

# PENGARUH JARAK BRANDER LAS DAN MEDIA PENDINGIN PADA PROSES FLAME HARDENING TERHADAP SIFAT MEKANIS BAJA ST 60

Rival Indriyanto <sup>1)</sup>✉, Tarsono Dwi Susanto <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Jurusan Teknik Mesin,  
STT WIWOROTOMO PURWOKERTO  
Jl. semingkir No. 01 Purwokerto,  
Banyumas, Jawa Tengah, INDONESIA -  
53134  
[rivalindriyanto@gmail.com](mailto:rivalindriyanto@gmail.com)

<sup>2)</sup> Jurusan Teknik Mesin,  
STT WIWOROTOMO PURWOKERTO  
Jl. semingkir No. 01 Purwokerto,  
Banyumas, Jawa Tengah, INDONESIA -  
53134  
[t25ono7212@gmail.com](mailto:t25ono7212@gmail.com)

## Abstract

hardening processes (Surface Treatment) using direct flames produced from oxy-acetylene gas which is carried out to obtain high wear resistance properties, strength and fatigue limit/strength better. The purpose of this study is to determine the correlation of material hardness values after the flame hardening process and to determine the mechanical properties and results of its microstructure. The research method is Literature Study, Survey, Interview. The results of the Vickers hardness test of steel that has been flame hardened got the highest hardness results in the center of the specimen, namely in the specimen with a weld brazer distance of 45 mm water cooling with an increase in hardness value of 223%, but the best ductility is in the specimen with a weld brazer distance of 45 mm oil cooling with the middle hardness of the specimen only having a hardness increase of 42% from the raw material. Based on the microstructure test, the harder the specimen, the more martensite structures there will be, for example, the specimen with the most martensite structures is in the specimen with a weld brazer distance of 45 mm water cooling.

**Keywords:** Flame Hardening, cooling variations, welding torch distance, microstructure test, hardness test, ST 60 steel

## 1. PENDAHULUAN

Dewasa ini, baik secara langsung maupun tidak langsung, kemajuan perkembangan industri tidak dapat dipisahkan dari perkembangan industri logam. Industri logam berperan sebagai industri dasar untuk kemajuan bidang industri lainnya. Studi tentang pengolahan logam menjadi sangat penting untuk menghasilkan kualitas logam yang baik. Salah satu metode yang dapat meningkatkan kualitas logam yaitu proses manual flame hardening.

Menurut pandangan umum flame hardening yaitu salah satu proses pengerasan permukaan (Surface Treatment) menggunakan nyala api langsung yang dihasilkan dari gas oxy-acetylene yang dilakukan untuk memperoleh sifat tahan aus yang tinggi, kekuatan dan fatigue limit/strength yang lebih baik.

Bahan logam pada jenis besi adalah material yang sering digunakan dalam membuat paduan logam lain untuk mendapatkan sifat bahan yang diinginkan. Baja merupakan paduan yang terdiri dari besi, karbon dan unsur lainnya. Baja dapat dibentuk melalui pengecoran, pencairan dan penempaan. Karbon merupakan unsur terpenting karena dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja. Baja merupakan logam yang paling banyak digunakan dalam bidang teknik. Penggunaan logam baja seperti untuk poros, roda gigi, dan lain-lain, dalam proses permesinan akan berinteraksi dengan benda kerja lain sehingga menimbulkan tekanan dan gesekan. Jika interaksi terjadi secara terus menerus dan dalam jangka waktu tertentu, maka gesekan-gesekan itu akan menimbulkan keausan. Keausan akan membesar pada batas tertentu sampai benda tersebut tidak bisa dipakai lagi. Dari kasus ini maka peran pengerasan permukaan sangat penting, ada beberapa cara yang dipakai untuk mengurangi tingkat keausan, salah satunya adalah Flame Hardening.

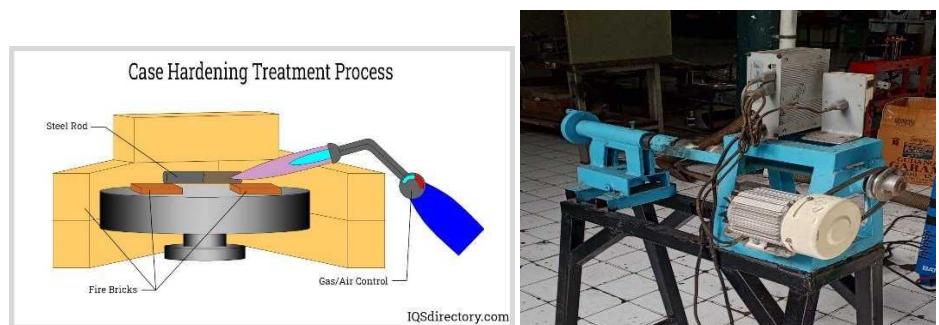
Proses pengerasan permukaan merupakan salah satu pengeraaan tahap

penyelesaian (finishing) untuk meningkatkan kualitas produk. Penggunaan proses pengerasan permukaan lebih banyak berkaitan dengan kebutuhan rutin dari suatu komponen yang perlu diperbaiki disebabkan oleh keausan. Selama ini sering dijumpai komponen yang mengalami gesekan terus-menerus dalam fungsi kerjanya, sehingga mengalami keausan. Contoh komponen tersebut antara lain roda gigi, piston, dan poros. Pada roda gigi misalnya harus dikeraskan permukaannya karena perkakas ini kerjanya adalah saling bersinggungan antara satu dengan yang lainnya, sehingga apabila kondisinya lunak akan mudah rapuh. Untuk mengatasi masalah tersebut dilakukan proses pengerasan permukaan (case hardening) pada komponen.

## 2. METODE DAN BAHAN

Dalam sebuah kajian, langkah-langkah yang tepat sesuai dengan tujuan yang ditetapkan sangatlah penting untuk memperoleh data yang akurat dan dapat dipertanggungjawabkan. Penelitian merupakan suatu aktivitas yang bertujuan untuk menemukan sistematika dalam jangka waktu yang panjang menggunakan metode ilmiah serta mengikuti ketentuan yang ada. Untuk melaksanakan penelitian, diperlukan suatu rancangan yang sesuai dengan situasi dan kondisi yang akan diteliti.

Metode pengujian yang di terapkan pada penelitian ini yaitu pengujian kekerasan vikers bermaksud untuk mengetahui nilai kekerasan permukaan material setelah dilakukannya proses flame hardening, selain pengujian kekerasan pengujian yang dilakukan adalah pengujian struktur mikro dengan maksud mengetahui ada atau tidaknya perubahan struktur mikro material setelah dilakukan proses flame hardening.



**Gambar 1.** Proses Flame Hardening (kiri) dan mesin Flame Hardening (kanan).

Parameter yang digunakan untuk proses flame hardening adalah jarak brander las, media pendingin. Nyala api yang digunakan untuk proses flame hardening adalah nyala api karburasi, dengan lama waktu pemanasan 5 menit, suhu pemanasan 850°C, waktu pendinginan 30 detik, dan volum media pendingin yaitu 800ml.

### 2.1. Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan material baja ST 60 yang termasuk dalam golongan baja dengan kandungan karbon sedang.

**Tabel 1.** Komposisi Material.

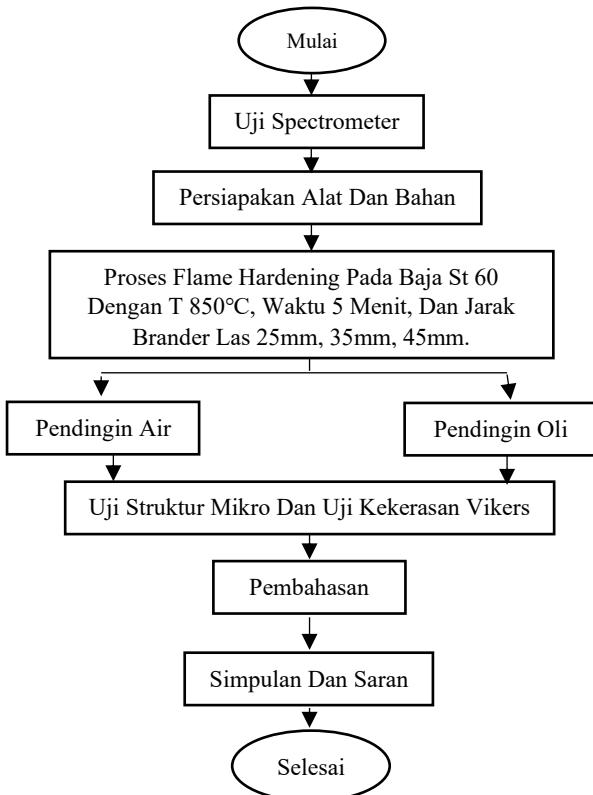
MATERIAL	Komposisi Kimia						
	Fe	C	Si	Mn	Cu	Cr	Sn
Baja St 60	98,7	0,473	0,263	0,679	0,030	0,344	<0,005

**Tabel 2.** Kekerasaan Vikers Baja ST 60

MATERIAL	HV
Baja ST 60	208,30

## 2.2. Diagram Flowchart Penelitian

Berikut ini adalah flowchart atau diagram alur penelitian yang di pakai sebagai acuan dalam pelaksanaan penelitian yang bertujuan agar penelitian dapat berjalan dengan lancar, beberapa tahapan penelitian yang di gunakan adalah sebagai berikut :



1. **Mulai**  
Mulai dalam hal ini adalah dimulainya penelitian tentang manual flame hardening dengan variasi pendingin pada baja st 60.
2. **Uji spectrometer**  
Uji spectrometer sangat diperlukan untuk mengetahui komposisi atau campuran suatu sampel baik secara kuantitatif maupun kualitatif.
3. **Persiapkan alat dan bahan**  
Dalam hal ini sebelum melakukan penelitian harus menyiapkan alat dan bahan terlebih dahulu sebelum melakukan penelitian.
4. **Proses manual flame hardening pada baja st 60.**  
Dalam proses manual flame hardening baja st 60 dipanaskan menggunakan las oksi-asetilen sampai suhu kritis yaitu 850 °C dengan jarak brander las ke benda kerja yaitu 25mm, 35mm, 45mm dengan waktu pemanasan 5 menit
5. **Proses pendinginan**  
Dalam proses ini baja st 60 yang telah dipanaskan dan telah pada suhu 850°C kemudian di dinginkan dengan cepat pada air, dan oli.
6. **Pengujian struktur mikro dan uji Kekerasan vickers**  
Pengujian ini dilakukan di laboratorium universitas Gajah Mada Yogyakarta. Pengujian struktur mikro ini dilakukan untuk mengetahui susunan ferit dan perlit pada baja st 60 yang sudah dilakukan proses flame hardening dan pengujian Kekerasan Vickers dilakukan untuk mengetahui kekuatan baja st 60 setelah proses flame hardening.
7. **Kesimpulan**

Setelah melakukan penelitian kesimpulan dibuat berdasarkan hasil analisa data dan pembahasan setelah dilakukan dan mengacu pada rumusan masalah.

8. Selesai

Setelah mendapatkan data penelitian yang dilakukan, maka penulis mempersiapkan segala sesuatu untuk diseminarkan dari hasil penelitian yang sudah dilakukan.

### 3. HASIL DAN DISKUSI

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan proses flame hardening pada baja st 60 di panaskan menggunakan las oksigen-asetilen dengan nyala api karburasi dan waktu pemanasan tiap spesimen 5 menit hingga mencapai suhu 850 °C dengan variasi jarak 25 mm, 35 mm, 45 mm, kemudian di dinginkan menggunakan air dan oli dengan volum tiap pendingin 800 ml. Kemudian dilakukan pengujian kekerasan vikers untuk mengetahui nilai kekerasan spesimen setelah dilakukan proses flame hardening dan pengujian struktur mikro dengan tujuan melihat apakah adanya perubahan struktur mikro setelah dilakukan proses flame hardening.

#### 3.1 Hasil Pengujian Vikers

Hasil pengujian kekerasan vikers spesimen setelah dilakukan proses flame hardening disajikan pada tabel 2

**Tabel 2.** Hasil Rata-rata HV

No	Spesimen	Rata-rata HV	
		Permukaan	Tengah
1	25 mm air	659,3	350,5
2	35 mm air	665,3	487,7
3	45 mm air	673,2	366,3
4	25 mm oli	332,6	302,7
5	35 mm oli	365	308,9
6	45 mm oli	339,7	296,7

menunjukkan nilai kekerasan spesimen, maka dapat diketahui bahwa nilai kekerasan dari masing-masing material dengan variasi pendingin dan jarak brander las mempunyai nilai kekerasan yang berbeda-beda, dimana nilai kekerasan pada spesimen media raw sebesar 208,30, spesimen dengan jarak brander 45mm berpendingin air memiliki nilai kekerasan tertinggi dengan nilai kekerasan rata-rata sebesar 673,2 dan kekerasan inti 366,3. Selanjutnya diikuti oleh spesimen dengan jarak brander 35 pendingin air dengan nilai kekerasan rata-rata sebesar 665,3 dan nilai kekerasan inti 487,7, selanjutnya spesimen dengan jarak brander 25mm berpendingin air dengan nilai kekerasan rata-rata 659,3 Mpa dan nilai kekerasan inti 350,5, kemudian selanjutnya spesimen dengan jarak brander 35 mm berpendingin oli dengan nilai kekerasan rata-rata 365,0 dan nilai kekerasan inti 308,9, kemudian diikuti dengan spesimen dengan jarak brander 45 mm berpendingin oli dengan nilai.

kekerasan rata-rata 339,7 dan nilai kekerasan inti 296,7, Sedangkan spesimen dengan nilai kekerasan terendah dimiliki oleh spesimen dengan jarak brander 35 mm berpendingin air dengan nilai kekerasan rata-rata sebesar 322,6 dan kekerasan inti 308,9.



**Gambar 2.** Grafik Nilai Kekerasan

### 3.1.2 Pembahasan

Dari pembahasan di atas dapat di lihat bahwa kenaikan nilai kekerasan tertinggi adalah material dengan pemanasan dengan jarak brander las 45 mm dan berpendingin oli yaitu sebesar 464,9 ,sedangkan kenaikan nilai kekerasan terkecil pada material yang di panaskan dengan jarak brander las 25 mm dan berpendingin oli sebesar 114,3 . Dan rata-rata kedalaman kekerasan permukaan baja setelah proses flame hardening adalah 4 mm.

Dan material yang memiliki nilai keuletan terbaik adalah material dengan jarak brander las 45 mm berpendingin air dengan nilai kekerasan inti 296,7 , dan material dengan nilai keuletan terjelek adalah material dengan jarak brander las 35 mm berpendingin air dengan nilai kekerasan 487,7

### 3.2 Hasil Pengujian Struktur Mikro

Hasil pengujian struktur mikro ini digunakan untuk mengetahui dan membedakan secara visual pada hasil foto struktur mikro bahwa terdapat perubahan struktur akibat proses flame hardening. Pengujian struktur mikro ini menggunakan alat Mircroscop Digital portable dengan pembesaran 200X.

1. Foto struktur mikro RAW material



**Gambar 3.** Struktur Mikro RAW Material

Pada spesimen ini memiliki 2 struktur mikro yaitu ferit (tanda panah oranye) dan perlit (tanda panah merah).

## 2. Foto struktur mikro baja ST 60 dengan pemanasan jarak 25 mm pendingin air

**Gambar 4.** Struktur mikro bagian tepi (kiri) dan bagian tengah (kanan)

Pada spesimen ini dilakukan 2 kali pengujian yaitu bagian tengah dan bagian tepi material. Untuk bagian tepi memiliki 3 struktur mikro ferit (tanda panah oren), perlit (tanda panah merah), martensit (tanda panah biru).

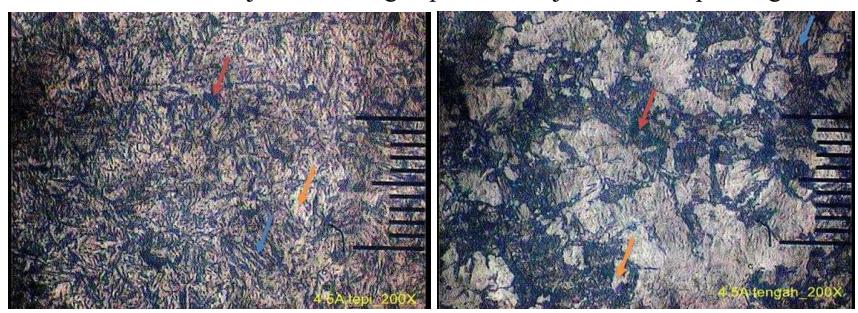
Sedangkan struktur mikro pada bagian tengah spesimen ini memiliki 2 struktur mikro yaitu ferit (tanda panah oren) dan perlit (tanda panah merah).

## 3. Foto struktur mikro baja ST 60 dengan pemanasan jarak 35 mm pendingin air

**Gambar 5.** Struktur mikro bagian tepi (kiri) dan bagian tengah (kanan)

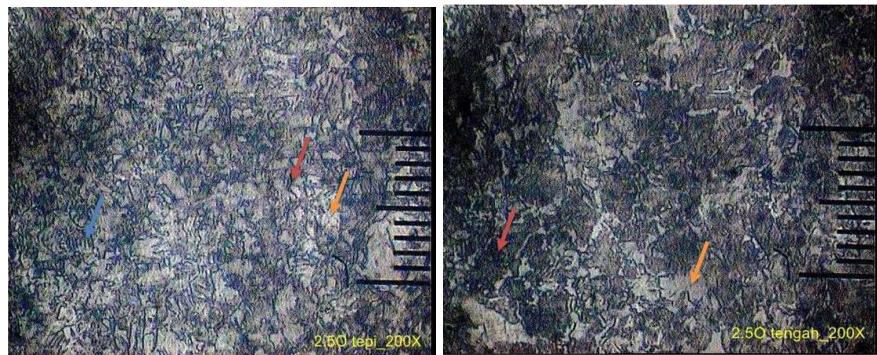
Pada spesimen ini dilakukan 2 kali pengujian yaitu bagian tengah dan bagian tepi material. Untuk bagian tepi dan tengah sama-sama memiliki 3 struktur mikro ferit (tanda panah oren), perlit (tanda panah merah), martensit (tanda panah biru).

## 4. Foto struktur mikro baja ST 60 dengan pemanasan jarak 45 mm pendingin air

**Gambar 6.** Struktur mikro bagian tepi (kiri) dan bagian tengah (kanan)

Pada spesimen ini dilakukan 2 kali pengujian yaitu bagian tengah dan bagian tepi material. Untuk bagian tepi dan tengah sama-sama memiliki 3 struktur mikro ferit (tanda panah oren), perlit (tanda panah merah), martensit (tanda panah biru).

## 5. Foto struktur mikro baja ST 60 dengan pemanasan jarak 25 mm pendingin oli

**Gambar 7.** Struktur mikro bagian tepi (kiri) dan bagian tengah (kanan)

Pada spesimen ini dilakukan 2 kali pengujian yaitu bagian tengah dan bagian tepi material. Untuk bagian tepi memiliki 3 struktur mikro ferit (tanda panah oren), perlit (tanda panah merah), martensit (tanda panah biru).

Sedangkan struktur mikro pada bagian tengah spesimen ini memiliki 2 struktur mikro yaitu ferit (tanda panah oren) dan perlit (tanda panah merah).

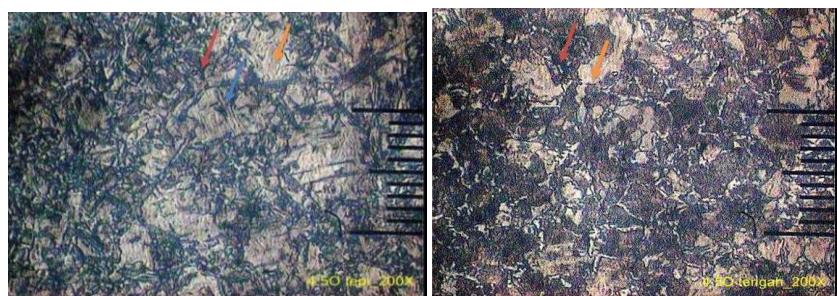
## 6. Foto struktur mikro baja ST 60 dengan pemanasan jarak 35 mm pendingin oli

**Gambar 8.** Struktur mikro bagian tepi (kiri) dan bagian tengah (kanan)

Pada spesimen ini dilakukan 2 kali pengujian yaitu bagian tengah dan bagian tepi material. Untuk bagian tepi memiliki 3 struktur mikro ferit (tanda panah oren), perlit (tanda panah merah), martensit (tanda panah biru).

Sedangkan struktur mikro pada bagian tengah spesimen ini memiliki 2 struktur mikro yaitu ferit (tanda panah oren) dan perlit (tanda panah merah).

## 7. Foto struktur mikro baja ST 60 dengan pemanasan jarak 45 mm pendingin oli

**Gambar 9.** Struktur mikro bagian tepi (kiri) dan bagian tengah (kanan)

Pada spesimen ini dilakukan 2 kali pengujian yaitu bagian tengah dan bagian tepi material. Untuk bagian tepi memiliki 3 struktur mikro ferit (tanda panah oren), perlit (tanda panah merah), martensit (tanda panah biru).

Sedangkan struktur mikro pada bagian tengah spesimen ini memiliki 2 struktur mikro yaitu ferit (tanda panah oren) dan perlit (tanda panah merah).

### 3.2.1 Pembahasan

Berdasarkan data yang di dapat pengaruh proses *flame hardening* yang sangat berpengaruh pada perubahan struktur mikro bagian tepi spesimen terdapat pada spesimen dengan jarak brander las 45 mm dengan berpendingin air,pada spesimen tersebut memiliki lebih banyak struktur *martensit* yang terbentuk akibat proses *flame hardening* di banding spesimen yang lain. Spesimen yang paling minim pengaruhnya terhadap proses *flame hardening* adalah spesimen dengan jarak brander las 25 mm berpendingin oli,pada spesimen tersebut lebih sedikit struktur *martensit* yang terbentuk akibat dari proses *flame hardening* di banding dengan spesimen lainnya.

## 4. KESIMPULAN

Berdaasarkan hasil penelitian dapat di tarik kesimpulan

1. Berdasarkan uraian nilai kekerasan di atas dapat di tarik kesimpulan bahwa nilai kekerasan tertinggi dimiliki spesimen dengan jarak brander las 45 mm berpendingin air sebesar 673,2 dan nilai kekerasan terendah dimiliki spesimen dengan jarak brander las 25 mm berpendingin oli sebesar 322,6 .

Nilai kekerasan inti yang berarti keuletan material berdasar uraian nilai kekerasan di atas dapat di tarik kesimpulan bahwa nilai kekerasan inti terbaik dimiliki oleh material dengan jarak brander las 45 mm berpendingin oli sebesar 296,7 dan kekerasan inti terjelek dimiliki oleh material dengan jarak brander las 35 mm berpendingin air sebesar 487,7

Jadi berdasarkan kesimpulan-kesimpulan di atas tentang nilai kekerasan material yang sudah di lakukan proses *flame hardening* dapat di ketahui jika pendingin air lebih baik dalam hal menaikan kekerasan material di banding oli,tetapi pendingin oli lebih baik dalam hal keuletan material di banding pendingin air,dan rata-rata kedalaman kekerasan dari proses *flame hardening* adalah 4 mm.

2. Variasi media pendingin pada proses *flame hardening* dengan jarak brander las 25 mm, 35 mm, 45 mm berpengaruh pada struktur mikro material seperti :
  - a. Berdasar pada hasil uji struktur mikro material yang sangat berpengaruh perubahan struktur mikronya sampai pada inti spesimen adalah spesimen dengan jarak brander las 35 mm,dan 45mm berpendingin air
  - b. Perubahan struktur mikro dapat dilihat dengan adanya struktur *martensit* pada struktur mikro material

Berdasarkan hasil pengujian struktur mikro spesimen yang memiliki nilai kekerasan tinggi akan memiliki struktur *martensit* lebih banyak di banding spesimen lain,sedangkan material yang memiliki nilai kekerasan rendah memiliki struktur mikro *martensit* yang cenderung lebih sedikit ataupun tidak ada sama sekali.

## PERNYATAAN TERIMA KASIH

Melalui penyataan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada pembimbing Tarsono Dwi Susanto, ST., MPd. yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan artikel pada jurnal Rekayasa Mesin ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tobiin, Rizkina, 2022. Pengaruh *flame hardening* Terhadap Kekerasan Permukaan Dengan Metode Pengujian Brinell Dan Struktur Mikro Besi Cor Nodular. Diss. Universitas Muhammadiyah Surakarta,
- [2] Iswanto, Iswanto, et al,2020. Perbandingan Induction Hardening dengan *flame hardening* pada Sifat Fisik Baja ST 60. Mekanika: Majalah Ilmiah Mekanika 19. 2: 90-94.
- [3] Tobiin, Rizkina, 2022. Pengaruh *flame hardening* Terhadap Kekerasan Permukaan Dengan Metode Pengujian Brinell Dan Struktur Mikro Besi Cor Nodular. Diss. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [4] Surojo, Eko, Dody Ariawan, and Muh Nurkhozin, 2009. Pengaruh Manual *flame hardening* Terhadap Kekerasan Hasil Tempa Baja Pegas. Mekanika 7. 2.
- [5] muhammad, suheri zulaligani,2024. analisis pengaruh panas pada proses pemesinan CNC terhadap baja AISI 1045. Diss. Universitas Malikussaleh.
- [6] Cumaratungga, Andi Almudai,2023. analisa sifat kekerasan dan struktur mikro proses PWHT dengan variasi suhu pemanasan pada pengelasan logam berbeda ASTM A36 dengan AISI 316L. Diss. Universitas Hasanuddin
- [7] Wahjono, Hari Boedi, and Adinda Cahya Permana,2021. Pengujian Kekerasan Dan Pengamatan Foto Makro Automatic Surface Treatment Rel Dengan Variasi Jarak Torch Pemanas Dan Nozzle Pendingin. Jurnal Perkeretaapian Indonesia Vol 5. 2.