

Studi Eksperimen Pengaruh Suhu *Tempering* Pada Baja Pegas JIS SUP 9 Terhadap *Impact*

Edo Riyan Permana

S1 Teknik Mesin Manufaktur, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: edorian87@gmail.com

Akhmad Hafizh Ainur Rasyid

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: akhmadrasyid@unesa.ac.id

Abstrak

Transportasi merupakan faktor penting yang digunakan dalam berkendara. Dari hasil survei truk yang ada jumlahnya sudah mencapai lebih dari 6.841 unit, mobil beban atau truk besar jumlahnya mencapai lebih dari 211.890 unit. Kondisi kerja suspensi yang berat pada truck maka akan cepat mengalami kelelahan dan harus mengganti dengan yang baru. Untuk meningkatkan umur pakai baja pegas dilakukan penelitian pengaruh suhu *tempering* pada baja pegas JIS SUP 9 terhadap *impact*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen (*experimental research*) yang bertujuan untuk mengetahui besarnya, nilai *impact* (uji takik) baja pegas hasil perlakuan panas *tempering* dengan variasi suhu. Variasi *tempering* atau pemanasan baja JIS SUP 9 yang digunakan yaitu suhu 420°C, 540°C dan 660°C. Dari hasil uji *impact* (nilai pukul takik) sebelum dan sesudah perlakuan panas *tempering* didapatkan hasil bahwa baja mengalami peningkatan. Nilai uji *impact* baja pegas sebelum perlakuan panas sebesar 1,221 kg.m/cm² sedangkan setelah hasil perlakuan panas dengan suhu 420°C mengalami peningkatan sebesar 1,389 kg.m/cm², perlakuan panas dengan suhu 540°C mengalami peningkatan sebesar 2,462 kg.m/cm² dan dengan perlakuan panas dengan suhu 660°C peningkatan sebesar 6,327 kg.m/cm².

Kata kunci: Baja Pegas, Suhu *Tempering*, Kekuatan *Impact*

Abstract

Transportation is an important factor used in driving. From the results of the survey of existing trucks already reached more than 6,841 units, the car load or large trucks amounted to more than 211,890 units. Conditions of heavy suspension work on the truck will quickly experience fatigue and have to replace with a new one. To increase the life span of spring steel, the temperature tempering influence on JIS SUP 9 spring steel against impact. The method used in this study is experimental (research experimental) which aims to determine the magnitude, impact value (test notch) spring steel heat treatment results tempering with temperature variations. Tempering variations or heating of JIS SUP 9 steel used are temperature 420°C, 540°C and 660°C. From the results of impact test (the value of the notch) before and after the heat treatment tempering obtained results that steel has increased. The value of impact test of spring steel before heat treatment is 1,221 kg.m/cm² whereas after heat treatment with temperature 420°C has an increase of 1,389 kg.m/cm², heat treatment with temperature 540 °C has increased by 2,462 kg.m/cm² and with heat treatment with a temperature of 660°C an increase of 6,327 kg.m/cm²

Keywords: Spring Steel, Tempering Temperature, Impact Strength

PENDAHULUAN

Dewasa ini perkembangan teknologi elektronik dan Transportasi merupakan faktor penting yang digunakan dalam berkendara. Berdasarkan survei dari Kapolda Jawa Timur data transportasi darat

merupakan hal paling sering diminati dan menunjang perekonomian karena mengalami penambahan setiap tahunnya. Hasil survei sepeda motor misalnya sudah tercatat lebih dari 3.122.901 unit, truk yang ada jumlahnya sudah mencapai lebih dari 6.841 unit, mobil beban atau truk besar jumlahnya mencapai

lebih dari 211.890 unit. Masih banyak lagi angkutan darat yang mengalami peningkatan seperti halnya angkutan umum.

Industri membutuhkan sarana transportasi untuk menyalurkan hasil produksinya dari gudang ke gudang atau dari gudang ke konsumen. Kapasitas truk atau mobil besar adalah 12 hingga 43 ton berdasarkan jumlah roda. Karena diperuntukkan untuk memuat beban yang berat, truk memerlukan suspensi yang baik sebagai faktor yang menunjang penggunaannya. Sistem suspensi yang baik dapat memperlancar kegiatan transportasi selain itu sebagai sarana kenyamanan.

Pegas daun merupakan salah satu komponen suspensi yang terdapat pada kendaraan berat yang berfungsi sebagai peredam getaran dan sekaligus sebagai penopang rangka kendaraan. Sistem suspensi berfungsi untuk meredam getaran, ayunan, dan guncangan yang diterima kendaraan pada saat melintasi jalanan yang bergelombang, berlubang dan tidak rata. Kondisi jalanan yang tidak baik sangatlah mengganggu kenyamanan dan bisa menyebabkan kecelakaan bagi pengendara, karena itu diperlukan suatu sistem dan komponen suspensi yang baik sebagai pendukung kenyamanan dan keselamatan penumpang.

Kondisi kerja kendaraan yang melintasi kondisi jalan yang kurang baik menyebabkan sistem suspensi bekerja berat dan pegas daun sebagai penopang akan menjadi komponen yang paling berat menerima beban. Selain faktor beban dan jalan raya cuaca juga merupakan hal yang mempengaruhi kinerja pegas daun. Seiring dengan perkembangan teknologi material dengan berbagai bentuk ilmu pengetahuan, maka dapat menyelesaikan tantangan yang muncul yaitu agar menambah atau meningkatkan umur pakai atau umur lelah baja pegas, tidak cepat mengganti pegas daun yang baru selain itu untuk membatasi pemakaian baja pegas maka untuk mengatasi itu dilakukanlah proses *manufaktur* yaitu perlakuan panas.

Proses manufaktur merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mengubah suatu desain menjadi produk dan menghasilkan produk yang dapat berfungsi sesuai dengan spesifikasinya atau dapat diterima oleh konsumen, dan mempunyai nilai ekonomis bagi produsen maupun konsumen (Dieter, 1987). Proses manufaktur pembuatan pegas menggunakan proses *heat treatment* yaitu proses *tempering* dengan menggunakan *raw material* baja pegas.

Baja saat ini merupakan bahan yang sering di pakai dalam berbagai macam kegiatan industri baik dalam

proses industri maupun sebagai komponen mesin, baja pegas merupakan salah satu material komponen otomotif yang bahan dasarnya adalah baja karbon. Dalam fungsinya pegas menerima beban dinamis (yang berulang-ulang) yang cukup besar dan akan mengalami kerusakan akibat lelah yang muncul setelah komponen tersebut menjalani fungsinya. Sekarang ini, banyak orang melakukan modifikasi pada pegas.

Baja yang di gunakan adalah baja pegas dengan kadar karbon 0,55% C yang merupakan baja karbon sedang, Karena baja mempunyai kisaran karbon 0,30-0,60% C (Daryanto, 2003). Baja pegas yang digunakan adalah baja pegas roda empat yang original dan memiliki spesifikasi sesuai dengan katalog mobil yang digunakan. Alasan memilih baja pegas roda empat karena memiliki *cost* dalam pembelian yang lebih rendah dari baja pegas beroda lebih dari empat, selain itu jika menggunakan baja pegas lebih dari empat dalam biaya perlakuan panas atau *tempering* sendiri juga akan menambah nilai *cost* yang lebih besar.

Pada pengaplikasian baja pegas sering di jumpai beberapa masalah, misalnya patah ditengah jalan akibat beban berlebih. Seringnya terjadi kerusakan ini akan sangat menghambat kegiatan transportasi dan memakan waktu, dan biaya pembelian barang baru dan kerugian yang tak terduga yang lainnya.

Proses pengerjaan baja sangat tergantung pada proses perlakuan panas yang digunakan untuk mendapatkan kualitas produk yang baik. Produk (baja) yang di hasilkan (harus) memiliki sifat mekanis, seperti sifat elastisitas, oleh karena itu baja yang sudah di bentuk memerlukan proses pemanasan dan pendinginan yang tepat terlebih dahulu guna mendapatkan sifat mekanis yang diinginkan. Waktu penahanan perlakuan panas, media pendinginan dan juga suhu pemanasan yang tepat, serta melihat perbandingan antara sebelum dan sesudah pemanasan (berpengaruh) terhadap sifat mekanis.

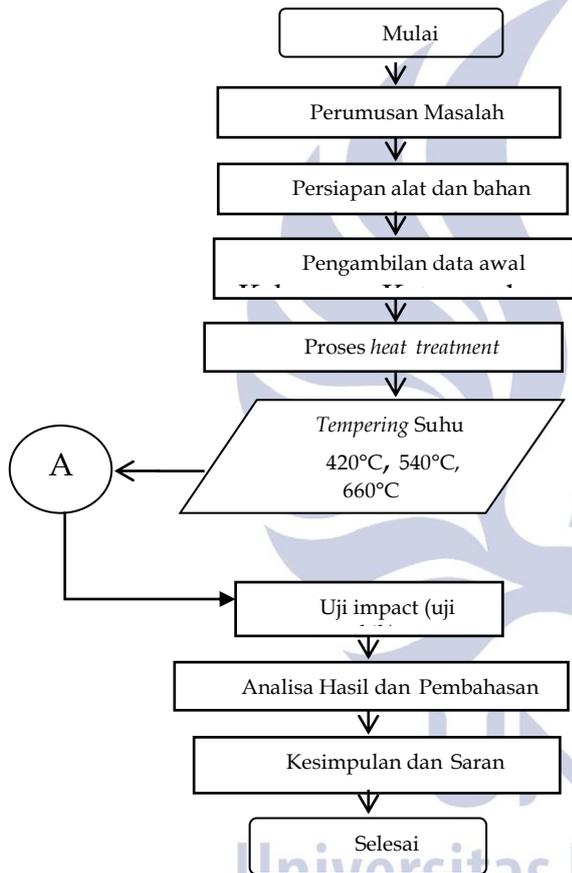
Seberapa besar perubahan kekuatan *impact* pada material baja pegas yang direkondisi dengan perlakuan panas sehingga perbandingan uji ketangguhan dengan kekuatan *impact* sangat menarik untuk diteliti. Untuk itu pada penelitian ini dilakukan studi eksperimen perbedaan perubahan perlakuan panas *tempering* pada baja pegas tersebut dengan menganalisis pengaruh yang ditimbulkan sebelum dan sesudah dilakukan perlakuan panas pada spesimen baja pegas.

Berdasarkan uraian diatas, di lakukan penelitian yang berjudul "Studi Eksperimen Pengaruh Suhu

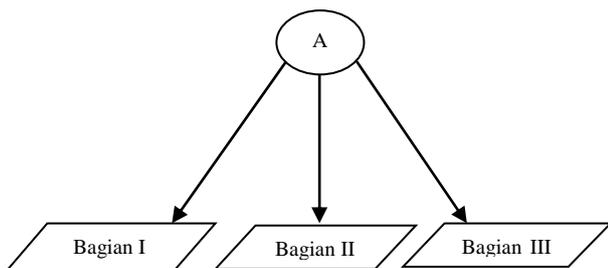
Tempering Pada Baja Pegas JIS SUP 9 terhadap Kekuatan *Impact*?

METODE

Penelitian eksperimen diartikan sebagai metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan. Metode penelitian ini penulis menggunakan jenis penelitian eksperimen (*experimental research*) yang bertujuan untuk mengetahui besarnya, nilai *impact* (uji takik) baja pegas hasil perlakuan panas *tempering* dengan variasi suhu. Baja jenis ini banyak diaplikasikan pada sistem transportasi, khususnya, seperti pada bagian rangka bawah pegas daun.



Keterangan : A = merupakan bagian sambungan bagan diatas



Gambar 1 Diagram alir penelitian

Variabel Penelitian

- Variabel Bebas
Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jenis variasi temperatur perlakuan panas (*heat treatment*) yang telah ditentukan yaitu variasi *tempering* 420°C, 540°C dan 660 °C.
- Variabel Terikat
Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai uji *impact* (uji takik).
- Variabel Kontrol
Variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga pengaruh variabel independen terhadap dependen tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah :
 - Waktu penahanan 15 menit
 - Waktu pendinginan
 - Takikan pada spesimen yang diuji berbentuk V *notch* sudut 45°
 - Sudut awal pendulum (A)

Alat dan Bahan

- Mesin Pemanas/Tungku pemanas
Pengujian ini berguna untuk membuat variasi perlakuan panas dengan suhu yang diperlukan. Alat ini merupakan yang dapat melakukan pemanasan dengan suhu 30°C-3000 °C.



Gambar 2 Tungku pemanas

- Mesin Uji *Impact*
Pengujian ini berguna untuk melihat dampak yang ditimbulkan oleh adanya benturan, *Impact* test bisa diartikan sebagai suatu tes yang mengukur kemampuan suatu bahan dalam menerima beban tumbuk atau beban kejut yang diukur dengan besarnya energi yang diperlukan untuk mematahkan spesimen.



Gambar 3 Mesin Uji Impact

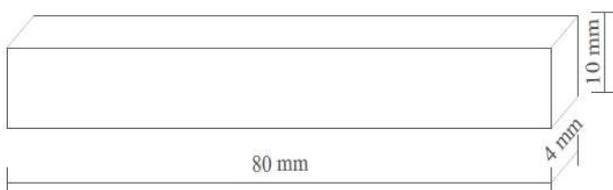
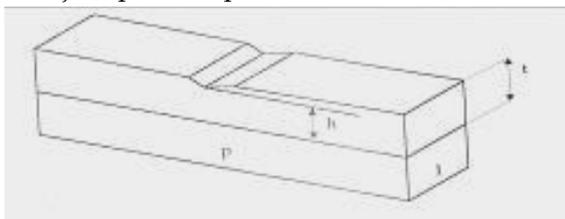
▪ Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu untuk baja material original dari baja pegas daun original tipe LJ410 berbentuk memanjang dan dipotong untuk digunakan sebagai sampel uji *impact* (uji takik) dan memiliki komposisi kimia

	Chemical Composition(%)					
	C	Si	Mn	P	S	Cr
SUP 9	0.52~ 0.60	0.15~0. 35	0.65~0. 95	0.035 max	0. 0.35 max	0.65~0 .95

Gambar 4 Komposisi kimia bahan

Sampel uji dalam hal ini adalah baja pegas original dengan ukuran sebagai berikut: $P \times L \times T = 880 \text{ mm} \times 50 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$, lalu dipotong kembali menjadi 12 spesimen ukuran ASTM A370 untuk pengujian *Impact* (uji takik) dan memiliki dimensi $P \times L \times T = 55 \text{ mm} \times 5 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$. Kemudian dipotong kembali dengan dimensi disesuaikan dengan standar pengujian yang akan digunakan dan sampel uji siap di beri perlakuan.



Gambar 5 Preparasi sampel uji

Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan melakukan percobaan variasi temperatur suhu 420°C , suhu 540°C dan suhu 660°C . Tujuan utama dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh proses perlakuan panas (*tempering*) dengan variasi temperatur terhadap uji *impact* (uji takik).

Teknik Analisa Data

Metode Analisis yang digunakan adalah metode asosiatif. Data yang sudah dikumpulkan akan digambarkan secara grafis dalam bentuk diagram batang maupun grafik dan dihitung untuk mengetahui seberapa besar tingkat pengaruh dari setiap variabel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Impact

Tabel 1 Hasil perhitungan dan eksperimen sebelum perlakuan panas *tempering*

Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji		
		Ta	Tt	Tb
Lebar, w	cm	0.995	0.992	1.020
Tebal dibawah takik, t	cm	0.822	0.792	0.817
Luas penampang, SO	cm ²	0.818	0.786	0.834
Sudut awal pendulum, A	°	60	60	60
sudut akhir pendulum, B	°	56	56	56
Energi yang diserap, E	Kg.m	0.990	0.990	0.990
Nilai pukul takik, K	Kg.m/cm ²	1.209	1.259	1.187

Tabel 2 Hasil perhitungan dan eksperimen sesudah perlakuan panas *tempering* suhu 420°C

Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji		
		Ta	Tt	Tb
Lebar, w	cm	1.011	0.950	1.044
Tebal dibawah takik, t	cm	0.784	0.792	0.811
Luas penampang, SO	cm ²	0.793	0.752	0.847
Sudut awal pendulum, A	°	60	60	60
sudut akhir pendulum, B	°	55.5	56	55.5
Energi yang diserap, E	Kg.m	1.110	0.990	1.110
Nilai pukul takik, K	Kg.m/cm ²	1.401	1.316	1.311

Tabel 3 Hasil perhitungan dan eksperimen sesudah perlakuan panas *tempering* suhu 540°C

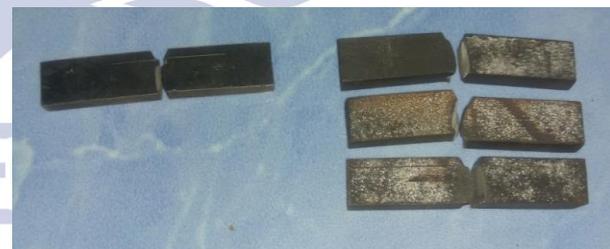
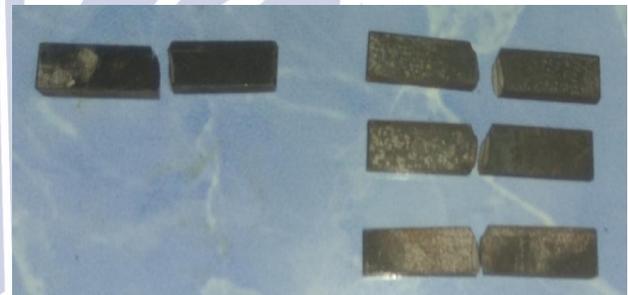
Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji		
		Ta	Tt	Tb
Lebar, w	cm	0.953	1.001	1.011
Tebal dibawah takik, t	cm	0.781	0.807	0.797
Luas penampang, SO	cm ²	0.744	0.808	0.806
Sudut awal pendulum, A	°	60	60	60
sudut akhir pendulum, B	°	52	52	52
Energi yang diserap, E	Kg.m	1.934	1.934	1.934
Nilai pukul takik, K	Kg.m/cm ²	2.598	2.394	2.399

Tabel 4 Hasil perhitungan dan eksperimen sesudah perlakuan panas *tempering* suhu 660°C

Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji		
		Ta	Tt	Tb
Lebar, w	cm	1.041	1.007	0.949
Tebal dibawah takik, t	cm	0.832	0.801	0.750
Luas penampang, SO	cm ²	0.867	0.807	0.712
Sudut awal pendulum, A	°	60	60	60
sudut akhir pendulum, B	°	35.5	37	39
Energi yang diserap, E	Kg.m	5.251	4.993	4.633
Nilai pukul takik, K	Kg.m/cm ²	6.059	6.183	6.507



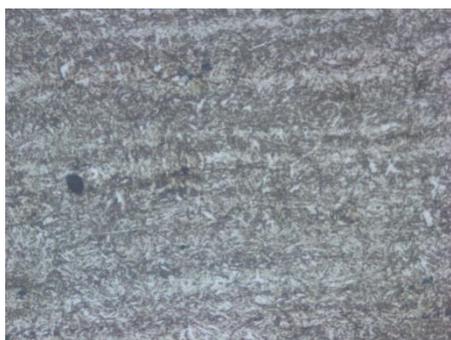
Gambar 6 Perbandingan benda kerja baja pegas JIS SUP 9 sebelum uji coba



Gambar 7 Perbandingan benda kerja baja pegas JIS SUP 9 sesudah uji coba



Struktur Mikro



Non tempering



Tempering suhu 420°C



Tempering suhu 540°C



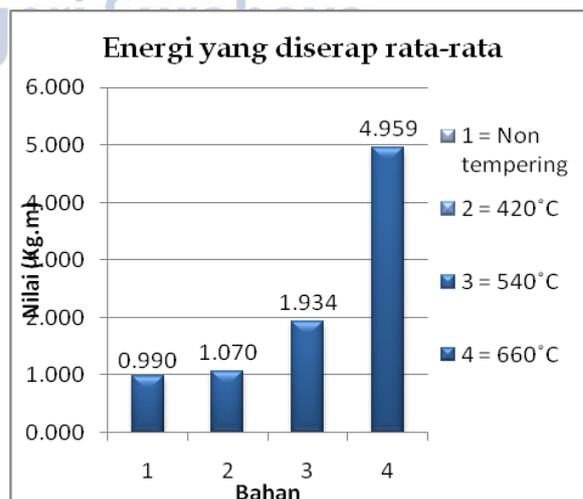
Tempering suhu 660°C

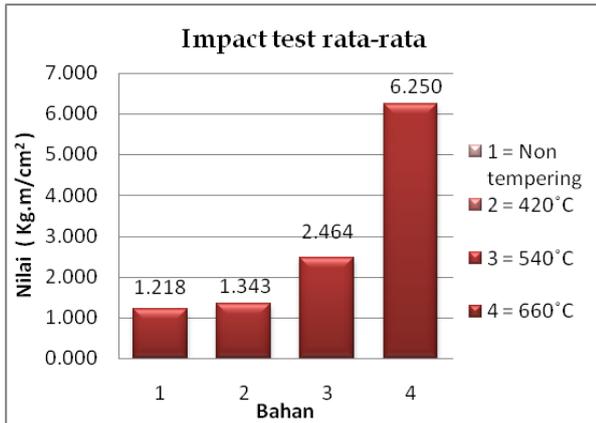
Gambar 8 Perbandingan foto mikro struktur sebelum dan sesudah *tempering* suhu 420°C, 540°C dan 660°C

Berdasarkan gambar, terlihat bahwa hasil perbandingan foto sebelum perlakuan panas dan sesudah perlakuan panas memiliki perbedaan yaitu dari perubahan distribusi ukuran butiran atau yang disebut *grain size*. Yang terjadi pada penelitian ini adalah perubahan struktur pengkristalan dari fasa *ferite* dan *perlite*. Fasa *ferite* adalah larutan padat karbon dan unsur paduan lainnya pada besi kubus pusat badan (Fe) sedangkan *perlite* adalah campuran *sementite* dan *ferite* yang memiliki kekerasan sekitar 10-30 HRC.

Hasil foto penelitian sebelum perlakuan panas atau *non tempering* yaitu bahan memiliki perubahan distribusi ukuran butiran atau yang disebut *grain size* yang tidak merata dari fasa *ferite* dan *perlite*. Untuk foto sesudah *tempering* dengan suhu 420°C sudah mulai perubahan struktur *grain size* yang merata dari fasa *ferite* dan *perlite* dengan perbandingan fasa *ferite* 50 % dan fasa *perlite* 50 %, foto sesudah *tempering* dengan suhu 540°C perubahan struktur *grain size* yang merata akan tetapi komposisi yang terkandung lebih besar fasa *perlite* dengan perbandingan fasa *ferite* 25 % dan fasa *perlite* 75 %, sedangkan foto sesudah *tempering* dengan suhu 660°C perubahan struktur *grain size* yang merata dan cenderung fasa *perlite* 100 %. Dengan hasil diatas, hasil pengkristalan fasa *ferite* menjadi *perlite* maka dengan perubahan struktur tersebut akan bertambah ulet dan berpengaruh dengan kekuatan *impact*, semakin besar fasa *perlite* semakin besar nilai pukul takik atau nilai *impact*

Grafik





Gambar 9 Grafik perbandingan rata-rata energi yang diserap (E) dan nilai pukul takik atau *impact* (K) sebelum dan sesudah perlakuan panas *tempering* suhu 420°C, 540°C dan 660°C

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil eksperimen dan pembahasan yang telah dilakukan tentang pengaruh baja pegas JIS SUP 9 sebelum dan sesudah perlakuan panas *tempering* dengan variasi suhu 420°C, 540°C, dan 660°C terhadap energi yang diserap dan nilai pukul takik atau kekuatan *impact*, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Baja pegas mengalami pengaruh pada proses laku panas *tempering* dengan variasi suhu yang berbeda-beda yaitu suhu 420 °C, 540 °C, dan 660 °C membuat mikrostruktur pada baja mengalami peningkatan baik dalam bentuk maupun tingkat kakuatan dalam pengujian *impact*
- Hasil data uji *impact* (nilai pukul takik) sebelum perlakuan panas *tempering* baja pegas sebesar 1,221 kg.m/cm² sedangkan hasil perlakuan panas dengan suhu 420 °C mengalami peningkatan sebesar 1,389 kg.m/Cm², hasil perlakuan panas dengan suhu 540 °C mengalami peningkatan sebesar 2,462 kg.m/cm² dan yang terakhir hasil perlakuan panas dengan suhu 660°C mengalami peningkatan sebesar 6,327 kg.m/cm².

Saran

Berdasarkan hasil eksperimen dan pembahasan yang telah dilakukan tentang pengaruh baja pegas JIS SUP 9 sebelum dan sesudah perlakuan panas *tempering* dengan variasi suhu 420°C, 540°C, dan 660°C terhadap energi yang diserap dan nilai pukul takik atau kekuatan *impact*, maka dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut:

- Pegas daun ini perlu dikembangkan lebih lanjut mengingat manfaat yang diperoleh, namun dalam penelitian dan pengembangannya perlu memperhatikan hal yang lain selain tingkat kekuatan, seperti momen puntir (*bending*), uji tarik dan lain sebagainya.
- Perlu ada penelitian lanjutan dari skripsi ini untuk menguji tingkat kenyamanan dari pegas daun yaitu:
 - Range tingkat kenyamanan menurut standart ISO 634.1974, merekomendasikan frekuensi 1-80 Hz.
 - Dimensi ukuran preparasi pengujian pada baja pegas perlu diteliti.
 - Penelitian lanjutan dalam menentukan variasi pengujian dan variasi suhu perlakuan panas *tempering* dan menggunakan jenis bahan yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Azhari. 2012. "Pengaruh Proses *Tempering* dan Proses Pengerolan di Bawah dan di Atas Temperatur Rekristalisasi pada Baja karbon Sedang terhadap Kekerasan dan Ketangguhan serta Struktur Mikro untuk Mata Pisau Pemanen Sawit". Jurusan Teknik Mesin. ISSN 2338-1035, September 2012.
- Akuan A. 1994. "Investigasi Kerusakan Pegas Bogie Kereta Api". Bandung: Universitas Jendral Ahmad Yani.
- Arifin, F. Dan Wijayanto. 2008. "Pemanfaatan Pegas Daun Bekas sebagai Bahan Pengganti Mata Potong (*Punch*) pada Alat Bantu Produksi Massal (*Press Tools*)". Jurnal Teknik Mesin. Vol. 9, No 1.
- Armanto, H. dan Daryanto, 1999. Ilmu Bahan. Jakarta, Bumi Aksara.
- ASM Metals Handboo. (2005), "*Vol 04 : Heat treating*", ASM International
- ASTM A370 *Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products*
- Bayu Janoko, Triyono, Eko Prasetya Budiana. 2014. "Analisa Kegagalan Pegas Ulir Pada Bogie Tipe NT 11 (K5) Untuk Gerbong Kereta Ekonomi (K3)". Jurusan Teknik Mesin. Vol.12, No 2, Maret 2014.
- Dalil, M., Prayitno A., dan Inonu I. 1999. "Pengaruh Perbedaan Waktu Penahanan Suhu Stabil (*Holding Time*) terhadap Kekerasan Logam. *Journal Natural Indonesia*". Vol 11, No 1.
- Darmawan, A. S., Masyrukan dan Aryandi R. 2007. "Pengaruh *Normalizing* dan *Tempering* pada

- SCMnCr2 untuk Memenuhi Standar JIS G 5111". *Jurnal Media Mesin*. Vol 8, No 2. Juli 2007.
- Daryanto. 2003. *Dasar-dasar Teknik Mesin*. Jakarta: PT. Bhineka Cipta Jakarta
- David Roylance. 2008. *Mechanical Properties of Materials*.
- Dieter, George E., *Engineering Design A Materials and Processing*
- Dimas Surya Wododo., Siswanto., dan Rr. Poppy Puspitasari. 2014. "Analisa Ketangguhan dan Perubahan Mikro Patahan Akibat *Heat Treatment* dan Variasi Sudut *Impact* Pada Baja ST 60". *Jurnal Teknik Mesin*. April 2014
- Fariadhie, J. 2012. "Pengaruh *Temper* dengan *Quenching* Media Pendingin Oli Mesran SAE 40 terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Baja ST 60. *Journal Politeknosains*". Vol 11, No 1.
- Hadi, Q. 2010. "Pengaruh Perlakuan Panas pada Baja Konstruksi ST37 terhadap Distorsi, Kekerasan dan Perubahan Struktur Mikro". Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin SNTTM ke-9. ISBN 978-602-97742-0-7.
- Haryadi, G. D. 2005. "Pengaruh Suhu *Tempering* Terhadap Kekerasan Struktur Mikro dan Kekuatan Tarik pada Baja K-460". *Jurnal Rotasi*. Vol. 7. No. 3.
- Indra Setiawan, Muhamad Sakti Nur. 2008. "Meningkatkan Mutu Baja Sup 9 Pada Pegas Daun Dengan Proses Perlakuan Panas". *Jurusan Mesin Teknologi*. Vol.2, No 2, Agustus 2008.
- John D. Verhoeven, Emeritus Professor. 2005. *Metallurgy of Steel for Bladesmiths and Others Who Heat Treat and Forge Steel*. Iowa State University.
- Lilipaly, E. R. M. A. P. dan Lopies, L. S. 2011. "Analisis Nilai Kekerasan Baja S-35C dalam Proses Karburasi Padat Memanfaatkan Tulang Sapi sebagai Katalisator dengan Variasi Waktu Penahanan". *Jurnal Teknologi*. Vol 8, No 2.
- M. N. Setia Nusa. 2015. "Patahnya Pegas Ulir Kereta Api Akibat Kelebihan Beban". *Bidang Kajian Material. M.P.I*. Vol.9, No 2, Agustus 2015, (59-66)
- Malau, V. dan Widyaparaga A. 2008. "Pengaruh Perlakuan Panas Quench dan Temper terhadap Laju Keausan, Ketangguhan Impak, Kekuatan Tarik, dan Kekerasan Baja XW 42 untuk Keperluan Cetakan Keramik". *Jurnal Media Teknik*. Nomor 2 Tahun XXX Edisi Mei 2008.
- Mulyadi dan Sunitra, E. 2010. "Kajian Perubahan Kekerasan dan Difusi Karbon Sebagai Akibat dari Proses Karburisasi dan Proses Kuancing pada Material Gigi Perontok Power Thresher. *Jurnal Teknik Mesin*". Vol 7, No 1.
- Okti Bela Palupi., Pulung Karo Karo., dan Yayat Imam Supriyatna. 2016. "Pengaruh *Heat Treatment* dengan Variasi Media *Quenching* Oli dan Solar terhadap Struktur Mikro dan Nilai Kekerasan Baja Pegas Daun AISI 6135". *Jurnal Fisika*". Vol 4, No 2. Juli 2016
- Purboputro, P. I. 2009. "Peningkatan Kekuatan Pegas Daun dengan Cara *Quenching*". *Jurnal Media Mesin*. Vol 10, No.1.
- Rusnoto. 2013. "Studi Kekuatan Impak pada Pengecoran Padual Al-Si (Piston Bekas) dengan Penambahan Unsur Mg". *Jurusan Teknik Mesin*. Vol. 3, No 2, Oktober 2013, ISSN: 2087-2259.
- Sidney H. Avne. 1887. *Introduction to Physical Metallurgy*. 2th Ed. *New York City Community College City University of New York*.
- Stephen M. Copley, Edward L. Langer. 1933. *Heat Treating*. 4th Ed. *ASM International*.
- Sugeng, Margono. 2009. "Peningkatan Mutu Baja Pegas Daun Dengan Metode Proses *Heat treatment*". UPN Veteran. Jakarta.
- Sugondo. 2013. "Studi Peningkatan Mutu Pembuatan Dan Rekondisi Pegas Ulir Jis G4801 Sup 9 Di Balai Yasa Pt. Kereta Api Indonesia Manggarai Jakarta". *PTM IKIP Veteran Semarang*. Vol. 20, No 2, Juni 2013.
- Sularso. dan Suga, k. 1997. *Dasar dan Perencanaan Elemen Mesin*. Jakarta: Padya Paramittha.
- Wibowo. 2011. "Perancangan Karakteristik Sistem Suspensi Semi Aktif Untuk Meningkatkan Kenyamanan Kendaraan". *Jurusan Teknik Mesin*. Vol. 10, No 1, September 2011.