengan Pengujian Hardness dan Micro Menggunakan Variasi Waktu Tahan Dan Media Pendingin. Prosiding Senakama, Vol.2: 196-212.

Agustian, E., Somawardi, Sugianto. (2021). Analisis Pengaruh Media Pendingin Dengan Kombinasi Waktu Penahanan Pendingin Terhadap Nilai Kekerasan Baja AISI-1045 Pada Proses Quenching. Jurnal Teknologi Manufaktur, Vol.13(1): 26-32.

Arianzas, G., Prayitno, D. (2019). PENGARUH MEDIA PENDINGIN PADA PROSES HARDENING TERHADAP KETANGGUHAN BAJA S45C. Journal of Mechanical Engineering and Mechatronics, Vol.4(1): 1-6.

Budi, M. I. R. S., Subagyo. (2021). PENGARUH HOLDING TIME DAN MEDIA PENDINGIN PADA PROSES HARDENING TERHADAP KEKERASAN DAN LAJU KOROSI BAJA AISI 410. Jurnal Teknik: Ilmu dan Aplikasi, Vol.2(1): 10-14.

Rohadin, Mikael, M., Kardiman (2024). Pengaruh holding time pada proses hardening untuk baja S50C sebagai pisau. Sultra Journal of Mechanical Engineering (SJME): Vol.3(1), 1-8.

Subagiyo, Asrori, Agustriyana, L. (2018). ANALISIS KEKERASAN BAJA S45C HASIL HARDENING. *INFO TEKNIK,* Vol.19(1): 43-54.

Sukarno, N. A. (2023). ANALISIS SIFAT MEKANIK BAJA ST 60 SETELAH PROSES QUENCHING. Jurnal Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ, Vol.10(3): 196-202.

Wibowo, A. T., Samlawi, A. K. (2020). PENGARUH PROSES QUENCHING DENGAN MEDIA PENDINGIN AIR DAN OLI TERHADAP KEKERASAN BAJA DAN STRUKTUR MIKRO BAJA S45C. *Rotary, Vol.2(2): 137-148.*

Zayadi, A. S. (2022). Pengaruh Waktu Tempering terhadap Karakter Baja S45C. Universitas Nasional Jakarta, Hal 34-65.

Permana, A. W., Anjani, R. D., Gusniar, I. N. (2020). Analisa Pengaruh Variasi Media Pendingin pada Proses Heat Treatment Metode Hardening-Tempering Material Baja S45C terhadap Sifat Mekanik dan Struktur. Jurnal Rekayasa Mesin, Vol.15(3): 199-206.

Faris, M. S. A., Rasyid, A. H. A. (2023). PENGARUH VARIASI MEDIA PENDINGIN TERHADAP NILAI KEKERASAN DAN KETANGGUHAN BAJA AISI 1045 APLIKASI POROS MOTOR. *Jurnal Teknik Mesin (JTM), Vol.11(3)*: 165-170.

Herizen, D., Siswanto, R. (2020). PENGARUH VARIASI HOLDING TIME DAN MEDIA PENDINGIN TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA SUS 630 METODE HARDENING. *Rotary, Vol.2(2)*: 149-160.

Iskandar, A., Johansyah, M., Siddiq, M. F. (2020). ANALISA KEAUSAN SPROKET PADA SEPEDA MOTOR SPORT 4 LANGKAH 150

CC. *Motor Bakar: Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Tangerang, Vol.4(2)*: 1-5.

Korawan, A. D. (2022). HARDENING BAJA AISI-4120 DENGAN VARIASI HOLDING TIME. *Machine; Jurnal Teknik Mesin, Vol.8(1)*, 19-23.

Rahmadani, R., Fadri, M. Y., Syaputra, A. R., Haprabu, E. P. S., Nugroho, V. A., Goin, B., Arifin, S., Djiwo, S. (2020). Pengaruh Hardening Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat Mekanis Baja AISI 1045. *Jurnal JMMME, Vol.1(2)*: 14-18.

Setiadi, D. S. (2019). PENGARUH QUENCHING DENGAN MEDIA PENDINGIN AIR DAN OLI TERHADAP MECHANICAL PROPERTIS BAJA S45C. *Rotary, Vol.1(2)*: 183-192.

Widodo, E. H. (2016). Optimasi Holding Time untuk Mendapatkan Kekerasan Baja S 45 C. *R.E.M.(Rekayasa, Energi, Manufaktur) Jurnal, Vol.1(1)*: 2-6.

Hang, P. T. (2021). Effects of Heat Treatment Process on Mechanical Properties of Medium Carbon Steel. *Vietnam Journal of Agricultural Science, Vol.4(4)*: 1283-1292.

Bajželj, A., Burja, J. (2022). Influence of Austenitisation Time and Temperature on Grain Size and Martensite Start of 51CrV4 Spring Steel. *Crystals* 2022, 12, 1449.

Arlingga, A. S. (2021). Analisis Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekerasan Baja S45C Pada Proses Hardening-Tempering. *Sustainable Journal of Mechanical Engineering (SJoME)*, 31-38.

Hermawanto, D. B. (2021). Meningkatkan Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Sproket Drive Imitasi Motor Melalui Heat Treatment. *Jurnal Smart Teknologi Vol.1, No.1*, 100-103.

Nasution, M. (2023). Effect of Quenching Media on the Strength of AISI 1045 Steel Applied to Chain Sprockets: Impact Test Method. *International Journal of Research and Review (ijrrjournal.com) Vol 10; Issue: 2*, 211-215.

International., A. (2020). Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials. *ASTM International*.

Soeleman., P. M. (2015). ANALISIS KARAKTERISTIK GEAR SPROCKET STANDARD DAN RACING PADA SEPEDA MOTOR . *Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 26-35.

Williams, E. E. (2014). Fundamentals of Sprocket Design and Reverse Engineering of Rear Sprocket of a Yamaha CY80 Motorcycle. *International Journal of Engineering and Technology Volume 4 No. 4*, 170-179.

UNESA Universitas Negeri Surabaya