

# Pengaruh variasi media pendingin terhadap sifat mekanik dan struktur mikro pada baja S45C

Abdul Azis<sup>1</sup>, Mutaqin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Perwira Purbalingga

Penulis Korespondensi : Abdul Azis (e-mail: abdulazis@unperba.ac.id)

## ABSTRAK

Perkembangan industri manufaktur semakin pesat didalam negeri, salah satunya adalah industri manufaktur yang memproduksi komponen-komponen mesin yang banyak terbuat dari logam. Proses perlakuan panas adalah salah satu cara untuk meningkatkan sifat mekanik baja. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi media *quenching* dan *holding time* terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro pada baja S45C. Proses pemanasan dengan temperatur 850° C, dan media *quenching* dengan media oli SAE 10W-30, SAE 15W-40, dan SAE 20W-50 dengan *holding time* 30 menit, dan 50 menit. Hasil nilai kekerasan tertinggi 31,30 HRC pada *holding time* 30 menit dan 31,87 HRC pada *holding time* 50 menit. Dari hasil analisa diketahui bahwa dengan media pendingin oli mempunyai pengaruh signifikan terhadap peningkatan nilai kekerasan. Pengujian struktur mikro media pendingin oli memberikan pendinginan yang cepat, yang menghasilkan karakteristik dan sifat material yang berbeda.

**Kata Kunci:** Sifat Mekanik, Baja S45C, Nilai Kekerasan, Struktur Mikro

## 1. PENDAHULUAN

Setiap logam memiliki karakteristik yang berbeda-beda, seperti sifat fisis, sifat mekanis, dan sifat kimia [1]. Baja merupakan salah satu jenis logam yang banyak digunakan pada dunia industri [2]. Kebutuhan rumah tangga, alat-alat perkakas, alat pertanian, dan komponen mobil terbuat dari baja karbon [3].

Baja karbon adalah jenis baja paduan yang terdiri dari besi (Fe) dan karbon (C), dengan besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utama, dengan kadar kurang dari 2%. Baja karbon terdiri dari baja karbon rendah (C = 0,03 hingga 0,35%), baja karbon sedang (C = 0,35 hingga 0,55%), dan baja karbon tinggi (C = 0,55%) berdasarkan persentase kandungan karbonnya dalam kategori -1,70% [4].

Baja S45C adalah jenis baja karbon sedang yang dapat digunakan untuk berbagai tujuan, seperti pembuatan pisau dan berbagai bagian mesin kendaraan [3]. Baja ini memiliki kadar karbon sekitar 0,51% dan diklasifikasikan sebagai baja karbon menengah. Ini memiliki diameter 40 milimeter x 20 milimeter dan memiliki komposisi karbon (C) 0,44%, silikon (Si) 0,25%, mangan (Mn) 0,71%, fosfor (P) 0,012%, titanium (Cu) 0,01%, dan nikel (Ni) 0,02% [5].

Dalam proses manufaktur di industri logam, penyepuhan, juga dikenal sebagai *quenching*, adalah salah satu proses perlakuan panas yang sangat penting [6]. *Quenching* adalah proses pemanasan baja pada suhu pengerasan kemudian didinginkan yang relatif cepat dari

temperatur austenisasi (umumnya pada jarak temperatur 815<sup>0</sup>C – 870<sup>0</sup>C) pada baja [7].

Media *quenching* yang digunakan antara lain oli, air, larutan polimer, larutan garam. Sedangkan media *quenching* gas antara lain helium, argon dan nitrogen [8]. Proses *quenching* digunakan untuk mengeraskan struktur mikro martensit pada logam [9].

Baja S45C adalah baja dengan daya renggang menengah yang diproduksi dalam kondisi normal atau gulungan panas hitam. Memiliki kekuatan tarik antara 570 dan 700 MPa dan kekerasan Brinell antara 170 dan 210 atau 179 Hv hingga 22 Hv [10].

**Tabel 1. Tabel Komposisi Kimia Baja S45C [11]**

Unsur	Jumlah Kandungan
Carbon (C)	0,42 – 0,50%
Iron (Fe)	97,74%
Mangan (Mn)	0,50 – 0,80%
Fosfor (P)	0,035%
Sulfur (S)	0,035%

Kekerasan adalah sifat ketahanan bahan atau material terhadap penekanan atau deformasi pada daerah lokal permukaan material. Pengujian kekerasan bahan dilakukan dengan cara menekankan penekan tertentu kepada benda uji dengan benda tertentu dengan mengukur ukuran bekas penekanan yang terbentuk di atasnya [12].

Proses perlakuan panas dapat dilakukan dengan berbagai cara: pertama dipanaskan sampai suhu tertentu kemudian ditahan di ruang tungku selama waktu tertentu sampai suhu tersebut merata ke seluruh bahan. Faktor dan variabel yang mempengaruhi proses perlakuan panas meliputi suhu perlakuan panas, waktu penahanan, laju pemanasan, dan proses pendinginan [13].

*Quenching* adalah proses mendinginkan logam secara cepat dengan mencelupkannya pada media pendingin. Mendinginkan sampel yang telah dipanaskan secara mendadak dapat menyebabkan perubahan struktur mikro, menghasilkan kekerasan maksimum [14]. Dalam kasus baja, proses pengerasan mengarah pada percepatan pendinginan suhu austenit ke fase bainit dan/atau martensit untuk mencapai kekuatan dan kekerasan tertentu. Nilai kekerasan meningkat seiring dengan bertambahnya martensite dikarenakan oleh proses *quenching* [15].

Media pendingin merupakan media yang digunakan untuk menurunkan suhu logam setelah perlakuan panas, pendingin mengubah struktur baja [3]. Pengerasan logam sering menggunakan air, oli, udara, dan garam sebagai pendingin untuk mendinginkan sampel material. Media pendingin digunakan sedemikian rupa sehingga dapat mencapai hasil yang diharapkan [11]. Pada penelitian sebelumnya dilakukan penelitian tentang pengujian kekerasan dan impak pada baja S45C pada temperatur 850°C dengan *holding time* 60 menit. Viskositas oli memengaruhi kekerasan material. Kekerasan material dengan viskositas oli SAE 20W adalah 30,83 HRC, SAE 40W adalah 33,79 HRC, dan SAE 80W adalah 36,21 HRC [16]. Penelitian lain dilakukan pada baja S45C yang dipanaskan pada 700, 800, dan 900°C kemudian didinginkan cepat (*quenching*) dalam air garam dan oli. Mereka menemukan bahwa suhu austenisasi yang lebih tinggi meningkatkan kekerasan baja S45C setelah pendinginan cepat, dan media oli lebih keras dari pada air garam. Baja S45C memiliki kekerasan terbaik pasca pengerasan untuk poros roda sepeda motor [17].

Berdasarkan pada identifikasi tersebut dilakukan penelitian "Identifikasi Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Baja S45C Hasil Heat Treatment Dengan Variasi Media Pendingin Oli".

## 2. BAHAN DAN METODE

Dalam penelitian ini, bahan yang digunakan adalah material baja S45C, kertas amplas, resin, kain halus, cairan etsa, autosol dan oli SAE 10W-30, 15W-40, 20W-50. Sedangkan alat yang digunakan adalah mikrometer, gergaji besi, *electric heating furnace*, mesin polish, alat uji struktur mikro dan alat uji kekerasan rockwell. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dalam mendapatkan data yang diperlukannya. Adapun Langkah pengujiannya adalah :

### a. Preparasi material baja S45C

Sebelum dilakukan pengujian pada material baja S45C, terlebih dahulu melakukan preparasi material untuk dijadikan sampel material uji. Adapun persiapan sampel materialnya dengan ukuran yang sama adalah sebagai berikut :

1) Pada pengujian kekerasan sampel material

yang dibutuhkan adalah 21 sampel, yang terdiri dari 2 sampel untuk material awal yang tidak dilakukan heat treatment dan 19 sampel untuk material yang dilakukan heat treatment, dengan panjang 10 mm dan diameter 20 mm, masing-masing ukuran sampel uji sama.

2) Untuk pengujian struktur mikro sampel yang dibutuhkan adalah 7 sampel, yang terdiri dari 1 sampel awal sebelum dilakukan heat treatment dan 6 sampel setelah heat treatment, dengan ukuran yang sama, panjang 10 mm dan diameter 20 mm.



Gambar 1. Spesimen Uji Kekerasan dan Struktur Mikro

### b. Proses *heat treatment* dan *quenching*

Setelah material di preparasi, selanjutnya proses perlakuan panas dilakukan pada suhu 850°C dengan penahanan waktu 30 menit dan 50 menit. Setelah itu, proses pendinginan (*quenching*) menggunakan media oli SAE 10W-30, SAE 15W-40, dan SAE 20W-50.

Proses perlakuan panas dilakukan pada spesimen baja S45C, proses selanjutnya adalah proses pendinginan dengan cara mengeluarkan spesimen dari *Elektrik Heating Furnace* kemudian spesimen didinginkan perlahan-lahan dengan media oli SAE 10W-30, SAE 15W-40, dan SAE 20W-50, dengan cara mencelupkan spesimen kedalam wadah media pendingin sampai suhu pada spesimen kembali normal. kemudian dipisahkan sesuai dengan variasi penahanan waktu (*holding time*).

### c. Proses pemolesan specimen

Proses pemolesan pada spesimen baja S45C dilakukan dengan menggunakan amplas, kemudian di autosol (*metal polish*). Untuk membersihkan spesimen menggunakan kain halus sebagai media. Tujuan pemolesan adalah untuk menghasilkan permukaan yang benar-benar halus dan mengkilap sehingga pantulan cahaya yang baik dapat dihasilkan saat permukaan diamati di bawah lensa mikroskop

### d. Proses pengujian kekerasan rockwell

Pada pengujian kekerasan spesimen baja S45C dilakukan dengan metode *Rockwell* dengan beban 150 kg. Kekerasan setiap spesimen diuji pada tiga titik yang membutuhkan 21 sampel, 2 sampel untuk spesimen yang belum mengalami pemanasan dan 19 sampel untuk spesimen yang sudah mengalami pemanasan dengan waktu yang sudah ditentukan diatas, kemudian dihitung nilai kekerasan rata-ratanya untuk menghasilkan nilai kekerasan total spesimen.

### e. Proses pengujian struktur mikro

Proses pengujian struktur mikro dilakukan setelah

pemolesan dengan menggunakan mikroskop metalurgi untuk mengamati daerah baja yang mengalami proses *quenching*, sehingga dapat mengetahui bentuk struktur mikro. Penampang permukaan spesimen dipoles dengan cairan etsa menggunakan larutan *asam hydroflourid* (HF) pada semua spesimen uji.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**  
**Analisa Hasil Nilai Kekerasan**

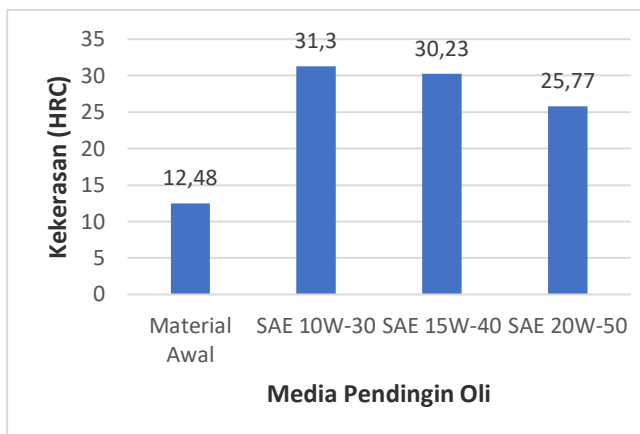
Setelah melakukan uji kekerasan spesimen material baja S45C yang sudah mendapatkan perlakuan panas dengan variasi *holding time* 30 menit, dan 50 menit pada suhu 850 °C kemudian di *quenching* pada media oli SAE 10W-30, SAE 15W-40, dan SAE 20W-50 serta dilakukan uji kekerasan dengan metode pengujian kekerasan *Rockwell*, penekanan indenter pada bola baja sebesar 150 kg, didapatkan hasil uji kekerasan rata-rata untuk semua spesimen uji baja S45C dapat dilihat pada tabel 2 dan tabel 3, sebagai berikut:

**Tabel 2. Data Uji Kekerasan Rata-rata Holding Time 30 Menit**

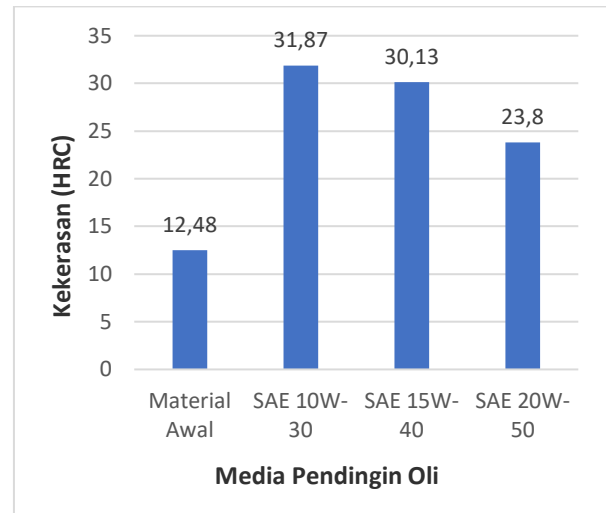
Media Pendingin Oli	Kekerasan (HRC)
Material Awal	12,48
SAE 10W-30	31,30
SAE 15W-40	30,23
SAE 20W-50	25,77

**Tabel 3. Data Uji Kekerasan Rata-rata Holding Time 50 Menit**

Media Pendingin Oli	Kekerasan (HRC)
Material Awal	12,48
SAE 10W-30	31,87
SAE 15W-40	30,13
SAE 20W-50	23,80



Gambar 2. Grafik nilai kekerasan rata-rata *holding time* 30 menit

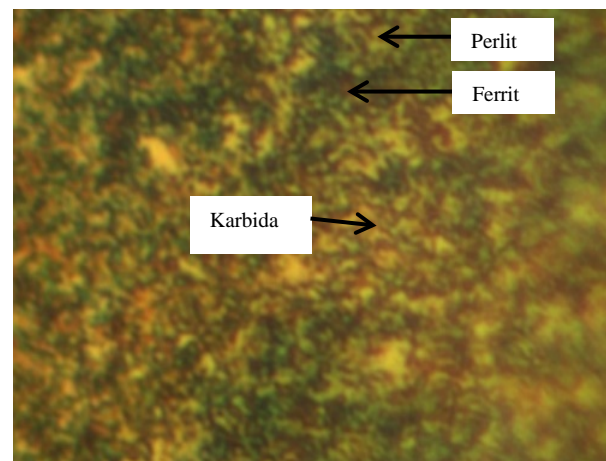


Gambar 3. Grafik nilai kekerasan rata-rata *holding time* 50 menit

Berdasarkan data hasil uji kekerasan baja S45C, seperti ditunjukkan pada gambar grafik diatas, didapatkan hasil uji kekerasan material awal adalah 12,48 HRC, setelah mendapatkan perlakuan panas pada *holding time* 30 dan di *quenching* pada oli SAE 10W-30 adalah 31,3 HRC, SAE 15W-40 adalah 30,23 HRC, dan SAE 20W-50 adalah 25,77 HRC. Sedangkan pada *holding time* 50 menit didapatkan nilai kekerasan 31,87 HRC pada oli SAE 10W-30, SAE 15W-40 adalah 30,13 HRC, dan SAE 20W-50 adalah 23,8 HRC. Dari hasil analisa diketahui bahwa dengan media pendingin oli mempunyai pengaruh signifikan terhadap peningkatan nilai kekerasan [9].

**Analisa Hasil Uji Struktur Mikro**

Hasil pengujian struktur mikro yang diamati dengan mikroskop metalurgi didapatkan gambar struktur seperti ditunjukkan pada gambar 4 sampai 10.

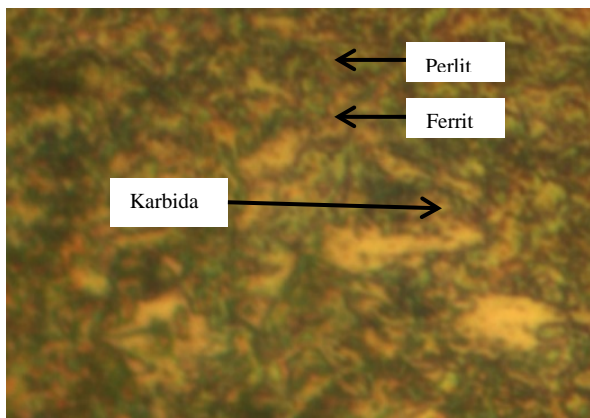


Gambar 4. Hasil Struktur Mikro Baja S45C sebelum *Heat Treatment*

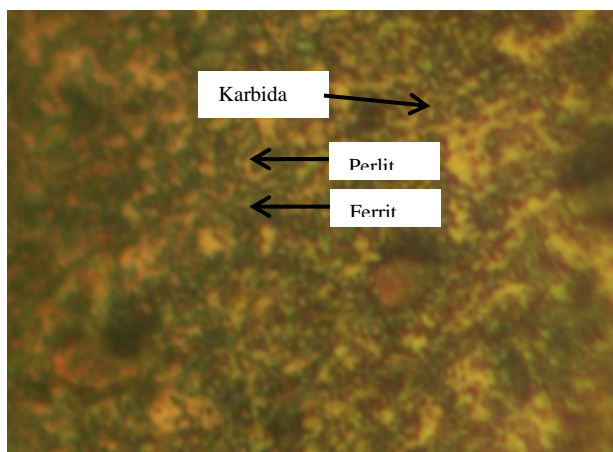
Seperti yang ditunjukkan oleh hasil pengamatan struktur mikro melalui mikroskop metalurgi, material uji sebelum melalui perlakuan panas memiliki buiran struktur ferrit berwarna putih dan sejumlah besar pearlit berwarna kehitaman, seperti yang ditunjukkan dalam



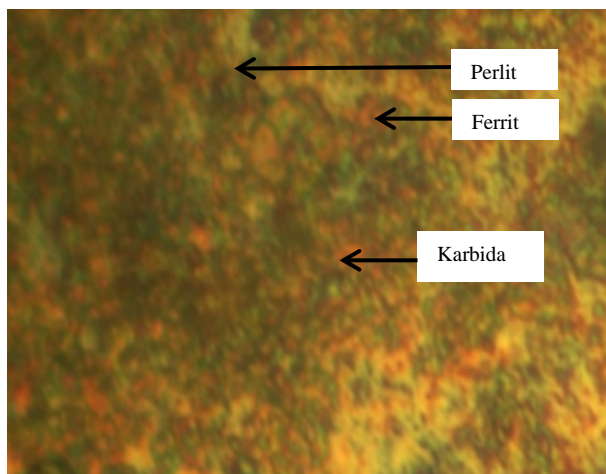
gambar 4. Adanya struktur ferrit menyebabkan baja memiliki sifat mekanik yang rendah atau lunak [18].



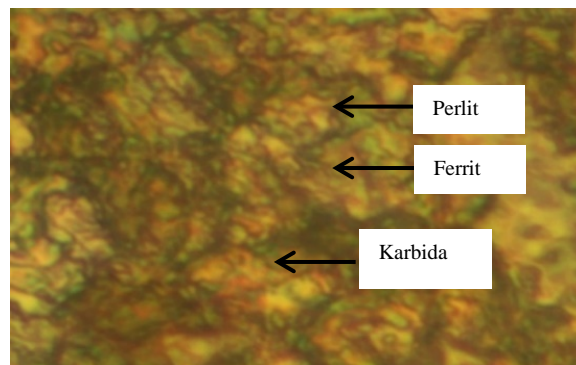
Gambar 5. Hasil Struktur Mikro Baja S45C dengan Holding Time 30 Menit SAE 10W-30



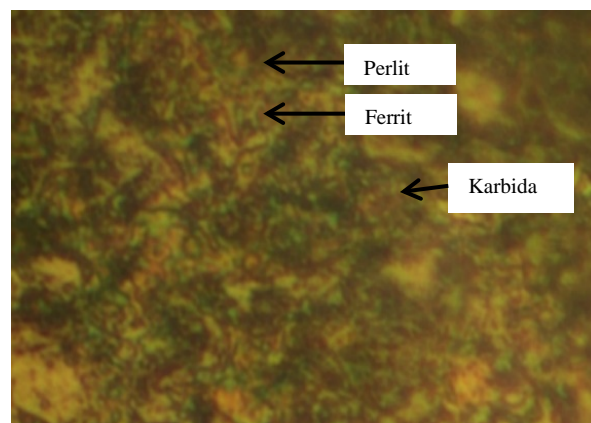
Gambar 6. Hasil Struktur Mikro Baja S45C dengan Holding Time 30 Menit SAE 15W-40



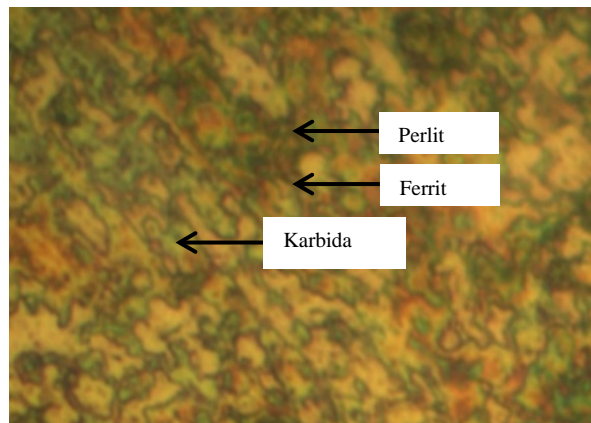
Gambar 7. Hasil Struktur Mikro Baja S45C dengan Holding Time 30 Menit SAE 20W-50



Gambar 8. Hasil Struktur Mikro Baja S45C dengan Holding Time 50 Menit SAE 10W-30



Gambar 9. Hasil Struktur Mikro Baja S45C dengan Holding Time 50 Menit SAE 15W-40



Gambar 10. Hasil Struktur Mikro Baja S45C dengan Holding Time 50 Menit SAE 20W-50

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian Identifikasi Nilai Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja S45C Hasil Heat Treatment Dengan Variasi Media Pendingin Oli. Pada proses ini dilakukan dengan menggunakan salah satu proses *heat treatment* yaitu quenching dengan temperatur 850°C dengan menggunakan dua variasi *holding time* yaitu *holding time* 30 menit dan *holding time* 50 menit, dengan menggunakan tiga variasi media pendingin oli dengan SAE 10W-30, SAE 15W-40 SAE 20W-50. Setelah itu dilakukan uji kekerasan *Rockwell*. Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pada pengujian kekerasan dengan metode *rockwell*, sebelum spesimen mendapatkan perlakuan panas didapatkan nilai kekerasan 12,48 HRC, setelah perlakuan panas dengan *holding time* 30 menit pada media pendingin oli SAE 10W-30 31,30 HRC, SAE 15W-40 30,32 HRC, dan SAE 20W-50 25,77 HRC. Sedangkan pada *holding time* 50 menit didapatkan nilai kekerasan pada oli SAE 10W-30 31,87 HRC, SAE 15W-40 30,13 HRC, dan SAE 20W-50 23,80 HRC. Nilai kekerasan tertinggi didapatkan pada *holding time* 50 menit pada oli SAE 10W-30 sebesar 31,87 HRC naik dari sebelum dilakukan perlakuan panas, dari hasil analisa di atas penelitian menunjukkan bahwa media pendingin dan *holding time* tersebut memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kekerasan.
2. Hasil pengujian struktur mikro pada baja karbon rendah yang terbentuk adalah perlit dan ferrit. Akibat struktur mikro yang tumbuh lebih kasar, media pendingin oli memberikan pendinginan yang cepat, yang menghasilkan karakteristik dan sifat material yang berbeda. Struktur butirnya terdiri dari karbida berwarna terang dan perlit gelap, dan batas butir berwarna terang terlihat dari struktur ferrit.

Berdasarkan data di atas, dapat disimpulkan bahwa *holding time* dan variasi media pendinginan *quenching* mempengaruhi nilai kekerasan baja. Semakin cair media pendingin yang digunakan, semakin cepat spesimen dingin, sehingga nilai kekerasan yang diperoleh semakin tinggi.

##### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan selesainya penelitian ini, penulis tidak lupa mengucapkan banyak terima kasih kepada laboran di laboratorium Universitas Muhammadiyah Purwokerto yang telah membantu dalam penelitian ini. Dan kepada teman-teman dosen Teknik Mesin Universitas Perwira Purbalingga yang tidak bisa peneliti sebutkan satu persatu, yang telah membantu saran dan petunjuknya sehingga penelitian ini selesai.

##### 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suhardiman and A. Prayogi, "Analisa pengaruh variasi media pendingin pada perlakuan panas terhadap kekerasandan struktur mikro baja karbon rendah," *J. Polimesin*, vol. 17, no. 2, pp. 29–37, 2019.
- [2] Agus Suprayitno, Rohman, and Dimas Sanjaya, "ANALISIS SIFAT MEKANIS BAJA St.60 HASIL PENGELASAN FRICTION WELDING DENGAN VARIASI PENDINGIN," *J. Tek. Mesin Mech. Xplore*, vol. 2, no. 2, pp. 9–18, 2022, doi: 10.36805/jtmx.v2i2.2168.
- [3] Alwarits, Daswarman, and M. Nasir, "Pengaruh Media Pendingin pada Proses Hardening terhadap Peningkatan Kekerasan Baja Karbon Sedang," *Automot. Eng. Educ. Journals*, vol. 3 No 4, no. e-ISSN:2302-335X, pp. 1–5, 2014.
- [4] M. Arif, F. Rahmadiano, and T. A. Sutrisno, "Analisa Pengaruh Variasi Perbandingan Pulley Serta Variasi Waktu Pemanik Pada Pengelasan Gesek (Friction Welding) Terhadap Kekuatan Uji Tarik Baja ST60 Dengan Metode Taguchi," vol. 3, no. 1, pp. 2745–7672, 2022.
- [5] A. W. Permana, R. D. Anjani, and I. N. Gusniar, "Analisa Pengaruh Variasi Media Pendingin Pada Proses HeatTreatment Metode Hardening-Tempering Material Baja S45C Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 15, no. 3, p. 199, 2020, doi: 10.32497/jrm.v15i3.1989.
- [6] S. Yunaidi;Harnowo, "Pendingin Terhadap Sifat Mekanis Pada Proses Quenching Baja St 60," *J. Tek. Mesin Politek. LPP Yogyakarta*, pp. 57–63, 2015.
- [7] U. Lesmanah, E. Marsyahyo, and P. Vitasari, "Optimasi Sifat Mekanis Kekuatan Tarik Baja St 50 Dengan Perlakuan Gas Carburizing Variasi Holding Time Untuk Peningkatan Mutu Baja," *J. Mek.*, vol. 4, no. 2, pp. 366–375, 2013.
- [8] M. R. A. Rachman, "ANALISA PERBEDAAN KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK BAJA S45C DENGAN PERLAKUAN QUENCHING DAN TEMPERING PADA MEDIA UDARA, AIR, DAN OLI UNTUK APLIKASI POROS MOTOR RODA TIGA".
- [9] R. D. S. M. F. G. Fenoria Putri1\*), Sairul Effendi1), "PENGARUH QUENCHING MEDIA PENDINGIN MINYAK GORENG BEKAS TERHADAP KEKERASAN BAJA S45C YANG TELAH DI PACK," vol. 13, no. 2, 2021.
- [10] M. Z. Dody Prayitno, "Pengaruh Quenching Oli Setelah Proses Karburasi Terhadap Kekerasan Baja C45C," pp. 64–71, 2023.
- [11] D. Setiadi and A. K. Samlawi, "Pengaruh Quenching Dengan Media Pendingin Air Dan Oli Terhadap Mechanical Propertis Baja S45C," *Jtam Rotary*, vol. 1, no. 2, p. 183, 2019, doi: 10.20527/jtam\_rotary.v1i2.1751.
- [12] I. Saefuloh, A. Zahrawani, and B. Adjiantoro, "Pengaruh Proses Quenching Dan Tempering Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah Dengan Paduan Laterit," vol. IV, no. 1, pp. 56–64, 2018.
- [13] Murjito, "Efek Hoding Time Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Pada Baja ST 60," pp. 83–91, 2022.
- [14] M. Syaifullah and M. Subhan, "PENGARUH AIR GARAM SEBAGAI MEDIA PENDINGIN TERHADAP NILAI KEKERASAN PADA PROSES Pengerasan BAJA ST 60," vol. 2, no. 8, pp. 1–23, 2021.
- [15] G. D. Haryadi, A. F. Utomo, and I. M. W. Ekaputra, "Pengaruh Variasi Temperatur Quenching Dan

- Media Pendingin Terhadap Tingkat Kekerasan Baja AISI 1045,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 16, no. 2, p. 255, 2021, doi: 10.32497/jrm.v16i2.2633.
- [16] M. S. A. ' is N. A. M. Sakti, “Analisa Pengaruh Hardening Terhadap Kekerasan dan Ketangguhan Baja S45C Dengan Media Pendinginan Air Garam Dan Oli Untuk Aplikasi Poros Motor Roda Tiga,” *Jtm Vol.*, 2022.
- [17] A. Zayadi, Sungkono, Masyhudi, and E. Setyawan T, “Pengaruh Waktu Tempering terhadap Karakter Baja s45c Pasca Quenching pada 950oc dan Tempering 500 C,” *J. Teknol. Kedirgant.*, vol. 7, no. 1, pp. 34–65, 2022, doi: 10.35894/jtk.v7i1.53.
- [18] M. Margono, B. H. Priyambodo, and K. C. Nugroho, “Pengaruh Laju Pendingin Pada Proses Heat Treatment Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja Karbon S45C,” *Creat. Res. Eng.*, vol. 1, no. 2, p. 60, 2021, doi: 10.30595/serie.v1i2.10848.
- [19] A. K. S. Anton Tri Wibowo1), “PENGARUH PROSES QUENCHING DENGAN MEDIA PENDINGIN AIR DAN OLI TERHADAP KEKERASAN BAJA DAN STRUKTUR MIKRO BAJA S45C,” vol. 2, no. 2, pp. 137–148, 2020.
- [20] S. Syamsuir, A. Lubi, and F. B. Susetyo, “Karakteristik Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Baja Karbon Sedang Paska Perlakuan Panas Tempering,” ... *Kaji. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 1, pp. 1–7, 2022.