

Analisis Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekerasan Baja S45C Pada Proses *Hardening-Tempering*

Alfian Siswara Arlingga*, Somawardi, Sugianto

Teknik Mesin & Manufaktur, Teknik Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

*alfiansantos17@gmail.com

Abstract

This study used an experimental method, in the form of the heat treatment hardening 930⁰C with the variations in the cooling media of the coconut water, table salt water, mineral waterwater, coolant radiator, and dromus water and variations in temperatures of tempering 200⁰C, 420⁰C, and 600⁰C, the specimens were cylindrical in diameter 25 mm and 20 mm in length, this study aims to determine the optimum hardness value of S45C steel specimens due to the heat treatment process hardening-tempering.

From the results of the study, there is the effect of hardening 930⁰C there is the most optimal hardness value found in coconut water cooling media with the hardness level of 53.5 HRC. Under the influence of tempering 200⁰C there is the optimum hardness value found from the influence of mineral water cooling media with the hardness level of 50.7 HRC, while the influence of tempering 420⁰C there is the most optimal hardness value from the influence of mineral water cooling media with the hardness level of 41.8 HRC, and for tempering effect 600⁰C there is the most optimal hardness value available from the influence of the coconut water cooling media with the hardness level of 35.93 HRC.

Keywords : hardening, tempering, S45C steel, hardness

1. PENDAHULUAN

Dalam era industri saat ini baja secara umum sangatlah sering digunakan dalam berbagai kegiatan industri baik dalam pembuatan komponen mesin, proses produksi peralatan produksi. Baja mempunyai ketahanan aus dan gesekan yang kurang baik, oleh karena itu perlu adanya perlakuan khusus untuk meningkatkan sifat-sifat mekanik permukaan material terutama yang berkaitan dengan ketahanan aus dan gesekan yaitu kekerasan permukaan material. Sebagai salah satu contoh adalah baja yang digunakan dalam poros roda traktor tangan yang memerlukan proses *heat treatment* agar poros tersebut lebih kuat dan tahan lebih lama pada usia pakai.

Peningkatan kekerasan baja biasanya menggunakan proses perlakuan panas (*heat treatment*). Perlakuan panas adalah suatu proses pemanasan dan pendinginan baja dalam keadaan padat untuk mengubah sifat-sifat fisis baja tersebut. Baja dapat dikeraskan hingga tahan aus dan kemampuan memotong meningkat, atau baja dapat dilunakan untuk mempermudah permesinan lebih lanjut [1].

Proses *hardening* berguna untuk memperbaiki kekerasan dari baja tanpa mengubah komposisi kimia secara keseluruhan. Beberapa kasus, proses *hardening* banyak dilakukan pada material baja. Material baja memiliki sifat *hardenability* dengan adanya sifat ini pada material baja dapat dikeraskan dengan pembentukan *martensite* [2].

Proses *hardening* pada baja karbon sedang dapat menghasilkan sifat mekanik yang lebih kuat dari pada sebelumnya, karena perubahan fasa pada baja tersebut. Sebagai

contoh baja S45C perubahan fasa *austenite* menjadi fasa *martensite*, dimana fasa *austenite* ini fasa yang tidak stabil pada suatu baja dan perlu dilakukan perlakuan lain untuk mendapatkan sifat mekanik baja yang lebih baik, sedangkan fasa *martensite* adalah fasa yang terbentuk dari pendinginan cepat dan menghasilkan sifat yang sangat keras dan getas pada baja, biasanya pada tahap pemanasan ini baja tidak bisa sepenuhnya digunakan [2].

Baja yang telah dikeraskan bersifat rapuh dan tidak cocok untuk digunakan, setelah melalui proses *tempering* kekerasan dan kerapuhan dapat diturunkan sampai memenuhi persyaratan penggunaan. Kekerasan turun, kekuatan tarik akan turun pula sedangkan keuletan dan ketangguhan baja akan meningkat [3].

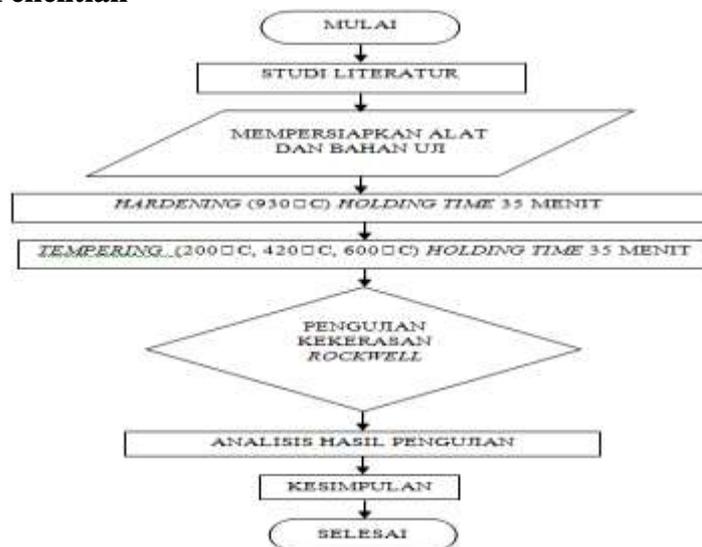
Faktor yang mempengaruhi kekerasan baja pada proses *hardening* dan *tempering* adalah temperatur, *holding time* (waktu penahanan) dan laju pendinginan. Laju pendinginan ini dihasilkan dari proses pendinginan pada media pendingin secara cepat atau metode *quenching*. Media pendingin yang digunakan dalam proses *quenching* antara lain air kelapa, air garam dapur, air mineral, air *radiator coolant*, dan *dromus* air akan memiliki nilai kekerasan yang berbeda karena disebabkan oleh viskositas (kekentalan), densitas (massa jenis) dan temperatur yang berbeda.

Salah satu penggunaan baja dalam kegiatan produksi adalah pembuatan poros roda traktor tangan yang menggunakan baja paduan menengah. Baja S45C adalah salah satu jenis baja yang digunakan sebagai bahan pembuatan poros roda traktor tangan.

Dalam penelitian ini permasalahan yang perlu dikaji adalah berapa nilai kekerasan permukaan yang optimum terhadap kekerasan dari spesimen baja S45C setelah proses perlakuan panas *hardening-tempering* dengan media pendingin cepat yang digunakan yaitu air kelapa, air garam dapur, air mineral, air *radiator coolant*, dan air *dromus*.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Rancangan Penelitian



Gambar 1. Flowchart Penelitian

2.2 Variabel Penelitian

2.2.1 Variabel bebas

Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini adalah proses *hardening* dengan temperatur 930°C dengan menggunakan media pendingin air kelapa, air garam

dapur, air mineral, air *radiator coolant*, air *dromus*.

2.2.2 Variabel terikat

Variabel terikat pada penelitian ini yaitu pada kekerasan permukaan pada baja S45C.

2.2.3 Variabel kontrol

- Dimensi spesimen adalah $\varnothing = 25$ mm, P= 20 mm.
- Holding time* pada proses *hardening* selama 35 menit menggunakan media pendingin celup cepat air kelapa, air garam dapur, air mineral, air *radiator coolant* , air *dromus* .
- Suhu *tempering* yang digunakan adalah 200 °C, 420 °C, 600 °C dengan *holding time* selama 35 menit menggunakan media pendingin suhu kamar.
- Beban pengujian kekerasan *rockwell* sama untuk setiap spesimen uji yaitu 150-kgf.

2.3 Metode Pengumpulan Data

2.3.1 Desain eksperimen

Hasil observasi dan pengumpulan data dari beberapa sumber, maka dilakukan eksperimen perlakuan panas *hardening* dan *tempering* dengan pendingin air kelapa, air garam dapur, air mineral, air *radiator coolant* , dan *dromus* air. Tujuannya untuk mengetahui besarnya pengaruh *hardening* terhadap sifat kekerasan permukaan yang dihasilkan dan seberapa besar pengaruh *tempering* terhadap sifat kekerasan permukaan yang dihasilkan. Metode pengambilan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan melakukan proses pengujian langkah – langkahnya sebagai berikut :

- Persiapan alat dan bahan pengujian

Bahan uji yang digunakan yaitu baja S45C yang berbentuk silinder. Baja S45C yaitu baja karbon menengah dengan komposisi unsur kimia yang terdapat dari sertifikat pembelian material baja S45C yaitu.

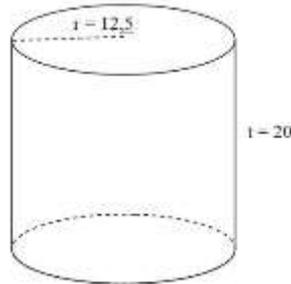
Tabel 1. Komposisi Unsur Kimia Baja S45C

Komposisi		
	Name	Proportion
1	Carbon (C)	0,46%
2	Silicon (Si)	0,23%
3	Mangan (Mn)	0,72%
4	Fosfor (P)	0,010%
5	Sulfur (S)	0,010%
6	Chromium (Cr)	0,36%
7	Nickel (Ni)	0,10%
8	Cupprum (Cu)	0,02%.

- Pembuatan spesimen

Dalam pembuatan spesimen, bahan uji dipotong menggunakan mesin gergaji potong dengan dimensi spesimen $\varnothing = 25$ mm, P= 20 mm sebanyak 21 benda uji. Pada setiap benda uji terdapat perlakuan yang berbeda. Perlakuan panas *hardening* dengan pendinginan air kelapa dilakukan pada 4 benda uji dan akan dilakukan pemanasan lebih lanjut pada 3 benda uji pemanasan *tempering* , air garam dapur dilakukan pada 4 benda uji dan akan dilakukan pemanasan lebih lanjut pada 3 benda uji pemanasan *tempering* , air mineral dilakukan pada 4 benda

uji dan akan dilakukan pemanasan lebih lanjut pada 3 benda uji pemanasan *tempering*, air *radiator coolant* dilakukan pada 4 benda uji dan akan dilakukan pemanasan lebih lanjut pada 3 benda uji pemanasan *tempering*, dan air *dromus* dilakukan pada 4 benda uji dan akan dilakukan pemanasan lebih lanjut pada 3 benda uji pemanasan *tempering*. Pada 1 benda uji tidak dilakukan perlakuan karena sebagai pembanding.



a.



b.



c.

Gambar 2. a. Sketsa gambar uji b. Pemotongan benda uji c. Benda uji

c. Proses *hardening*

Pada proses *hardening* temperatur yang digunakan harus diatas suhu *austenite* atau diatas suhu 723°C . Pada penelitian ini peneliti menggunakan suhu 930°C untuk mencapai suhu *austenite*. Pada gambar 3 dibawah ini sebelum mencapai suhu 930°C peneliti melakukan penahan suhu 600°C terlebih dahulu untuk menghindari terjadinya keretakan pada sampel akibat adanya *shock temperature*. Pada penahanan waktu (*holding time*) peneliti menggunakan rumus :

$$T = 1,4 \times H \quad (1)$$

Dengan : T = waktu penahanan (menit)

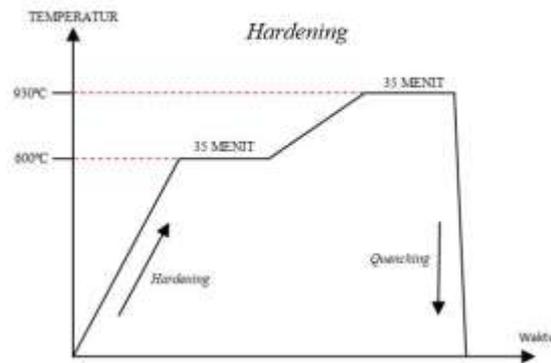
H = tebal benda kerja (mm)

Benda uji dengan diameter = 25 mm dan panjang = 20 mm

$$T = 1,4 \times 25 = 35 \text{ menit}$$

Jadi peneliti menggunakan penahanan waktu 35 menit agar mendapatkan kekerasan yang maksimal dari suatu material pada proses *hardening* dengan menahan temperatur pengerasan dan memperoleh pemanasan yang homogen.

Untuk proses pendinginan benda uji yang telah dilakukan perlakuan panas *hardening* ini, akan dicelupkan ke media pendingin secara cepat agar permukaan benda uji menjadi keras maksimal. Untuk penggunaan media pendingin yaitu air kelapa, air garam dapur, air mineral, air *radiator coolant*, air *dromus*.



Gambar 3. Diagram pemanasan *hardening* dan *quenching*

d. Proses *tempering*

Pada proses *tempering* ini dilakukan pada saat setelah hasil dari proses *hardening*, temperatur yang digunakan harus dibawah suhu 723°C . Pada penelitian ini peneliti menggunakan 3 variasi suhu *tempering* yaitu 200°C , 420°C , 600°C . Proses *tempering* ini berguna untuk mengurangi tegangan sisa akibat dari proses perlakuan panas *hardening*.

Pada penahanan waktu (*holding time*) peneliti menggunakan rumus :

$$T = 1,4 \times H \quad (2)$$

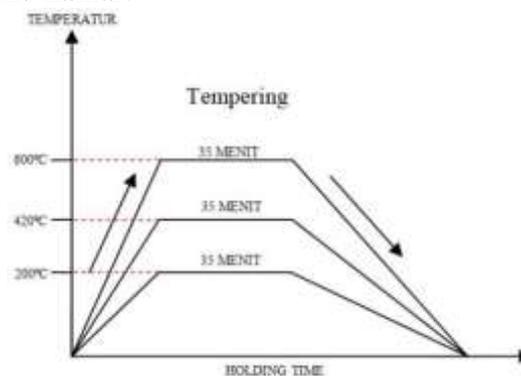
Dengan : T = waktu penahanan (menit)

H = tebal benda kerja (mm)

Benda uji dengan diameter = 25 mm dan panjang = 20 mm

$$T = 1,4 \times 25 = 35 \text{ menit}$$

Jadi peneliti menggunakan penahanan waktu 35 menit agar memperoleh pemanasan yang homogen. Proses pendinginan pada 3 variasi pemanasan *tempering* ini yaitu suhu kamar.



Gambar 4. Diagram pemanasan *tempering*

e. Pengujian

f. Mengumpulkan / mencatat semua data dan hasil pengujian.

Tabel 2. Lembar pengamatan pengujian kekerasan *hardening-tempering*

Material	Tanpa Perlakuan	Hasil Kekerasan HRC																Pendinginan	
		Perlakuan Panas																	
		Hardening 930°C				Tempering 200°C				Tempering 420°C				Tempering 600°C					
		1	2	3	Rerata	1	2	3	Rerata	1	2	3	Rerata	1	2	3	Rerata		
S45C																			Dromic Oil
																			Air Garam Dapur
																			Air Kelapa
																			Air Radiator Coolant
																			Air Mineral

2.4 Analisis Data

Teknik analisis data yang dipakai dalam penelitian ini adalah metode rancangan acak lengkap (RAL) 1 faktor, data dari proses *hardening* dengan media pendingin yang berbeda dan proses *tempering* dengan variasi pemanasan yang berbeda pada benda uji akan diuji pada proses kekerasan *rockwell* dengan pengujian pada tiga titik permukaan yang berbeda pada setiap benda uji, maka diambil nilai pada pengujian yang dilakukan dengan menghitung rata-rata menggunakan aplikasi *microsoft office excel* dan dilakukan pembuatan grafik dan akan terlihat nilai kekerasan yang optimum. Dari data tersebut akan diketahui nilai optimum dari media pendingin yang dilakukan sehingga menghasilkan data yang valid dan benar agar bermanfaat pada penelitian selanjutnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Pada pengujian kekerasan tersebut dilakukan untuk mengetahui pengaruh perbandingan proses pendinginan terhadap kekerasan material baja S45C dengan pemanasan *hardening* suhu 930°C dan pemanasan *tempering* dengan 3 variasi suhu pemanasan yaitu 200°C, 420°C, 600°C. Data hasil pengujian selanjutnya diolah sehingga diperoleh kesimpulan dan menghasilkan nilai yang optimum.

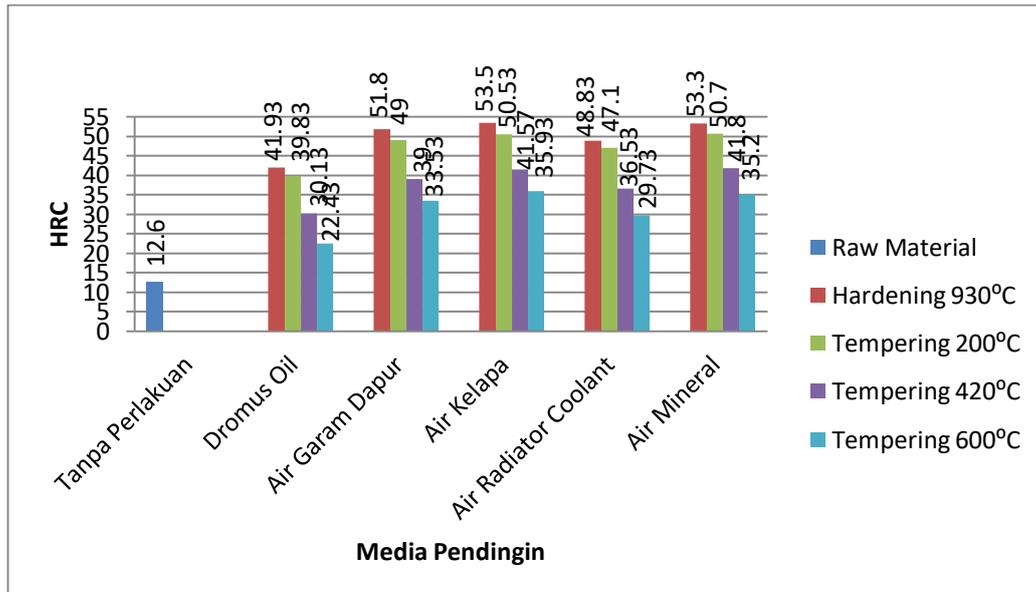
Tabel 3. Hasil pengujian kekerasan pada proses *hardening-tempering*

Material	Tanpa Perlakuan	Hasil Kekerasan HRC																Pendinginan
		Perlakuan Panas																
		Hardening 930°C				Tempering 200°C				Tempering 420°C				Tempering 600°C				
		1	2	3	Rerata	1	2	3	Rerata	1	2	3	Rerata	1	2	3	Rerata	
S45C	12.6	42	42	41.8	41.93	40.2	39.5	39.8	39.83	29.4	30.7	30.3	30.13	21.9	22.6	22.8	22.43	Dromic Oil
		50	52.2	53.2	51.8	49.2	49	48.8	49	38.6	39.7	38.7	39	33.2	33.5	33.9	33.53	Air Garam Dapur
		53.5	54.4	52.6	53.5	50.5	50.9	50.2	50.53	41.1	41.7	41.9	41.57	36.7	35.8	35.3	35.93	Air Kelapa
		49	47.6	49.9	48.83	47.2	47	47.1	41.57	36	37.2	36.4	36.53	29.4	30	29.8	29.73	Air Radiator Coolant
		52.2	54.1	54	53.3	50.2	50.9	51	50.7	41.7	41.7	42	41.8	35.7	34.7	35.2	35.2	Air Mineral

Berdasarkan data diatas bahwa proses perlakuan panas dengan media pendingin cepat menghasilkan tingkat kekerasan yang bervariasi. rata-rata dari hasil pengujian kekerasan tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. Hasil Rata-rata Kekerasan Pada Proses *Hardening-Tempering*

Media Pendingin	<i>Hardening</i> 930 ⁰ C	<i>Tempering</i> 200 ⁰ C	<i>Tempering</i> 420 ⁰ C	<i>Tempering</i> 600 ⁰ C
Air Kelapa	53,2	50,53	41,57	35,93
Air Garam Dapur	51,8	49	39	33,53
Air Mineral	53,3	50,7	41,8	35,2
<i>Radiator Coolant</i>	48,83	41,57	36,53	29,73
<i>Air Dromus</i>	41,93	39,83	30,13	22,43

**Gambar 5.** Grafik nilai uji kekerasan setelah proses *hardening – tempering*

3.2 Pembahasan

3.2.1 Kekerasan spesimen *hardening* 930⁰C

Pada spesimen *hardening* 930⁰C nilai kekerasan yang paling tinggi terhadap benda uji tanpa perlakuan yaitu pada spesimen air kelapa dengan tingkat kekerasan 53.5 HRC, sedangkan nilai kekerasan pada spesimen air mineral 53.3 HRC, nilai kekerasan pada spesimen air garam dapur 51.8 HRC, nilai kekerasan pada spesimen *radiator coolant* 48.83 HRC, dan nilai kekerasan pada spesimen *dromus* air 41.93 HRC. pada proses perlakuan panas *hardening* ini, baja tanpa perlakuan atau raw material yang berupa *ferrite* akan bertransformasi menjadi *austenite* ketika terjadi pemanasan diatas suhu *austenite* atau diatas suhu 723⁰C, dan dilakukan pendinginan secara cepat sehingga akan terjadi perubahan menjadi *martensite*. Pada pengerasan ini baja akan menjadi sangat keras dan getas.

3.2.2 Kekerasan spesimen *tempering* 200⁰C

Pada spesimen *tempering* 200⁰C nilai kekerasan yang paling tinggi terhadap *raw material* yaitu pada spesimen air mineral dengan tingkat kekerasan 50.7 HRC, sedangkan nilai kekerasan pada spesimen air kelapa 50.53 HRC, nilai kekerasan pada spesimen air garam dapur 49 HRC, nilai kekerasan pada spesimen *radiator coolant* 47.1 HRC, dan nilai kekerasan pada spesimen *dromus* air 39.82 HRC. Pada proses perlakuan panas *hardening* dengan pendinginan cepat dan dilakukan proses *tempering*

rendah (200°C) ini sehingga transformasi fasa berjalan lebih cepat sekali menuju *martensite finish* (Mf) sampai terbentuk fasa *martensite temper*.

3.2.3 Kekerasan spesimen *tempering* 420°C

Pada spesimen *tempering* 420°C nilai kekerasan yang paling tinggi terhadap *raw material* yaitu pada spesimen air mineral dengan tingkat kekerasan 41.8 HRC, sedangkan nilai kekerasan pada spesimen air kelapa 41.57 HRC, nilai kekerasan pada spesimen air garam dapur 39 HRC, nilai kekerasan pada spesimen air *radiator coolant* 36.53 HRC, dan nilai kekerasan pada spesimen *dromus* air 30.13 HRC. Pada proses perlakuan panas *hardening* dengan pendinginan cepat dan dilakukan proses *tempering* menengah (420°C) ini sehingga transformasi fasa hanya masuk sampai didaerah fasa *bainite* dan temperatur belum cukup rendah untuk memasuki *martensite star* (Ms).

3.2.4 Kekerasan spesimen *tempering* 600°C

Pada spesimen *tempering* 600°C nilai kekerasan yang paling tinggi terhadap *raw material* yaitu pada spesimen air kelapa dengan tingkat kekerasan 35.93 HRC, sedangkan nilai kekerasan pada spesimen air mineral 35.2 HRC, nilai kekerasan pada spesimen air garam dapur 33.53 HRC, nilai kekerasan pada spesimen air *radiator coolant* 29.73 HRC, dan nilai kekerasan pada spesimen *dromus* air 22.43 HRC. Pada proses perlakuan panas *hardening* dengan pendinginan cepat dan dilakukan proses *tempering* tinggi (600°C) ini sehingga terjadi transformasi *austenite* menjadi *perlite* dan pendinginan menjadi paling lambat sehingga butiran logam menjadi sangat halus, kecil-kecil.

4. KESIMPULAN

Pada pengaruh *hardening* 930°C dengan media pendingin cepat air kelapa, air garam dapur, air mineral, air *radiator coolant* dan air *dromus* terdapat nilai kekerasan yang paling optimum terdapat pada media pendingin air kelapa dengan tingkat kekerasan 53.5 HRC. Pada pengaruh *tempering* 200°C terdapat nilai kekerasan yang paling optimum terdapat dari pengaruh media pendingin air mineral dengan tingkat kekerasan 50.7 HRC. Sedangkan pengaruh *tempering* 420°C terdapat nilai kekerasan yang paling optimum terdapat dari pengaruh media pendingin air mineral dengan tingkat kekerasan 41.8 HRC, dan untuk pengaruh *tempering* 600°C terdapat nilai kekerasan yang paling optimum terdapat dari pengaruh media pendingin air kelapa dengan tingkat kekerasan 35.93 HRC.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Amstead, B. H., Ostwaid, P. F., Begeman, M. L.” *Teknologi Mekanik*”. Diterjemahkan Sriati Djaprie. Jakarta : Erlangga, 1993.
- [2]. Aldi Wahyu Permana, Ratna Dewi Anjani, & Iwan Nugraha Gusnia, Analisa Pengaruh Variasi Media Pendingin pada Proses Heat Treatment Metode Hardening Tempering Material Baja S45C terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro, Jurnal Rekayasa Mesin Vol.15, No.3, Desember 2020.
- [3]. Purnomo. ”*Material Teknik*”, CV. Seribu Bintang, 2017