



**PENGARUH *QUENCHING* TERHADAP KEKUATAN TARIK
DAN KEKERASAN PADA BAJA KARBON ST 42**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Strata Satu (S-1) Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Malang*



★ Disusun Oleh: ★ ★ ★

YONEDY ALISJAHBANA

NPM: 22021052086

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM MALANG**

2023

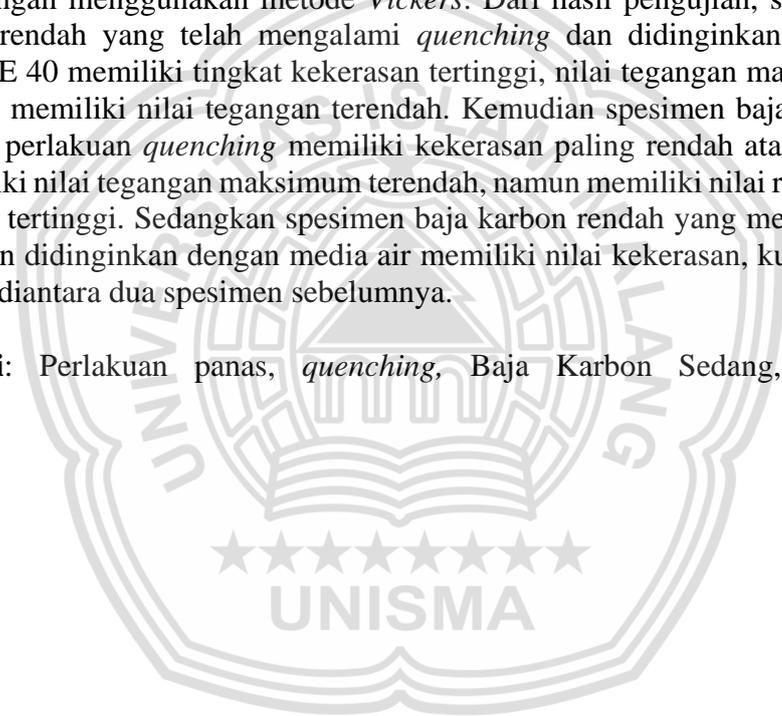
ABSTRAK

Alisjahbana, Yoneddy. 2023. Pengaruh Quenching Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Pada Baja Karbon ST 42.

Dosen pembimbing: **Ir. H. Margianto, M.T. Nur Robbi. S.T., M.T.**

Industri saat ini membutuhkan logam mempunyai karakteristik yang berbeda-beda, seperti sifat-sifat fisis dan mekanis tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *quenching* terhadap perubahan kekuatan tarik dan kekerasan pada baja karbon sedang, dengan variasi media pendingin pada spesimen logam St 42. Proses pengujian *quenching* dilakukan dengan menggunakan suhu 700° dan didinginkan dengan media pendingin oli SAE 40 dan air. Pengujian tarik dilakukan menggunakan *universal testing maching* TARNO, dan pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan metode *Vickers*. Dari hasil pengujian, spesimen baja karbon rendah yang telah mengalami *quenching* dan didinginkan dengan media oli SAE 40 memiliki tingkat kekerasan tertinggi, nilai tegangan maksimum tertinggi, dan memiliki nilai tegangan terendah. Kemudian spesimen baja karbon rendah tanpa perlakuan *quenching* memiliki kekerasan paling rendah atau paling lunak, memiliki nilai tegangan maksimum terendah, namun memiliki nilai regangan atau keuletan tertinggi. Sedangkan spesimen baja karbon rendah yang mengalami *quenching* dan didinginkan dengan media air memiliki nilai kekerasan, kuat tarik, dan keuletan diantara dua spesimen sebelumnya.

Kata Kunci: Perlakuan panas, *quenching*, Baja Karbon Sedang, Media Pendinginan



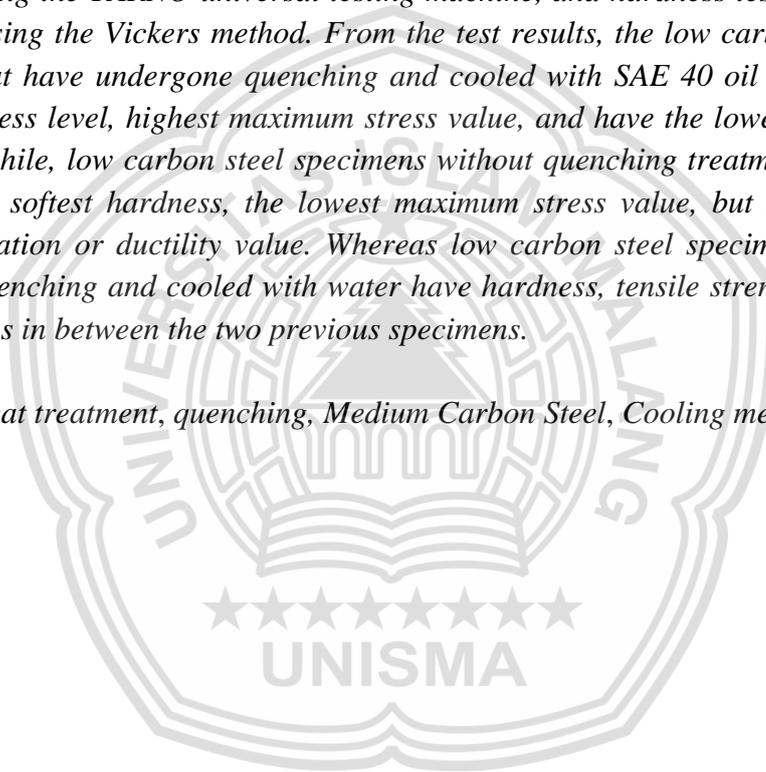
ABSTRACT

Alisjahbana, Yonedy. 2023. *The Effect of Quenching on Tensile Strength and Hardness in Medium Carbon Steel*

Advisor: Ir. H. Margianto, M.T. Nur Robbi. S.T., M.T.

The manufacturing industry currently requires metals with different characteristics, such as specific physical and mechanical properties. This study aims to determine the effect of quenching on changes in tensile strength and hardness in medium carbon steel, with variations of cooling media on St 42 alloy specimens. The quenching testing process was carried out using a temperature of 700o and cooled with SAE 40 oil and water cooling media. Tensile testing was performed using the TARNO universal testing machine, and hardness testing was carried out using the Vickers method. From the test results, the low carbon steel specimens that have undergone quenching and cooled with SAE 40 oil have the highest hardness level, highest maximum stress value, and have the lowest strain value. Meanwhile, low carbon steel specimens without quenching treatment have the lowest or softest hardness, the lowest maximum stress value, but have the highest elongation or ductility value. Whereas low carbon steel specimens that underwent quenching and cooled with water have hardness, tensile strength, and ductility values in between the two previous specimens.

Keywords: *Heat treatment, quenching, Medium Carbon Steel, Cooling media.*



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri saat ini membutuhkan logam mempunyai karakteristik yang berbeda-beda, seperti sifat-sifat fisis dan mekanis tertentu. Setiap logam mempunyai karakteristik yang berbeda-beda, seperti sifat-sifat fisis, sifat mekanis dan sifat kimia, maka diperlukan suatu penanganan khusus agar setiap elemen-elemen logam tersebut dapat digunakan sesuai yang diinginkan (Prayogi, 2019). Studi mengenai sifat material adalah hal yang mendasar dalam pengembangan aplikasi teknik, dan baja karbon, dengan keberadaannya yang luas dalam pengaturan industri, telah menjadi subjek perhatian yang mendalam. Diantara berbagai jenis baja karbon, ST 42 menjadi pilihan utama karena keseimbangan kekuatan dan daktilitasnya. Proses pengerasan, sebuah metode perlakuan panas kritis, telah diakui karena potensinya dalam secara signifikan memengaruhi sifat mekanis paduan baja. Dalam penelitian ini, fokus kami secara spesifik adalah mengungkap dampak proses pengerasan pada kekuatan tarik dan kekerasan baja karbon ST 42.

Baja karbon ST 42 adalah jenis baja karbon menengah dengan komposisi unsur yang seimbang, terutama karbon, mangan, dan silikon. Penunjukan numerik "ST 42" mengindikasikan klasifikasi material dan karakteristik khususnya. Dalam konteks baja karbon, angka "42" umumnya mewakili kekuatan tarik sekitar 420 MPa, memberikan gambaran umum tentang sifat mekanisnya.

Baja karbon menengah seperti ST 42 memiliki kandungan karbon berkisar antara 0,30% hingga 0,60%, menciptakan keseimbangan antara kekuatan dan daktilitas. Komposisi ini membuat ST 42 cocok untuk berbagai aplikasi industri di mana diperlukan kombinasi sifat ini. Keberadaan mangan

meningkatkan kekerasan baja, sedangkan silikon berkontribusi pada deoksidasi selama proses pembuatan baja. ST 42 umumnya digunakan dalam pembuatan komponen struktural, seperti poros, gigi, dan sumbu, serta dalam aplikasi konstruksi dan mesin.

Pengolahan panas ST 42 adalah faktor penting dalam mengoptimalkan sifat mekanisnya. Proses seperti pengerasan dan tempering umumnya diterapkan untuk mencapai keseimbangan yang diinginkan antara kekerasan dan ketangguhan. Baja karbon jenis ini mengalami transformasi dalam mikrostrukturnya selama pengolahan panas, memengaruhi sifat akhirnya. Memahami karakteristik dan aplikasi baja karbon ST 42 sangat penting bagi insinyur dan metalurgi yang mencari material dengan atribut mekanis tertentu untuk berbagai keperluan industri.

Pemahaman terhadap respons baja karbon ST 42 terhadap proses pengerasan sangat penting untuk mengoptimalkan sifat mekaniknya. Kekuatan tarik, sebagai ukuran kemampuan material untuk menahan beban aksial tanpa deformasi, dan kekerasan, indikator kunci ketahanan material terhadap indentasi, adalah faktor penting yang memengaruhi kinerja baja dalam aplikasi struktural dan industri. Pada umumnya untuk memperoleh kekerasan baja dapat dilakukan dengan proses perlakuan panas (heat treatment) dan proses kimia (chemical heat treatment). Salah satu metode proses kimia yang dapat diterapkan untuk meningkatkan kekerasan bahan adalah melalui proses carburizing (Gunawan, 2017). Proses carburizing merupakan proses penambahan unsur karbon (C) ke dalam logam khususnya pada bagian permukaan bahan dimana unsur karbon ini didapat dari bahan-bahan yang mengandung karbon sehingga kekerasan logam dapat meningkat, akan tetapi proses carburizing kurang menghasilkan kekerasan yang baik pada logam (Kristiawan, 2017).

Kekurangan pada proses carburizing pada logam dapat diperbaiki dengan proses perlakuan panas yaitu dengan cara pengerasan lanjut. Salah

satu metode perlakuan panas untuk pengerasan pada logam hasil carburizing adalah metode *quenching* (Sidiq, 2022). Quenching merupakan salah satu proses Heat treatment dimana baja di panaskan pada suhu di atas daerah kritis dan dicelupkan pada media pendingin untuk meningkatkan kekerasan dan ketahanan terhadap aus. Dimana prosesnya dilakukan dengan pendinginan yang relatif cepat dari temperatur austenisasi (Purwanto, 2011).

Quenching adalah proses perlakuan panas yang sangat penting yang umumnya digunakan dalam metalurgi untuk meningkatkan sifat mekanis logam, khususnya baja. Proses ini melibatkan pendinginan cepat dari logam yang dipanaskan, biasanya dengan air, minyak, atau larutan polimer. Pendinginan cepat ini mengubah mikrostruktur material, menghasilkan peningkatan kekerasan dan sifat-sifat poelain lainnya yang diinginkan. Pengerasan melibatkan keseimbangan yang halus antara mencapai karakteristik mekanis yang diinginkan dan menghindari masalah seperti distorsi atau retakan yang dapat muncul akibat pendinginan yang terlalu cepat.

Pemilihan media pengerasan sangat memengaruhi karakteristik akhir material, dan minyak adalah media yang banyak digunakan dan efektif untuk tujuan ini. Ada beberapa alasan utama mengapa minyak diunggulkan untuk mengeras logam. Pertama, laju pendinginan yang relatif lebih lambat yang diberikan oleh minyak dibandingkan dengan air menghasilkan transformasi mikrostruktur logam yang lebih terkendali dan bertahap. Pendinginan yang terkendali ini membantu meminimalkan risiko retakan dan distorsi pada material, terutama untuk paduan dan komponen berbentuk kompleks. Pendinginan bertahap memungkinkan transisi yang lebih halus dan seragam, menyebabkan peningkatan sifat mekanis secara keseluruhan.

Penggunaan minyak juga sangat menguntungkan untuk mengeraskan beberapa jenis paduan baja tertentu. Laju pendinginan yang lebih lambat memungkinkan perkembangan struktur mikro yang diinginkan, seperti

martensit halus, yang berkontribusi pada peningkatan kekerasan tanpa menimbulkan tegangan berlebih. Hal ini krusial dalam aplikasi di mana keseimbangan antara kekerasan dan ketangguhan diperlukan untuk kinerja produk akhir. Selain itu, pengerasan dengan minyak dikenal memberikan lingkungan pendinginan yang lebih seragam dan kurang keras. Ini sangat bermanfaat untuk mencegah distorsi dan meminimalkan pembentukan fase yang tidak diinginkan, berkontribusi pada keandalan proses pengerasan secara keseluruhan. Kebertetapan minyak sebagai media pengerasan membuatnya cocok untuk berbagai jenis material dan aplikasi, menawarkan kompromi seimbang antara kecepatan pendinginan dan kendali atas proses perlakuan panas.

Penggunaan air sebagai salah satu alternatif dari oli juga banyak digunakan karena kemampuannya memberikan laju pendinginan yang cepat dan intens. Beberapa faktor membuat air menjadi pilihan yang cocok untuk aplikasi tertentu dalam pengerasan logam. Pengerasan dengan air dikenal dengan kecepatan pendingin tinggi, sehingga sangat efektif untuk mencapai kekerasan maksimal pada beberapa paduan baja tertentu. Laju pendinginan yang cepat mendorong pembentukan mikrostruktur keras, seperti martensit, yang berkontribusi pada peningkatan kekerasan. Hal ini sangat bermanfaat untuk aplikasi di mana kekerasan menjadi pertimbangan utama, seperti dalam produksi alat potong dan komponen berkekuatan tinggi. Selain itu, pengerasan dengan air menguntungkan karena sederhana dan hemat biaya. Air mudah diperoleh dan tidak memerlukan bahan tambahan atau pertimbangan khusus lainnya, menjadikannya pilihan praktis dalam banyak pengaturan industri. Kesederhanaannya juga memungkinkan integrasi mudah ke dalam proses produksi kontinu, memastikan efisiensi dalam operasi manufaktur skala besar. Namun, perlu diingat bahwa sifat pendinginan cepat pengerasan dengan air dapat meningkatkan risiko distorsi dan retakan, terutama pada material yang rentan terhadap masalah tersebut. Oleh karena

itu, pemilihan antara air dan media pengerasan lainnya tergantung pada sifat material tertentu dan hasil yang diinginkan dari proses perlakuan panas.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah menyelidiki pengaruh parameter pengerasan pada kekuatan tarik dan kekerasan baja karbon ST 42 secara sistematis. Parameter kunci, termasuk media pengerasan, laju pendinginan, dan kondisi tempering, akan divariasikan secara sistematis untuk memahami efek individu dan kolektifnya pada material. Dengan memperoleh pemahaman komprehensif tentang hubungan ini, kami bertujuan untuk memberikan pengetahuan penting untuk mengoptimalkan proses perlakuan panas bagi baja karbon ST 42. Hal tersebut dapat dicapai dengan cara menggunakan media *quenching* yang sesuai tergantung pada jenis baja yang diproses, tebal penampang dan besarnya distorsi yang diijinkan (Yadi, 2016).

Adapun media *quenching* yang sering digunakan adalah media cair (*liquid*) dan gas. Media *quenching* cair adalah oli, air, larutan polimer (*aquos polymer solution*), Larutan garam. Sedangkan media *quenching* gas adalah helium, argon, dan nitrogen (Sultoni *et al*, 2020). Salah satu media pendingin yang paling umum dan sering ditemukan adalah air dan oli. Desain eksperimen akan melibatkan pemaparan spesimen baja karbon ST 42 pada berbagai kondisi pengerasan. Kekuatan tarik akan diukur menggunakan mesin uji universal, sementara kekerasan akan dinilai melalui uji kekerasan Rockwell atau Brinell. Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan tersebut di atas maka peneliti akan melakukan penelitian untuk mengetahui gambaran yang jelas tentang **“PENGARUH *QUENCHING* TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KEKERASAN PADA BAJA KARBON ST 42”**

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi media pendingin dalam proses *quenching* pada nilai kekerasan baja karbon sedang (media pendingin air dan oli SAE 40)?
2. Bagaimana pengaruh variasi media pendingin dalam proses *quenching* pada nilai kekuatan tarik baja karbon sedang (media pendingin air dan oli SAE 40)?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui pengaruh variasi media pendingin dalam proses *quenching* pada nilai kekerasan baja karbon sedang (media pendingin air dan oli SAE 40)?
2. Mengetahui pengaruh variasi media pendingin dalam proses *quenching* pada nilai kekuatan tarik baja karbon sedang (media pendingin air dan oli SAE 40)?

1.4. Batasan Masalah

Agar mendapatkan hasil penelitian yang sesuai dengan tingkat ketelitian yang diinginkan, maka batasan masalah disusun agar memperjelas arah dan mengendalikan model system yang akan dicapai yaitu sebagai berikut:

1. Material uji yang digunakan adalah baja karbon rendah.
2. Dimensi benda uji diasumsikan sama.
3. Suhu pemanasan atau austenisasi yang digunakan adalah 700°C.
4. Temperatur air yang digunakan saat proses *quenching* adalah 25°C.
5. Oli yang digunakan adalah oli SAE 40.

6. Temperatur oli SAE 40 yang digunakan saat proses *quenching* adalah 25°C.
7. Holding time pada proses *quenching* adalah selama 1 menit.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Memberikan sumbangan pemikiran dan dasar pertimbangan pada dunia industri mengenai peningkatan kualitas pengerasan baja.
2. Memberikan wawasan bagi perancangan elemen mesin dan pengembangan ilmu bahan dan konstruksi.

1.6. Sistematika Tugas Akhir

Sistematika ini terdiri dari tiga bagian yaitu:

1. Bagian pendahuluan berisi: halaman judul, abstrak penelitian, halaman pengesahan, motto dan persembahan, kata pengantar, daftar isi, daftar gambar dan daftar lampiran.
2. Bagian isi meliputi:
 - BAB I. Pendahuluan yang berisi tentang alasan pemilihan judul, masalah penelitian, penegasan istilah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika skripsi.
 - BAB II. Landasan teori yang berisi tentang teori sifat-sifat logam, struktur logam, baja, pengaruh unsur paduan terhadap baja, quenching, media pendingin, tensile test, dan pengujian kekerasan.
 - BAB III. Metodologi penelitian yang memuat tentang spesimen yang digunakan, variabel penelitian, langkah penelitian serta metode analisis data.
 - BAB IV. Hasil penelitian dan pembahasan berisi tentang pembahasan hasil penelitian dan pengumpulan data.
 - BAB V. Kesimpulan dan saran

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, terdapat beberapa hal yang dapat ditarik menjadi kesimpulan, antara lain:

1. Variasi bahan pendingin pada proses *quenching* memberikan hasil yang berbeda nyata terhadap kekerasan spesimen.
 - Spesimen yang mengalami *quenching* dan didinginkan pada media air memiliki nilai kekerasan *vickers* yang paling tinggi yaitu sebesar 200 N/mm²
 - Spesimen yang mengalami *quenching* dan didinginkan pada media oli memiliki nilai kekerasan *vickers* sebesar 105 N/mm²
 - Spesimen tanpa perlakuan panas memiliki nilai kekerasan *vickers* yang paling rendah yaitu sebesar 94 N/mm²
2. Variasi bahan pendingin pada proses *quenching* berpengaruh terhadap elastisitas spesimen.
 - Spesimen tanpa perlakuan panas memiliki nilai tegangan sebesar 59,16 N/mm² dan regangan sebesar 15,95% yang merupakan paling tinggi diantara spesimen lain
 - Spesimen yang mengalami *quenching* dan didinginkan pada media oli memiliki nilai tegangan sebesar 40,54 N/mm² dan regangan sebesar 16,83%.
 - Spesimen yang mengalami *quenching* dan didinginkan pada media air memiliki nilai tegangan sebesar 37,18 N/mm² dan regangan sebesar 4,65%.
3. Perbedaan media pendingin pada proses *quenching* akan menghasilkan karakteristik mekanis dari spesimen yang berbeda, spesimen yang didinginkan dengan media air mampu membuat spesimen menjadi lebih keras namun lebih getas dibanding spesimen yang didinginkan dengan media oli.

5.2 Saran

Peneliti menyadari bahwa penelitian ini memiliki keterbatasan sehingga untuk penelitian berikutnya peneliti menyarankan pengembangan yang lebih lanjut, seperti:

1. Pemanasan dalam proses *quenching* dengan suhu yang lebih tinggi
2. Melakukan uji struktur mikro agar perubahan struktur setelah proses *quenching* dapat lebih diketahui
3. Menambahkan variasi media pendinginan untuk proses *quenching*.



DAFTAR PUSTAKA

- Alfatlawi, S. H. A., & Jodia, W. M. (2021). Evaluation of Quenching and Tempering on Cutting Force and Surface Finishing of Steel Machining. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1973, No. 1, p. 012038). IOP Publishing.
- Anrinal, H. (2013). *Metalurgi Fisik*. Padang: Andi.
- Azmy, I., Umam, M. A. K., & Muliawan, R. (2021). Studi pengaruh proses tempering terhadap struktur mikro dan kekerasan post-annealing baja mangan austenitik. *Jurnal Polimesin*, 19(2), 169-175.
- Buczek, A. and Telejko, T., 2013. Investigation of heat transfer coefficient during quenching in various cooling agents. *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 44, pp.358-364.
- Davis, J.R. ed., 2004. *Tensile testing*. ASM international.
- Ghorbal, G.B., Tricoteaux, A., Thuault, A., Louis, G. and Chicot, D., 2017. Comparison of conventional Knoop and Vickers hardness of ceramic materials. *Journal of the European Ceramic Society*, 37(6), pp.2531-2535.
- Gorodtsov, V.A. and Lisovenko, D.S., 2019. Extreme values of Young's modulus and Poisson's ratio of hexagonal crystals. *Mechanics of Materials*, 134, pp.1-8.
- Gunawan, E., 2017. *Analisa Pengaruh Temperatur Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Pada Baja Karbon Rendah (St41) Dengan Metode Pack Carbirizing*. *Teknika: Engineering and Sains Journal*, 1(2), pp.117-124.
- Handoyo, Y., 2015. Pengaruh quenching dan tempering pada baja jis grade S45C terhadap sifat mekanis dan struktur mikro crankshaft. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 3(2), pp.102-115.
- Kristiawan, N., 2017. *Pemanfaatan Grafit Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Pack Carburizing Untuk Meningkatkan Kekerasan/Hardness Baja K110* (Doctoral dissertation).
- Liang, G., Tan, Q., Liu, Y., Wu, T., Yang, X., Tian, Z., ... & Zhang, M. X. (2021). Effect of cooling rate on microstructure and mechanical properties of a low-carbon low-alloy steel. *Journal of Materials Science*, 56, 3995-4005.
- Morales, E.V. ed., 2011. *Alloy Steel: Properties and Use*. BoD–Books on Demand.

- Prayogi, A., 2019. Analisa pengaruh variasi media pendingin pada perlakuan panas terhadap kekerasan dan struktur mikro baja karbon rendah. *Jurnal Polimesin*, 17(2), pp.83-90.
- Purwanto, H., 2011. Analisa Quenching Pada Baja Karbon Rendah Dengan Media Solar. *Momentum*, 7(1).
- Ramesh, G. and Prabhu, K.N., 2015. Comparative study of wetting and cooling performance of polymer–salt hybrid quench medium with conventional quench media. *Experimental Heat Transfer*, 28(5), pp.464-492.
- Rizal, Y., 2014. Analisa Pengaruh Media Quench Terhadap Kekuatan Tarik Baja AISI 1045. *Jurnal APTEK*, 6(2), pp.183-190.
- Sadowski, A.J., Rotter, J.M., Reinke, T. and Ummenhofer, T., 2015. Statistical analysis of the material properties of selected structural carbon steels. *Structural Safety*, 53, pp.26-35.
- Sidiq, M.F., 2022. Perlakuan Panas Bertingkat sebagai Upaya Meningkatkan Kekuatan Mekanik Baja Karbon Rendah. *JST (Jurnal Sains dan Teknologi)*, 11(1).
- Silbey, R.J., Alberty, R.A., Papadantonakis, G.A. and Bawendi, M.G., 2022. *Physical chemistry*. John Wiley & Sons.
- Sultoni, S., Finahari, N. and Sahbana, M.A., 2020. Analisa Pengaruh Variasi Media Pendingin Air Dan Oli Pada Sambungan Lap Joint Terhadap Sifat Mekanik Menggunakan Las Smaw (Dc). *PROTON*, 11(1), pp.35-42.
- Thelning, K.E., 2013. *Steel and its heat treatment*. Butterworth-heinemann.
- Totten, G. E., Dossett, J. L., Kobasko, N. I., Dossett, J., & Totten, G. E. (2013). *Quenching of Steel*. ASM Handbook, pp. 91-157.
- Yadi, I., 2016. Analisa Mampu Keras Baja St-60 Dengan Metode Alat Jominy Test (Doctoral dissertation).