

Analisis Baja S55C Terhadap Suhu Pemanasan Dan Media Pendingin Pada Proses *Hardening*

Amelia Oktafia Nugraha¹, Ariyanto¹, Eko Yudo¹

¹Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

E-mail : ameliaoktaf0808@gmail.com

Received: 16 Januari 2025; Received in revised form: 17 Januari 2025; Accepted: 17 Januari 2025

Abstract

The carbon steel chosen for this research is S55C steel which is medium or medium carbon steel. The hardening process is a heat treatment process carried out with the aim of increasing the natural hardness of metal or steel. This process is carried out at high temperatures, namely at the austenization temperature which is used to dissolve cementite in austenite which is then quenched quickly. The method used in this research is experimental. The parameters used in this research were temperatures of 880°C, 950°C, and 1020°C and used seawater, salt water, and oil as cooling media. Based on the hardness test results after the hardening process, the combination of temperature 1020°C and sea water produces the lowest average hardness, namely 24.8 HRC, and the combination of temperature 1020°C and salt water produces the highest average hardness, namely 40.

Keywords: Heat Treatment; Hardening; S55C Steel

Abstrak

Baja karbon yang dipilih sebagai penelitian ini adalah baja S55C dimana merupakan baja karbon sedang atau menengah. Proses pengerasan atau hardening adalah suatu proses perlakuan panas yang dilakukan dengan tujuan meningkatkan kekerasan alami pada logam atau baja, proses ini dilakukan pada temperatur tinggi yakni pada temperatur austenisasi yang digunakan untuk melarutkan sementit dalam austenit yang kemudian di *quenching* secara cepat. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah experimental. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini yakni temperature 880°C, 950°C, dan 1020°C serta menggunakan media pendingin air laut, air garam, dan oli. Berdasarkan dari hasil uji kekerasan setelah proses *hardening*, kombinasi suhu 1020°C dan air laut menghasilkan kekerasan rata-rata paling rendah yakni 24.8 HRC dan kombinasi suhu 1020°C dan air garam menghasilkan kekerasan rata-rata paling tinggi yakni 40,17 HRC.

Kata kunci: Perlakuan Panas; Pengerasan; Baja S55C

1. PENDAHULUAN

Baja karbon telah menjadi salah satu bahan utama yang sangat dapat diandalkan dalam fabrikasi logam. Baja karbon (*Carbon Steel*) adalah jenis baja yang memiliki karbon sebagai elemen campuran utama dengan kadar berkisar antara 0,12 hingga 2,0%. Suatu baja diklasifikasikan sebagai baja karbon apabila tidak mencantumkan kandungan minimum unsur-unsur seperti kromium, kobalt, molibdenum, nikel, niobium, titanium, tungsten, vanadium, atau zirkonium, ataupun unsur lain yang ditambahkan untuk menghasilkan sifat campuran tertentu. Selain itu, kadar tembaga maksimum tidak boleh melebihi 0,40%, dan kandungan unsur maksimum seperti mangan tidak lebih dari 1,65% serta silikon tidak lebih dari 0,60% [1]. Baja karbon juga sering digunakan untuk

mengacu pada baja yang bukan termasuk baja tahan karat, sehingga baja paduan (*alloy steel*) juga dapat masuk dalam kategori ini. Peningkatan kadar karbon pada baja membuatnya menjadi lebih keras dan kuat setelah melalui perlakuan panas, namun hal ini mengurangi tingkat keuletannya [2]. Selain itu, kandungan karbon yang tinggi juga mengurangi kemampuan baja untuk disambung menggunakan las. Pada baja karbon, semakin tinggi kandungan karbon, semakin rendah titik lebur yang dimilikinya [1].

Baja karbon yang dipilih sebagai penelitian ini adalah baja S55C dimana merupakan baja karbon sedang atau menengah. Baja ini dipilih karena memiliki karakteristik yang cukup unik, kekuatan bajanya cukup tinggi setelah perlakuan

panas. Selain itu nilai ketangguhan dan daktilitasnya juga cukup baik. Dengan perlakuan panas, kita bisa mengatur dan meningkatkan sifat-sifat baja S55C seperti kekerasan dan kekuatan. Proses *heat treatment* dimanfaatkan untuk memodifikasi karakteristik fisik dan kimia material melalui pengendalian suhu. Secara umum, perlakuan panas (*Heat Treatment*) meliputi proses seperti *hardening*, *tempering*, *carburizing*, dan *annealing*. Tingkat kekerasan yang dihasilkan dari perlakuan panas dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu suhu, waktu penahanan (*holding time*), serta jenis media pendingin yang digunakan. Penelitian ini berfokus pada proses perlakuan panas (*heat treatment*) pada *hardening*, khususnya dengan memanfaatkan media pendingin dalam proses quenching [3]. Pengerasan adalah kombinasi antara pemanasan dan pendinginan logam atau paduan logam dalam kondisi padat untuk memperoleh sifat tertentu [4]. Proses *hardening* pada baja karbon menengah menghasilkan efek yang lebih efektif dibandingkan baja karbon lainnya, karena kandungan karbon yang lebih tinggi memungkinkan pembentukan martensit yang meningkatkan kekerasan baja [5].

Berdasarkan latar belakang di atas, penulis simpulkan bahwa fokus utama penelitian ini adalah menganalisis pengaruh perlakuan panas khususnya proses *hardening* pada sifat mekanik baja S55C. Variabel penelitian meliputi tiga tingkat suhu pemanasan (880°C, 950°C, dan 1020°C), *holding time*, dan tiga jenis media pendingin (larutan garam, air laut, dan oli). Nilai kekerasan hasil perlakuan panas akan diukur menggunakan metode Rockwell.

2. METODE PENELITIAN

Akan dipaparkan prosedur penelitian yang diterapkan melalui beberapa tahap sebagai panduan dalam proses penelitian. Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

2.1 Persiapan

Tahap pertama dimulai dengan mengkaji berbagai studi literatur yang diperoleh dari jurnal ilmiah, internet, dan buku teks. Kemudian, informasi dari literatur tersebut dipelajari dan digunakan sebagai sumber referensi dalam melakukan penelitian.

2.2 Material

Penelitian ini akan fokus pada baja karbon sedang dengan spesifikasi JIS S55C sebagai bahan utamanya. Baja ini memiliki karakteristik kemampuan proses yang sangat baik dan struktur yang seragam. Dengan komposisi dari baja karbon S55C terdiri dari 0,55% C, 0,15% Si, 0,6% Mn, 0,02% P, 0,03% S, 0,2% Kr, 0,2% Ni, 0,3% Cu. Baja JIS S55C yang digunakan sebagai spesimen uji dibuat dengan diameter 16cm dan tebal 10cm.

2.3 Heat Treatment

Heat Treatment merupakan metode yang digunakan untuk mengubah sifat-sifat mekanis baja dengan cara memodifikasi struktur atomik atau mikrostruktur logam. Proses ini melibatkan pemanasan baja hingga suhu tertentu, kemudian didinginkan dengan kecepatan yang terkendali. Perubahan mikrostruktur yang terjadi selama proses pendinginan akan menghasilkan sifat mekanis yang diinginkan. Kekerasan yang dihasilkan dipengaruhi oleh kadar karbon dalam baja yang sedang diproses. Ketika mencapai suhu *austenite* nya, baja karbon akan berada dalam fase *austenite* (*y*). Secara garis besar, perlakuan panas merupakan proses pemanasan atau pendinginan bahan pada suhu tinggi yang bertujuan untuk menghasilkan efek pengerasan atau pelunakan.

2.4 Desain Eksperimen

Desain eksperimen adalah metode yang digunakan untuk merencanakan sebuah percobaan [9]. Tujuannya adalah untuk mendapatkan data yang berkualitas dan dapat diandalkan. Dalam desain eksperimen, peneliti akan secara sengaja mengubah satu atau lebih variabel (faktor yang mempengaruhi hasil) untuk melihat bagaimana perubahan tersebut mempengaruhi variabel lainnya. Berikut ini disajikan informasi mengenai variabel eksperimen yang akan digunakan:

2.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas dapat disebut faktor kontrol, yakni faktor yang bisa kita kendalikan serta ubah-ubah nilainya selama penelitian. Peneliti memiliki kebebasan untuk menentukan nilai variabel bebas mana yang relevan untuk diuji. Dalam penelitian ini, variabel bebas yang akan dimanipulasi adalah suhu, yang akan diatur pada berbagai tingkat suhu (dalam satuan °C) meliputi:

1. Temperatur

Akan dilakukan percobaan dengan tiga suhu yang berbeda untuk mengetahui suhu mana yang paling efektif dalam proses perlakuan panas yaitu 880°C, 950°C, dan 1020°C.

2. Media Pendingin

Akan dilakukan percobaan dengan tiga jenis media pendingin yang berbeda untuk mengetahui media pendingin mana yang paling baik dalam mendinginkan suatu bahan yaitu air garam, oli, dan air laut.

2.4.2 Variabel Respon

Variabel respon merupakan variabel yang nilainya ditentukan oleh faktor-faktor lain yang dimanipulasi dalam penelitian. Nilai variabel respon tidak dapat diketahui sebelumnya dan akan muncul sebagai hasil dari perlakuan yang diberikan. Dalam penelitian ini, kekerasan material merupakan variabel respon yang akan diamati setelah dilakukan perlakuan pada sampel.

2.4.3 Variabel Konstan

Variabel konstan adalah elemen yang nilainya tetap sama di semua kelompok perlakuan dalam suatu penelitian [9]. Variabel ini tidak dimanipulasi oleh peneliti, namun tetap perlu dikontrol agar tidak

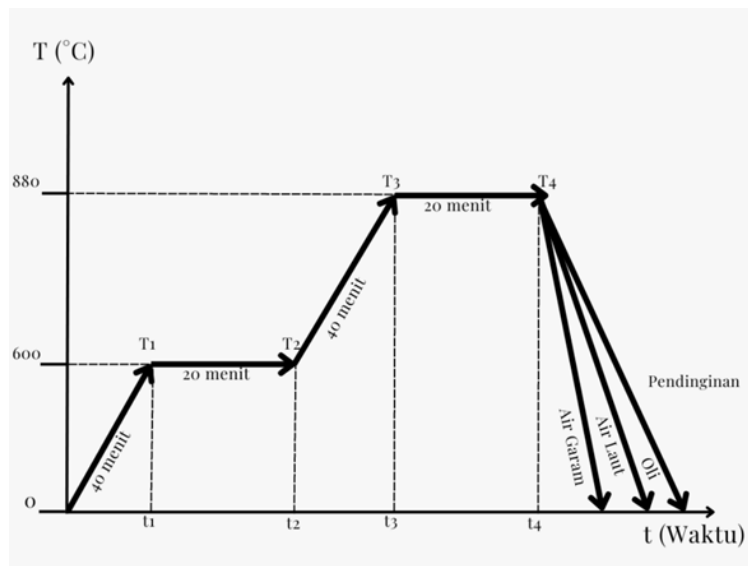
mempengaruhi hasil penelitian. Pada penelitian ini, jenis perlakuan yang diberikan merupakan variabel konstan yang akan diamati. Nilai variabel konstan yang akan diteliti adalah jenis perlakuan sebagai berikut:

1. Hardening

a). Untuk menghindari kerusakan akibat perubahan suhu yang drastis, bahan dipanaskan terlebih dahulu pada suhu 600°C selama 20 menit sebelum dilakukan proses austenisasi. Pemanasan awal ini disebut *pre-heating* dan berfungsi untuk mendistribusikan panas secara merata pada seluruh bagian bahan.

b). *Austenisasi* merupakan tahap pemanasan lanjutan dalam proses perlakuan panas. Setelah dilakukan pemanasan awal (*pre-heating*), bahan dipanaskan kembali pada suhu austenisasi tertentu dan dipertahankan selama 20 menit untuk mengubah struktur mikro bahan.

c). *Quenching* merupakan proses perlakuan panas yang melibatkan pendinginan cepat suatu benda kerja dari suhu tinggi ke suhu rendah. Proses ini dilakukan dengan cara merendam benda kerja dalam media pendingin, seperti air garam, oli, atau air laut, untuk mendapatkan sifat mekanik tertentu. Gambar 1 merupakan gambar diagram proses *hardening*.



Gambar 1. Diagram Proses *Hardening*

2.5 Persiapan Eksperimen

Sebelum melaksanakan eksperimen, tahap persiapan meliputi penyediaan bahan-bahan penelitian, peralatan utama yang akan

digunakan dalam proses penelitian, menguji kekerasan spesimen sebelum di *hardening*, serta peralatan bantu untuk mendukung kelancaran eksperimen. Tabel 1 merupakan

table dari hasil pengujian sebelum proses *hardening*.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sebelum *Hardening*

No	Hasil Pengujian			Rata - rata (HRC)
	Kekerasan (HRC)			
	1	2	3	
1	33.0	31.6	33.3	32,63
2	35.0	33.4	36.0	34,8
3	30.4	29.6	18.2	26,06

2.6 Pelaksanaan Eksperimen

Setelah seluruh persiapan eksperimen tersedia, tahap selanjutnya adalah pembuatan 27 buah spesimen uji sesuai standar yang telah ditetapkan. Spesimen uji kemudian akan mengalami proses perlakuan panas jenis pengerasan (*hardening*) pada suhu yang telah ditentukan sebelumnya.

2.6.1 Pengujian Kekerasan.

Dalam penelitian ini, pengujian kekerasan baja akan dilakukan dengan metode Rockwell berdasarkan standar ASTM-18 untuk mengetahui pengaruh variasi suhu pemanasan dan media pendingin. Pengujian ini akan dilakukan pada spesimen yang diberikan perlakuan panas dan juga pada spesimen tanpa perlakuan panas. Hasil pengujian akan berupa distribusi nilai

kekerasan dan nilai rata-rata kekerasan dari seluruh spesimen.

2.7 Analisa Data

Untuk mengetahui apakah perbedaan suhu pemanasan dan media pendingin memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekerasan baja JIS S55C, akan dilakukan analisis statistik menggunakan uji ANOVA. Analisis dilakukan dengan cara melihat perbandingan antara nilai kekerasan dan ketangguhan baja S55C yang telah melalui proses *heat treatment* dengan spesimen tanpa melalui proses *heat treatment* untuk mengetahui pengaruh variasi suhu dan media pendingin berdasarkan referensi-referensi yang diperoleh sebelumnya. Diagram alur penelitian dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alur

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum eksperimen dilaksanakan, faktor kontrol dan level yang akan digunakan ditentukan terlebih dahulu. Eksperimen ini melibatkan dua faktor kontrol, yaitu suhu dan media pendingin, dengan masing-masing

faktor memiliki tiga level. Faktor kontrol suhu meliputi pemanasan pada suhu 880°C, 950°C, dan 1020°C, sedangkan faktor kontrol media pendingin meliputi air laut, oli, dan air garam. Gambar 3 adalah tabel hasil dari uji

kekerasan setelah spesimen melalui proses *hardening*.

No	Material	Suhu	Pendingin	Uji Kekerasan (HRC)			Rata - rata (HRC)
				Titik 1	Titik 2	Titik 3	
1	S55C	880°C	Air Laut	33.6	41.3	25.6	34.76
2				43.1	40.1	32.3	
3				39.9	30.3	26.7	
4			Air Garam	25.1	34.8	36.7	36.4
5				40.5	38.6	35	
6				35.9	42.9	38.1	
7			Oli	34.6	21.8	47.1	38.64
8				40	39.2	40.4	
9				48.9	39.6	36.2	
10	S55C	950°C	Air Laut	40.7	39.3	26.3	35.8
11				41.8	38.1	27.3	
12				44.5	34.3	29.9	
13			Air Garam	35.7	35.3	27.6	38.52
14				40.5	36.8	41.3	
15				45.3	49.4	34.8	
16			Oli	31.9	29.1	36.7	35.8
17				36	36.4	44.5	
18				32.5	36.9	38.2	
19	S55C	1020°C	Air Laut	9.2	19.7	16	24.8
20				35.8	57.7	21.8	
21				22.6	27.6	12.8	
22			Air Garam	19	64.5	39.3	40.17
23				35.7	44.7	59.5	
24				35.7	37.9	25.3	
25			Oli	31	41.7	25.3	39
26				27.8	34.4	41.3	
27				60.8	41	48.2	

Gambar 3. Tabel Hasil Uji Setelah *Hardening*

3.1. Analisis Uji Kekerasan

Untuk menganalisis efek dari berbagai macam suhu serta pengaruh media pendingin pada kekerasan baja JIS S55C, data pengujian diolah menggunakan

perangkat lunak statistik Minitab dengan menerapkan analisis variansi (ANOVA). Hasil analisis secara visual disajikan pada Gambar 4.

One-way ANOVA: Rata rata versus Temperatur

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis Not all means are equal
 Significance level $\alpha = 0.05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Temperatur	3	880, 950, 1020

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Temperatur	2	7.990	3.995	0.15	0.863
Error	6	158.935	26.489		
Total	8	166.925			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
5.14676	4.79%	0.00%	0.00%

Means

Temperatur	N	Mean	StDev	95% CI
880	3	36.60	1.95	(29.33, 43.87)
950	3	36.707	1.570	(29.436, 43.978)
1020	3	34.66	8.56	(27.39, 41.93)

Pooled StDev = 5.14676

Interval Plot of Rata rata vs Temperatur

Gambar 4. Hasil Analisa Temperatur

P-Value digunakan untuk menguji hipotesis. Hipotesis nol adalah pernyataan yang menyatakan bahwa tidak ada perbedaan, tidak adanya efek atau tidak ada hubungan antara yang diuji. P-Value adalah

probabilitas (dalam rentang 0 hingga 1). Pada analisa hipotesis di atas antara rata rata dari hasil uji kekerasan setelah dilakukan proses *hardening* dengan temperatur yang digunakan untuk proses perlakuan

hardening P-Values nya bernilai 0.863 atau lebih besar dari 0.05 (derajat kebebasan), artinya hipotesis tidak diterima atau ditolak karena jika P-Value nya terlalu besar atau lebih dari ambang batasnya maka

cenderung gagal menolak hipotesis 0. Indikasinya bahwa belum adanya bukti yang meyakinkan sebuah perbedaan efek atau hubungan yang signifikan antara rata rata uji kekerasan dengan temperaturnya.

One-way ANOVA: Rata rata versus Pendingin

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis Not all means are equal
 Significance level $\alpha = 0.05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Pendingin	5	Ai Laut, Air Garam, Air Laut, oli, Oli

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Pendingin	4	110.12	27.53	1.94	0.269
Error	4	56.81	14.20		
Total	8	166.93			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
3.76858	65.97%	31.93%	*

Means

Pendingin	N	Mean	StDev	95% CI
Ai Laut	1	35.80	*	(25.34, 46.26)
Air Garam	3	38.36	1.89	(32.32, 44.40)
Air Laut	2	29.78	7.04	(22.38, 37.18)
oli	1	35.80	*	(25.34, 46.26)
Oli	2	38.820	0.255	(31.421, 46.219)

Pooled StDev = 3.76858

Interval Plot of Rata rata vs Pendingin

Gambar 4. Hasil Analisa Media Pendingin

P-Value digunakan untuk menguji hipotesis. Hipotesis nol adalah pernyataan yang menyatakan bahwa tidak ada perbedaan, tidak adanya efek atau tidak ada hubungan antara yang diuji. P-Value adalah probabilitas (dalam rentang 0 hingga 1). Pada analisa hipotesis di atas antara rata rata dari hasil uji kekerasan setelah di lakukan proses pengerasan menggunakan cairan pendingin yang digunakan untuk proses *hardening* P-Values nya bernilai 0.269 atau lebih besar dari 0.05 (derajat kebebasan), artinya hipotesis tidak diterima atau ditolak karena jika P-Value nya terlalu besar atau lebih dari ambang batasnya maka cenderung gagal menolak hipotesis 0. Indikasinya bahwa belum adanya bukti yang meyakinkan sebuah perbedaan efek atau hubungan yang signifikan antara rata rata uji kekerasan dengan temperaturnya.

4. SIMPULAN

Berdasarkan analisis hasil uji dan data yang diperoleh, tidak ada indikasi terdapat hubungan signifikan antara perlakuan panas. (880°C, 950°C, dan 1020°C) dan jenis media pendingin (air laut, air garam, dan oli) dengan nilai kekerasan rata-rata spesimen untuk mendukung hipotesis bahwa variasi suhu perlakuan panas dan jenis media pendingin secara signifikan mempengaruhi nilai kekerasan rata-rata spesimen.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik berkat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu peneliti mengucapkan terimakasih banyak kepada Kampus Politeknik Manufaktur Negeri Bangka

Belitung yang telah menyediakan fasilitas untuk penelitian ini sehingga memudahkan penulis untuk melakukan penelitian. Kemudian Bapak Eko Yudo selaku dosen wali sekaligus pembimbing dan Bapak Ariyanto selaku pembimbing yang selalu memberi saran terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Wikipedia, "Klasifikasi Baja," 22 Maret 2023 [Online]. Available <https://bundaliainsidi.blogspot.com/2015/11/baja-karbon.html>
- [2]. Mukaddis, A. (2023). Analisis Pengaruh Variasi Temperatur Hardening Terhadap Kekerasan, Keausan Pahat HSS Dan Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Proses Pembubutan ST41-Submit Jurnal (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Kalimantan).
- [3]. Nugroho, E., Handono, S. D., Asroni, A., & Wahidin, W. (2019). Pengaruh Temperatur dan Media Pendingin pada Proses Heat Treatment Baja AISI 1045 terhadap Kekerasan dan Laju Korosi. Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 8(1).
- [4]. Jaelani, M. A., Sidiq, M. F., & Wilis, G. R. (2021). Analisa Penguatan Mata Pisau Mesin Pencacah Sampah Organik Dengan Proses Heat Treatment Bertingkat. Jurnal Crankshaft, 4(1), 93-102.
- [5]. Munandar, M. H. A., Kardiman, K., & Santoso, D. T. (2023). Pengaruh Variasi Holding Time Pada Proses Heat Treatment (Hardening) Untuk Baja S50c Sebagai Pisau Mesin Pencacah Kayu. Jurnal Mesin Nusantara, 6(2), 127-136.
- [6]. Ghaddafi, M. (2021). Pengaruh Media Air Garam Terhadap Kekerasan Dari Proses Perlakuan Panas Menggunakan Api Oksi Asetilen (Doctoral dissertation, Universitas Islam Riau).
- [7]. Zayadi, A., & Setyawan, E. (2022). Pengaruh Waktu Tempering terhadap Karakter Baja s45c Pasca Quenching pada 950oc dan Tempering 500 C. Jurnal Teknologi Kedirgantaraan, 7(1).
- [8]. ISWORO, H. (2020). Pengaruh Variasi Temperatur Pemanasan Dan Media Pendingin Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Baja ST 41 Metode Hardening.
- [9]. Bagus Ilham, P. (2022). PENGARUH TEMPERATUR DAN MEDIA PENDINGIN PADA PROSES HEAT TREATMENT TERHADAP SIFAT MEKANIS BAJA S45C UNTUK APLIKASI MATA POTONG PENCACAH PLASTIK (Doctoral dissertation, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung).
- [10]. Nasional-BATAN, B. T. A. Pengaruh Waktu Tempering terhadap Karakter Baja s45c Pasca Quenching pada 950oc dan Tempering 500oc.
- [11]. Agung, A. A. R., Kurniawan, E. D., & Hermawan, R. (2023). Pengaruh Variasi Media Pendingin Quenching Terhadap Kekerasan Baja Aisi 1045. Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha, 11(1), 124-130.
- [12]. Yudo, E. (2022). ANALISIS KEKERASAN BAJA S45C DENGAN PROSES HEAT TREATMENT UNTUK PENGGUNAAN BAHAN PISAU CRUSHER PENCACAH PLASTIK. Manutech: Jurnal Teknologi Manufaktur, 14(02), 86-93.
- [13]. Hasanuddin, H., Hartono, P., & Lesmanah, U. (2023). Analisis Pengaruh Variasi Temperatur Heat Treatment dan waktu Perendaman Baja SS 400 Terhadap Laju Korosi. Jurnal Teknik Mesin, 20(4), 258-263.
- [14]. Halim, A., Subhan, M., & Kurniawan, Z. (2022, February). STUDI EKSPERIMEN PENGARUH SUHU HARDENING