

## **Pengaruh *Holding Time* dan media pendingin pada proses *quenching* terhadap kekerasan dan kekuatan *Impact* pegas daun sebagai alternatif pengganti pisau *slicer* penuai tebu**

**Andreas Luki Indratmoko<sup>1</sup>, Eko nugroho <sup>2</sup>, Asroni<sup>3</sup>, Eko Budiyanto<sup>4\*</sup>**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro<sup>1,2,3,4</sup>  
Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia  
\*Corresponding author: [eko\\_budiyanto99@yahoo.com](mailto:eko_budiyanto99@yahoo.com)

### ***Abstract***

*In the process of harvesting sugarcane at a sugar factory, the Sugarcane Harvester is a tractor used to harvest sugarcane equipped with a slicer knife. Nowadays slicers are still imported from abroad, and the availability is scarce and the price is still expensive. One of the efforts to find an alternative to the slicer is to use leaf springs by hardening the metal through a heat-treatment process. Namely the process of heating steel to temperatures above the critical area followed by rapid cooling called quenching. The purpose of this study was to determine the effect of holding time and the effect of cooling media on the hardness and impact strength of leaf springs and to determine the ideal holding time and the most optimal cooling media to increase the hardness and impact strength of leaf springs. As for the research method, the spring leaves were heat-treated with a temperature of 8500 C for 30 minutes and 60 minutes and then cooled using oil, saltwater, and water as media. The method used is observation, literature study, testing, and documentation. The results obtained from this study were at a temperature of 8500 C with a holding time of 30 minutes the best hardness value was 477 VHN and 0.42% increase, the best impact strength value was 0.03433 J / mm<sup>2</sup> and 87.71% decrease, and the two cooling media, namely oil. At a temperature of 8500C with a holding time of 60 minutes the best hardness value was 534 VHN and 12.42% increase, the best value of impact strength was 0.03203 J / mm<sup>2</sup> and 88.53% decrease, and the two cooling media were oil as well. So that oil is the most optimal medium for changing the mechanical properties of the Sugarcane Harvester slicer because the oil can carry a carbon layer from the cooling process that takes place and the cooling rate of the oil is not too fast from the cooling media of brine and water because of its viscosity.*

**Keywords:** *Holding Time, Cooling Media, Hardness, Impact Strength.*

### **Abstrak**

Dalam proses pemanenan tebu di pabrik gula, *Sugarcane Harvester* merupakan traktor yang digunakan untuk memanen tebu dilengkapi pisau potong/*slicer*. *Slicer* selama ini masih diimport dari luar negeri, sehingga ketersediaan langka dan harganya masih mahal. Salah satu usaha untuk mendapatkan alternatif pengganti *slicer* adalah dengan menggunakan pegas daun dengan melakukan pengerasan pada logam tersebut melalui proses heat treatment. Yaitu proses pemanasan baja sampai suhu di atas daerah kritis di susul dengan pendinginan yang cepat dinamakan *quenching*. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh *holding time* dan pengaruh media pendinginan terhadap kekerasan dan kekuatan *impact* pegas daun, serta mengetahui *holding time* ideal dan media pendingin yang paling optimal untuk meningkatkan kekerasan dan kekuatan *impact* pegasdaun. Adapun metode penelitiannya pegasdaun tersebut diberi perlakuan panas dengan temperatur 850<sup>0</sup> C selama 30 menit dan 60 menit lalu didinginkan menggunakan media oli, air garam, dan air. Metode yang dilakukan adalah

observasi, study literatur, pengujian, serta dokumentasi. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah pada temperatur 850<sup>0</sup> C dengan holding time 30 menit nilai kekerasan yang terbaik adalah 477 VHN dan 0,42 % kenaikan, nilai kekutan impact yang terbaik adalah 0,03433 J/mm<sup>2</sup> dan 87,71% penurunan, dan kedua media pendingin tersebut yaitu oli. Pada temperatur 850<sup>0</sup>C dengan holding time 60 menit nilai kekerasan yang terbaik adalah 534 VHN dan 12,42% kenaikan, nilai kekuatan impact yang terbaik adalah 0,03203 J/mm<sup>2</sup> dan 88,53% penurunan, dan kedua media pendingin tersebut yaitu oli juga. Sehingga oli adalah media yang paling optimal untuk perubahan sifat mekanik slicer *Sugarcane Harvester* karena pada oli dapat membawa lapisan karbon dari proses pendinginan yang berlangsung dan laju pendinginan dari oli tidak terlalu cepat dari media pendingin air garam dan air karena viskositas atau kekentalannya.

**Kata Kunci :**  *Holding Time, Media Pendingin, Kekerasan, Kekuatan Impact.*

---

## **Pendahuluan**

Proses menuai atau memanen batang tebu di perusahaan gula menjadi suatu hal yang wajib diperhitungkan, terkait biaya dan waktu prosesnya sehingga bisa berjalan semakin efektif. *Sugarcane harvester* merupakan alat yang digunakan untuk proses pemanenan batang tebu yang sangat efektif yang sampai saat ini digunakan perusahaan-perusahaan gula. Kebutuhan pisau penuai (*slicer*) yang terbuat dari baja pun meningkat pesat, *slicer sugarcane harvester* termasuk dalam kategori baja paduan yang keras dan ulet di produksi khusus dan di *import* dari Taiwan sehingga dari ketersediaannya cukup langka dan harganya pun cukup mahal.

Maka dari itu peneliti mencoba mengangkat permasalahan pengerasan logam pada pegas daun truk yang termasuk dalam golongan baja pegas sebagai alternatif pengganti *slicer*. Baja pegas daun dapat dikeraskan dan ditingkatkan keuletannya dengan beberapa cara, antara lain adalah dengan melakukan proses perlakuan panas (*heat treatment*) yang dapat membentuk atau merubah sifat baja dari yang mudah patah menjadi lebih kuat dan ulet atau juga dapat merubah sifat baja dari yang lunak menjadi sangat keras dan sebagainya. Dari penelitian sebelumnya sudah di peroleh data bahwa material baja pegas daun termasuk baja karbon sedang (C = 0,3%) [3].

Salah satu proses perlakuan panas pada baja adalah pengerasan (*hardening*), yaitu proses pemanasan baja sampai suhu

di atas daerah kritis di susul dengan pendinginan yang cepat yang dinamakan *quenching* [8]. Pada penelitian ini selain material asli (*raw material*), juga digunakan spesimen untuk proses pemanasan, sementara *slicer sugarcane harvester* produksi Ku Lin Taiwan hanya dilakukan uji komposisi kimianya untuk menjadi dasar pemilihan pegas daun truk sebagai alternatif pengganti *slicer* penuai tebu. Proses *hardening* menggunakan temperatur yang sama, yaitu dengan temperatur 850<sup>0</sup> C, dengan variasi *holding time* selama 30 menit dan 60 menit, lalu menggunakan beberapa variasi media pendinginan yaitu dengan menggunakan media air, air garam, dan oli karena ketiga media pendingin tersebut masing – masing memiliki kekhasan tersendiri. Peneliti ingin mengetahui saat dilakukan proses *hardening* pada *holding time* berapa dan media pendingin apa yang baik untuk meningkatkan hasil kekerasan dan kekuatan *impact* dari proses *heat treatment* tersebut.

Untuk mengetahui hasil dari penelitian tersebut, perlu melakukan pengujian pada bahan uji yaitu pegas daun khususnya pegas daun belakang truk. Untuk mengetahui perubahan sifat mekanik yang terjadi dimana penelitian hanya menguji kekerasan dengan menggunakan alat uji *Vickers microhardness* dan uji *impact* dengan metode *Charpy*.

## **Tinjauan Pustaka**

*Slicer Sugarcane Harvester* merupakan suatu komponen pisau potong

dari alat berat *sugarcane harvester* yang berfungsi untuk memotong pangkal batang tebu yang dipanen. *Slicer* terbuat dari bahan baja karbon sedang yang memiliki tingkat kekerasan tertentu yang berguna menahan laju keausan dan tingkat keuletan tertentu yang berguna menyerap beban benturan yang terjadi saat proses penuaian batang tebu, proses pembuatan dilakukan dengan metode pengecoran, tempa, dan permesinan.

*Slicer* dibuat sedemikian rupa sehingga dapat dipasang pada *disc holder* atau pemegang pisau yang melingkar berisi lima *slicer* dan terdiri dari dua *disc holder* pada setiap mesin *sugarcane harvester*. Masalah yang sering terjadi pada *slicer* yaitu keausan dan patah/pecah karena pada *slicer* mempunyai beban gesek dan *impact* yang besar saat pemotongan batang tebu dan harga yang relatif mahal. Maka dari itu penulis ingin meneliti tentang pegas daun sebagai alternatif pengganti *slicer* penuai batang tebu agar bisa memberikan solusi pada permasalahan yang terjadi di komponen *slicer sugarcane harvester*, yaitu dengan cara perlakuan panas.

Dari hasil pengujian komposisi kimia di PT. ITOKOH CEPERINDO Klaten, bahan *slicer* yang di produksi PT. Ku Lin Taiwan telah diketahui komposisi kimianya.



Gambar 1. *Slicer Sugarcane Harvester* (atas), *Slicer* yang terpasang pada *disc holder* mesin (bawah)

### Mekanisme kerja *slicer sugarcane harvester*

*Slicer Sugarcane Harvester* adalah komponen utama dengan dimensi tebal 4 mm, lebar 90 mm dan panjang 260 mm yang bekerja memotong batang tebu dengan cara dipasang pada dua buah *disc holder* mesin yang masing-masing berisi lima buah *slicer*. Batang tebu yang akan dipotong diarahkan dan diputar oleh dua *feeder coloum* agar masuk mendekati *slicer* sehingga terpotong. Setiap mesin *harvester* memiliki dua *disc holder* yang terpasang dibagian depan dan berputar saling berlawanan arah jarum jam.



Gambar 2. Arah putaran *disc holder Slicer Sugarcane Harvester* saat proses pemotongan batang tebu saling berlawanan arah jarum jam

Pada saat *spindle* utama berputar, mesin/traktor harvester berjalan maju dengan kecepatan konstan sehingga batang-batang tebu akan terpotong. Tenaga dari mesin / traktor harvester disalurkan ke penggerak roda atau rantai yang dapat dipilih sesuai dengan kondisi tanah yang ada, fungsi pemotongan batang tebu bisa berjalan tidak lepas juga dari peran dua *feeder coloum* yang ada di depan *disc holder slicer* yang berputar mengarahkan batang tebu ke *slicer* sehingga batang tebu terpotong. *Slicer sugarcane harvester* digerakan dengan mesin / traktor yang memiliki tenaga yang besar yaitu sekitar 99–249 HP.



Gambar 3. John Deere *Sugarcane Harvester* berpengerak rantai (kiri) dan berpengerak roda (kanan)



Gambar 4. Dua *feeder coloum Sugarcane Harvester* (kiri) yang mengarahkan batang tebu masuk ke *slicer* (kanan)

### Beban kerja pada *slicer sugarcane harvester*

Pemotongan adalah suatu proses pembagian benda solid secara mekanik sepanjang garis yang diinginkan dengan menggunakan alat pemotong (Persson 1987). Dalam beberapa kasus yang ada, pemotongan mempunyai istilah yang berbeda bergantung dengan alat apa dan bagaimana pemotongan itu dilakukan. Istilah tersebut antara lain mencacah (*chopping*), memangkas (*mowing*), menggergaji (*sawing*), membelah (*aplitting*), mengiris (*slicing*), dan sebagainya. Ada beberapa hal penting yang mengakibatkan meningkatnya beban kerja pada *slicer sugarcane harvester*:

1. Ketajaman pisau merupakan salah satu faktor penting dalam pemotongan material. Ketajaman memiliki efek yang signifikan terhadap gaya pemotongan, semakin tajam pisau yang digunakan maka gaya pemotongan yang diperlukan juga semakin rendah. Begitu juga dengan sudut mata pisau,

pisau yang memiliki sudut mata pisau kecil membutuhkan gaya pemotongan spesifik maksimum yang relatif rendah [15].

2. Kekerasan dan keuletan material pisau juga menjadi faktor yang penting dalam proses pemotongan tebu. Pada aplikasi pemakaiannya, semua struktur logam akan terkena pengaruh gaya luar berupa tegangan-tegangan gesek sehingga menimbulkan deformasi atau perubahan bentuk yang akan menurunkan ketangguhannya. Usaha menjaga agar logam lebih tahan gesekan atau tekanan adalah dengan cara perlakuan panas, hal ini memegang peranan penting dalam upaya meningkatkan kekerasan baja sesuai dengan kebutuhannya.

### Mekanisme kegagalan pada *slicer sugarcane harvester*

Untuk memenuhi fungsinya maka *slicer sugarcane harvester* dirancang untuk dapat memotong batang-batang tebu dengan ketinggian dari tunggul sekitar 5 cm – 10 cm. Pada saat mesin *sugarcane harvester* melakukan proses pemotongan batang tebu, posisi ketinggian *disc holder slicer* dikendalikan melalui tekanan beban kerja *slicer* yang dikontrol melalui *pressure gauge* yang ada diruang kendali. Jadi ketinggian pemotongan tidak secara otomatis mengikuti kontur dari tanah namun harus dikendalikan secara manual oleh operator mesin. Tekanan kerja efektif dari *disc holder* dapat dibaca oleh operator pada *pressure gauge*, jika tekanan antara 10 bar – 15 bar maka proses pemotongan berjalan normal, namun jika tekanan diatas 15 bar maka dapat dipastikan *disc holder* dan *slicer* terbenam kedalam tanah. Kondisi dibawah tanah terkadang juga terdapat batu dan material keras lainnya sehingga *slicer* mengalami beban gesekan dan beban benturan yang cukup besar dan sangat dinamis.

Pada penelitian ini digunakan mesin/traktor merek John Deere 3520 *Sugarcane Harvester* dengan kecepatan

maju mesin 10 km/jam dan kecepatan 2 buah *spindle* utama yang masing-masing terdiri dari 5 buah slicer adalah 2000 rpm. Proses menuai tebu yang dilakukan mesin ini saat menggunakan *slicer* produksi PT. Ku Lin Taiwan menurut penelitian, ditemukan bahwa slicer yang berjumlah 10 buah untuk setiap proses peneuaian dapat bertahan selama 4 jam dengan hasil kurang lebih 100 ton, setelah itu *slicer* harus diganti karena sudah mengalami kerusakan atau deformasi keausan dan pecah. Pada (Gambar 2.5) kerusakan atau deformasi akibat beban kerja mengakibatkan kegagalan fungsi *slicer* yaitu keausan dan pecah akibat benturan dengan material keras didalam tanah.



Gambar 5. *Slicer Sugarcane Harvester* mengalami aus (kiri) dan mengalami aus dan pecah (kanan)

### Baja pegas (*spring steel*)

Pegas daun (*Leaf Spring*) adalah suatu komponen yang berfungsi untuk menerima beban dinamis dan memberikan kenyamanan dalam kendaraan bermotor. Dengan kondisi pembebanan yang diterima tersebut, material pegas daun harus memiliki kekuatan *elastic* tinggi dan diimbangi juga dengan ketangguhan yang tinggi. Salah satu pegas yang umum digunakan pada kendaraan bermotor roda empat adalah pegas daun. Pada aplikasinya pegas daun umumnya digunakan pada bagian roda belakang. Jenis model pegas yang ada sangatlah bermacam-macam, diantaranya pegas daun, pegas helix, pegas torsi, pegas cakram dan lain-lain. Jenis-jenis pegas tersebut memiliki karakteristik yang berbeda satu dan lainnya. Disamping itu juga memiliki perbedaan pada material yang digunakan dan sifat mekaniknya, Hal ini disesuaikan dengan standar proses

pembuatan pegas yang ada. Salah satu material dasar yang digunakan untuk pegas daun adalah JIS SUP 9A. Material JIS SUP 9A mempunyai kekuatan tarik yang tinggi, kekuatan *elastic* yang baik dan ketahanan terhadap korosi yang lebih baik dari baja karbon lainnya (Rabiatul Adawiyah, 2014). Pada proses produksi material JIS SUP 9A ini, proses perlakuan panas merupakan bagian dari proses finishing, agar sifat mekanik akhir dari material tersebut akan menjadi lebih baik dari material awal. Menurut JIS G 4801, 1981. Baja SUP dibagi menjadi sembilan grade, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pembagian baja SUP dan penggunaannya.

Designation of grade		Remark
SUP 3	High Carbon Steel	Mainly used for laminated
SUP 6	Silicon	
SUP 7	Manganese Steel	Mainly used for laminated spring,
SUP 9	Manganese	coiled spring, and
SUP9A	Chromium Steel	torsion bar spring.
SUP 10	Chromium Vanadium Steel	Mainly used for coiled spring, and torsion bar spring.
SUP 11A	Manganese Chromium Boron Steel	Mainly used for laminated spring, coiled spring, and torsion bar spring.
SUP 12	Silicon Chromium Steel	Mainly used for spring.
SUP 13	Chromium Molybdenum Steel	Mainly used for laminated spring and coiled spring.

Dari hasil pengujian komposisi kimia, bahan pegas daun truk bekas tebal 14 mm telah diketahui komposisi kimianya, yaitu sebagai berikut;

Tabel 2. Komposisi kimia pegas daun truk bekas tebal 14 mm.

Unsur Kimia	% Unsur	Unsur Kimia	% Unsur
Fe	96,9900	W	-0,0002
S	0,0179	P	0,0155
Al	0,0088	Cu	0,0557

C	0,5597	Ti	0,0077
Ni	0,0314	N	0,0290
Si	0,3540	Pb	0,0080
Cr	0,9287	Sb	0,0074
V	0,0050	Ca	0,0000
Mn	0,9111	Mg	0,0003
Mo	0,0024	Zn	0,0001



**Gambar 6.** Potongan pegas daun truk bekas tebal 14 mm.

### Waktu penahanan (*holding time*)

*Holding time* dilakukan untuk mendapatkan kekerasan maksimum dari suatu bahan pada proses *hardening* dengan menahan pada temperatur pengerasan untuk memperoleh pemanasan yang homogen sehingga struktur austenitnya homogen atau terjadi kelarutan karbida ke dalam austenit dan difusi karbon dan unsur paduannya (Margono, 2008). Pada saat tercapainya temperatur kritis atas, struktur sudah hampir seluruhnya austenit. Tetapi pada saat itu austenit masih berbutir halus dan kadar karbon serta unsur paduannya belum homogen dan biasanya masih ada karbida yang belum larut. Untuk itu baja perlu ditahan pada temperatur austenit beberapa saat untuk memberi kesempatan larutnya karbida dan lebih homogenya austenit. Dan lamanya waktu penahan ini tergantung pada :

1. Tingkat kelarutan karbida.
2. Ukuran butir yang diinginkan.
3. Laju pemanasan.
4. Ketebalan spesimen (ukuran penampang).

### Media pendingin *quenching*

Media pendingin yang digunakan untuk mendinginkan baja bermacam-macam. Berbagai bahan pendingin yang

digunakan dalam proses perlakuan panas antara lain :

#### 1. Air

Pendinginan dengan menggunakan air akan memberikan daya pendinginan yang cepat. Air memiliki karakteristik yang khas yang tidak dimiliki oleh senyawa yang lain. Karakteristik tersebut adalah sebagai berikut [1]. Konduktivitas termal air yaitu 0,556 k (w/m. C<sup>0</sup>). Pada kisaran suhu yang sesuai bagi kehidupan, yakni 0<sup>0</sup> C (32<sup>0</sup> F) – 100<sup>0</sup> C, air berwujud cair. Suhu 0<sup>0</sup> C merupakan titik beku (*freezing point*) dan suhu 100<sup>0</sup> C merupakan titik didih (*boiling point*) air.

Perubahan suhu air berlangsung lambat sehingga air memiliki sifat sebagai penyimpan panas yang sangat baik. Sifat ini memungkinkan air tidak menjadi panas atau dingin dalam seketika [1].

#### 2. Pelumas oli SAE 40

Pelumas yang digunakan sebagai fluida pendingin dalam perlakuan panas adalah yang dapat memberikan lapisan karbon pada permukaan benda kerja yang diolah, untuk konduktivitas termal oli 0,147 k (w/m. C<sup>0</sup>). Viskositas oli dan bahan dasar oli membawa pengaruh dalam mendinginkan spesimen.

Ada tiga faktor yang mempengaruhi viskositas, yaitu komposisi, suhu, dan tekanan. Angka viskositas biasanya ditinjau dengan SAE (*Society of Automotive Engine*) dan disertai angka. Angka menunjukkan pada kelompok mana viskositas itu termasuk [2].

Dengan adanya perkembangan teknologi lebih dari satu tingkat klasifikasi viskositasnya yang dikenal dengan minyak pelumas multigrade. Penulisan angka viskositas misalnya SAE 10W – 40 dengan maksud standar olinya SAE 10W pada suhu 20<sup>0</sup>C dan standar SAE 40 pada suhu 100<sup>0</sup> C. Sehingga pelumas ini bila digunakan

dalam lingkungan suhu dingin akan bersikap sebagai pelumas SAE 10W sedangkan bila digunakan dalam lingkungan suhu panas akan bersikap sebagai minyak pelumas SAE 40 [2].

### 3. Air garam

Air garam dipakai sebagai bahan pendingin disebabkan memiliki sifat mendinginkan yang teratur dan cepat, konduktivitas termal air garam 0,518 k(w/m. C<sup>0</sup>). Bahan yang didinginkan didalam cairan garam yang akan mengakibatkan ikatannya menjadi lebih keras karena pada permukaan benda kerja tersebut akan meningkat zat arang [1].

## Metode Penelitian

Alur Penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut;

1. Penyiapan Bahan
2. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja pegas daun jenis truk 8 DC 9 Mitsubishi berbentuk pelat memanjang.
3. Pembuatan Benda Uji
4. Pemotongan bahan dengan ketebalan 10 mm, menggunakan gerinda mesin pendinginan dengan air untuk menjaga kestabilan struktur internal agar tidak panas. Adapun benda uji penelitian berjumlah 26 buah, masing-masing 19 buah untuk pengujian *impact* dan 7 buah untuk pengujian kekerasan. Sedangkan masing-masing diambil 1 (satu) buah sebagai pembanding atau *raw material*.
5. Pengujian Komposisi Kimia
6. Pengujian ini dilakukan untuk memeriksa dan mengetahui jumlah (prosentase) kandungan unsur paduan yang terdapat pada spesimen, terutama kadar unsur karbon (C).
7. Perlakuan Panas
8. Perlakuan panas dengan menggunakan dapur pemanas (*furnace*), pada temperatur pemanasan 850° C dan waktu tahan 30 menit dan 60 menit.
9. Alat-alat dan bahan yang digunakan antara lain: dapur pemanas (*furnace*),

sedangkan media *quenching*: air tawar suhu ruang, garam NaCl dan oli.

### 10. Pengujian *Impact*

11. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui keuletan dan ketahanan benda uji terhadap beban dinamis. Uji *impact* digunakan metode *Charpy*
12. Pengamatan dilakukan di bawah mikroskop *Olympus Metallurgical Microscope* dengan pembesaran 200x dan 500x, sedangkan untuk pemotretan dilakukan dengan tambahan alat *Olympus Photomicrographic System*.
13. Pengujian Kekerasan
14. Pengujian kekerasan pada penelitian ini adalah menggunakan uji kekerasan *Micro Hardness Vickers*. Alat yang digunakan adalah *Micro Hardness Tester*. Indentor (penetrator) yang digunakan berupa piramida intan dengan bermacam-macam diameter. Diagonal-diagonal piramida yang digunakan adalah d1 (mm) dan d2 (mm). Sedangkan beban penekanan yaitu 100 kgf dengan waktu pembebanan selama ± 10 detik.

## Hasil dan Pembahasan

Setelah pembentukan benda uji (*spesimen*) yang terdiri dari 7 kelompok material dan pelaksanaan perlakuan panas dengan temperatur 850<sup>0</sup>C dengan waktu tahan selama 30 menit dan 60 menit. Dan metode *quenching* dengan 3 variabel media pendingin air, air garam, dan oli selanjutnya dilakukan uji sifat mekanis meliputi uji kekerasan dan uji *impact*. Untuk memudahkan dalam membaca, material yang digunakan untuk penelitian ini diberikan pengkodean sebagai berikut:

Tabel 3. Kode Material Pengujian

No	Kode Material	Jenis Material
1	A0	Tanpa Perlakuan Panas
2	B1	Pendinginan Oli Dengan Temperatur 850 <sup>0</sup> C Dan <i>Holding Time</i> 30 menit
3	B2	Pendinginan Air Garam Dengan Temperatur 850 <sup>0</sup> C Dan <i>Holding Time</i> 30 menit
4	B3	Pendinginan Air Dengan Temperatur 850 <sup>0</sup> C Dan <i>Holding Time</i> 30 menit

5	C1	Pendinginan Oli Dengan Temperatur 850°C Dan <i> Holding Time </i> 60 menit
6	C2	Pendinginan Air garam Dengan Temperatur 850°C Dan <i> Holding Time </i> 60 menit
7	C3	Pendinginan Air Dengan Temperatur 850°C Dan <i> Holding Time </i> 60 menit

### Hasil uji kekerasan

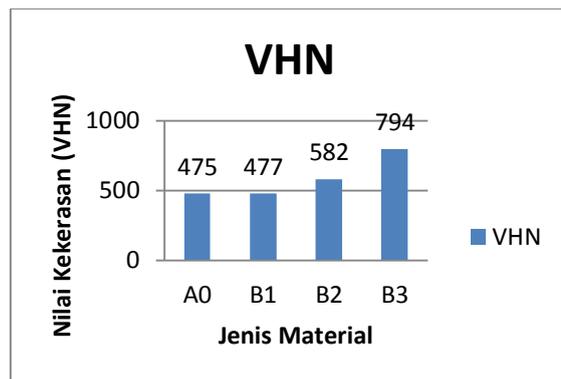
Pengujian kekerasan dilakukan dengan uji kekerasan *Vickers Micro Hardness*. Data kekerasan pada material tanpa perlakuan panas dan menggunakan perlakuan panas dengan temperatur 850°C menggunakan metode *quenching* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Nilai Uji Keras Untuk Material Tanpa Perlakuan Panas

Titik ke..	Kode Material	Diag.1 (mm)	Diag.2 (mm)	Diag. Rata-rata (mm)	VHN	VHN Rata-rata
1	A0	0,632	0,623	0,6275	471	
2	A0	0,613	0,616	0,6145	491	475
3	A0	0,639	0,628	0,6335	462	

Tabel 5. Hasil Nilai Uji Keras Untuk Material Dengan Temperatur 850°C Dan  *Holding Time*  30 Menit

Titik ke..	Kode Material	Diag.1 (mm)	Diag.2 (mm)	Diag. Rata-rata (mm)	VHN	VHN Rata-rata
1	B1	0,626	0,638	0,632	464	
2	B1	0,627	0,628	0,6275	471	477
3	B1	0,612	0,609	0,6105	497	
1	B2	0,576	0,561	0,5685	574	
2	B2	0,559	0,555	0,557	598	582
3	B2	0,574	0,562	0,568	575	
1	B3	0,481	0,484	0,4825	796	
2	B3	0,493	0,493	0,493	763	794
3	B3	0,476	0,474	0,475	822	



Gambar 8. Perbandingan Material Tanpa Perlakuan Panas Dengan Media Pendingin Yang Berbeda Pada Temperatur 850°C Dengan  *Holding Time*  30 Menit Terhadap Kekerasan

Material yang diberi perlakuan panas dengan temperatur 850°C dan *holding time* 30 menit rata-rata nilai kekerasannya terendah sebesar 477 VHN dan tertinggi 794 VHN terhadap material tanpa perlakuan panas yang hanya sebesar 475 VHN.

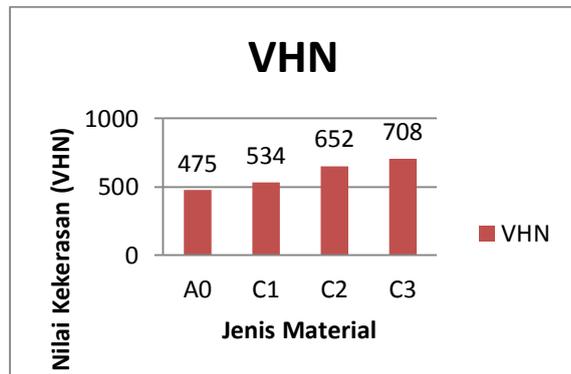
Pada temperatur 850°C dengan *holding time* 60 menit, nilai kekerasan material dapat dilihat dalam tabel dibawah ini.

Tabel 6. Hasil Nilai Uji Keras Untuk Material Dengan Temperatur 850°C Dan  *Holding Time*  60 Menit

Titik ke..	Kode Material	Diag.1 (mm)	Diag.2 (mm)	Diag. Rata-rata (mm)	VHN	VHN Rata-rata
1	C1	0,532	0,546	0,539	638	
2	C1	0,629	0,621	0,625	475	534
3	C1	0,612	0,619	0,6155	489	
1	C2	0,504	0,518	0,511	710	
2	C2	0,571	0,566	0,5685	574	652
3	C2	0,525	0,525	0,525	673	
1	C3	0,515	0,507	0,511	710	
2	C3	0,524	0,524	0,524	675	708
3	C3	0,499	0,502	0,5005	740	

Grafik perbandingan material tanpa perlakuan panas terhadap material dengan media pendingin yang berbeda (air,

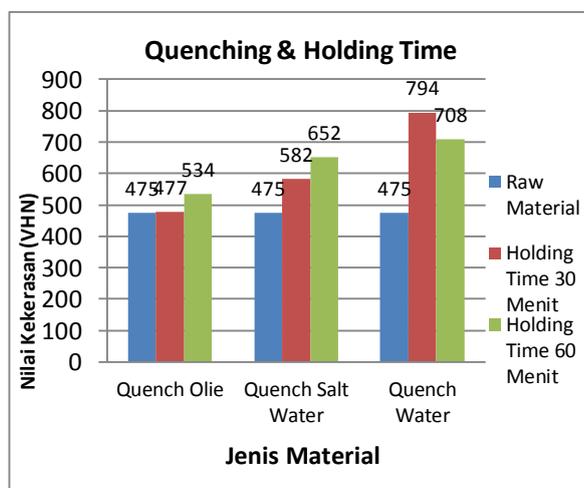
air garam, dan oli) pada temperatur 850<sup>0</sup> C dengan *holding time* 60 menit.



Gambar 9. Perbandingan Material Tanpa Perlakuan Panas Dengan Media Pendingin Yang Berbeda Pada Temperatur 850<sup>0</sup>C Dengan *Holding Time* 60 Menit Terhadap Kekerasan.

Material yang diberi perlakuan panas dengan temperatur 850<sup>0</sup>C dan *holding time* 60 menit nilai kekerasannya terendah sebesar 534 VHN dan tertinggi 708 VHN sedangkan pada media pendingin oli nilai kekerasannya lebih tinggi dari material tanpa perlakuan panas yaitu sebesar 534 VHN, sementara nilai kekerasan material tanpa perlakuan panas sebesar 475 VHN.

Pada grafik dibawah ini akan dijelaskan perbandingan nilai kekerasan yang paling tinggi pada setiap *holding time* nya.



Gambar 10. Perbandingan Nilai Kekerasan Pada Setiap *Holding Time* Yang Berbeda

Dengan Material Tanpa Perlakuan Panas. Proses perlakuan panas pada temperatur 850<sup>0</sup>C dengan *holding time* 30 menit memiliki nilai kekerasan tertinggi sebesar 794 VHN dan pada temperatur 850<sup>0</sup>C dengan *holding time* 60 menit sebesar 708 VHN. Nilai kekerasan yang paling tinggi pada grafik ini yaitu pada temperatur 850<sup>0</sup>C dengan *holding time* 30 menit dan media pendingin air.

### Hasil uji *impact*

Pengujian *impact* dilakukan dengan uji *impact Charpy*. Data dari pengujian *impact* pada material tanpa perlakuan panas dan menggunakan perlakuan panas dengan temperatur 850<sup>0</sup> C dan *holding time* 30 menit dan 60 menit menggunakan metode *quenching* dapat dilihat tabel dibawah ini.

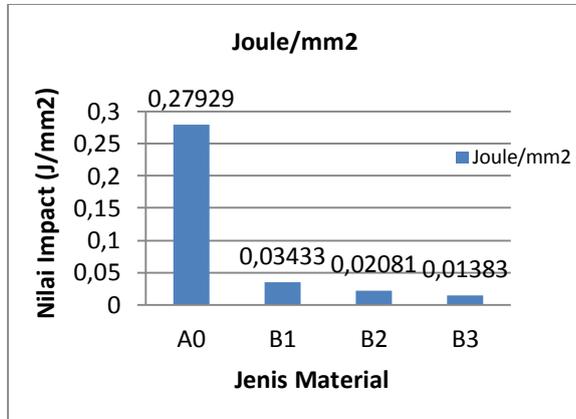
Tabel 7. Tabel Hasil Uji *Impact* Tanpa Perlakuan Panas

No	Kode Material	Sudut Simpang Bandul		h1	h2	Energi Diserap (mkg)	Luas Penampang Patah (mm <sup>2</sup> )	Harga Impact Charpy (mkg/mm <sup>2</sup> )
		α (°)	β (°)					
1	A0	135	124	1,37	1,25	26	93,095	0,27929

Tabel 8. Tabel Hasil Uji *Impact* Dengan Temperatur 850<sup>0</sup> C Dan *Holding Time* 30 Menit

Kode Material	Sudut Simpang Bandul		h1	h2	Energi Diserap (mkg)	Luas Penampang Patah (mm <sup>2</sup> )	Harga Impact Charpy (mkg/mm <sup>2</sup> )	Harga Impact Charpy Rata-rata (mkg/mm <sup>2</sup> )
	α (°)	β (°)						
B 1.1	135	133	1,37	1,35	3	85,162	0,03523	0,03433
B 1.2	135	133	1,37	1,35	3	87,898	0,03413	
B 1.3	135	133	1,37	1,35	3	89,225	0,03362	
B 2.1	135	134	1,37	1,36	1,5	88,426	0,01696	0,02081
B 2.2	135	134	1,37	1,36	2	85,869	0,02329	
B 2.3	135	134	1,37	1,36	2	90,204	0,02217	
B 3.1	135	134	1,37	1,36	1	88,552	0,01129	0,01383
B 3.2	135	134	1,37	1,36	1,2	88,568	0,01355	
B 3.3	135	134	1,37	1,36	1,5	90,119	0,01664	

Grafik perbandingan harga *impact* material tanpa perlakuan panas dengan material yang diberikan perlakuan panas pada temperatur 850<sup>0</sup> C dengan *holding time* 30 menit



Gambar 11. Perbandingan Harga *Impact* Material Tanpa Perlakuan Panas Dengan Material Yang Diberikan Perlakuan Panas Pada Temperatur 850<sup>0</sup> C Dengan *Holding Time* 30 Menit.

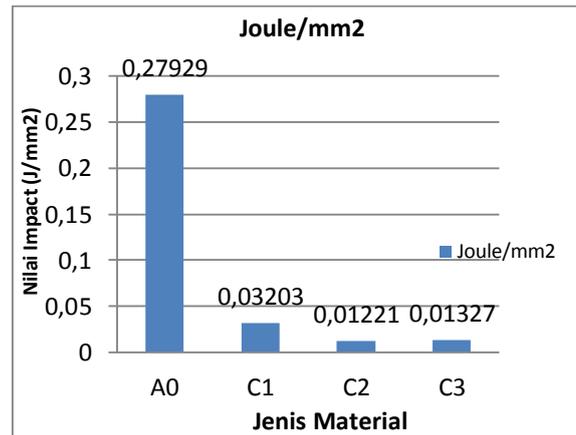
Material yang diberikan perlakuan panas pada temperatur 850<sup>0</sup> C dengan *holding time* 30 menit harga *impact* nya yaitu pada media pendingin oli sebesar 0,03433 J/mm<sup>2</sup> mengalami penurunan sebesar 87,71%, media pendingin air garam sebesar 0,02081 J/mm<sup>2</sup> mengalami penurunan sebesar 92,55% dan media pendingin air sebesar 0,01383 J/mm<sup>2</sup> mengalami penurunan sebesar 95,05 %. Uji *Impact* dapat dilihat dalam tabel dibawah ini.

Tabel 9. Tabel Hasil Uji *Impact* Dengan Temperatur 850<sup>0</sup>C Dan *Holding Time* 60 Menit

Kode Material	Sudut Simpang Bandul		h1	h2	Energi Diserap (mkg)	Luas Penampang Patah (mm <sup>2</sup> )	Harga Impact Charpy (mkg/mm <sup>2</sup> )	Harga Impact Charpy Rata-rata (mkg/mm <sup>2</sup> )
	α (°)	β (°)						
C 1.1	135	134	1,37	1,36	3	88,139	0,03404	
C 1.2	135	134	1,37	1,36	2,5	86,818	0,02879	0,03203
C 1.3	135	134	1,37	1,36	3	90,160	0,03327	
C 2.1	135	135	1,37	1,37	1	92,123	0,01085	
C 2.2	135	134	1,37	1,36	1,3	88,282	0,01473	0,01221

C 2.3	135	135	1,37	1,37	1	90,528	0,01105	
C 3.1	135	134	1,37	1,36	1,5	88,506	0,01695	
C 3.2	135	135	1,37	1,37	1	88,509	0,01130	0,01327
C 3.3	135	135	1,37	1,37	1	86,403	0,01157	

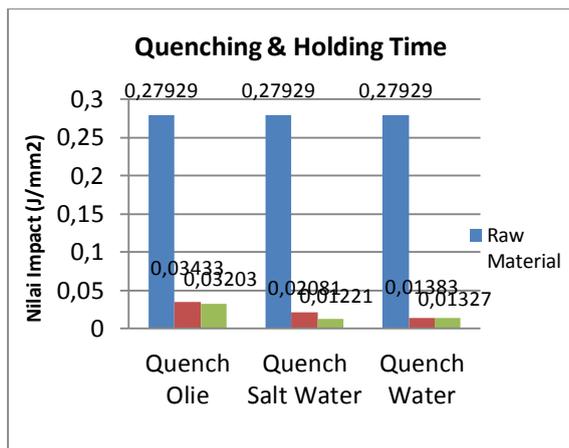
Grafik perbandingan harga *impact* material tanpa perlakuan panas dengan material yang diberikan perlakuan panas pada temperatur 850<sup>0</sup> C dengan *holding time* 60 menit.



Gambar 12. Perbandingan Harga *Impact* Material Tanpa Perlakuan Panas Dengan Material Perlakuan Panas Pada Temperatur 850<sup>0</sup> C Dengan *Holding Time* 60 Menit.

Material yang diberikan perlakuan panas pada temperatur 850<sup>0</sup> C dengan *holding time* 60 menit harga *impact* nya yaitu pada media pendingin oli sebesar 0,03203 J/mm<sup>2</sup> mengalami penurunan sebesar 88,53%, media pendingin air garam sebesar 0,01221 J/mm<sup>2</sup> mengalami penurunan sebesar 95,63% dan media pendingin air sebesar 0,01327 J/mm<sup>2</sup> mengalami penurunan sebesar 95,25%.

Pada grafik dibawah ini akan dijelaskan perbandingan nilai uji *impact* yang paling tinggi pada setiap *holding time* nya.



Gambar 13. Perbandingan Nilai Uji *Impact* Pada Setiap  *Holding Time* Yang Berbeda Dengan Material Tanpa Perlakuan Panas. Nilai uji  *impact* pada setiap  *holding time* nya pada media  *quenching* oli, air garam, dan air. Proses perlakuan panas pada temperatur 850<sup>0</sup> C dengan  *holding time* 30 menit memiliki nilai  *impact* tertinggi sebesar 0,03433 J/mm<sup>2</sup> dan pada temperatur 850<sup>0</sup>C dengan  *holding time* 60 menit sebesar 0,03203 J/mm<sup>2</sup>. Nilai  *impact* yang paling tinggi pada grafik ini yaitu pada temperatur 850<sup>0</sup> C dengan  *holding time* 30 menit dan media pendingin oli.

### Hasil perbandingan unjuk kerja pegas daun

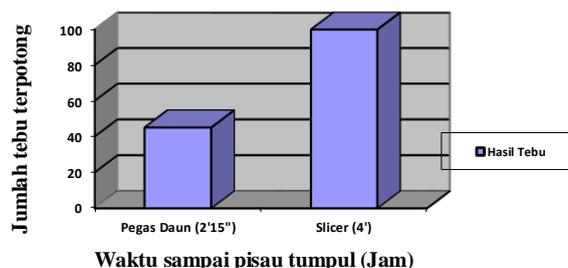
Data yang diambil dari proses penuaian tebu di lahan PT. Gula Putih Mataram menggunakan pegas daun yang telah dibentuk menjadi  *slicer* dan mengalami perlakuan panas dengan temperatur 850<sup>o</sup> C dan  *holding time* 30 menit menggunakan metode  *quenching* oli dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 10. Tabel Hasil Perbandingan Unjuk Kerja Terhadap Waktu Pemakaian Pisau Dan Jumlah Tebu Yang Dipanen

No	Kondisi Pengujian	Slicer PT. Ku Lin	Slicer Pegas Daun
1	Traktor yang digunakan	John Deere 3520 Sugarcane Harves	John Deere 3520 Sugarcane Harvester

ter			
2	Kecepatan maju traktor	10 km/jam	10 km/jam
3	Kecepatan 2 spindle utama	2000 rpm	2000 rpm
4	Jumlah pisau yang dipasang	10 pcs	10 pcs
5	Waktu sampai pisau tumpul	4 jam	2 jam 15 menit
6	Hasil tebu yang terpotong	100 ton	45 ton

Di bawah ini ditampilkan grafik perbandingan unjuk kerja terhadap waktu pemakaian pisau dan jumlah tebu yang dipanen pada  *slicer* pegas daun dan  *slicer* PT. Ku Lin



Gambar 14. Perbandingan Unjuk Kerja Slicer Terhadap Waktu Pemakaian Dan Jumlah Tebu Yang Dipanen.

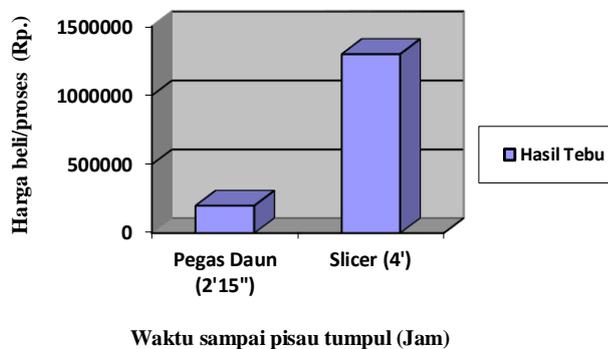
Pada penelitian dengan cara membandingkan unjuk kerja pegas daun dengan  *slicer* PT. Ku Lin terhadap biaya pengadaan  *slicer* dan pegas daun sebagai alternatif pengganti untuk mempermudah dalam pembacaan, nilai perbandingan unjuk kerjanya dapat dilihat dalam tabel dibawah ini.

Tabel 11. Tabel Hasil Perbandingan Unjuk Kerja Terhadap Biaya Pengadaan Slicer Dan Pegas Daun Sebagai Alternatif Pengganti

No	Kondisi Pengujian	Slicer PT. Ku Lin	Slicer Pegas Daun
----	-------------------	-------------------	-------------------

1	Asal material	Import	Bekas pakai truk Mitsubishi 8DC9 di PT. GPM
2	Proses mesin	Tidak ada (siap pakai)	Bubut, Milling dan Surface Grinding
3	Perlakuan panas	Tidak ada (siap pakai)	Suhu 850°C holding time 30 menit quench oli
4	Harga beli/proses	Rp. 1.300.000/pcs	± Rp. 200.000/pcs

Berikut ditampilkan grafik perbandingan unjuk kerja terhadap biaya pengadaan slicer dan pegas daun sebagai alternatif pengganti.



Gambar 15. Perbandingan Unjuk Kerja Slicer Terhadap Biaya Pengadaan Dan Pegas Daun Sebagai Alternatif Pengganti.

## Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Pengaruh *holding time* pada proses *heat treatment* terhadap kekerasan dari pegas daun yaitu pada temperatur 850°C dengan *holding time* 30 menit untuk nilai kekerasan yang terbaik adalah 794 VHN meningkat dari 475 VHN.
2. Pengaruh *holding time* pada proses *heat treatment* terhadap kekuatan *impact* dari pegas daun yaitu pada temperatur 850°C dengan *holding time* 30 menit untuk kekuatan *impact* yang terbaik adalah 0,03433 J/mm<sup>2</sup> mengalami penurunan dari 0,27929 J/mm<sup>2</sup>.

3. Pengaruh media pendingin pada proses *heat treatment* terhadap kekerasan dari pegas daun yaitu pada temperatur 850°C dengan media pendingin air untuk nilai kekerasan yang terbaik adalah 794 VHN mengalami kenaikan 67,16%.
4. Pengaruh media pendingin pada proses *heat treatment* terhadap kekuatan *impact* dari pegas daun yaitu pada temperatur 850°C dengan media pendingin oli untuk nilai kekuatan *impact* yang terbaik adalah 0,03433 J/mm<sup>2</sup> mengalami penurunan 87,71%.
5. Pengaruh *holding time* ideal dan media pendingin yang paling optimal pada proses *heat treatment* terhadap kekerasan dari pegas daun yaitu pada temperatur 850°C dengan *holding time* 30 menit dan media pendingin air untuk nilai kekerasan yang terbaik adalah 794 VHN meningkat dari 475 VHN atau meningkat 67,16%.
6. Pengaruh *holding time* ideal dan media pendingin yang paling optimal pada proses *heat treatment* terhadap kekuatan *impact* dari pegas daun yaitu pada temperatur 850°C dengan *holding time* 30 menit dan media pendingin oli untuk nilai kekuatan *impact* yang terbaik adalah 0,03433 J/mm<sup>2</sup> menurun dari 0,27929 J/mm<sup>2</sup> atau menurun sampai 87,71%.  
Sehingga oli adalah media yang paling optimal untuk perubahan sifat mekanik pegas daun truk bekas.
7. Perbandingan unjuk kerja antara *slicer* dari PT. Ku Lin dan *slicer* dari pegas daun bekas Mitsubishi 8DC9 pada kondisi operasional yang sama, kecepatan maju mesin 10 km/jam dan kecepatan 2 buah *spindle* utama yang masing-masing terdiri dari 5 buah *slicer* dari pegas daun adalah 2000 rpm. Maka ditemukan hasil pengujian langsung bahwa *slicer* yang berjumlah 10 buah untuk setiap proses penuaian hanya dapat bertahan selama 2 jam 15 menit dengan hasil kurang lebih 45 ton, setelah itu *slicer* harus diganti

karena sudah mengalami kerusakan dan keausan.

Teknik Mesin: Universitas Tadulako, Palu.

## Referensi

- [1] Arief Murtiono. (2012). “Pengaruh Quenching Dan Tempering Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Serta Struktur Mikro Baja Karbon Sedang Untuk Mata Pisau Pemanen Sawit”. *Jurnal e-Dinamis* Volume 2. No 2 September 2012. Medan: Universitas Sumatra Utara.
- [2] Bambang Tri Wibowo. (2006). “Pengaruh Temper Dengan Quenching Media Pendingin Oli Mesran SAE 40 Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Baja ST 60”. Skripsi. Semarang: Pendidikan Teknik Mesin S1 Universitas Negeri Semarang.
- [3] Purboputro, P. Ilmu. 2009. Peningkatan Kekuatan Pegas Daun dengan Cara Quenching. *Jurnal Media Mesin* Volume 10 Nomor 1 Hal.18 ISSN 1411-4348.
- [4] Groenendijk, G; Van Der Linde, J.; Sachri, S. (Alih Bahasa), 1984, *Pengujian Material*, Cetakan ke-1, CV. Binacipta, Jakarta
- [5] Lawrence H. Van Vlack. (1992). “Ilmu Dan Teknologi Bahan”. Michigan : University Of Michigan.
- [6] Margono (2008). “Pengaruh Perbedaan Waktu Penahan Suhu Stabil (Holding Time) Terhadap Kekerasan Logam”. *Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah*, Volume 6 N0. 2. Desember 2008. Staf Pengajar D3 Fakultas Teknik UNDIP, Semarang.
- [7] Muhammad Zuchry M, (2012). “Pengaruh Temperatur Dan Bentuk Takikan Terhadap Kekuatan Impak Logam”. *MEKTEK Tahun XIV* No.1, Januari 2012. Staff Pengajar Jurusan
- [8] Nukman. (2009). “Ketangguhan Beban Impak Dan Beban Tarik Maksimum Pada Pelat Baja Berlapis Akibat Quenching Dan Normalizing”. *Jurnal Rekayasa Mesin* Volume 9. No 3, Nopember 2009.: Jurusan Teknik Mesin S1 Universitas Sriwijaya Palembang.
- [9] “Pedoman Penulisan Karya Ilmiah”. Universitas Muhammadiyah Metro. (2016).
- [10] Persson, S. (1987). *Mechanics of Cutting Plant Material*. Michigan: America Society of Agricultural Engineers.
- [11] Pramuko Ilmu Purboputro. (2009). “Peningkatan Kekakuan Pegas Daun Dengan Cara Quenching”. *Media Mesin* Volume 10. No 1, Januari 2009, 15–21 ISSN 1411-4348. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [12] Rabiatal Adawiyah, Murdjani, Anang Hendrawan. (2014). “Pengaruh Perbedaan Media Pendingin Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Pegas Daun Dalam Proses Hardening”. *Jurnal POROS TEKNIK*, Volume 6, No. 2, Desember 2014 : 55-102. Staff Pengajar Jurusan Teknik Mesin: Politeknik Negeri Banjarmasin.
- [13] Rubijanto. (2006). “Pengaruh Proses Pendinginan Paska Perlakuan Panas Terhadap Uji Kekerasan (Vickers) Dan Uji Tarik Pada Baja Tahan Karat 304 Produksi Pengecoran Logam Di Klaten”. *Traksi*. Vol. 4. No. 1. Juni 2006.
- [14] Schonmetz, Alois Karl Gruber. 1985. *Pengetahuan Bahan Dalam*

Pengerjaan Logam. Alih Bahasa:  
Hardjapamekas Eddy D. Diplom-  
Ing. Angkasa, Bandung,

- [15] Syafriandi, 2016, Pengujian Kedalaman Kepras Dengan Menggunakan Alat Kepras Traktor Roda Dua Pada Tebu Ratoon, Pertanian Terpadu dan Berkelanjutan Berbasis Sumber Daya dan Kearifan Lokal di Era Masyarakat Ekonomi Asean (MEA), Seminar Nasional Dies Natalis ke-33 Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya, Palembang, 14 September 2016, Palembang, Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya, , 978-979-8389-24-5.
- [16] Suparjo. Purnomo. (2012). Variasi Temperatur Pemanasan Pada Proses Perlakuan Panas Terhadap Kekerasan Dengan Material SS-304L. Jurnal IPTEK Vol. 16 No. 2 Desember 2012. Surabaya: Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
- [17] Budianto, E., Chiron, M. A., & Darmadi, D. B. (2016). Hardening Baja AISI 1045 Menggunakan Gel Aloe Vera Sebagai Media Pendingin. *Rekayasa Mesin*, 7(2), 55-64.