



Studi Perlakuan Panas Terhadap Sifat Kekerasan Pada Baja ST 60

Albert Daniel Saragih^{1,a)}, Silviana Simbolon², Sutiana¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung, 40012, Indonesia

²Jurusan Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan, 15417, Indonesia

E-mail: ^{a)}albertdanielsrgh@polban.ac.id

Received: 12 Juni 2023

Revision: 23 Juni 2023

Accepted: 11 Juli 2023

Abstrak: Pada penelitian ini telah berhasil dilakukan pengaruh perlakuan panas terhadap nilai kekerasan material. Adapun perlakuan panas yang dilakukan adalah proses annealing, normalizing, quenching dan tempering. Pengaruh holding time terhadap sifat kekerasannya juga akan dibahas pada penelitian ini dengan menggunakan sampel baja ST 60. Spesimen dipersiapkan dengan dipanaskan pada furnace pada temperatur austenitasi 850 °C dengan holding time selama 15 menit dan 30 menit. Nilai kekerasan pada sampel tanpa perlakuan baja st 60 memiliki rata-rata nilai sebesar 41 HRC. Pada suhu penahanan selama 15 menit diperoleh nilai kekerasan rata-rata sebesar 27 dan 34 HRC untuk annealing dan normalizing serta 48, 65 dan 69 HRC untuk masing-masing quenching oli, air garam dan air. Selanjutnya pada proses tempering diperoleh data sebesar 66 HRC setelah proses quenching dilakukan. Sedangkan pada Pada suhu penahanan selama 30 menit diperoleh nilai kekerasan rata-rata sebesar 13 dan 27 HRC untuk annealing dan normalizing serta 53 dan 72 HRC untuk masing-masing quenching oli dan air. Prinsip pendinginan lambat dan pendinginan cepat serta pemanasan kembali oleh proses tempering mencirikan data yang telah diperoleh pada penelitian ini. Namun pada pengaruh waktu penahanan/holding time terdapat perbedaan nilai kekerasan pada proses pendinginan lambat dan pendinginan cepat. Permasalahan ini dapat dipecahkan dengan melakukan penelitian lanjutan yaitu menganalisa struktur mikro dari masing-masing proses perlakuan panas serta pengujian mekanik lainnya seperti uji impak atau ketangguhan.

Kata Kunci: Perlakuan Panas; Suhu Penahanan; ST 60; Uji Keras.

Abstract: In this study, the effect of heat treatment on the hardness value of the material has been successfully carried out. The heat treatment carried out were annealing, normalizing, quenching and tempering processes. The effect of holding time on the hardness properties will also be discussed in this study using ST 60 steel samples. The specimens were prepared by heating in a furnace at an austenitisation temperature of 850°C with a holding time of 15 minutes and 30 minutes. The hardness value of the sample without ST 60 steel treatment has an average value of 41 HRC. At a holding temperature of 15 minutes, the average hardness value is 27 and 34 HRC for annealing and normalizing as well as 48, 65 and 69 HRC for oil, salt water and water quenching respectively. Furthermore, in the tempering process, data obtained is 66 HRC after the quenching process is carried out. While at the holding temperature for 30 minutes, the average hardness value is 13 and 27 HRC for annealing and normalizing and 53 and 72 HRC for oil and water quenching respectively. The principle of slow cooling and rapid cooling and reheating by the tempering process characterizes the data obtained in this study. However, in the effect of holding time, there are differences in hardness values in the slow cooling and rapid cooling processes. This problem can be solved by conducting further research, namely analyzing the microstructure of each heat treatment process and other mechanical tests such as impact or toughness tests.

Keywords: Heat Treatment; Holding Time, ST 60; Hardness Test.

PENDAHULUAN

Permintaan pasar industri terkait kualitas komponen mekanik yang semakin pesat menjadi tantangan tersendiri bagi kaum intelektual dan para peneliti untuk terus mengembangkan ilmu metalurgi khususnya pada bidang perlakuan panas atau *heat treatment*. Selain daripada itu persaingan industri dipasaran juga menjadi efek domino untuk terus menghasilkan produk manufaktur dengan nilai produksi atau nilai jual yang terjangkau.

Sehingga peneliti dituntut untuk terus dapat memodifikasi material agar dapat meningkat biaya produksi namun tetap menjaga kualitas atau bahkan meningkatkan kuliatasnya.

Teknik pengubahan dan peningkatan sifat mekanik material yang paling penting adalah perlakuan panas (*heat treatment*). Perlakuan panas melibatkan berbagai prosedur pemanasan dan pendinginan yang dilakukan untuk mempengaruhi perubahan struktur mikro pada suatu material, yang pada akhirnya akan mempengaruhi sifat mekaniknya [1]. Beberapa metode yang dapat dilakukan untuk memodifikasi sifat mekanik material berdasarkan fasa yang akan diinginkan. Salah satunya adalah proses austenisasi dan *quenching*, dimana pada proses perlakuan panas ini akan diperoleh fasa martensit. Proses pemanasan ini dilakukan pada suhu austenisasi γ , kemudian dilanjutkan penahanan temperatur (*holding time*) selanjutnya diteruskan dengan pendinginan cepat [2]–[4]. Sedangkan *annealing* adalah proses perlakuan panas pada temperatur tertentu, dilanjutkan penahanan temperatur (*holding time*) kemudian diteruskan dengan pendinginan yang lambat. Sama halnya dengan proses *normalizing*, namun pada proses *normalizing* dilakukan dengan pendinginan yang sedikit lebih cepat dari *annealing* [1]. Proses lain yang bertujuan untuk mengubah sifat material akibat pengerasan agar menjadi lebih lunak dan ketangguhannya meningkat adalah *tempering*. Proses ini sering disebut dengan proses pemanasan kembali baja setelah proses pengerasan akibat pendinginan cepat pada rentang temperatur dibawah temperatur euktektoid [5].

Baja ST 60 adalah salah satu jenis baja karbon dengan kategori baja karbon sedang yang menjadikan baja ini memiliki sifat-sifat pengerjaan dan kekuatan yang sangat baik dengan komposisi kimia seperti pada tabel 1 Baja ST 60 biasanya dipakai sebagai bahan baku awal untuk roda gigi poros engkol ragum spindel, *lock washers*, cakram kopling, dan suku cadang berkekuatan tinggi dan tahan aus lainnya [6].

Tabel 1. Komposisi kimia Baja ST 60 [6]

C	Si	Mn	S	P	Cr
0,57 – 0,65	0,17 – 0,37	0,50 – 0,80	<0,040	<0,035	≤0,25

Pada penelitian ini membahas tentang pengaruh perlakuan panas terhadap nilai kekerasan material. Adapun perlakuan panas yang dilakukan adalah proses *annealing*, *normalizing*, *quenching* dan *tempering*. Pengaruh *holding time* terhadap sifat kekerasannya juga akan dibahas pada penelitian ini dengan menggunakan sampel baja ST 60.

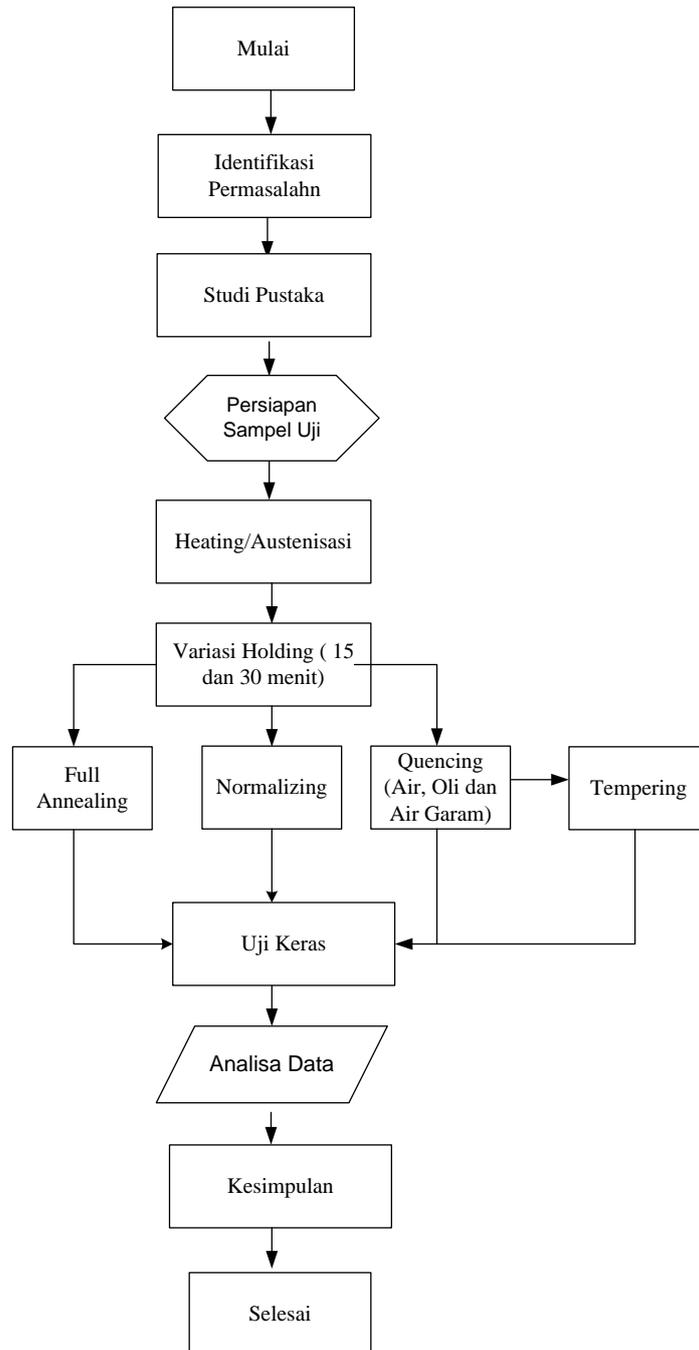
METODOLOGI

Metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini berdasarkan diagram alir yang tercantum pada gambar 1. Material baja st 60 yang digunakan pada penelitian ini memiliki ketebalan ± 17 mm dengan jumlah sampel sekitar 15 buah (gambar 2). Perhitungan A_{C3} pada suhu austenasasi menggunakan persamaan 1 [7].

$$A_{C3} (^{\circ}C) = 910 - 203C^{\frac{1}{2}} + 44.7Si - 15.2Ni + 31.5Mo + 104.4V + 13.1W \dots \dots \dots (1)$$

Berdasarkan persamaan 1 diperoleh nilai 850 °C yang disebut suhu austenisasi dengan waktu penahanan 15 menit dan 30 menit sedangkan suhu tempering dilakukan pada suhu 200 °C dengan waktu penahanan selama 30 menit.

Gambar 3 menunjukkan peralatan yang digunakan untuk melakukan penelitian diantaranya tungku/*furnace*, media air, air garam, oli dan tungku untuk melakukan temper. Pengujian kekerasan yang dilakukan pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode rockwell dengan beban 150 kg seperti pada gambar 4.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian Pengaruh Perlakuan Panas pada Baja ST60



Gambar 2. Baja ST60 Sebagai Sampel pada Penelitian



Gambar 3. Peralatan yang Digunakan Dalam Penelitian (atas: tungku pemanas, bawah: oli, air garam dan air)



Gambar 4. Alat Uji Keras Makro

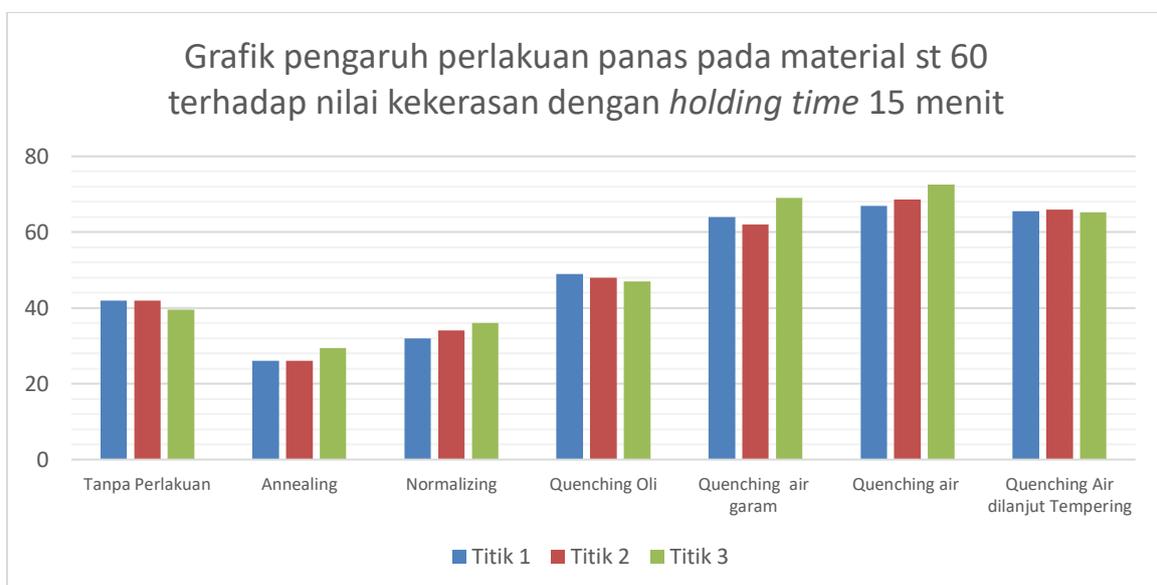
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, hasil pengujian keras pada setiap sampel dilakukan sebanyak 3 kali pada titik yang berbeda agar menghasilkan data lebih akurat. Adapun data hasil pengujian kekerasan pada temperatur austenesasi 850 °C dengan *holding time* selama 15 menit dengan berbagai metode perlakuan panas tertera pada tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Kekerasan Pada Temperatur Austenesasi 850 °C Dengan Holding Time Selama 15 Menit

No	Gambar	Keterangan	Titik 1	Titik 2	Titik 3
			(HRC)		
1		Tanpa Perlakuan	42	42	39,5

2		<i>Annealing</i>	26,1	26	29,4
3		<i>Normalizing</i>	32	34	36
4		<i>Quenching Oli selama 60 detik</i>	49	48	47
5		<i>Quenching dengan air garam selama 30 s</i>	64	62	69
6		<i>Quenching dengan air selama 30 s</i>	69,9	68,6	72,6
7		<i>Quenching Air dilanjut Tempering</i>	65,5	66	65,3



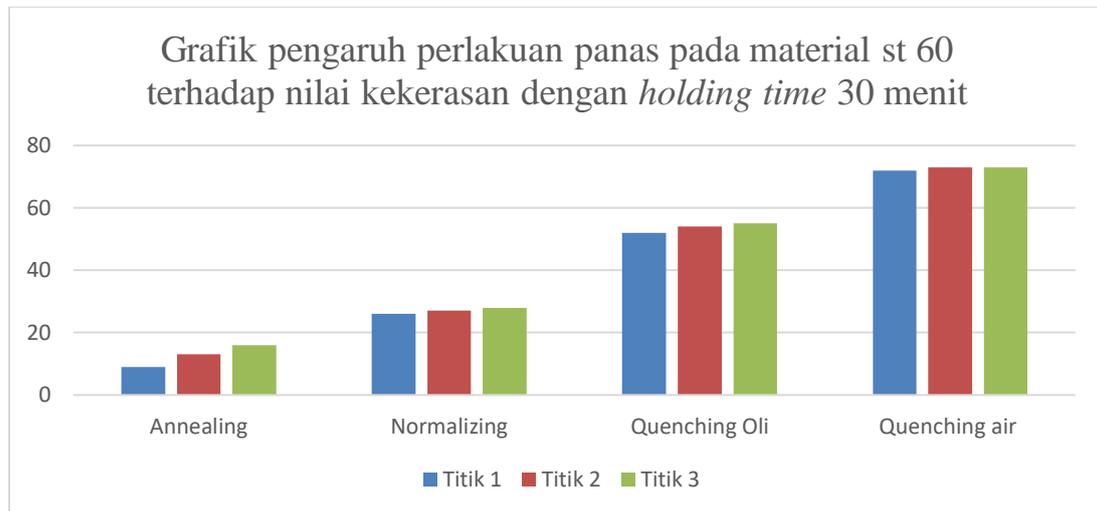
Gambar 5. Grafik Pengaruh Perlakuan Panas Pada Material ST 60 Terhadap Nilai Kekerasan Dengan Holding Time Selama 15 Menit

Dari grafik yang tertera pada gambar 5 dapat dilihat pengaruh dari setiap proses perlakuan panas yang mencirikan masing-masing nilai kekerasannya. Masing-masing titik yang dilakukan pengujian menunjukkan kekonsistensian data dengan error bar yang sangat kecil. Nilai kekerasan pada sampel tanpa perlakuan baja st 60 memiliki rata-rata nilai sebesar 41 HRC. Angka ini sama dengan nilai yang ditunjukkan pada penelitian yang telah dilakukan oleh Basori, dkk 2020 [8].

Pada spesimen dengan perlakuan *annealing* diperoleh nilai kekerasan rata-rata sebesar 27 HRC. Sesuai dengan prinsipnya *annealing* dimana proses ini dilakukan pendinginan yang sangat lambat karena dilakukan pada media tungku sehingga material menjadi lebih lunak. Sedangkan pada proses normalizing dengan laju pendinginan sedikit lebih cepat daripada annealing sehingga menghasilkan nilai kekerasan yang sedikit lebih besar. Pada proses normalizing diperoleh nilai kekerasan rata-rata material st 60 sebesar 34 HRC. Proses perlakuan panas dengan metode quenching adalah metode yang paling sederhana untuk dapat meningkatkan nilai kekerasannya. Hal ini dikarenakan media quenching yaitu oli, air dan air garam membantu material mengalami pendinginan yang sangat cepat. Pada penelitian ini diperoleh nilai kekerasan rata-rata sebesar 48, 65 dan 69 HRC untuk masing-masing oli, air garam dan air. Media oli, air dan air garam menghasilkan nilai yang berbeda hal ini dikarenakan karena pengaruh daripada viskositasnya. Kekentalan suatu cairan dapat berpengaruh pada laju pendinginan sehingga semakin kental cairan maka akan semakin lambat laju pendinginannya. Selanjutnya pada penelitian ini dilakukan tempering setelah proses quenching dengan media air. Tempering dilakukan pada suhu 200 °C dengan waktu penahanan selama 30 menit. Pada data yang dilakukan saat pengujian keras diperoleh nilai sebesar 66 HRC. Hal ini cukup membuktikan fungsi dari tempering yaitu mencoba melunakkan kembali material yang sifatnya sangat keras akibat dari pendinginan secara cepat [9].

Tabel 3. Data hasil pengujian kekerasan pada temperatur austenisasi 850 °C dengan holding time selama 30 menit

No	Gambar	Keterangan	Titik 1	Titik 2	Titik 3
			(HRC)		
1		<i>Annealing</i>	9	13	16
2		<i>Normalizing</i>	26	27	28
3		<i>Quenching Oli</i> selama 60 detik	52	54	55
4		<i>Quenching</i> dengan air selama 30 s	72	73	73



Gambar 6. Grafik Pengaruh Perlakuan Panas Pada Material ST 60 Terhadap Nilai Kekerasan Dengan Holding Time Selama 30 Menit

Dari grafik yang tertera pada gambar 6 dapat dilihat pengaruh dari setiap proses perlakuan panas yang mencirikan masing-masing nilai kekerasannya dengan waktu penahanan selama 30 menit. Masing-masing titik yang dilakukan pengujian juga menunjukkan kekonsistensian data dengan error bar yang sangat kecil. Pada spesimen dengan perlakuan *annealing* diperoleh nilai kekerasan rata-rata sebesar 13 HRC. Sedangkan pada proses *normalizing* diperoleh nilai kekerasan rata-rata material st 60 sebesar 27 HRC. Terdapat perbedaan nilai yang diperoleh pada proses *annealing* dan *normalizing* ketika waktu penahanan dinaikkan menjadi 30 menit. Akibat dari waktu penahanan yang sedikit lebih lama sampel st 60 yang telah dilakukan *annealing* dan *normalizing* mengalami penurunan nilai kekerasan sedikit lebih rendah. Hal ini mungkin dikarenakan fasa perlit yang terbentuk menghasilkan ukuran butir yang sedikit halus sehingga nilai kekerasannya menurun. Hal ini dapat dibuktikan dengan melihat struktur mikro dari pada material pada penelitian selanjutnya. Pada proses perlakuan panas dengan metode *quenching* tetap menghasilkan grafik yang linier yaitu memperoleh nilai kekerasan yang tinggi. Bahkan akibat dari waktu penahanan yang lama, nilai kekerasan masing-masing media oli dan air menghasilkan nilai 53 dan 72 HRC sedikit lebih tinggi ketika dilakukan *holding time* selama 15 menit. Hal ini juga diperoleh pada penelitian yang dilakukan oleh Rasli, 2019 pada sampel baja st 41 [10].

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan disimpulkan bahwa hasil eksperimen pada baja st 60 berhasil membuktikan teori dasar terkait proses perlakuan panas antara lain: *annealing*, *normalizing*, *quenching* dan *tempering*. Prinsip pendinginan lambat dan pendinginan cepat serta pemanasan kembali oleh proses *tempering* mencirikan data yang telah diperoleh pada penelitian ini. Namun pada pengaruh waktu penahanan/*holding time* terdapat perbedaan nilai kekerasan pada proses pendinginan lambat dan pendinginan cepat. Permasalahan ini dapat dipecahkan dengan melakukan penelitian lanjutan yaitu menganalisa struktur mikro dari masing-masing proses perlakuan panas serta pengujian mekanik lainnya seperti uji impak atau ketangguhan.

SARAN

Dari data penelitian yang telah didapatkan pada studi ini peneliti memberikan saran untuk dapat dilakukan pengembangan lebih lanjut terkait topik ini yaitu:

1. Dalam rangka pemenuhan sifat mekanik material st 60 yang lebih lengkap, dapat dilakukan pengujian tarik dan uji ketangguhan.
2. Analisa struktur mikro dapat dilakukan untuk membuktikan hasil uji keras yang telah diperoleh pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. P. Groover, *Fundamental of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems Fourth Edition*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc, 2010.
- [2] K. . Thelning, *Steel and its Heat treatment, 2nd ed*. London: Butterworth, 1984.
- [3] M. Shaeri, H. Saghafian, and S. Shabestari, "Effects of Austempering and Martempering Processes on Amount of Retained Austenite in Cr-Mo Steels (FMU-226) Used in Mill Liner," *J. Iron Steel Res. Int.*, vol. 7, no. 2, pp. 53–58, 2010, doi: [https://doi.org/10.1016/S1006-706X\(10\)60059-3](https://doi.org/10.1016/S1006-706X(10)60059-3).
- [4] S. Sutjipto, "Studi Proses Austempering dan Tempering Baja AISI 1095 Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan," *Pros. Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, vol. 11, no. 1, pp. 687–693, 2020, doi: <https://doi.org/10.35313/irwns.v11i1.2100>.
- [5] ASM, *ASM Handbook: volume 4: Heat Treating*. United States: ASM International, 1991.
- [6] Metinvest, "Steel 60: characteristics, properties, analogs - Metinvest," <https://metinvestholding.com/en/products/steel-grades/60>, [Date Accessed: 02 November 2022], 2006.
- [7] H. Kim, J. Inoue, M. Okada, and K. Nagata, "Prediction of Ac3 and Martensite Start Temperatures by a Data-driven Model Selection Approach," *ISIJ Int.*, vol. 57, no. 12, pp. 2229–2236, 2017, doi: <https://doi.org/10.2355/isijinternational.ISIJINT-2017-212>.
- [8] Basori, A. Akbar, and Y. S. Pramesti, "Pengaruh Quenching Baja St 60 dengan Media Hot Oil Terhadap Nilai Kekerasan," *Pros. SEMNAS INOTEK (Seminar Nas. Inov. Teknol.*, vol. 4, no. 3, pp. 273–278, 2020, doi: <https://doi.org/10.29407/inotek.v4i3.99>.
- [9] Karmin and M. Ginting, "Analisis Peningkatan Kekerasan Baja Amutit Menggunakan Media Pendingin Dromus," *AUSTENIT*, vol. 4, no. 01, pp. 1–7, 2012, doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4544285>.
- [10] R. S. A. Yaksa, "Pengaruh Holding Time Pada Proses Heat Treatment Terhadap Sifat Mekanik Baja ST 41 Untuk Aplikasi Rocker Arm," *TRAKSI Maj. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 19, no. 2, pp. 95–103, 2019, doi: <https://doi.org/10.26714/traksi.19.2.2019.95-103>.