



PENGARUH QUENCHING DAN TEMPERING TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA *LEAF SPRING STEEL* JIS SUP 9A

Rizki Dwi Ardika^{1a}, Aditia Fitrian¹, Yoyok Winardi¹, Fadelan¹, Sri Hastuti², Rouf Muhammad³

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Ponorogo

²Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar

³Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

Korespondensi:

^aProgram Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Ponorogo

alamat email: rizkidwardika@umpo.ac.id

ABSTRAK

Leaf spring steel mempunyai peran yang sangat penting pada mobil masa kini yaitu sebagai penopang beban dan peredam getaran. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh quenching dan tempering terhadap sifat fisik dan mekanik pada *leaf spring steel* JIS SUP 9A. Metode penelitian menggunakan sampel *leaf steel spring* bekas pakai dengan tipe JIS SUP 9A kemudian diberi perlakuan panas hardening dengan suhu 850°C di tungku furnace ditahan dengan waktu 60 menit kemudian diquenching dengan air, cairan dromus, dan campuran air dengan cairan dromus, setelah di quenching kemudian dilakukan proses tempering dengan suhu 300°C ditahan dengan waktu 30 menit kemudian didinginkan di suhu udara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampel tanpa perlakuan menghasilkan fasa ferrite yang dominan sedangkan sampel pendingin air menghasilkan fasa pearlite yang banyak dibandingkan variasi pendingin dromus dan pendingin campuran air dengan dromus. Ketika fasa ferrite lebih dominan daripada fasa pearlite maka nilai kekerasan yang dihasilkan akan rendah, sebaliknya jika fasa pearlite lebih dominan daripada fasa ferrite maka nilai kekerasan yang dihasilkan akan semakin tinggi. Sifat mekanik terbaik yaitu dicapai dengan variasi media pendingin menggunakan air dengan kekerasan *microvickers* sebesar 63,85 HVN sedangkan nilai kekerasan terendah menggunakan campuran air dengan dromus yaitu sebesar 56,89 HVN. Hal ini disebabkan karena campuran air dengan dromus memiliki volume yang kental sehingga menghasilkan laju pendinginan yang lambat dan mengakibatkan nilai kekerasan yang sangat rendah.

Kata kunci: *Leaf steel spring, heat treatment, quenching, tempering, sifat mekanis*

ABSTRACT

Leaf spring steel has a very important role in today's cars, namely as a load support and vibration damper. This study was conducted to determine the effect of quenching and tempering on the physical and mechanical properties of *leaf spring steel* JIS SUP 9A. The research method used used *leaf steel spring* samples with type JIS SUP 9A then given heat treatment/heat treatment hardening at a temperature of 850 °C in a furnace held for 60 minutes then quenched with water, dromus liquid, and a mixture of water with dromus liquid, after quenching then the tempering process was carried out at a temperature of 300 °C held for 30 minutes then cooled at air temperature. The results of the study indicate that variations in cooling media affect the microstructure resulting in ferrite and pearlite phases, in samples without treatment the ferrite phase is more

dominant, water cooling samples the pearlite phase is more dominant, dromus cooling and mixed cooling of water with dromus the pearlite phase is more dominant but not more than water cooling. When the ferrite phase is more dominant than the pearlite phase, the resulting hardness value will be low, conversely if the pearlite phase is more dominant than the ferrite phase, the resulting hardness value will be higher. The best mechanical properties are achieved with variations in cooling media using water with a microvickers hardness of 63.85 HVN while the lowest hardness value uses a mixture of water with dromus which is 56.89 HVN.

Keywords: leaf steel spring, heat treatment, quenching, tempering, mechanical properties

1. PENDAHULUAN

Baja merupakan material yang sering digunakan untuk pembuatan komponen otomotif. Baja digunakan pada komponen otomotif karena mempunyai beberapa kelebihan antara lain sifat metalurgi yang baik, pemrosesan yang mudah, kekuatan yang tinggi dan harga relatif murah [1]. Baja banyak diaplikasikan pada material konstruksi body kendaraan, bucket excavator, mesin pemotong dan leaf spring steel [2] [3]. Jenis baja yang sering digunakan dalam material *leaf spring steel* yaitu seri 50CrMnA, 55Si2Mn, 60Si2Mn, 52CrMoV4 dan JIS SUP 9A [4] [5]. Kemampuan pengerasan, kekuatan dan plastisitas yang sangat baik merupakan alasan utama baja seri tersebut digunakan dalam material *leaf spring steel* [6].

Leaf spring steel merupakan komponen suspensi yang banyak dipakai pada kendaraan bermotor, terutama pada truk dan mobil berukuran besar. *Leaf spring steel* mempunyai peran yang sangat penting pada mobil masa kini yaitu sebagai penopang beban dan peredam getaran [7]. Sebagai penopang beban dan peredam getaran, *leaf spring steel* harus mempunyai sifat fisis mekanis yang baik. Proses peningkatan sifat fisis dan mekanis pada *leaf spring steel* dapat menggunakan metode *heat treatment* dan pendinginan terkontrol [8]. *Heat treatment* pada *leaf spring steel* bertujuan untuk memperbaiki sifat mekanis dengan mengubah ukuran dan bentuk struktur mikro [9]. Struktur mikro yang berubah dapat meningkatkan sifat fisis dan mekanis *leaf spring steel* [8].

Untuk meningkatkan sifat fisis dan mekanis, mengoptimalkan proses perlakuan panas/*heat treatment* merupakan metode yang paling optimal untuk digunakan. Quenching dan tempering (Q-T) adalah proses *heat treatment* yang paling umum digunakan. Proses *heat treatment* secara hardening adalah pemanasan baja sampai suhu kritis sebelum quenching. Akibat hal tersebut baja tidak dapat digunakan karena proses hardening yang menyebabkan tegangan dalam (*internal stress*) dan rapuh (*britles*). Oleh karena itu, baja harus melalui proses tambahan yang disebut tempering. Melalui tahap tempering, keuletan dan kekerasan dapat dikurangi. Kekuatan tarik turun sampai memenuhi syarat penggunaan, sedangkan ketangguhan dan keuletan pada baja semakin meningkat [10]. Oleh karena itu, proses quenching dan tempering sangat berpengaruh terhadap sifat fisis dan mekanis pada *leaf spring steel*. Apabila sifat fisik dan mekanik kurang baik maka dapat mengakibatkan kelelahan yang merupakan sumber utama dari kegagalan [11].

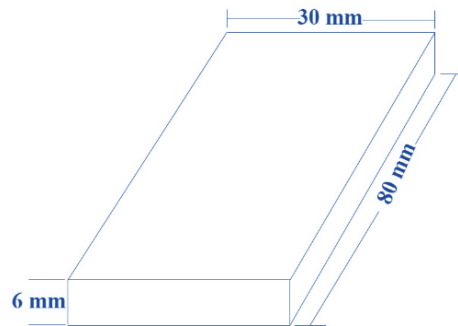
Berdasarkan penelitian yang dilakukan Shi *et al.* [12] menggunakan baja jenis 55SiCrVNb yang diaplikasikan untuk *leaf spring steel* dengan metode *heat treatment* quenching-tempering. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses *heat treatment* yang optimal pada baja adalah oil quenching pada temperatur 890°C selama 40 menit, dilanjutkan dengan tempering pada temperatur 400°C selama 1 jam. Kemudian dilakukan pengujian tarik dan impak yang menghasilkan kekuatan tarik sebesar 1865 Mpa dan energi impak 43,7 J. Dengan meningkatnya temperatur tempering sebesar 450°C, batas tepi martensit menjadi tidak begitu terlihat, kekuatannya menurun, dan plastisitasnya meningkat. Penelitian yang dilakukan Li *et al.* [13] menggunakan baja jenis 60Si2CrVNb untuk menyelidiki evolusi struktur mikro dan sifat mekanik *spring steel* dengan proses quenching dan tempering. Proses quenching pada suhu 900°C selama 30 menit dan tempering pada suhu 350°C selama 90 menit. Pengujian tarik dilakukan pada spesimen variasi tersebut dan menghasilkan kekuatan tarik sebesar 2260 Mpa. Spesimen variasi yang lain dilakukan quenching pada suhu 900°C selama 30 menit dan tempering pada suhu 400°C selama 90 menit. Spesimen tersebut menghasilkan kekuatan tarik sebesar 2084 Mpa. Peningkatan suhu tempering menyebabkan penurunan kepadatan dislokasi dan dekomposisi batas martensit secara bertahap. Akibatnya kekuatan tarik baja menurun secara signifikan, sedangkan plastisitasnya meningkat. Selain itu, bentuk patahan berubah dari patah getas menjadi patah ulet.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, metode *heat treatment* pada *leaf spring steel* secara quenching dan tempering hanya memfokuskan pada sifat fisik dan mekanik seperti kekuatan tarik, kekuatan impak.

Pembahasan mengenai sifat mekanik lanjut seperti kekerasan masih sangat terbatas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh quenching dan tempering pada *leaf spring steel* terhadap struktur mikro dan kekerasan. Data hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan untuk merancang *leaf spring steel* yang mempunyai kekuatan yang baik.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Material Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Ponorogo. Spesimen pengujian menggunakan *leaf spring steel* tipe JIS SUP 9A dalam kondisi bekas yang telah dipakai pada mobil dengan dimensi ukuran 80x30x6 mm yang dapat dilihat pada Gambar 1. Komposisi kimia baja paduan JIS SUP 9A yang dapat dilihat pada Tabel 1.

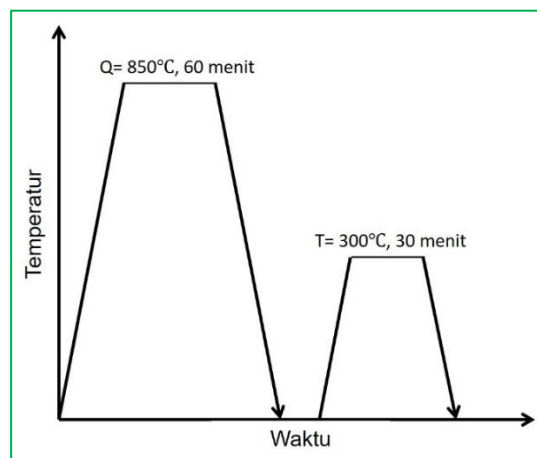


Gambar 1. Spesimen pengujian

Table 1. Komposisi kimia baja paduan JIS SUP 9A (wt%)

C	Mn	Si	S	P	Cr	Mo	Fe
0.55	0.91	0.35	0.017	0.015	0.92	0.0024	Bal.

Pada penelitian ini menggunakan sampel baja *leaf spring steel* bekas pakai dengan tipe JIS SUP 9A yang akan diberi perlakuan panas hardening dengan suhu 850°C di tungku furnace ditahan dengan waktu 60 menit kemudian diquenching dengan air, cairan dromus, dan campuran air dengan cairan dromus, setelah di quenching kemudian dilakukan proses tempering dengan suhu 300°C ditahan dengan waktu 30 menit kemudian didinginkan di suhu udara. Proses heat treatment dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram skematis proses *heat treatment*

Pengamatan struktur mikro menggunakan mesin OLYMPUS SZ2 ILST stereo zoom microscope. Prosedur standar pengamatan struktur mikro yang dilakukan adalah pembersihan, pemolesan dengan amplas mulai dari tingkat kekasaran 300-2000 dan pengetsaan. Komposisi cairan etsa yang digunakan dalam penelitian ini adalah Alkohol 70% dan HNO₃ 30%. Pengujian kekerasan menggunakan metode *microvickers* merk highwood dengan beban 9,8 N. Jumlah spesimen yang diuji sebanyak 3 spesimen dengan 9 titik pengujian dalam satu spesimen dengan menggunakan 3 media pendingin yang berbeda yang dapat dilihat pada Gambar 2.3. Untuk menentukan nilai kekerasan *microvickers* suatu material, maka dapat menggunakan rumus dibawah ini:

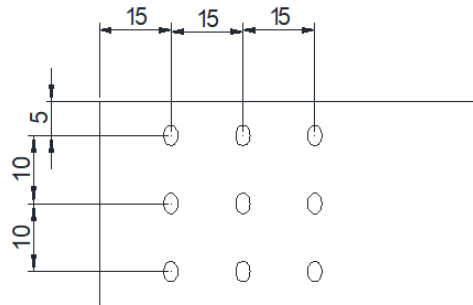
$$HVN = \frac{2p \sin(\frac{Q}{2})}{d^2} = \frac{(1,854)p}{d^2} \quad (1)$$

Dimana:

P: beban yang digunakan (kg)

d: panjang diagonal rata-rata (mm)

Q: sudut antara permukaan intan yang berhadapan = 136°



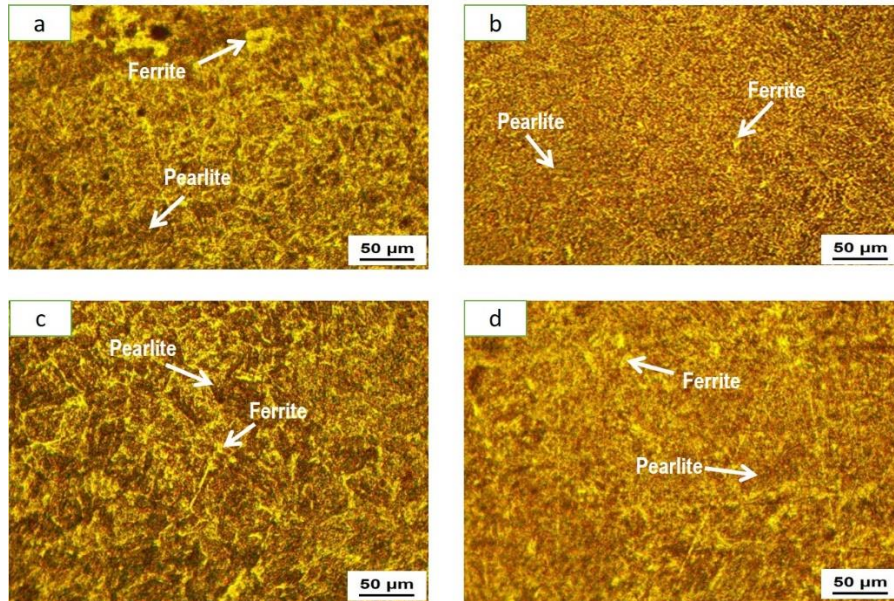
Gambar 3. Daerah pengujian kekerasan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Sifat Fisik

3.1.1. Pengujian Struktur Mikro

Pengamatan mikrostruktur digunakan untuk mengamati struktur mikro pada *leaf spring steel*. Supaya memperoleh hasil maksimal maka diamati dengan microscope optik agar struktur mikro *leaf spring steel* dapat diamati dengan jelas. Berdasarkan pengamatan struktur mikro semua variasi pengujian *leaf spring steel* memiliki fasa ferrite dan pearlite seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Pengujian struktur mikro yang dilakukan pada spesimen tanpa perlakuan menghasilkan fasa ferrite berwarna putih dan fasa pearlite berwarna hitam yang ditunjukkan oleh Gambar 4 (a). Pada pengamatan ini dapat dilihat bahwa struktur mikro tampak kasar dan fasa *ferrite* lebih mendominasi dibandingkan fasa *pearlite*. Gambar 4 (b) menunjukkan spesimen dengan pendingin air. Pada pengamatan ini struktur mikro tampak butiran yang halus merata dan fasa *pearlite* lebih dominan dibandingkan fasa *ferrite*. Laju pendinginan yang cepat menghasilkan struktur mikro yang rapat dan halus [14]. Menurut penelitian Sari bahwa nilai kekerasan yang dihasilkan dari quenching media pendingin air lebih tinggi dibandingkan media pendingin lainnya, hal ini disebabkan karena perubahan deformasi dari fasa *ferrite* menjadi fasa *pearlite* [16]. Spesimen pendingin dromus diilustrasikan pada Gambar 4 (c) yang menunjukkan struktur mikro tampak lebih kasar dan bentuk *pearlite* lebih besar. Hal tersebut disebabkan karena laju pendinginan yang lambat sehingga mengakibatkan atom karbon berdifusi lebih lama. Fasa *pearlite* lebih dominan dibandingkan fasa *ferrite* dan jumlahnya butirnya lebih sedikit dibandingkan spesimen pendingin air. Gambar 4 (d) menunjukkan spesimen pendingin campuran air dengan dromus. Hasil yang diperoleh yaitu terdapat fasa *pearlit* yang jumlahnya lebih sedikit dibandingkan fasa *ferrite*. Jika diamati jumlahnya, fasa *ferrite* dan *pearlite* hampir sama dengan spesimen pendingin dromus tetapi jumlahnya lebih sedikit dari spesimen media pendingin lainnya.

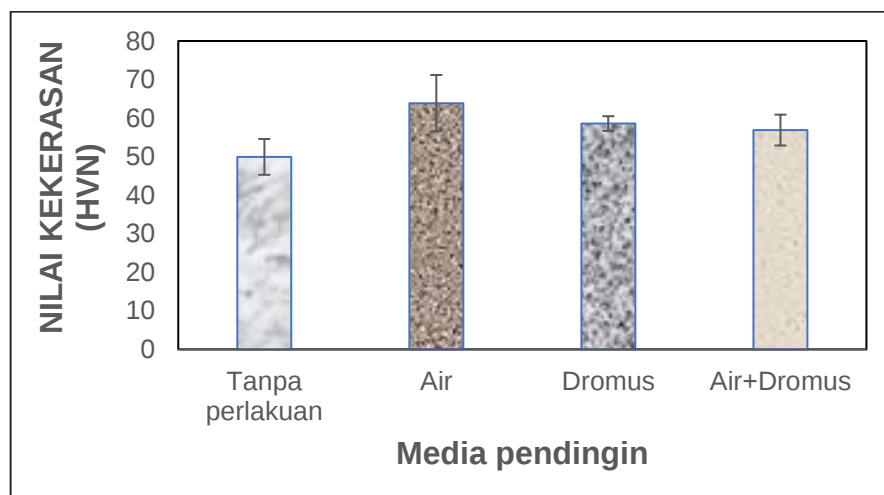


Gambar 4. Struktur mikro *leaf spring steel* (a) Struktur mikro tanpa perlakuan (b) Struktur mikro pendingin air (c) Struktur mikro pendingin dromus (d) Struktur mikro pendingin campuran air dengan dromus

3.2. Sifat Mekanik

3.2.1 Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian micro Vickers menggunakan piramida indenter intan 136° . Beban yang digunakan sebesar 200 gf dan ditekan selama 10 detik. Hasil uji kekerasan *microvickers* ditunjukkan oleh Gambar 5. Hasil pengujian spesimen *leaf spring steel* bekas tanpa melalui perlakuan diperoleh nilai rata-rata kekerasan 45,92 HVN. Hasil uji kekerasan *leaf spring steel* bekas dengan variasi media pendingin air diperoleh nilai rata-rata kekerasan sebesar 63,85 HVN, sedangkan hasil uji kekerasan *leaf spring steel* dengan variasi media pendingin dromus diperoleh nilai kekerasan rata-rata sebesar 58,59 HVN. Hasil pengujian kekerasan *leaf spring steel* dengan variasi media pendingin dromus yang dicampur dengan air diperoleh nilai rata-rata sebesar 56,89 HVN.



Gambar 5. Grafik uji kekerasan *leaf spring steel* bekas

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan bahwa nilai kekerasan pada *leaf spring steel* dengan media pendingin air memiliki nilai kekerasan yang paling tinggi sedangkan nilai kekerasan dengan media pendingin air yang dicampur dengan dromus memiliki nilai kekerasan yang rendah. Menurut Ramadhan dkk [18] campuran air dan dromus memiliki volume yang kental sehingga membuat laju pendinginan yang lambat dan mengakibatkan nilai kekerasan yang dihasilkan sangat rendah. Sedangkan laju pendinginan yang cepat akan meningkatkan nilai kekerasan [17]. Butir yang halus dan rapat mengakibatkan nilai kekerasan, kekuatan tarik dan kekuatan leleh semakin meningkat [19]. Selain itu, fasa *pearlite* yang lebih dominan daripada fasa *ferrite* akan menghasilkan nilai kekerasan tinggi, sebaliknya jika fasa *ferrite* yang lebih dominan dari fasa *pearlite* akan menghasilkan nilai kekerasan yang rendah [15]. Dari hasil pengujian mikro dan kekerasan dapat disimpulkan bahwa karakteristik yang terdapat dari hasil pengujian struktur mikro dengan kehadiran fasa *pearlite* yang dominan mengubah nilai kekerasan menjadi lebih keras ditandai dengan meningkatnya nilai kekerasan dari spesimen tanpa perlakuan. Oleh karena itu, dari hasil seluruh pengujian struktur mikro di atas menunjukkan bahwa variasi media pendingin yang berbeda pada nilai kekerasan dipengaruhi oleh proses quenching hasil yang terbentuk.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil penelitian pengaruh quenching dan tempering terhadap sifat fisik dan mekanik *leaf spring steel* JIS SUP 9A.

1. Hasil pengamatan struktur mikro yang telah dilakukan bahwa semua variasi terdapat fasa *ferrite* dan fasa *pearlite*. Fasa *pearlite* yang lebih dominan menghasilkan nilai kekerasan yang tinggi, sedangkan fasa *ferrite* yang lebih banyak akan menghasilkan nilai kekerasan yang rendah. Media pendingin air yang lebih baik nilai kekerasannya disebabkan perubahan deformasi *ferrite* menjadi *pearlite*.
2. Nilai kekerasan yang tinggi terdapat pada spesimen dengan variasi media pendingin air sebesar 63,85 HVN sedangkan nilai kekerasan terendah pada spesimen dengan variasi media pendingin campuran air dengan dromus yaitu sebesar 56,89 HVN.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Zhao and Z. Jiang, "Thermomechanical processing of advanced high strength steels," *Prog. Mater. Sci.*, vol. 94, pp. 174–242, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2018.01.006>.
- [2] T. B. Hilditch, T. De Souza, and P. D. Hodgson, "Properties and automotive applications of advanced high-strength steels (AHSS)," in *Welding and joining of advanced high strength steels (AHSS)*, Elsevier, 2015, pp. 9–28.
- [3] D. Q. Q. Wang *et al.*, "Evaluating the fatigue cracking risk of surface strengthened 50CrMnMoVNb spring steel with abnormal life time distribution," *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 732, pp. 192–204, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.msea.2018.06.099>.
- [4] V. K. Arora, G. Bhushan, and M. L. Aggarwal, "Fatigue life assessment of 65Si7 leaf springs: a comparative study," *Int. Sch. Res. Not.*, vol. 2014, no. 1, p. 607272, 2014.
- [5] S. S. Lee, C. H. Lee, and Y. T. Cho, "Effect on aqua quenching of spring steel (JIS SUP 9)," in *Materials Science Forum*, 2008, vol. 566, pp. 249–254.
- [6] B. Xia, P. Zhang, B. Wang, Y. K. Zhu, X. W. Li, and Z. F. Zhang, "A simultaneous improvement of the strength and plasticity of spring steels by replacing Mo with Si," *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 820, p. 141516, 2021.
- [7] K. Chen *et al.*, "Effect of quenching and tempering temperature on microstructure and tensile properties of microalloyed ultra-high strength suspension spring steel," *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 766, p. 138272, 2019.
- [8] Implementation of 3000-watt inverter, "Jurnal Polimesin," *Polimesin*, vol. 20, no. 2, pp. 121–127, 2023. <https://ejurnal.pnl.ac.id/polimesin/article/view/3626/3230>.
- [9] B. P. Bhardwaj, *The Complete Book on Production of Automobile Components & Allied Products: Auto parts business start up, Auto parts manufacturing Business, Automobile Based Small Scale Industries, Automobile industry, Automobile manufacturing Industry in India*, Automobi. NIIR

- Project Consultancy Services, 2014.
- [10] V. I. Zurnadzhy *et al.*, “Effects of stress relief tempering on microstructure and tensile/impact behavior of quenched and partitioned commercial spring steel,” *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 745, pp. 307–318, 2019.
 - [11] Y. Harada, H. Kosaka, and M. Ishihara, “Effect of Shot Peening on Fatigue Strength of High-Toughness Spring Steel,” *steel Res. Int.*, vol. 84, no. 12, pp. 1333–1339, 2013.
 - [12] F. Shi, J. Zheng, J. Zhang, and Y. Zhao, “Heat Treatment Process, Microstructure, and Mechanical Properties of Spring Steel with Ultra-High Strength and Toughness,” pp. 1–13, 2024.
 - [13] Y. Li *et al.*, “Microstructural evolution and mechanical properties of 60Si2CrVNb spring steel under quenching-tempering heat treatment process,” *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 25, pp. 6829–6842, 2023, doi: 10.1016/j.jmrt.2023.07.099.
 - [14] R. Saputra and E. Tyastomo, “Perbandingan kekerasan dan struktur mikro pegas daun yang mengalami proses heat treatment,” *Bina Tek.*, vol. 12, no. 2, pp. 185–193, 2016.
 - [15] indra setiawan and muhamad sakti nur, “Meningkatkan Mutu Baja Sup 9 Pada Pegas Daun Dengan Proses Perlakuan Panas,” *Fis. Terap.*, vol. 9, pp. 36–44, 2008.
 - [16] N. H. Sari, “Perlakuan panas pada baja karbon: efek media pendinginan terhadap sifat mekanik dan struktur mikro,” *J. Tek. Mesin*, vol. 6, no. 4, p. 264, 2017.
 - [17] A. A. R. Agung, E. D. Kurniawan, and R. Hermawan, “Pengaruh Variasi Media Pendingin Quenching Terhadap Kekerasan Baja Aisi 1045,” *J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha*, vol. 11, no. 1, pp. 124–130, 2023.
 - [18] P. Trihutomo, “Analisa kekerasan pada pisau berbahan baja karbon menengah hasil proses hardening dengan media pendingin yang berbeda,” *J. Tek. Mesin Univ. Negeri Malang*, vol. 23, no. 1, p. 134278, 2015.
 - [19] S. H. Park and C. S. Lee, “Relationship between mechanical properties and high-cycle fatigue strength of medium-carbon steels,” *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 690, pp. 185–194, 2017.