

Pengaruh Variasi *Tempering* Pada Pisau Pencacah Sampah Organik Terhadap Kualitas Keuletan Pisau
The Effect Of Tempering Variations in Organic Waste Shutter Knife On The Tenacity Quality Of The Blade

Oloan Sahat Situmeang¹⁾, Asroful Abidin²⁾, Kosjoko³⁾

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: oloan.sahat83@gmail.com

²Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: asrofulabidin@unmuhjember.ac.id

³Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: kosjoko@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Mesin pencacah sampah organik merupakan salah satu solusi untuk mengolah sampah menjadi pupuk kompos. Sistem mesin pencacah sampah, pisau merupakan bagian komponen yang secara langsung untuk memotong sampah organik sehingga membutuhkan material dengan ketahanan aus yang tinggi dan keuletan yang tinggi. Perlu adanya panas *quenching* dan *tempering* untuk meningkatkan keuletannya sehingga membuat material tersebut tahan terhadap aus dan meningkatkan keuletan. Penelitian ini mengkaji pengaruh perlakuan panas *tempering* dengan variasi suhu 400°C, 500°C, dan 600°C dengan media *quenching* oli gardan SAE 90. Penelitian ini bertujuan untuk melaporkan pengaruh suhu *tempering* terhadap keuletan pisau dan ketahanan keausan. Berdasarkan hasil penelitian ini penambahan suhu *tempering* pada material baja ST 60 berpengaruh terhadap keausan pisau dengan ketahanan aus pisau tertinggi pada variasi suhu *tempering* 600°C dan ketahanan aus paling jelek pada variasi *tempering* 400°C. Hasil cacahan sampah organik menunjukkan bahwa variasi suhu 600°C menghasilkan ukuran cacahan daun paling kecil. Dan untuk keuletan yang baik terdapat pada suhu *tempering* 600°C dengan nilai kekerasan 30,9 HRC menunjukkan sifat mekanis yang berbeda kekerasan menurun, sementara keuletan dan ketangguhan meningkat. Sehingga material pisau yang dibuat sebagai alternatif pemilihan suhu *tempering* dan media *quenching*.

Kata Kunci: Baja ST 60, Keausan, Keuletan, *Quenching* dan *Tempering*

Abstract

An organic waste chopping machine is one solution for processing waste into compost. In the waste shredding machine system, the knife is a component part that is directly used to cut organic waste, so it requires material with high wear resistance and high ductility. It needs *quenching* and *tempering* heat to increase its ductility so as to make the material resistant to wear and increase its ductility. This research examines the effect of *tempering* heat treatment with temperature variations of 400°C, 500°C, and 600°C with SAE 90 axle oil *quenching* media. This research aims to report the effect of *tempering* temperature on blade ductility and wear resistance. Based on the results of this research, adding *tempering* temperature to ST 60 steel material has an effect on knife wear with the highest blade wear resistance at a *tempering* temperature variation of 600°C and the worst wear resistance at a *tempering* variation of 400°C. The results of chopping organic waste show that the temperature variation of 600°C produces the smallest size of chopped leaves. And good ductility is found at a *tempering* temperature of 600°C with a hardness value of 30.9 HRC showing different mechanical properties, hardness decreases, while ductility and toughness increase. So the blade material is made as an alternative choice of *tempering* temperature and *quenching* media..

Keywords: ST 60 Steel, Toughness, Wear Resistance, *Tempering* and *Quenching*

1. PENDAHULUAN

Sampah merupakan masalah serius yang ada diberbagai kota – kota besar di Indonesia. Peningkatan jumlah penduduk berbanding lurus dengan kisaran sampah yang di hasilkan. Sampah yang dihasilkan berupa organik dan anorganik dimana sampah organik berasal dari berbagai sektor kegiatan manusia, diantaranya pasar, rumah makan, rumah, hotel dan lain sebagainya. Dampak negatif yang ditimbulkan dari sampah organik dapat menimbulkan bau busuk dan mencemari lingkungan. Permasalahan limbah organik merupakan permasalahan serius bagi Indonesia, berdasarkan data dari Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan bahwa total jumlah sampah Indonesia di 2019 akan mencapai 68 juta ton (Risma dkk, 2021). Oleh karena itu, dibutuhkan alternatif untuk mengolah sampah organik menjadi perhatian bagi peneliti untuk dikembangkan, salah satunya adalah mesin pencacah sampah.

Mesin pencacah sampah organik berfungsi untuk memperkecil ukuran sampah organik yang bertujuan untuk membuat sampah organik cepat terurai didalam tanah, karena ukuran yang lebih kecil membuat proses penguraian limbah sampah menjadi kompos berjalan lebih cepat untuk dapat di dekomposisi dengan maksimal oleh mikroorganisme selama proses penguraian. Komponen-komponen yang terpenting pada mesin pencacah sampah organik yaitu mata pisau jadi semakin tajam mata pisau membuat proses pencacahan semakin maksimal (Wicaksono dkk., 2023).

Material yang digunakan untuk mata pisau pada mesin pencacah sampah umumnya yaitu baja karbon rendah antara lain JIS S45C, JIS G3101/SS400 (Kholil, 2018) dan JIS S30C (Anggraeni, 2017). Namun, jenis material yang lebih cocok untuk digunakan sebagai mata pisau adalah baja perkakas seperti baja karbon sedang yang kemudian menjalani proses perlakuan panas untuk meningkatkan kekerasan dan ketahanan terhadap keausan. Selain memilih bahan yang sesuai dan diberi perlakuan panas dengan benar, desain pisau dan pilihan sudut mata pisau juga merupakan faktor krusial. Sudut yang optimal untuk mata pisau berada dalam

rentang 35 hingga 45 derajat. Semakin kecil sudut mata pisau, pisau akan semakin tajam, sehingga gaya yang dibutuhkan untuk memotong plastik akan berkurang (Ibrahim dkk., 2021).

Sifat kekuatan baja karbon sedang memiliki kekerasan yang rendah dimana hal itu menyebabkan keausan jika bertabrakan dengan benda lain hal itu bisa membuat umur mata pisau yang terbuat dari baja karbon sedang cepat rusak atau tidak tajam lagi. Dari penelitian sebelumnya oleh Murtiono, (2012) bahwa cara meningkatkan kekerasan baja karbon sedang yaitu dengan proses *tempering*, hasil dari penelitian tersebut adalah sebelum mendapatkan perlakuan panas kekerasan baja karbon rendah sebesar 296 HV dan nilai kekerasan setelah proses perlakuan panas (treated) adalah 710 HV, terjadi peningkatan nilai kekerasan yang signifikan setelah proses perlakuan panas.

Dalam penelitian ini, dengan mempertimbangkan proses pengolahan sampah organik menggunakan mesin pencacah sampah organik, penelitian ini akan menyelidiki pengaruh proses perlakuan panas pada karbon baja sedang terhadap keuletan pisau, penggunaan mesin pencacah pisau pada dinas lingkungan hidup tidak digunakan sesuai fungsinya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menunjukkan sifat keuletan pisau setelah diberi perlakuan panas *tempering* dan menggunakan mesin pencacah sampah organik sesuai dengan fungsi yaitu hanya digunakan untuk memotong sampah organik. Hasil penelitian ketajaman ini diharapkan dapat merepresentasikan penemuan baru yang dapat mengoptimalkan kinerja mesin pencacah sampah. Pemanfaatan perlakuan panas *tempering* diharapkan dapat meningkatkan keuletan mata pisau.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sampah

Sampah merupakan sebuah bahan yang tidak digunakan lagi dan memiliki dampak buruk terhadap lingkungan. Sampah biasanya berupa padatan dan setengah padatan atau dikenal dengan istilah cair dan kering. Sampah digolongkan menjadi dua yaitu sampah organik dan sampah anorganik. Sampah organik adalah

jenis sampah yang sebagian besar tersusun oleh senyawa organik (sisa tanaman, hewan, atau kotoran) sampah ini mudah diuraikan oleh jasad hidup khususnya mikroorganisme. Sedangkan sampah anorganik merupakan jenis sampah yang terdiri dari senyawa-senyawa anorganik seperti plastik, botol, dan logam. Sampah ini sangat sulit terurai oleh mikroorganisme (Nur dkk., 2018).

B. Mesin Pencacah Sampah

Mesin pencacah sampah merupakan alat yang berfungsi untuk membuat ukuran sampah menjadi kecil yang berujuan supaya cepat terurai didalam tanah. Secara umum untuk prinsip kerja mesin pencacah sampah adalah Sampah organik dikumpulkan dan dimasukkan ke dalam mesin pencacah di mana mereka dihancurkan menggunakan pisau putar dan pisau diam di dalam tabung pencacah. Setelah proses pencacahan selesai, sampah organik yang telah terurai keluar melalui lubang output mesin dengan tujuan agar ukurannya lebih kecil, memudahkan dalam proses pembuatan kompos (Nugraha dkk., 2019).

C. Mata Pisau

Pisau adalah salah satu peralatan yang dikenal luas masyarakat karena berbagai kegunaannya seperti memotong, mencacah, dan berbagai fungsi lainnya. Dalam konteks mesin pencacah sampah, pisau menjadi komponen krusial untuk melakukan proses pencacahan sampah yang sangat dibutuhkan oleh pemerintah dalam menanggulangi limbah sampah. Perkembangan mesin pencacah sampah ini terus berkembang seiring dengan kemajuan zaman di era modern yang lebih praktis, efisien dalam penggunaan waktu, dan menghasilkan cacahan dengan kualitas yang baik, berbeda dengan proses pencacahan manual menggunakan sabit (Antu dkk., 2018).

D. Baja Karbon Sedang

Baja merupakan campuran logam dimana besi bertindak sebagai unsur dasarnya, sementara karbon berfungsi sebagai bahan paduannya utama. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,1% hingga 1,7%, tergantung pada jenis baja yang diproduksi.

Proses pembuatan baja juga melibatkan unsur-unsur lain seperti mangan (Mn), silikon (Si), kromium (Cr), vanadium (V), dan elemen lainnya yang dapat tertinggal di dalam komposisi baja (Murtiono, 2012). Baja Karbon Menengah mengandung karbon dalam rentang 0,30% hingga 0,60%. Baja ini sering dipakai untuk membuat alat-alat perkakas, komponen mesin, serta berbagai aplikasi industri seperti dalam pembuatan kendaraan, roda gigi, pegas, dan lain-lain.

E. Tempering

Tempering adalah langkah setelah pengerasan logam (*quenching*) di mana logam dipanaskan pada suhu *tempering* (di bawah suhu kritis) untuk mencapai keuletan yang diinginkan, dan kemudian didinginkan secara terkontrol. Proses *tempering* sendiri berfungsi untuk mengurangi kekerasan yang ekstrem yang mungkin terjadi setelah pengerasan (*quenching*) dan untuk meningkatkan keuletan serta ketangguhan logam. Proses ini juga membantu mengurangi ketegangan internal yang mungkin timbul selama pengerasan, sehingga membuat logam lebih tahan terhadap kerusakan dan retak ketika digunakan dalam aplikasi yang memerlukan kekuatan dan keuletan yang seimbang (Rukmana dkk., 2015).

F. Quenching

Quenching adalah proses perlakuan panas di mana logam dipanaskan hingga suhu tinggi tertentu dan kemudian didinginkan secara cepat dengan cara tiba-tiba (biasanya dengan air, minyak, atau udara yang mengalir) untuk mencapai kekerasan yang tinggi. Prosedur ini bertujuan untuk mengubah struktur kristal logam menjadi lebih keras dan lebih kuat (Jaelani dkk., 2021).

3. METODE PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Penelitian eksperimen adalah metode inti dari model penelitian yang menggunakan pendekatan kuantitatif. Eksperimen dilakukan dengan melakukan *tempering* dan *quenching* pada material baja ST 60. Hasil dari proses perlakuan panas pada material baja ST 60, pisau kemudian dianalisis untuk mengukur keuletan

dan ketajaman dengan menggunakan memotong kawat galvanis diameter 2 mm dan sampah organik.

B. Bahan dan Alat

Pada saat melakukan penelitian ini membutuhkan alat diantaranya yaitu :

- Penjepit
- Palu
- Tungku Pemanas
- Sarung Tangan
- Stop Watch
- Jangka Sorong
- Mesin penghancur sampah organik
- Mesin uji kekerasan *rockwell*

Pada saat melakukan penelitian ini membutuhkan bahan diantaranya yaitu :

- Serbuk arang batok kelapa
- Oli gardan SAE 90
- Baja karbon sedang ST 60 0,3-0,6 %
- Daun angka kering
- Daun kering
- Kawat Bwg 14 diameter 2 mm

C. Variabel Tetap

Variabel tetap yang digunakan pada penelitian ini adalah material pisau yang digunakan adalah baja ST 60, sampah yang dicacah digunakan pada penelitian ini sampah daun Nangka kering sebanyak 25 kg dan media *quenching* oli SAE 90.

D. Variabel Bebas

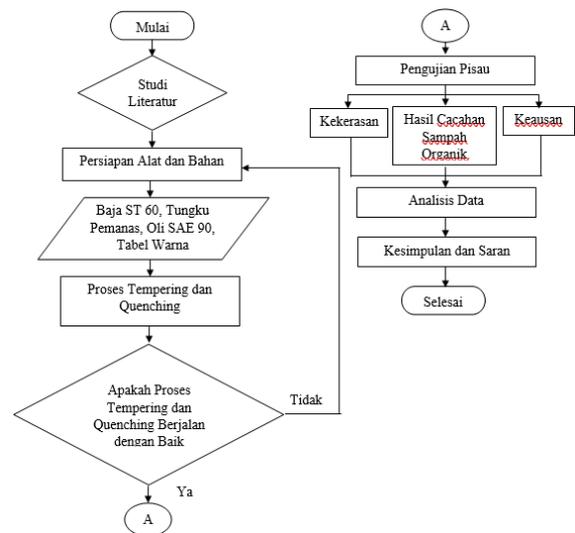
Variabel bebas penelitian ini adalah pada *tempering* mata pisau mesin pencacah sampah. Variasi suhu *tempering* digunakan dalam penelitian ini adalah 400°C, 500°C, dan 600°C.

E. Variabel Terikat

Variabel Terikat adalah variabel yang dikendalikan atau variabel yang dijaga konstan untuk dibandingkan dengan variabel lain adalah keuletan pisau, pengujian kekerasan dan ketahanan pisau.

F. Prosedur Penelitian

Untuk membuat penelitian lebih sistematis dan terarah, diagram alir pada **Gambar 1** berikut menunjukkan langkah- langkah yang diambil untuk mendukung proses penelitian yang akan dilakukan;

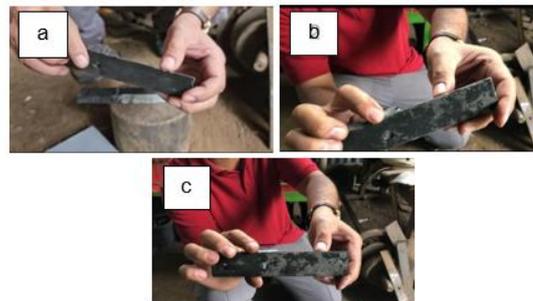


Gambar 1. Diagram Alir Prosedur Penelitian
Sumber : Arsip Peneliti,2024.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Keausan Pisau

Pengujian dilakukan dengan cara memotong kawat galvanis diameter 2 mm menggunakan mata pisau kemudian dilihat hasil potongannya dan dampak permukaan mata pisau setelah terjadi pemotongan. Dapat dilihat gambar dibawah ini hasil dari pengujian ketajaman mata pisau.



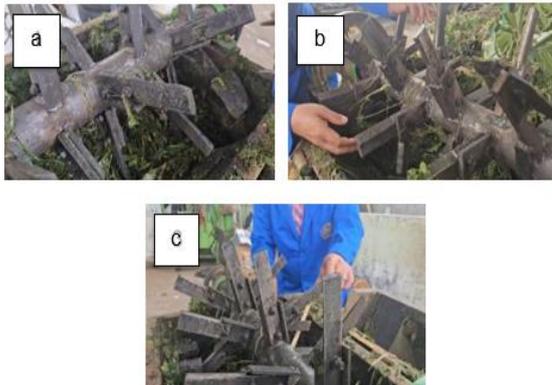
Gambar 2. Hasil Pengujian Pemotongan dengan Kawat Galvanis Diameter 2 mm dengan Variasi (a) 400°C, (b) 500 °C, (c) 600°C.
Sumber: Dok. Pribadi,2024.

Dapat dilihat pada **Gambar 2** yang variasi 400°C bahwa permukaan mata pisau tersebut mengalami deformasi secara permanen atau terjadi keausan dan tidak dapat memotong kawat, pada variasi 500°C mata pisau masih mengalami keausan tetapi relatif kecil, sedangkan pada variasi 600°C permukaan mata

pisau tidak mengalami keausan dan dapat memotong kawat tersebut.

B. Hasil Cacahan Sampah Organik

Pengujian cacahan sampah organik menggunakan mata pisau setelah perlakuan panas dilakukan untuk mengetahui keuletan pisau, keausan dan hasil cacahan pisau dengan suhu *tempering* 400°C, 500°C dan 600°C. Dapat dilihat pada **Gambar 3** dibawah ini hasil cacahan sampah organik.



Gambar 3. Hasil Cacahan Sampah Organik dengan Variasi Suhu *Tempering* (a) 400°C, (b) 500°C, (c) 600°C.
 Sumber: dok. Pribadi, 2024.

Hasil cacahan dengan pisau menggunakan suhu *tempering* 400°C dengan media *quenching* oli SAE 90 dapat dilihat hasil cacahan sampah organik ukurannya masih terlalu besar dan setelah dilihat pisaunya mengalami keausan. Hal ini membuktikan bahwa perlakuan *tempering* pada suhu 400°C menghasilkan material yang keuletannya rendah dan getas.

Hasil cacahan dengan pisau menggunakan suhu *tempering* 500°C dengan media *quenching* oli SAE 90 dapat dilihat hasil cacahan sampah organik ukuran cacahannya relative kecil tetapi masih ada beberapa yang tidak terpotong sempurna dan setelah dilihat pisaunya sedikit mengalami keausan. Hal ini membuktikan bahwa perlakuan *tempering* pada suhu 500°C menghasilkan material yang keuletannya tinggi tetapi masih belum optimal.

Hasil dari cacahan mata pisau menggunakan suhu *tempering* 600°C dan *quenching* menggunakan media oli SAE 90 bahwa hasil cacahan sampah organik

menghasilkan ukuran yang kecil dimana semakin kecil ukuran sampah organik dapat membuat semakin cepat terurai didalam tanah. Hal ini membuktikan bahwa perlakuan *tempering* dan *quenching* dapat meningkatkan ketajaman mata pisau dan kekerasan.

C. Hasil Pengujian Kekerasan

Faktor yang dapat mempengaruhi hasil pengujian kekerasan pada penelitian ini adalah variasi suhu *tempering*. Hasil uji kekuatan kekerasan pada penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Uji Kekerasan

No	Material	Quenching	Suhu Tempering (°C)	Hardness (HRC)
1	Baja ST 60	Oli SAE 90	400	45,9
2	Baja ST 60	Oli SAE 90	500	36,8
3	Baja ST 60	Oli SAE 90	600	30,9

Sumber: Arsip Peneliti, 2024.

Spesimen yang menjalani *tempering* pada suhu 400°C memiliki kekerasan rata-rata 45,9 HRC karena laju pendinginan yang sangat cepat. Proses selanjutnya dengan pemanasan kembali pada suhu 400°C. sehingga transformasi fasa dari temper martensit memasuki daerah fasa bainit (250-550°C) yang ditandai dengan menurunnya nilai kekerasan benda uji atau kelembutan benda uji. benda uji (ditunjukkan dengan semakin besarnya nilai lubang pada hasil pengujian) (Puspitasari dkk., 2017).

Kekerasan rata-rata spesimen setelah mengalami *tempering* pada suhu 500°C adalah 36,8 HRC. Pada suhu ini, austenit berubah menjadi perlit dan ferit (pada rentang suhu 550-723°C), atau temper martensit berubah menjadi bainit dan kemudian perlit. Pemanasan pada suhu yang sangat tinggi dengan pendinginan yang lambat menghasilkan butiran logam yang lebih halus dan kecil, yang menyebabkan penurunan kekerasan logam. Hal ini ditunjukkan oleh diameter hasil pengujian yang terbesar, menunjukkan bahwa logam menjadi lebih lembut (Almirón dkk., 2023).

Pada suhu 600°C, baja ST 60 akan berubah dari martensit atau bainit menjadi austenit, karena suhu ini berada di atas titik transformasi kritis atas (Ac3) untuk baja karbon sedang. Setelah terbentuknya austenit, kecepatan pendinginan lambat akan menghasilkan perlit atau bainit. Baja ST 60 yang *ditempering* pada suhu 600°C akan menunjukkan sifat mekanis yang berbeda kekerasan menurun, sementara keuletan dan ketangguhan meningkat. Baja menjadi lebih ulet dan tahan terhadap retak, tetapi kekuatan tariknya berkurang dibandingkan dengan baja yang *ditempering* pada suhu lebih rendah. Secara keseluruhan, *tempering* pada suhu 600°C menghasilkan baja yang lebih lembut dan ulet, dengan kekerasan dan kekuatan tarik yang lebih rendah (Echeverry dkk., 2021).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh suhu *tempering* dan *quenching* terhadap kekuatan potong mata pisau dan keausan, dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. *Quenching* pada material baja karbon sedang dapat meningkatkan nilai kuat kekerasan. Fenomena ini terjadi karena struktur mikro baja karbon sedang menjadi *bainit* (struktur mikro yang terbentuk dari *quenching* logam dari suhu tinggi dan kemudian diikuti oleh pendinginan yang lebih lambat). Struktur bainit terdiri dari fase ferrite atau perlit yang sangat halus dan terdistribusi secara homogen oleh karena itu kekerasan meningkat
2. Perlakuan *tempering* pada material baja karbon sedang dapat meningkatkan ketangguhan logam, sehingga membuatnya lebih tahan terhadap keausan, retakan, dan dampak mekanis. Pada pengujian mata pisau yang tidak mengalami keausan dan dapat memotong kawat pada perlakuan suhu 600°C, sedangkan pada suhu 400 °C dan 500°C mata pisau tidak dapat memotong kawat dan terjadi keausan.
3. Perlakuan *tempering* pada baja ST 60 dapat menurunkan kekerasan sehingga dapat meningkatkan keuletan dan tahan terhadap keretakan. Untuk suhu *tempering* yang paling

optimal yaitu pada suhu 600°C dengan nilai kekerasan 30,9 HRC

B. Saran

Agar penelitian mendapatkan hasil yang sesuai dengan keinginan. Maka, dapat disarankan pada peneliti selanjutnya:

1. Pada penelitian selanjutnya diharapkan untuk meneliti berapa derajat untuk kemiringan mata pisau.
2. Titik suhu *tempering* ditingkatkan atau diatas 600°C sampai mendekati suhu kritis baja karbon rendah untuk melihat material yang dihasilkan.
3. Untuk media pendinginan cepat menggunakan air, air garam, dan oli untuk dibandingkan kekerasannya.

6. REFERENSI

- Almirón, J., Anchapuri, H., Mamani-Quispe, J., Churata, R., Tupayachy-Quispe, D., dan Torres-Almirón, J. 2023. Study Of The Improvement Of Mechanical Properties In A Low Carbon Steel ASTM 615a Grade 60 Due To The Formation Of Tempered Martensite. *LACCEI*. 1(8).
- Antu, E. S. 2018. Desain Mesin Pencacah Sampah Organik Rumah Tangga Untuk Pembuatan Pupuk Kompos. *Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo (JTPG)*. 3(2): 57–65.
- Echeverry, R., Jiménez, H., dan Benavides, V. J. 2021. Effect of *Tempering* Temperature on Microstructural, Crystallographic and Wear Resistance Properties of ASI/SAE 1045 Steel. *Scientia et Technica*. 26(2).
- Ibrahim, S., Hersaputri, M., dan Panjaitan, V. I. 2021. Pembuatan Mata Pisau Mesin Pencacah Sampah Plastik dengan Material AISI D2 yang Dikeraskan. *Jurnal Vokasi Teknologi Industri*. 3(1): 36–40.
- Jaelani, M. A., . S. M. F., dan Wilis, G. R. 2021. Analisa Penguatan Mata Pisau Mesin Pencacah Sampah Organik Dengan Proses Heat Treatment Bertingkat. *Jurnal Crankshaft*, 4(1):

93–102.

- Murtiono, A. 2012. Pengaruh *Quenching* Dan *Tempering* Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Serta Struktur Mikro Baja Karbon Sedang Untuk Mata Pisau Pemanen Sawit. *Jurnal E-Dinamis*. 2(2): 57–70.
- Nugraha, N., Dany, S. P., Sopian, S., dan Roberto, N. 2019. Rancang Bangun Mesin Pencacah Sampah Organik Rumah Tangga. *Jurnal Rekayasa Hijau*. 3(3).
- Nur, T., Noor, A. R., dan Elma, M. 2018. Pembuatan Pupuk Organik Cair Dari Sampah Organik Rumah Tangga Dengan Bioaktivator Em4 (Effective Microorganisms). *Konversi*. 5(2): 5. <https://doi.org/10.20527/k.v5i2.4766>
- Puspitasari, P., Andoko, A., Suryanto, H., Risdanareni, P., dan Yudha, S. 2017. Hardness Improvement On Low Carbon Steel Using Pack Carbonitriding Method With Holding Time Variation. *In MATEC Web of Conferences EDP Sciences*. 101: 01012
- Risma, O. R., Ertika, Y., Zhafira, N. H., Rollis Juliansyah, dan Affandi. 2021. Sosialisasi Sampah Plastik di SMP Negeri 1 Seunagan Kabupaten Naga Raya. *Jurnal Pengabdian Agro & Marine Industri*. 1(1): 7–10.
- Rukmana, I., Ariani, F., Sabri, M., dan Isranuri, I. (2015). Pengaruh Struktur Mikro Terhadap Sifat Mekanis Baja Stainless Steel M303 Extra Untuk Bahan Mata Pisau Pemanen Sawit. *Jurnal Dinamis*. 3(3).
- Wicaksono, P., Delfian P, B., Bektu W, S., dan 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>