

## Pengaruh *Hardening* dan *Tempering* Terhadap Kekerasan dan Kekuatan Impak Pisau Pencacah Rumput

Galih Wicaksana<sup>1)</sup>, Fina Andika Frida Astuti<sup>2)</sup>

<sup>1-2)</sup>Politeknik Negeri Malang, Malang

Email: [fina.andika@polinema.ac.id](mailto:fina.andika@polinema.ac.id)

### Abstrak

Peternakan sapi perah Banyu Langit *Farm* menggunakan mesin *chopper* untuk mencacah pakan dari bahan organik seperti rumput dan batang jagung. Bilah pisau mesin *chopper* adalah salah satu komponen yang paling sering mengalami masalah, dimana masalah yang sering terjadi adalah aus ketajaman bilah pisau yang menghambat proses produksi pakan. Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat pisau pencacah rumput dengan kekuatan impact dan kekerasan yang lebih baik dari yang sudah ada. Penelitian ini menggunakan baja karbon menengah JIS SUP 9 yang diberikan perlakuan panas *hardening* dan *tempering*. Suhu *hardening* yang digunakan adalah 830°C, 860°C, dan 890°C yang kemudian didinginkan dengan media pendingin oli. Suhu *tempering* yang digunakan adalah 360°C, 460°C, 560°C dengan media pendingin udara. Hasil penelitian menunjukkan nilai kekerasan tertinggi sebesar 47 HRC pada variasi suhu *hardening* 890°C dan *tempering* 360°C. Nilai kekerasan terendah pada variasi suhu *hardening* 830°C dan *tempering* 560°C yaitu sebesar 27 HRC. Nilai kekuatan impact tertinggi didapatkan dari variasi suhu *hardening* 830°C dan *tempering* 560°C senilai 0,285 Joule/mm<sup>2</sup>, sedangkan nilai kekuatan impact terendah terdapat pada variasi suhu *hardening* 890°C dan *tempering* 360°C senilai 0,096 Joule/mm<sup>2</sup>.

**Kata Kunci:** *hardening*, *tempering*, kekerasan, kekuatan impact, pisau pencacah

### Abstract

Banyu Langit *Farm* dairy farm uses a *chopper* machine to chop feed from organic materials such as grass and corn stalks. The *chopper* machine knife blade is one of the components that most often experience problems, where the problem that often occurs is the wear of the sharpness of the knife blade which hampers the feed production process. The purpose of this research is to make a grass *chopper* blade with better impact strength and hardness than the existing one. This research uses JIS SUP 9 medium carbon steel which is given *hardening* and *tempering* heat treatment. The *hardening* temperatures used were 830°C, 860°C, 890°C which were then quenched with oil cooling media. The results showed the highest hardness value of 47 HRC in the *hardening* temperature variation of 890°C and *tempering* 360°C. The lowest hardness value is 27 HRC in the *hardening* temperature variation of 830°C and *tempering* 560°C. The highest impact strength value was obtained from the 830°C *hardening* and 560°C *tempering* temperature variation at 0.285 Joule/mm<sup>2</sup>, while the lowest impact strength value was found at the 890°C *hardening* and 360°C *tempering* temperature variation at 0.096 Joule/mm<sup>2</sup>.

**Keywords:** *hardening*, *tempering*, hardness, impact strength, chopping knife

### Pendahuluan

Peternakan sapi perah Banyu Langit *Farm* menggunakan mesin *chopper* untuk mencacah pakan dari bahan organik seperti rumput dan batang jagung. Mesin *chopper* ini dirancang untuk mengurangi ukuran batang rumput karena ukuran batang rumput yang lebih kecil memungkinkan proses penguraian yang lebih baik untuk pencernaan ternak (Wicaksono dkk., 2023). Bilah pisau mesin *chopper* adalah salah satu komponen yang

paling sering mengalami masalah. Menurut (Widodo dkk., 2020), pisau pencacah rumput yang kurang tangguh biasanya mengalami kerusakan seperti patah kecil pada mata pisau, pisau mudah tumpul, dan pisau benar-benar patah karena benturan keras yang terjadi secara tiba-tiba.

Untuk membuat pisau pencacah rumput, material yang digunakan harus memiliki sifat mekanik yang baik. Salah satu sifat mekanik yang harus diperhatikan adalah kekerasan material. Nilai kekerasan ini berhubungan dengan ketahanan aus pisau pencacah, dimana nilai kekerasan minimum untuk pisau pencacah organik yaitu 45 HRC (Daywin & Irawan, 2020). Selain nilai kekerasan, nilai kekuatan impak dari material pisau juga diperhitungkan. Material yang akan digunakan harus memiliki kombinasi yang baik antara nilai kekerasan dan kekuatan impak. Salah satu material yang dapat dipilih untuk membuat pisau pencacah yang tangguh adalah baja. Pemilihan baja dapat diperhitungkan karena material tersebut memiliki kekuatan yang baik dan sifat mekanik yang dapat diubah (Fachrudin & Frida Astuti, 2023).

Baja JIS SUP 9 adalah salah satu material dengan bahan dasar baja karbon sedang, material ini memiliki kekerasan dan ketangguhan yang baik dengan presentase karbon terdiri dari 0,30-0,60% (Harmaji dkk., 2023). Untuk membuat pisau pencacah yang tangguh baja JIS SUP 9 harus memiliki sifat keras, tahan aus, dan ketangguhan. Baja JIS SUP 9 yang diberikan perlakuan panas *hardening* menghasilkan nilai kekerasan maksimum sebesar 59,2 HRC (Purnomo dkk., 2020).

Peningkatan kualitas material dapat diperoleh dengan perlakuan panas, dimana material dipanaskan sampai temperatur tertentu dan ditahan beberapa saat yang kemudian didinginkan menggunakan media pendingin oli maupun air (Nurlina, 2019). Akan tetapi hasil dari proses perlakuan panas *hardening* menyebabkan material memiliki sifat mekanis yang keras dan getas, maka dari itu perlu dilakukan proses *tempering* untuk meningkatkan ketangguhan dari baja tersebut (Anwar, 2021). Pada proses pemanasan kembali setelah *hardening* terjadi sebuah transformasi. Transformasi masa yang terjadi setelah material mengalami proses *tempering* yaitu *martensit* ditransfer ke *martensit temper* (Hadi, 2016). Beberapa penelitian terkait juga mengungkapkan hasil-hasil dari berbagai variasi dan metode perlakuan panas sebagai berikut.

Penelitian tentang pengaruh variasi suhu *hardening* pada baja karbon menengah dengan variasi suhu 750 °C, 800 °C, 900 °C menunjukkan peningkatan nilai kekerasan yang

signifikan. Faktor peningkatan kekerasan pada media pendingin oli menunjukkan persentase kontribusinya sebesar 98,02 % . Nilai kekerasan pada temperatur 900 °C menunjukkan nilai sebesar 46,8 HRC (Purnomo dkk., 2020)

Penelitian tentang pengaruh variasi temperatur *tempering* terhadap ketangguhan. Baja karbon dengan kandungan 0,8% (SK-5), menunjukkan pengaruh ketangguhan pisau mesin pemotong rumput. Variasi suhu *tempering* yang digunakan adalah 200°C, 300°C, 400°C dengan waktu penahanan 2 jam. Hasil menunjukkan nilai rata-rata impak tertinggi atau paling tangguh pada spesimen dengan variasi suhu *tempering* 400 °C sebesar 0,52 J/mm<sup>2</sup> (Widodo dkk., 2020).

Berdasarkan latar belakang dan penelitian sebelumnya banyak parameter-parameter yang dapat digunakan untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang proses perlakuan panas pada material. Sehingga pada penelitian ini memfokuskan pada bagaimana variasi suhu *hardening* dan *tempering* terhadap nilai kekerasan dan kekuatan impak pada baja karbon menengah.

### Metode

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Penelitian ini menggunakan material sesuai dengan pisau yang digunakan di Banyu Langit *Farm*. Untuk mengetahui jenis material yang digunakan, dilakukan pengujian komposisi dan sifat mekanis yang dilakukan di Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Surabaya. Gambar mesin *chopper* dan bilah pisau pencacah rumput ditunjukkan pada Gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1. Mesin *Chopper* dan Bilah Pisau Pencacah

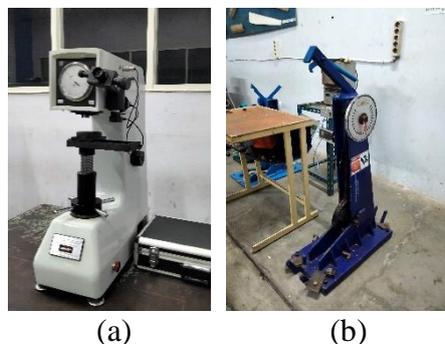
Hasil uji menunjukkan pisau pencacah mempunyai nilai kekerasan 18 HRC, kekuatan impak 0,307 *Joule/ mm*<sup>2</sup> dan komposisi kimia *C* 0,541%, *Si* 0,200%, *Mn* 0,791%, *P* 0,021%, *S* 0,017%, *Ni* 0,077%, *Mo* 0,022, *Cu* 0,120%, *Al* 0,011%. Kandungan

tersebut merujuk pada material baja JIS SUP 9 yang memiliki kadar karbon 0,30-0,60%, bahan ini akan digunakan dalam penelitian. Spesimen baja JIS SUP 9 ditunjukkan pada Gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2. Spesimen Baja JIS SUP 9

Variasi yang digunakan dalam perlakuan panas *hardening* menggunakan suhu 830°C, 860°C, 890°C ditahan pada suhu tersebut dengan *holding time* 8 menit 24 detik, kemudian didinginkan menggunakan media pendingin oli. Tahap selanjutnya spesimen dipanaskan ulang dengan temperatur *tempering* 360°C, 460°C, 560°C dan ditahan pada suhu tersebut dengan *holding time* 16 menit 48 detik, kemudian didinginkan menggunakan media pendingin udara. Untuk menilai sifat mekanis dari material dilakukan pengujian kekerasan menggunakan metode *rockwell C*. Pengujian dilakukan dengan menekan indentor pada spesimen selama beberapa saat dan hasil akan terkalibrasi karena adanya perbedaan kedalaman akhir dan kedalaman awal (Jaelani dkk., 2021). Pengujian kekuatan impak menggunakan metode *charpy*, dilakukan dengan menabrakkan pendulum pada spesimen (Halimi & Irfa'i, 2017). Spesimen untuk pengujian dibentuk dengan standar ASTM E-23, Adapun jumlah spesimen dalam penelitian ini adalah 27 spesimen. Mesin uji kekerasan *rockwell* dan uji impak *charpy* ditunjukkan pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. (a) Mesin Uji Kekerasan *Rockwell* dan (b) Mesin Uji Impak *Charpy*

### Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian, hasil pengujian impact dapat dilihat pada Tabel 1 dan hasil nilai kekerasan ditunjukkan pada Tabel 2 sebagai berikut.

Table 1 Hasil Pengujian Impact

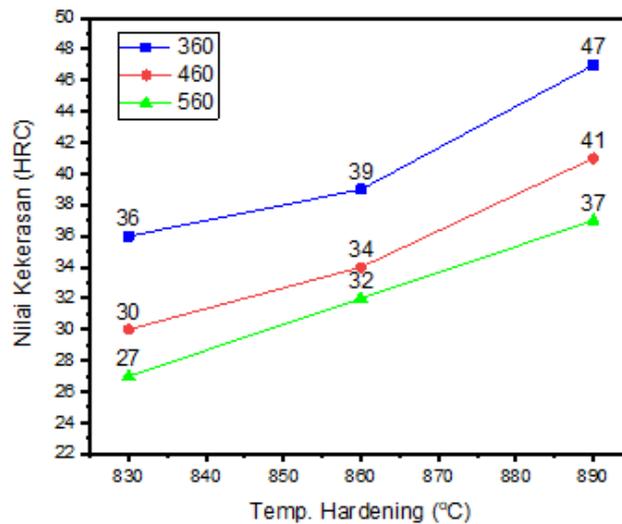
Spesimen	Repetisi	Sudut ( $\alpha$ )	Sudut ( $\beta$ )	Energi (Joule)	Kekuatan Impact (Joule/mm <sup>2</sup> )	Rata-rata Kekuatan Impact (Joule/mm <sup>2</sup> )
A1 (830-360°C)	1	120	110	7,710	0,154	0,160
	2	120	110	7,710	0,154	
	3	120	109	8,513	0,170	
A2 (830-460°C)	1	120	106	10,950	0,219	0,230
	2	120	105	11,771	0,235	
	3	120	105	11,771	0,235	
A3 (830-560°C)	1	120	103	13,423	0,268	0,285
	2	120	102	14,255	0,285	
	3	120	101	15,090	0,302	
B1 (860-360°C)	1	120	112	6,120	0,122	0,128
	2	120	111	6,912	0,138	
	3	120	112	6,120	0,122	
B2 (860-460°C)	1	120	106	10,950	0,219	0,214
	2	120	106	10,950	0,219	
	3	120	107	10,133	0,203	
B3 (860-560°C)	1	120	103	13,423	0,268	0,263
	2	120	104	12,595	0,252	
	3	120	103	13,423	0,268	
C1 (890-360°C)	1	120	114	4,552	0,091	0,096
	2	120	113	5,333	0,107	
	3	120	114	4,552	0,091	
C2 (890-460°C)	1	120	109	8,513	0,170	0,181
	2	120	108	9,321	0,186	
	3	120	108	9,321	0,186	
C3 (890-560°C)	1	120	105	11,771	0,235	0,246
	2	120	104	12,595	0,252	
	3	120	104	12,595	0,252	

Table 2 Hasil Nilai Kekerasan

Temp. Hardening	Nilai Kekerasan (HRC)			Repetisi	Nilai Kekerasan (HRC)		
	Temp. Tempering				Rata-rata		
	360 °C	460 °C	560 °C		360 °C	460 °C	560 °C
830 ° C	36	30	25	1	36	30	27
	37	29	27	2			
	35	31	28	3			
860 ° C	39	34	32	1	39	34	32
	38	34	33	2			
	39	33	32	3			
890 ° C	48	40	37	1	47	41	37
	46	41	36	2			
	47	42	38	3			

## 1. Hubungan Temperatur *Hardening* dengan Rata-Rata Nilai Kekerasan pada Temperatur *Tempering*

Hubungan Variasi temperatur *hardening* dan temperatur *tempering* terhadap nilai kekerasan ditunjukkan pada Gambar 4. Nilai kekerasan paling rendah ditunjukkan pada garis hijau dengan temperatur *hardening* 830°C dan temperatur *tempering* 560°C senilai 27 HRC. Nilai kekerasan tertinggi ditunjukkan pada garis biru dengan temperatur *hardening* 890°C dan temperatur *tempering* 360°C senilai 47 HRC. Pada semua variasi temperatur *tempering* (360 °C, 460 °C, dan 590 °C) semakin tinggi temperatur *hardening* maka nilai kekerasan juga meningkat. Hal ini disebabkan temperatur *hardening* (830 °C, 860 °C, 890 °C) semuanya berada di antara garis A1 dan A3 pada diagram fasa Fe-Fe<sub>3</sub>C, dimana baja berada dalam daerah dimana *austenite* sedang terbentuk. Setelah *quenching* transformasi fasa akan berubah menjadi *martensite*. Nilai kekerasan akan maksimal karena transformasi penuh dari *austenite* ke *martensit*.

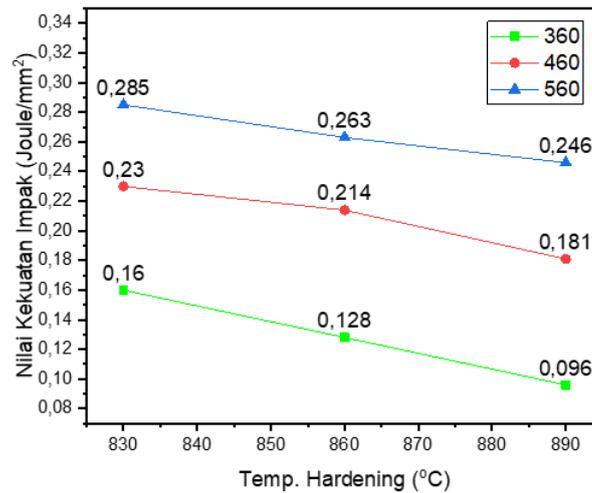


Gambar 4. Grafik Hubungan Variasi Temperatur *Hardening* dan Temperatur *Tempering* Terhadap Nilai Kekerasan

## 2. Hubungan Temperatur *Hardening* dengan Rata-Rata Nilai Kekuatan Impak pada Temperatur *Tempering*

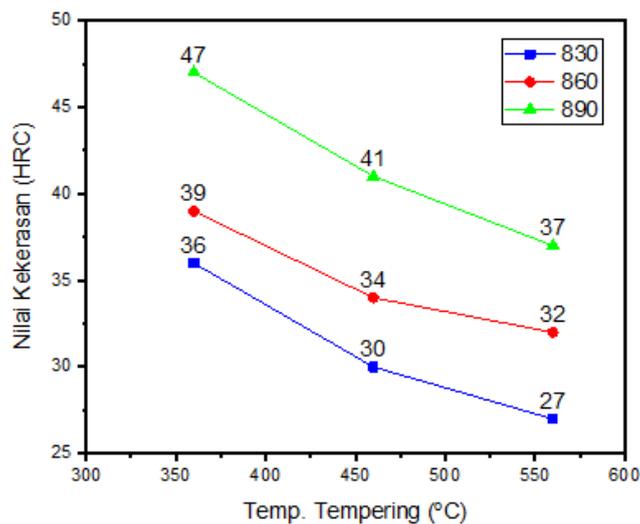
Hubungan variasi temperatur *hardening* dan temperatur *tempering* terhadap nilai kekuatan impak ditunjukkan pada Gambar 5. Nilai kekuatan impak didapatkan paling rendah ditunjukkan pada garis hijau dengan temperatur *hardening* 890°C dan temperatur *tempering* 360°C senilai 0,096 Joule/mm<sup>2</sup>. Nilai kekuatan impak tertinggi ditunjukkan

pada garis biru dengan temperatur *hardening* 830°C dan temperatur *tempering* 560°C senilai 0,285 *Joule/mm<sup>2</sup>*. Baja mengalami transformasi dari struktur *ferrite* dan *perlit* ke *austenite*. Struktur *austenite* ini kemudian berubah menjadi *martensit* saat proses *quenching*. Setelah *quenching*, *martensit* yang terbentuk sangat keras. Kekerasan material sangat tinggi. Tetapi nilai kekuatan impak menunjukkan penurunan, karena peningkatan kekerasan menyebabkan material lebih mudah retak saat terkena beban impak.



Gambar 5. Grafik Hubungan Variasi Temperatur *Hardening* dan Temperatur *Tempering* Terhadap Nilai Kekuatan Impak

### 3. Hubungan Temperatur *Tempering* dengan Rata-Rata Nilai Kekerasan pada Temperatur *Hardening*

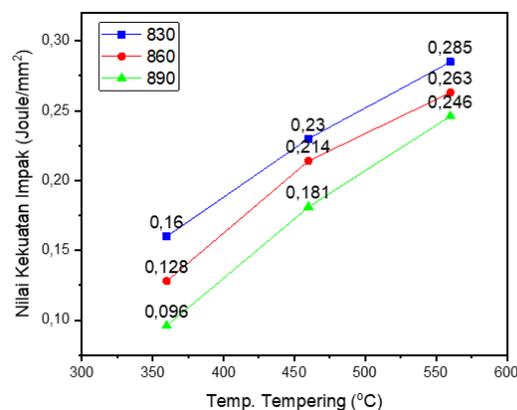


Gambar 6. Grafik Hubungan Variasi Temperatur *Tempering* dan Temperatur *Hardening* Terhadap Nilai Kekerasan

Hubungan variasi temperatur *tempering* dan temperatur *hardening* terhadap nilai kekerasan ditunjukkan pada Gambar 6. Nilai kekerasan paling rendah ditunjukkan pada garis biru dengan temperatur *tempering* 560°C dan temperatur *hardening* 830°C senilai 27 HRC. Nilai kekerasan tertinggi ditunjukkan pada garis hijau dengan temperatur *tempering* 360°C dan temperatur *hardening* 890°C senilai 47 HRC. Pada semua variasi temperatur *hardening* (830°C, 860°C, dan 890°C) semakin tinggi temperatur *tempering* maka nilai kekerasan menurun. Terlihat pada seluruh temperatur *tempering* jika ditarik garis vertikal, menunjukkan penurunan nilai kekerasan seiring dengan kenaikan temperatur *tempering*. Hal ini disebabkan setelah proses *hardening*, struktur mikro baja terutama terdiri dari *martensit*, yang merupakan fasa sangat keras dan rapuh bertransformasi. Transformasi sebagian *martensit* menjadi struktur *tempered martensit* yang masih keras, kekerasan menurun dari *martensite* yang tidak ditemper karena terjadinya pengendapan karbida kecil.

#### 4. Hubungan Temperatur *Tempering* dengan Rata-Rata Nilai Kekuatan Impak pada Temperatur *Hardening*

Hubungan variasi temperatur *tempering* dan temperatur *hardening* terhadap nilai kekuatan impak ditunjukkan pada Gambar 7. Nilai kekuatan impak didapatkan paling rendah ditunjukkan pada garis hijau dengan temperatur *tempering* 360°C dan temperatur *hardening* 890°C senilai 0,096 *Joule/mm*<sup>2</sup>. Nilai kekuatan impak tertinggi ditunjukkan pada garis biru dengan temperatur *tempering* 560°C dan temperatur *hardening* 830°C senilai 0,285 *Joule/mm*<sup>2</sup>. Peningkatan nilai kekuatan impak disebabkan transformasi sebagian *martensit* menjadi struktur *tempered martensit* yang masih keras namun dengan sedikit peningkatan dalam ketangguhan.



Gambar 7. Grafik Hubungan Variasi Temperatur *Hardening* dan Temperatur *Tempering* Terhadap Nilai Kekuatan Impak

### Simpulan dan Saran

Dari hasil penelitian serta pembahasan yang telah dilakukan mengenai pengaruh variasi temperatur *hardening* dan temperatur *tempering* terhadap kekerasan dan kekuatan impak terhadap baja karbon menengah, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perlakuan panas *hardening* berpengaruh terhadap nilai kekerasan. Semakin tinggi temperatur *hardening* maka nilai kekerasan juga meningkat.
2. Perlakuan panas *hardening*, berpengaruh terhadap nilai kekuatan impak. Semakin tinggi temperatur *hardening* menunjukkan penurunan nilai kekuatan impak.
3. Temperatur *tempering* juga berpengaruh terhadap nilai kekerasan. Semakin tinggi temperatur *tempering* maka nilai kekerasan menurun.
4. Temperatur *tempering* berpengaruh terhadap nilai kekuatan impak. Semakin tinggi temperatur *tempering* maka nilai kekuatan impak juga meningkat.

Berdasarkan hasil yang didapat maka saran untuk kelanjutan penelitian selanjutnya yaitu:

1. Perlu adanya penelitian selanjutnya dengan melihat nilai keausan pada material sebagai bahan acuan nilai *lifetime* material baja JIS SUP 9 untuk penggunaan pisau pencacah rumput akibat gesekan yang terjadi selama proses pencacahan.
2. Penambahan variasi media pendingin pada kedua perlakuan panas, sehingga dapat diperoleh hasil untuk membandingkan sifat mekanis dengan penelitian yang sudah ada.

### Daftar Pustaka

- Anwar, Z. (2021). Analisa Pengaruh Perlakuan Panas Quench-Temper terhadap Nilai Kekerasan dan Kekuatan Tarik Baja JIS SUP 9. *Jurnal Inovator*, 4(2), 36. <https://doi.org/10.37338/ji.v4i2.178>
- Daywin, F. J., & Irawan, A. P. (2020). *Guyub Sampah*. Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara.
- Fachrudin, A. R., & Frida Astuti, F. A. (2023). Analisis Proses Hardening terhadap Kekerasan Baja SKS 3 dengan Variasi Temperatur dan Media Pendingin. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, 3(3), 109–115. <https://doi.org/10.52436/1.jpti.279>
- Hadi, S. (2016). *Teknologi Bahan* (A. A. C (ed.)). CV. ANDI OFFSET.
- Halimi, A. D., & Irfa'i, M. A. (2017). Uji Eksperimen Tingkat Kekerasan dan Ketangguhan Baja Pegas JIS SUP 9 Dengan Metode Laku Panas Hardening dan Tempering. *Jtm*, 5(3), 45–52.

- Harmaji, A., Korda, A. A., Ramadhan, R., & Pambudi, S. (2023). Effect of Quenching Medium and Tempering Temperature on Microstructure and Hardness of JIS SUP 9 Steel. *Journal of Renewable Energy and Mechanics*, 6(01), 9–17. <https://doi.org/10.25299/rem.2023.vol6.no01.10973>
- 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. <https://doi.org/10.24176/crankshaft.v4i1.6024>
- Juliansyah, S., Panuh, D., Yulianto, D., Rahman, H. A., & Baharuddin, N. A. (2019). Peningkatan Ketangguhan Impact Pisau Mesin Pemotong Rumput Dengan Cara Perlakuan Panas Menggunakan Media Pendingin Coolant Radiator Dan Udara. *Journal of Renewable Energy & Mechanics (REM)*, 2(01), 17–26. [https://doi.org/10.25299/rem.2019.vol1\(01\).2179](https://doi.org/10.25299/rem.2019.vol1(01).2179)
- Nurlina, N. (2019). Pengaruh Pengujian Hardening Pada Baja Karbon Rendah Sebagai Solusi Peningkatan Kualitas Material. *Jurnal Qua Teknika*, 9, 11–20.
- Purnomo, G., Putri, F., Mesin Produksi, M., Perawatan, D., Sriwijaya, P. N., Mesin, J. T., Sriwijaya, N., Srijaya, J., Bukit, N., & Palembang, B. (2020). Pengaruh Quenching Terhadap Kekerasan Material Baja Jis Sup 9. *Agustus*, 1(1), 2723–3359. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.4540929>
- Wicaksono, P., Delfian P, B., Bektu W, S., & Basuki, B. (2023). Analisis Pengaruh Variasi Sudut Mata Pisau (Blade) Pada Perancangan Mesin Pencacah Sampah Organik Pelepah Kelapa Sawit Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Mekanik Terapan*, 4(2), 117–126. <https://doi.org/10.32722/jmt.v4i2.5854>
- Widodo, S., Mulyaningsih, N., & Arizal, A. S. (2020). Pengaruh Quenching Dan Tempering Baja Sk-5 Terhadap Ketangguhan Pisau Mesin Pemotong Rumput. *Journal of Mechanical Engineering*, 4(1), 1–6. <https://doi.org/10.31002/jom.v4i1.3399>