

Jurnal Artikel

Karakteristik Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Baja Karbon Sedang Paska Perlakuan Panas TemperingSyamsuir^{1*}, Ahmad Lubi², Ferry Budhi Susetyo¹¹Program studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta²Program studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta¹syamsuir@unj.ac.id, ²ahmadlubi@unj.ac.id, ¹fbudhi@unj.ac.id*Corresponding author – Email : syamsuir@unj.ac.id

Artikel Info - : Received : ; Revised : ; Accepted:

Abstrak

Penggunaan baja karbon rendah banyak digunakan lebih disebabkan karena baja karbon rendah memiliki keuletan yang tinggi dan mudah di machining, tetapi kekerasannya rendah dan tidak tahan aus. Sifat mekanik material baja tersebut dapat diperbaiki dengan melakukan beberapa proses perlakuan, salah satunya yaitu perlakuan panas. Baja dapat dikeraskan sehingga memiliki ketahanan aus, peningkatan ketangguhan, dan nilai kekerasannya meningkat dengan inti yang tetap ulet. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur temper dan waktu tahan temper terhadap karakteristik sifat mekanik dan struktur mikro baja karbon sedang S45C paska temper. Temperatur temper yang terbaik adalah pada suhu antara 150°C sampai 250°C, dimana tidak terjadi penurunan nilai kekerasan yang signifikan dibandingkan dengan nilai kekerasan paska quenching. Dengan naiknya temperatur temper mengakibatkan daya tahan aus benda uji menjadi menurun

Kata kunci: S45C, temper, temperatur, kekerasan, keausan

Abstract

Low carbon steel is a type of metal that is widely used because has high ductility and is easy to machining, but has low hardness and is not wear-resistant. The mechanical properties of the steel material can be improved by carrying out several treatment processes, i.e. heat treatment. By proper heat treatment, steel would have good wear resistance, increased toughness, and increased hardness values with a core that remains ductile. This study was conducted to determine the effect of variations in tempering temperatur and tempering time on the mechanical properties and microstructure characteristics of S45C medium carbon steel after tempering. The best tempering temperature is between 150°C to 250°C, where there is no significant decrease in hardness value compared to the post-quenching hardness value.

Keywords: S45C, tempering, temperatur, hardness, wear resistance

1. LATAR BELAKANG

Baja secara luas merupakan material teknik yang paling banyak digunakan dalam dunia industri. Berbagai produk dihasilkan, mulai dari peralatan rumah, konstruksi bangunan gedung, konstruksi jembatan, komponen otomotif dan banyak lagi yang lainnya. Kemampuan baja sendiri sebenarnya sangat dipengaruhi oleh kadar karbon atau unsur lain yang terdapat didalamnya (Wijaya, 2017). Baja karbon digolongkan menjadi tiga kelompok

berdasarkan banyaknya karbon yang terkandung dalam baja, yaitu baja karbon rendah (*low carbon steel*), baja karbon menengah (*medium carbon steel*), dan baja karbon tinggi (*high carbon steel*) (Handra & Fernando, 2015).

Baja karbon rendah merupakan jenis logam yang banyak digunakan. Penggunaan baja karbon rendah banyak digunakan lebih disebabkan karena baja karbon rendah memiliki keuletan yang tinggi dan mudah di machining, tetapi kekerasannya rendah dan tidak tahan aus (Iqbal, 2008). Sifat mekanik material baja

tersebut dapat diperbaiki dengan melakukan beberapa proses perlakuan, salah satunya yaitu perlakuan panas (Taryana, 2017). Baja dapat dikeraskan sehingga memiliki ketahanan aus, peningkatan ketangguhan, dan nilai kekerasannya meningkat dengan inti yang tetap ulet. Hal tersebut bisa didapat dengan perlakuan panas yang tepat. Pengerasan (*hardening*) adalah proses pemanasan baja sampai temperatur *Austenite* lalu diikuti dengan pendinginan yang cepat dengan mencelupkannya (*quenching*) ke dalam media pendingin tertentu. Kekerasan yang dapat dicapai tergantung pada laju pendinginan, kadar karbon dan ukuran benda pada baja paduan, jenis dan jumlah paduan akan mempengaruhi kemampuan pengerasan.

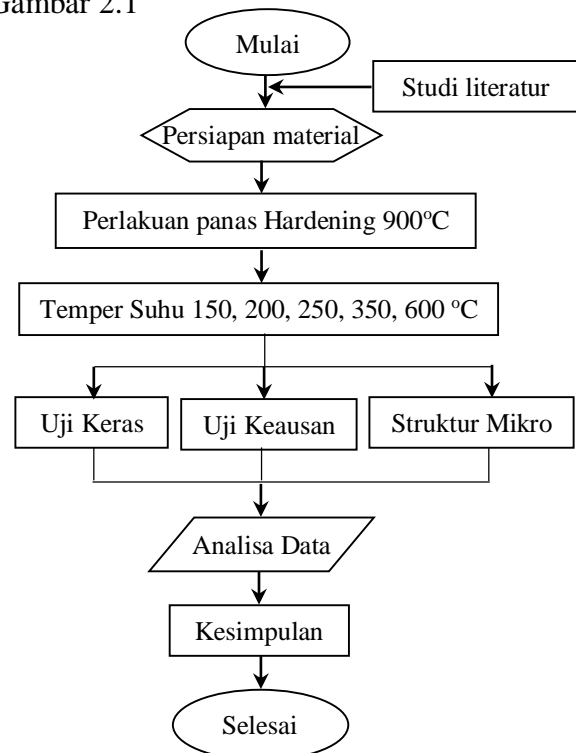
Perlakuan panas merupakan suatu tindakan yang dilakukan untuk mengubah sifat mekanik pada baja (Alwarits et al., 2014). Proses perlakuan panas pada dasarnya terdiri dari beberapa tahapan, dimulai dengan pemanasan sampai ke temperatur tertentu, lalu diikuti dengan penahanan selama beberapa saat, baru kemudian dilakukan pendinginan dengan kecepatan tertentu (Handra & Sudarisman, 2015)

Banyak penelitian perlakuan panas yang telah dilakukan, diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Kristanto (2020) tentang pengaruh variasi media pendingin dan temperatur pada perlakuan panas baja St-41 terhadap sifat mekanik. Dari hasil penelitian ini disebutkan bahwa penentuan media pendingin dapat berpengaruh pada sifat mekanik. Penelitian yang dilakukan oleh William (2007) yang membahas tentang pengaruh normalisasi dan *quenching* terhadap sifat fisis dan mekanis baja karbon rendah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik dan kekerasan baja hasil fabrikasi lebih tinggi dibandingkan dengan baja setelah dilakukan *quenching* dan baja normalisasi. Tempering dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan tegangan permukaan yang ditimbulkan pada waktu pengerasan. *Quenching* menghasilkan struktur

martensit yang sangat keras namun juga getas dan tidak cocok untuk digunakan. Melalui temper, kekerasan dan kegetasan dapat diturunkan sampai memenuhi persyaratan penggunaan. Kekerasan turun, kekuatan tarik akan turun pula sedangkan keuletan dan ketangguhan baja akan meningkat. Proses temper dilakukan dengan memanaskan kembali baja pada temperatur dibawah temperatur kiritis disusul dengan pendinginan. Penurunan kekerasan berbanding lurus dengan remperatur temper dan waktu tahan. Proses temper dimungkinkan oleh karena stuktur martensit tidak stabil. Temper akan menyebabkan perubahan martensit menjadi campuran ferrite-sementit, dan memberikan sifat tangguh pada baja.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini adalah penelitian eksperimen, dimana sampel (bahan uji) baja HQ 760 diberikan perlakuan panas *quenching* lalu dilanjutkan dengan perlakuan panas tempering dengan beberapa variasi temperatur temper. Skema penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 skema alur penelitian

Sesuai dengan rencana penelitian seperti yang terdapat pada Gambar 2.1 penelitian dilaksana dengan terlebih dahulu membuat spesimen uji. Adapun spesimen uji dibuat dengan ukuran masing masing 30 x 20 x 8 mm. sesuai dengan variasi temperatur temper yang ditetapkan pada penelitian ini jumlah spesimen uji yang disediakan adalah sebanyak 20 spesimen.

Selanjutnya kepada spesimen ini dilakukan perlakuan panas *hardening*. Dalam penelitian ini hanya 18 spesimen yang dimasukan kedalam tungku listrik untuk proses *hardening* sedang sisanya sebagai *raw material*. *Hardening* dilakukan dengan Metode *single hardening*. Spesimen uji dipanaskan dalam tungku listrik sampai pada temperatur 900°C (temperatur *austenite*) ditahan pada temperatur ini selama 20 menit, setelah itu didinginkan secara cepat dengan mencelupkannya (*quenching*) ke dalam media pendingin minyak (oli). Untuk menyeragamkan pemanasan dan pendinginan kepada spesimen uji, spesimen uji dipanaskan di dalam tungku listrik secara serempak.

Quenching merupakan proses pendinginan baja secara cepat dari temperatur *austenite* ke temperatur *ambient* dengan media tertentu akan menghasilkan struktur martensit. Setelah melewati tahap *quenching* spesimen uji (baja) akan menjadi sangat keras dan getas sehingga kurang cocok untuk pemakaian. Untuk mengurangi sifat keras dan getas setelah proses *quenching* tersebut dan untuk membuatnya lebih ulet, dalam penelitian spesimen uji tersebut dilanjutkan dengan tempering yang dilaksanakan dalam 5 variasi temperatur temper seperti yg sudah direncanakan. Selanjutnya setelah melewati proses tempering kepada spesimen uji dilakuan pengujian kekerasan, uji keausan dan pengamatan struktur mikro.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

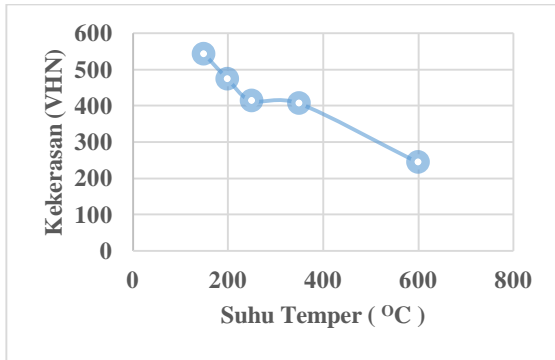
3.1 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan pada masing- masing benda uji yang sudah mendapatkan perlakuan panas *quenching* dan dilanjutkan dengan perlakuan *tempering* dengan beberapa variasi temperatur temper. Pengujian kekerasan menggunakan Metode indentasi Vickers. Penekanan dilakukan pada beberapa titik pada permukaan spesimen uji. Beban yang digunakan pada pengujian ini 30 kg. Data pengujian berupa diagonal bekas indenter yang kemudian dianalisa dengan untuk mendapatkan harga kekerasannya (*Vickers Hardness Number, VHN*). Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui karakteristik kekerasan bahan setelah melalui proses *quenching* dan tempering pada beberapa variasi temperatur. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 3.1. dan ditampilkan pada Gambar 3.1.

Tabel 3.1 hasil pengujian kekerasan

Perlakuan panas	Temperatur (° C)	Kekerasan (VHN)
Bahan dasar		185,104
<i>Quenching</i>	900	595,637
	150	542,867
	200	472,518
<i>Tempering</i>	250	413,303
	350	405,898
	600	242,925

Quenching telah menaikkan nilai kekerasan baja S45C dari 185,104 VHN menjadi 595,637 VHN. Selanjutnya pada benda uji dilakukan temper dengan beberapa variasi temperatur. Temper pada temperatur rendah tidak menyebabkan terjadinya penurunan nilai kekerasan secara signifikan. Semakin naik temperatur temper menyebabkan semakin turunnya nilai kekerasan benda uji seperti terlihat pada Gambar 3.1. Temper pada temperatur tinggi menyebabkan nilai kekerasan benda uji turun tajam hampir kembali mendekati kekerasan bahan dasar.



Gambar 4.1. Variasi waktu temper terhadap harga kekerasan baja S45C

3.2 Pengujian Keausan

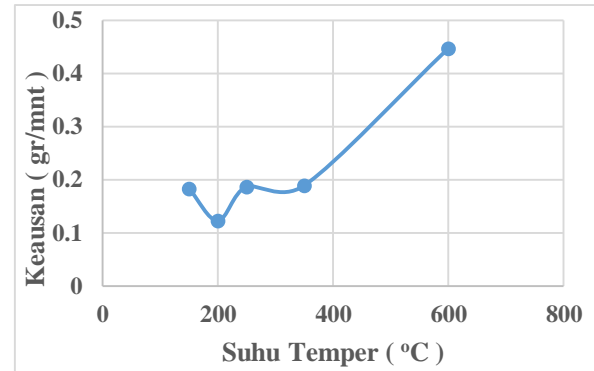
Pengujian keausan dilakukan dengan dengan cara penggerusan pada permukaan benda uji. Penggerusan dilakukan pada material dasar (*raw material*), spesimen yang mendapat perlakuan *quenching* dan temper. Akibat penggerusan pada benda uji tersebut maka terjadi pengurangan masa dari benda uji sehingga terjadi perbedaan berat benda uji sebelum penggerusan dan setelah penggerusan. Selisih berat benda sebelum dilakukan penggerusan dan setelah penggerusan itulah besarnya masa yang hilang dari uji penggerusan. Besarnya masa yang hilang tersebut dinyatakan sebagai nilai keausan benda uji. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 3.2. dan Selanjutnya digambarkan pada Gambar 3.2.

Dari Tabel 3.2 dapat dibaca bahwa *quenching* pada suhu 900°C dengan media pencelupannya oli pada benda uji telah meningkatkan daya tahan aus baja S45C sebanyak 10 kali dari daya tahan aus raw materialnya. Setelah perlakuan *quenching* tersebut diberikan perlakuan panas lebih lanjut pada benda uji berupa temper dengan beberapa variasi temperatur.

Tabel 3.2. Hasil pengujian keausan

Perlakuan panas	Temperatur (° C)	Keausan (gr/mnt)
Bahan dasar		1,3160
<i>Quenching</i>	900	0,1344
	150	0,1840
	200	0,1235
<i>Tempering</i>	250	0,1873
	350	0,1896
	600	0,4472

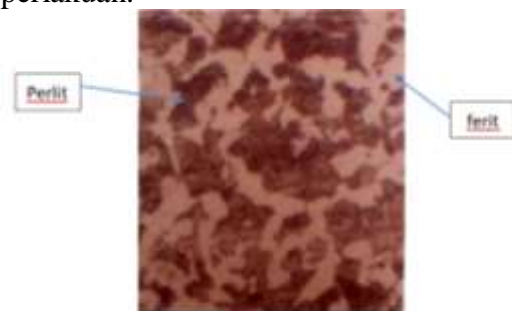
Tempering dengan beberapa variasi temperatur ditujukan untuk menunjukan karakteristik pengaruh temper dari baja S45C terhadap laju keausannya. Laju keausan benda uji meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur temper. Meningkatnya laju keausan berhubungan dengan turunnya daya tahan aus benda uji jika dibandingkan dengan daya tahan aus benda uji setelah perlakuan *quenching*.



Gambar 3.2 laju keausan baja S45C setelah ditemper pada temperatur 150, 200,250,300, dan 600°C.

3.3 Pengamatan mikro struktur

Dari pengamatan mikrostruktur di bawah mikroskop seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7 terlihat terjadi perubahan stuktur mikro baja S45C setelah mendapat perlakuan *quenching* dan *tempering* dibandingkan dengan bahan dasar (*raw material*) yang tidak mendapat perlakuan.

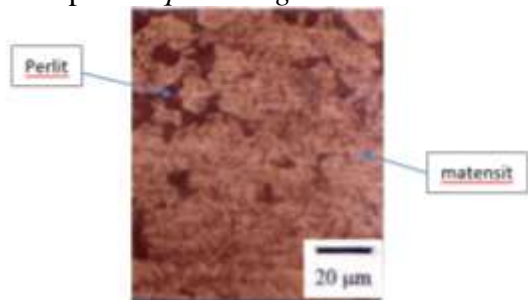


Gambar 3.3. Struktur mikro bahan dasar

Seperti ditunjukkan pada Gambar 3.3 mempunyai butir yang sangat kasar. Strukturnya terdiri dari ferrit yang berwarna terang dan perlit yang berwarna gelap.

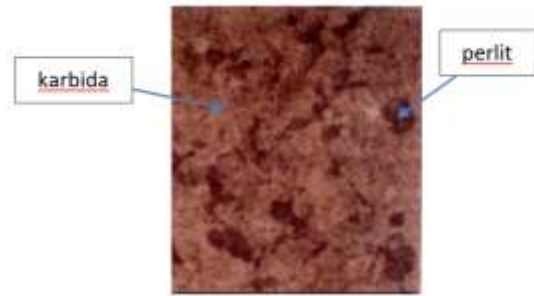
Pada kondisi *raw material* ini kekerasan baja adalah 185,104 VHN dan laju keausannya 1,316 gr/mnt.

Quenching yang diikuti dengan *tempering* pada baja S45C telah merubah sifat mekanik dan struktur mikro pada baja, struktur mikro baja setelah perlakuan *quenching* di tunjukan pada Gambar 3.3 strukturnya terdiri dari martensit yang berwarna terang dan perlit yang berwarna gelap. Pada *quenching* suhu 900°C dengan oli sebagai media pendinginnya telah menaikkan kekerasan baja menjadi 595,6 VHN seperti terlihat pada Tabel 4.1, dan daya tahan ausnya meningkat 1000% dari daya tahan aus *raw material*. Namun pada kondisi ini baja memiliki sifat yang rapuh (getas). Untuk memperbaiki sifat rapuh dari baja pasca proses *quenching* maka diberikan perlakuan temper. Perlakuan temper menghasilkan perubahan pada sifat mekanik dan struktur mikro baja S45C pasca proses *quenching*.

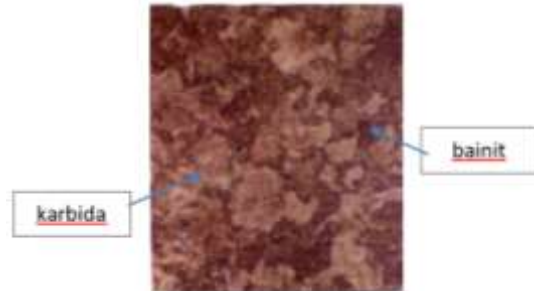


Gambar 3.4. Struktur mikro baja S45C setelah di *quenching* suhu 900°C

Perubahan sifat mekaniknya dapat dibaca pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2, struktur mikronya pada beberapa variasi temperatur temper yang dilakukan ditunjukan pada gambar berikut ini. Struktur mikro yang ditunjukan pada Gambar 3.5 terdiri dari karbida yang berwarna terang dan perlit yang berwarna gelap.

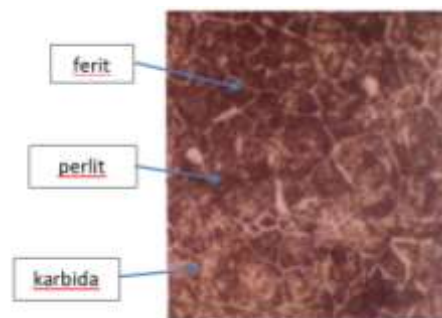


Gambar 3.5. Struktur mikro baja S45C setelah di temper suhu 150°C

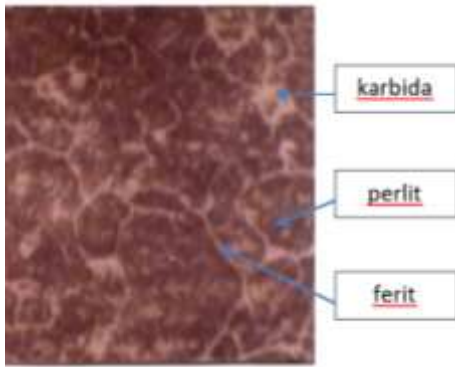


Gambar 3.6. Struktur mikro baja S45C setelah di temper suhu 200°C

Pada Gambar 3.6. struktur mikro yang ditunjukan terdiri dari karbida yang berwarna terang dan bainit yang berwarna gelap. Gambar 3.7 dan 3.8 menunjukkan struktur mikro yang dihasilkan dari proses temper pada temperatur 350°C dan 600°C pada baja S45C pasca *quenching*.



Gambar 4.7. Struktur mikro baja S45C setelah di temper suhu 350°C



Gambar 4.8. Struktur mikro baja S45C setelah di temper suhu 350°C

Dari gambar struktur mikro yang terdapat pada Gambar 3.7 dan 3.8, terlihat struktur butirnya terdiri dari karbida yang berwarna terang dan perlit yang berwarna gelap, juga terlihat batas butir yang berwarna terang terdapat dari struktur ferit.

3. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Perlakuan panas *quenching* dan temper dapat merubah sifat mekanik dari baja S45C. hasil penelitian menunjukkan *quenching* pada temperatur 900°C dengan media pendingin oli meningkatkan kekerasan baja dari 185 VHN menjadi 595 VHN. Variasi temperatur temper yang dilakukan paska *quenching* menyebabkan terjadinya perubahan nilai kekerasan pada benda uji. Temper pada temperatur tinggi suhu 600°C menyebabkan terjadinya penurunan nilai kekerasan yang signifikan yaitu menjadi 242 VHN, hampir mendekati kembali nilai kekerasan *raw material*. Temperatur temper yang terbaik adalah pada suhu antara 150°C sampai 250°C, dimana tidak terjadi penurunan nilai kekerasan yang signifikan dibandingkan dengan nilai kekerasan paska *quenching*.
2. Variasi temperatur temper juga berpengaruh terhadap daya tahan aus baja S45C. hasil penelitian menunjukkan

dengan naiknya temperatur temper mengakibatkan daya tahan aus benda uji menjadi menurun, jika dibandingkan dengan daya tahan aus benda setelah perlakuan *quenching*.

4. DAFTAR PUSTAKA

- Alwarits, A., Daswarman, D., & Nasir, M. 2014. Pengaruh Media Pendingin Pada Proses Hardening Terhadap Peningkatan Kekerasan Baja Karbon Sedang. *Automotive Engineering Education Journals*, 2(2).
- ASTM, E. 2001. Standard test methods for tension testing of metallic materials. *Annual Book of ASTM Standards*. ASTM.
- Callister Jr, W. D., & Rethwisch, D. G. 2012. *Materials Science and Engineering: An Introduction 9e Binder Ready Version+ WileyPLUS Registration Card*. John Wiley & Sons.
- Handoyo, Y. 2015. Pengaruh Quenching Dan Tempering Pada Baja JIS Grade S45C Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Crankshaft. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unisma" 45" Bekasi*, 3(2), 97782.
- Handra, N., & Fernando, R. 2015. Pengaruh Perlakuan Panas Baja Aisi 1029 Dengan Media Pendingin Air Dan Oli Terhadap Kekuatan Dan Kekerasan. *Jurnal Teknik Mesin*, 4(2).
- Handra, N., & Sudarisman, S. 2015. Pengaruh Perlakuan Panas Baja Aisi 1029 Dengan Metoda Quenching Dan Media Pendingin Terhadap Sifat Mekanik Dan Makro Struktur. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 5(1).
- Iqbal, M. 2008. Pengaruh Temperatur Terhadap Sifat Mekanis Pada Proses Pengkarbonan Padat Baja Karbon Rendah. *SMARTek*, 6(2).
- Kristanto, A. 2020. Analisa Pengaruh Variasi Media Pendingin dan Temperatur pada Perlakuan Panas Baja St-41 terhadap Sifat Mekanik.

- Doctoral dissertation, Universitas 17 agustus 1945 Surabaya.
- Limbong, S. R. 2016. *Analisa Material ASTM A36 Akibat Pengaruh Suhu Dan Quenching Terhadap Nilai Ketangguhannya*. Doctoral dissertation-Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Murtiono, A. 2012. Pengaruh quenching dan tempering terhadap kekerasan dan kekuatan tarik serta struktur mikro baja karbon sedang untuk mata pisau pemanen sawit. *E-Dinamis*, 2(2).
- Prabowo, A. A. 2019. Pengaruh Media Pendingin Pada Proses Quenching Terhadap Kekerasan, Struktur Mikro, Dan Kekuatan Bending Baja AISI 1010. Doctoral dissertation, Universitas 17 agustus 1945 Surabaya.
- Sari, N. H. 2017. Perlakuan panas pada baja karbon: efek media pendinginan terhadap sifat mekanik dan struktur mikro. *Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana*, 6(4), 263–267.
- Setiadi, D., & Samlawi, A. K. 2019. Pengaruh Quenching Dengan Media Pendingin Air Dan Oli Terhadap Mechanical Propertis Baja S45C. *Jurnal Tugas Akhir Mahasiswa ROTARY*, 1(2), 183–192.
- Sofyan, B. T. 2010. Pengantar material teknik. *Jakarta: Salemba Teknika*.
- Sumiyanto, S., & Abdunnaser, A. 2017. Pengaruh media pendingin terhadap sifat mekanik dan struktur mikro plat baja karbon ASTM A-36. *Bina Teknika*, 11(2), 155–170.
- Syuffi, R. F., & Irfa'i, M. A. 2014. Pengaruh Variasi Temperatur Hardening Terhadap Kekerasan baja S45C Dengan Media Pendingin Air. *JTM*, 106-112..
- Taryana, A. 2017. Analisis sifat mekanik baja SKD 61 dengan baja ST 41 dilakukan hardening dengan variasi temperatur. *Bina Teknika*, 13(2), 189–199.
- Wardoyo, J. T. 2005. Metode Peningkatan

Tegangan Tarik Dan Kekerasan Pada Baja Karbon Rendah Melalui Baja Fasa Ganda. *Teknoin*, 10(3).