

**ANALISIS KEKERASAN PADA PISAU SADAP TANAMAN KARET
BERBAHAN BAJA KARBON MENENGAH HASIL PROSES
QUENCHING DENGAN MEDIA PENDINGIN BERBEDA**

SKRIPSI



Oleh

**Niko Adima Brawira
15067065/2015**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2022**

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

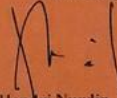
ANALISIS KEKERASAN PADA PISAU SADAP TANAMAN KARET
BERBAHAN BAJA KARBON MENENGAH HASIL PROSES
QUENCHING DENGAN MEDIA PENDINGIN BERBEDA

Nama : Niko Adima Brawira
NIM/BP : 15067065/2015
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Padang, Juni 2022

Disebuti Oleh,

Pembimbing



Hendri Nurdin, M.T.
NIP. 197302282008011007

Ketua Jurusan Teknik Mesin FT-UNP



Drs. Purwanto, M.Pd.
NIP. 19630804 198603 1 002

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Dinyatakan Lulus Setelah Mempertahankan Skripsi di depan Tim Penguji
Program Studi Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang

Judul :

ANALISIS KEKERASAN PADA PISAU SADAP TANAMAN KARET
BERBAHAN BAJA KARBON MENENGAH HASIL PROSES
QUENCHING DENGAN MEDIA PENDINGIN BERBEDA

Oleh:

Nama : Niko Adima Brawira
Nim/BP : 15067065/2015
Program : Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Padang, Juni 2022

Tim Penguji

Nama

Tanda Tangan

1. Ketua : Hendri Nurdin, M.T.

1.

2. Anggota : Dr. Ir. Remon Lapisa, S.T., M.T., M.Sc.

2.

3. Anggota : Budi Syahri, S.Pd., M.Pd.T.

3.

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Niko Adima Brawira
NIM/TM : 15067065/2015
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi saya dengan judul:

**ANALISIS KEKERASAN PADA PISAU SADAP TANAMAN KARET BERBAHAN
BAJA KARBON MENENGAH HASIL PROSES *QUENCHING* DENGAN MEDIA
PENDINGIN BERBEDA**

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya benar-benar karya saya sendiri.
S sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau
diterbitkan orang lain kecuali acuan atau kutipan dengan mengikuti penulisan yang
lazim.

Padang, Juni 2022

Yang menyatakan,



Niko Adima Brawira

ABSTRAK

Proses pengerasan atau hardening yang merupakan proses pemanasan material hingga batas austenit nya lalu di dingin kan dengan cepat atau di sebut dengan quenching,. Proses quenching adalah proses pendinginan secara cepat dengan pencelupan pada baja yang telah dilakukan heat treatment dengan media pendingin oli dan air. Tujuan heat treatment dengan memperoleh logam yang ulet, keras serta meningkatkan mampu mesin dan menghilangkan tegangan sisa. Proses perlakuan panas yang dilakukan pada Pandai Besi dharmasraya masih sederhana dengan menggunakan pendinginan air biasa. Hal ini mengakibatkan pisaumudah retak dan getas.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa efek quenching dengan media pendingin yang berbeda terhadap kekerasan pisau berbahan JIS SUP 9 hasil Pandai Besi Dharmasraya. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Pisau yang digunakan berbahan Baja Per daun atau JIS SUP 9 yang diberikan heattreatment dengan temperatur 800°C dan holding time 30 menit Kemudian dilakukan quenching dengan media pendingin air dan oli. Sebelum tahap uji kekerasan microvickers, dilakukan proses pembersihan dengan amplas. Pengujian kekerasan dengan menggunakan mesin uji kekerasan Microvickers.

Dari hasil analisa data bahwa pisau yang di quenching dengan air memiliki rata - rata kekerasan 295,6 HVN dan Oli memiliki rata-rata kekerasan 720,7 HVN serta spesimen kontrol dengan kekerasan 256,6 HVN. Jadi quenching memiliki viskositas yang tinggi dan densitas yang rendah dari pendingin air dan air laut mengakibatkan proses laju pendinginannya lambat sehingga oli pendinginan yang baik.

Kata kunci : Hardening, quenching, media pending, kekerasan.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya yang begitu besar dan nyata, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini yang berjudul ” ***Analisis Kekerasan pada Pisau Sadap Tanaman Karet Berbahan Baja Karbon Menengah Hasil Proses Quenching dengan Media Pendingin Berbeda***”.

Shalawat beriring salam semoga selalu dilimpahkan oleh Allah SWT kepada junjungan kita, Nabi Muhammad SAW yang dengan jiwa raganya membawa umat manusia dari kehidupan jahiliyah ke kehidupan yang penuh dengan cahaya ilmu pengetahuan.

Adapun tujuan dari Skripsi ini adalah sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi Pendidikan Teknik Mesin di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Dalam penulisan Skripsi ini juga tak lepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak sehingga penulisan Skripsi ini dapat selesai. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih dengan tulus dan ikhlas kepada:

1. Bapak Drs. Purwantono, M.Pd, dan Bapak Hendri Nurdin, M.T, selaku Ketua dan Seketeris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Hendri Nurdin, M.T., selaku dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, saran-saran dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan proposal ini.
3. Bapak Dr. Ir. Remon Lapisa, S.T., M.T., M.Sc., dan Bapak Budi Syahri, S.Pd., M.Pd.T., selaku dosen peninjau yang telah memberikan saran-saran dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan proposal ini.
4. Kepada Ayahanda (Supri Adi) dan Ibunda tercinta (Maryati) yang telah melahirkan dan membesarkan penulis, serta memberikan kasih sayang yang tiada henti dalam setiap detik kehidupan penulis. Juga sekeluarga dan semua

sanak famili yang sangat penulis sayangi, karena berkat do'a, arahan, dorongan serta yang telah memberikan bantuan moril dan sprituil diwaktu penulis menyelesaikan proposal ini.

5. Teman-teman seperjuangan selama yang selalu menemani dan kompak serta menjaga kebersamaan hingga selesainya proposal ini.
6. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah ikut memberikan petunjuk, saran, masukan, dukungan moral dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal ini.

Semoga dengan bantua serta bimbingan dari bapak dan ibu serta rekan-rekan semua mendapat imbalan serta balasan yang tulus di oleh ALLAH SWT juga di mudah kan dalam segala urusan yang sedang di usahakan dan di mudahkan rizki nya, Amin.

Dalam penyusunan proposal ini takkan luput dari kekhilafan. Oleh karena itu dengan kerendahan hati, mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan di masa yang akan datang.

Padang,

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PERSETUJUAN	
HALAMAN PENGESAHAN	
ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GRAFIK.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah	4
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	5
BAB II LANDASAN TEORI	
A. Definisi Pisau	6
B. Baja	9
C. Heat Treatment.....	14
D. Sifat Mekanik	21

E. Media Pendingin	25
F. Penelitian Relevan	27

BAB III METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian	29
B. Objek Penelitian	30
C. Tempat Dan Waktu Pelaksanaan	30
D. Jenis Dan Sumber Data	31
E. Alat Dan Bahan.....	31
F. Metode Pelaksanaan.....	32
G. Instrument Pengumpulan Data	35
H. Prosedur Penelitian	37
I. Teknik Analisis Data	38

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian.....	40
B. Perhitungan.....	44
C. Pembahasan.....	45

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan.....	49
B. Saran.....	49

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi pegas daun

Tabel 3.2 Model *microvichers hardness tester*

Tabel 3.3 Pengujian tingkat kekerasan pisau

Tabel 3.4 Parameter dalam pengujian

Table 4.1 Data kekerasan vichers

Tabel 4.2 Data media pendingin air

Tabel 4.3 Data media pendingin oli

Tabel 4.4 Data media semua pembanding

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Perbandingan nilai kekerasan spesimen air dengan 3 pisau

Grafik 4.2 Perbandingan nilai kekerasan spesimen oli dengan 3 pisau

Grafik 4.3 Perbandingan nilai kekerasan semua spesimen

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Teknik Pengujian Kekerasan *Vickers*

Gambar 3.1 Pisau sadap manual

Gambar 3.2 Jejak tekan *microvichers*

Gambar 3.3 Prosedur penelitian

Gambar 4.1 Spesimen uji setelah proses quenching

Gambar 4.2 Jejak tekan menggunakan vichers hardness tester media pendingin air, dan oli

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Lempar Konsultasi Skripsi atau Tugas Akhir dan Proyek Akhir

Lampiran 2 Surat Izin Melakukan Penelitian

Lampiran 3 Dokumentasi Penelitian

Lampiran 4 Jejak Tekan Meida Pendingin Air

Lampiran 5 Jejak Tekan Meida Pendingin Oli

Lampiran 6 Jejak Tekan Media Pendingin Kontrol

Lampiran 7 Jejak Tekan Media Air laut

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Di zaman sekarang ini banyak jenis pisau sadap tanaman karet baik yang bertipe modern maupun yang bertipe tradisional dengan pembuatan secara cepat dan tepat menggunakan mesin yang sudah canggih. Terutama, pada produksi banyak dan pada industri-industri besar. Peningkatan mutu produksi pisau sadap tanaman karet dihasilkan dengan cara memperbaiki sifat-sifat fisik dan mekanik dari bahan pisau tersebut. Proses perlakuan panas yang tepat pada logam sangatlah bermanfaat untuk memperbaiki sifat-sifat dari bahan pisau sadap tanaman karet.

Selain industri-industri besar yang sudah menggunakan mesin ataupun alat secara modern, ada juga industri rumahan yang membuat pisau sadap tanaman karet dengan alat yang sederhana. Metode yang dilakukan oleh industri rumahan didapatkan melalui pengalaman ataupun secara turun menurun.

Dalam proses pembuatan nya, industri rumahan menggunakan proses pengerasan (*quenching*) dengan pendinginan benda kerja yang hanya menggunakan air sebagai media pendingin nya karna metode yang di dapat dari pengalaman ataupun secara turun menurun. Banyak nya masyarakat atau petani tanaman karet yang memesan pisau sadap tanaman karet di industri rumahan mendapati bahwa peralatan yang dihasilkan tersebut relatif getas dan mudah patah

dalam penggunaan nya walaupun dalam pemakaian nya belum dalam umur yang relative lama atau panjang.

Kegetasan yang terdapat pada peralatan yang dihasilkan disebabkan karna dalam proses pengerasan nya (*quenching*) hanya menggunakan air sebagai media pendingin. Padahal tidak hanya air media yang bisa digunakan dalam proses pengerasan pisau sadap tanaman karet, banyak alternatif media pendingin lain yang bisa digunakan untuk memperoleh produk yang unggul sesuai dengan keinginan.

Proses pengerasan atau *hardening* adalah suatu proses perlakuan panas yang dilakukan untuk menghasilkan suatu benda kerja yang keras, proses ini dilakukan pada temperatur suhu yang tinggi yaitu pada temperatur austenisasi yang digunakan untuk melarutkan sementit dalam austenit yang kemudian di quench. proses perlakuan panas bertujuan untuk logam yang keras, lunak, ulet, meningkatkan mampu mesin, menghilangkan tegangan sisa dengan media pendingin oli dan air yang mana setiap media pendingin tersebut mempunyai kecepatan pendinginan yang berbeda.

Pada baja karbon rendah atau baja karbon sedang biasanya menggunakan air, sedangkan baja karbon tinggi menggunakan oli. Quenching merupakan proses pendinginan dengan sangat cepat dari fasa austenite pada umumnya suhu antara 815°C -870°C untuk material baja. Media pendinginan yang biasa digunakan untuk proses *quenching* yaitu air, oli, larutan garam, dan udara. (Bachtiar, 2014). Dilakukan penahanan pada pemanasan (*hold time*) antara 30 menit sampai 1 jam. (Rajander Singh, 2006).

Quenching merupakan salah satu proses perlakuan panas yang cukup penting dan banyak dilakukan dalam proses manufacturing di industri logam. Meskipun *quenching* dapat memperbaiki sifat mekanik baja, tetapi di sisi lain akan menimbulkan tegangan dalam yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan bentuk dan ukuran sehingga bias mengakibatkan adanya retakan (Totten, 1997).

Tujuan utama *quenching* adalah meningkatkan kekerasan logam, sedangkan faktor utama dalam proses *quenching* adalah pengaturan laju pendinginan pada logam (Yunaidi, 2016). Faktor-faktor penting dalam proses *quenching* antara lain, disain peralatan, media pendingin, konsentrasi pendingin, temperatur bak, dan laju gerakan pendinginan. Masing-masing faktor tersebut dapat mempengaruhi sifat akhir dari bahan logam sehingga harus diatur selama proses pendinginan berlangsung. Oleh karena itu, yang menarik dari metode *quenching* adalah bagaimana memilih media pendinginan dan tahapan proses yang dilakukan sehingga akan meminimalkan tegangan yang timbul sehingga dapat mengurangi terjadinya retak dan distorsi serta pada saat yang sama mampu menyediakan laju perpindahan panas yang cukup untuk mendapatkan sifat akhir hasil *quenching* seperti kekerasan (Chaves, 2001).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kekerasan pada pisau sadap tanaman karet berbahan baja karbon menengah hasil proses *quenching* dengan media pendinginan berbeda, agar didapatkan benda kerja atau specimen yang mempunyai tingkat kekerasan yang cukup tinggi namun tetap ulet.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, didapatkan beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Media pendingin yang digunakan oleh industri rumahan hanya menggunakan air.
2. Masih rendahnya kualitas pisau sadap tanaman karet hasil *quenching* yang dihasilkan sehingga menghasilkan kegetasan.

C. Batasan Masalah

Untuk lebih terarahnya penelitian ini maka permasalahan akan dibatasi pada Analisa Kekerasan Pada Pisau Sadap Tanaman Karet Berbahan Baja Karbon Menengah Hasil Proses *Quenching* Dengan Media Pendingin Air dan Oli.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan pembatasan masalah di atas, masalah dalam penelitian dapat di rumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana analisa kekerasan pada pisau sadap tanaman karet berbahan baja karbon menengah hasil proses *quenching* dengan media pendingin berbeda ?
2. Apa pengaruh media pendingin yang berbeda yang dipakai dalam analisa kekerasan pada pisau sadap tanaman karet berbahan baja karbon menengah hasil proses *quenching*?

E. Tujuan Penelitian

Penelitian bertujuan untuk mengetahui:

1. Menganalisa kekerasan pada pisau sadap tanaman karet berbahan baja karbon menengah hasil proses *quenching* dengan media pendingin berbeda.
2. Menganalisa pengaruh media pendingin yang berbeda yang digunakan terhadap tingkat kekerasan yang didapat dan kualitas pisau sadap tanaman karet.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai bahan masukan untuk industri rumahan demi menghasilkan produk yang keras dan tidak getas.
2. Sebagai bahan masukan pada proses *quenching* dengan media pendingin yang berbeda.
3. Menambah wawasan dan pengalaman penulis dalam karya ilmiah.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Defenisi Pisau

Pisau merupakan jenis senjata tajam yang berukuran panjang seukuran telapak tangan dengan fungsi mengiris, memotong dan menusuk. Penggunaan pisau telah dilakukan sejak 2,5 juta tahun silam. Ditinjau dari segi bahan, pisau dapat terbuat dari batu, kayu, tulang keramik serta logam. (Karju, 2018 : 8)

1. Jenis Pisau

Menurut Karju. 2018, jenis-jenis pisau saat ini beragam sesuai dengan kebutuhan dan kegunaannya seperti :

- a. Pisau dapur : digunakan untuk memotong dan mengiris sayuran atau buah.
- b. Pisau daging : digunakan untuk menggrat, mengiris, maupun mencacah daging.
- c. Pisau lipat : digunakan untuk berbagai keperluan sederhana.
- d. Pisau militer : digunakan untuk perlengkapan militer atau keperluan militer.
- e. Pisau cukur : digunakan untuk mencukur rambut halus/ kumis/ jambang dan sebagainya.

2. Kriteria Pisau

Menurut Gina Garmina. 2014, pisau memiliki keanekaragaman. Beda jenis, beda pula fungsinya. Namun pisau memiliki kriteria yang secara garis besar sama, diantaranya:

a. Tajam

Pisau yang tajam akan membantu Anda saat memotong sayur, daging, dan buah. Tak hanya mempercepat proses pemotongan, hasilnya pun biasanya terlihat lebih rapi.

b. Bobotnya pas

Pilih pisau yang beratnya sesuai dengan ukuran tangan dan jari-jari Anda. Dengan berat yang pas, Anda dapat memegangnya dengan nyaman. Risiko terjadinya cedera saat memasak pun dapat dihindari.

c. Awet

Cari pisau yang tidak cepat tumpul. Pisau dapur dari merek ternama biasanya lebih awet dan tidak tumpul walaupun telah digunakan lebih dari tiga tahun.

d. Mudah dirawat

Lambat laun, pisau yang Anda miliki akan tumpul. Agar tidak repot, pilih pisau yang dapat diasah sendiri di rumah. Anda dapat menggunakan pengasah konvensional yang terbuat dari aluminium.

1. Definisi Pisau sadap tanaman karet.



Gambar 2.1 Pisau Sadap

Peralatan sadap yang meliputi pisau sadap, talang getah, mangkok sadap merupakan sarana dalam upaya menggali produksi tanaman untuk memperoleh getah (Riawan, Sayamar, & Kausar, 2015). Tanaman karet *Hevea brasiliensis* Muell Arg mengeluarkan getah yang berwarna putih seperti susu setelah jaringan kulit diiris hingga mendekati kambium (Afiq & Azura, 2013). Getah tanaman karet dikenal dengan sebutan lateks (Purbaya, Sari, Saputri & Fajriaty, 2011). Sedangkan alat yang digunakan untuk mengiris jaringan kulit tanaman karet adalah pisau sadap (Ulfah *et al.*, 2015; Zohrah *et al.*, 2016).

a. Kriteria Pisau Sadap Yang Baik.

Menurut Wibowo. 2018, Pisau sadap dapat mendukung potensi produksi apabila memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- 1) Ketajaman mata pisau bisa bertahan hingga 1000 pohon.
- 2) Pisau memiliki berat sekitar 120-190 gram.

- 3) Panjang tangkai sesuai dengan tinggi panel sadap dan tinggi postur penyadap.
- 4) Tebal gagang besi minimal 2 mm agar tidak terjadi getaran atau fibrasi pada saat menyadap.

B. Baja

Baja adalah logam paduan dengan besi (Fe) sebagai unsur dasar dan karbon (C) sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,03% hingga 2,0% berat sesuai grade-nya. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur pengerasan pada kisi kristal atom besi.

1. Baja karbon

Baja karbon adalah baja yang mengandung karbon lebih kecil 2,0%, sedangkan besi cor mempunyai kadar karbon lebih besar dari 2,0%

a. Jenis – jenis Baja Karbon (*Carbon Steel*)

Baja karbon digolongkan menjadi tiga kelompok berdasarkan banyaknya karbon yang terkandung dalam baja yaitu :

1) Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah (low carbon steel) mengandung karbon antara 0,03% – 0,3% C. setiap satu ton baja karbon rendah mengandung 0,3 – 3 kg karbon. Baja karbon ini dalam perdagangan dibuat dalam plat baja, baja strip dan baja batangan atau profil.

Amanto dan Daryanto (2003:33), mengemukakan baja ini disebut baja ringan (*mild steel*), baja karbon rendah bukan baja yang keras, karena kandungan karbonnya rendah yaitu kurang dari 0,3% C. Baja karbon rendah tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbonnya tidak cukup untuk membentuk struktur martensit (Amanto, 1999).

Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung dalam baja, maka baja karbon rendah dapat digunakan atau dijadikan baja-baja sebagai berikut:

- a) Baja karbon rendah (low carbon steel) yang mengandung 0,04 % - 0,10% C untuk dijadikan baja – baja plat atau strip.
- b) Baja karbon rendah yang mengandung 0,05% C digunakan untuk keperluan badan-badan kendaraan.
- c) Baja karbon rendah yang mengandung 0,15% - 0,20% C digunakan untuk konstruksi jembatan, bangunan, membuat baut atau dijadikan baja konstruksi.

2) Baja Karbon Menengah

Baja karbon menengah (medium carbon steel) mengandung karbon antara 0,3% - 0,83% C dan setiap satu ton baja karbon mengandung karbon antara 3 – 8 kg. Baja karbon menengah ini banyak digunakan untuk keperluan alat-alat perkakas bagian mesin.

Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung dalam baja, maka baja karbon ini dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti untuk keperluan industri kendaraan, roda gigi, pegas dan sebagainya. Daswarman (2012:51), “Baja karbon sedang memiliki konsentrasi karbon antara 0,3% karbon sampai dengan 0,83% karbon”.

3) Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi (high carbon steel) mengandung kadar karbon antara 0,83% -2,0% C dan setiap satu ton baja karbon tinggi mengandung karbon antara 8 – 20 kg. Baja ini mempunyai kekuatan paling tinggi dan banyak digunakan untuk material tools. Salah satu aplikasi dari baja ini adalah dalam pembuatan kawat baja dan kabel baja. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung didalam baja maka baja karbon ini banyak digunakan dalam pembuatan pegas, alat-alat perkakas seperti: palu, gergaji atau pahat potong. Selain itu baja jenis ini banyak digunakan untuk keperluan industri lain seperti pembuatan kikir, pisau cukur, mata gergaji dan lain sebagainya.

Daswarman (2012:52) mengemukakan, “Baja karbon tinggi memiliki karbon antara 0,83% sampai dengan 2,0% karbon, dimana setiap satu ton baja karbon tinggi mengandung karbon antara 7 – 20 kg”.

2. Baja Paduan

Baja paduan terdiri dari:

a. Baja Paduan Rendah (*Low Alloy Steel*)

Baja paduan rendah merupakan baja paduan yang elemen paduannya kurang dari 8% wt, misalnya unsur Cr, Mn, Ni, S, Si, P dan lain-lain.

b. Baja Paduan Menengah (*Medium Alloy Steel*)

Baja paduan menengah merupakan baja paduan yang elemen paduannya 8% -12% wt, misalnya unsur Cr, Mn, Ni, S, Si, P dan lain-lain.

c. Baja Paduan Tinggi (*High Alloy Steel*)

Baja paduan tinggi merupakan baja paduan yang elemen paduannya lebih dari 12% wt, misalnya unsur Cr, Mn, Ni, S, Si, P dan lain - lain (Amanto, 1999)

3. Baja Pegas (*Spring Steel*)

Baja pegas sebenarnya tidak mempunyai kekerasan yang tinggi sebagai sifat umum. Sifat umum dari baja pegas adalah *modulus elastis dan batas elastis yang tinggi*. Oleh karena itu dalam penggunaannya harus disesuaikan dengan sifat-sifat tersebut. Maka baja perlu memiliki batas elastis yang tinggi setelah mengalami proses perlakuan panas. Baja pegas adalah baja karbon yang mengandung 0,5-0,6% karbon atau baja karbon sedang dengan kandungan unsur lain Si, Mn dan Cr sampai 1%, selanjutnya dengan Mo, V sampai 0,25% (Bukhari, 2011).

Baja SUP (adalah jenis baja yang digunakan khusus untuk membuat pegas daun (*leaf/leamine spring*), pegas koil (*coil spring*) , pegas torsi (*torsion bar spring*) menurut JIS G 4801. Pegas berfungsi sebagai pelunak tumbukan atau kejutan seperti pegas daun pada kendaraan, kondisi pegas daun menerima beban statis atau beban yang dikenakan pelan-pelan (Bukhari, 2011).

Dengan sifat pegas yang elastis, pegas berfungsi untuk menerima getaran atau guncangan roda akibat dari kondisi jalan yang dilalui dengan tujuan agar getaran atau guncangan dari roda tidak menyalur ke bodi atau rangka kendaraan. Biasanya *shock absorber* hanya memiliki seal dan membutuhkan oli untuk bekerjanya, dan rangka asli dari pegas ialah besi elastis.

Beberapa tipe pegas yang digunakan pada sistem suspensi :

- 1) Pegas ulir (*coil spring*) dikenal juga dengan nama “per keong”, jenis yang digunakan adalah pegas ulir tekan atau pegas ulir untuk menerima beban tekan.
- 2) Pegas daun (*leaf spring*) umumnya digunakan pada kendaraan berat atau niaga dengan sistem suspensi dependen.
- 3) Pegas puntir atau dikenal dengan nama pegas batang torsi (*torsion bar spring*) umumnya digunakan pada kendaraan dengan beban tidak terlalu berat.

Pegas daun adalah komponen yang berfungsi untuk meredam kejutan yang ditimbulkan permukaan jalan. Pegas jenis ini mampu menerima beban yang lebih besar bila dibandingkan dengan pegas lainnya seperti pegas koil dan pegas torsi. Oleh karena itu, pegas daun banyak digunakan pada sistem suspensi belakang pada kendaraan. Kerjanya: bila roda-roda belakang menerima kejutan dari permukaan jalan maka diteruskan ke rumah poros belakang yang mengakibatkan pegas daun terjadi pemanjangan atau pegas berubah bentuk dari elips mendekati lurus (pemegasan pegas daun yang konstruksinya dilengkapi dengan ayunan pegas).

Untuk pengujian ini, penguji memilih pegas daun sebagai bahan pembuatan pisau karena biasanya pembuatan pisau di kalangan pandai besi menggunakan per daun dari mobil / truk.

C. Heat Treatment

Heat Treatment (perlakuan panas) adalah suatu proses pemanasan dan pendinginan logam dalam keadaan padat untuk mengubah sifat-sifat fisis logam tersebut. (B.H Amstead, 1993). *Heat Treatment* (perlakuan panas) adalah salah satu proses untuk mengubah struktur logam dengan jalan memanaskan specimen pada *elektrik furnace* (tungku pemanasan) pada *temperature* erekristalisasi selama periode waktu tertentu kemudian di dinginkan pada media pendingin seperti air dan oli yang masing-masing mempunyai kerapatan pendinginan yang berbeda-beda.

Perlakuan panas merupakan proses pemanasan atau pendinginan sebuah logam atau logam paduan untuk mengubah sifat mekanik yang diinginkan dari baja tersebut. Baja dapat dikeraskan sehingga tahan aus dan kemampuan potong meningkat atau dapat dilunakkan untuk dapat mempermudah proses pemesinan lanjut. Melalui perlakuan panas yang tepat, tegangan dalam dapat dihilangkan, ukuran butiran dapat diperbesar atau diperkecil. Selain ketangguhan ditingkatkan atau dapat dihasilkan suatu permukaan yang keras disekeliling inti yang ulet. Untuk memungkinkan perlakuan pans tepat, komposisi kimi baja harus diketahui karena perubahan komposisi kimia, khususnya karbon dapat meningkatkan prubahan sifat-sifat fisis (Anrinal, 2013).

Menurut Erizal, Proses perlakuan panas adalah kominasi dari operasi pemanasan dan pendinginan dengan kecepatan tertentu yang dilakukan terhadap logam atau paduan dalam keadaan padat, sebgai suatu upaya untuk memperoleh sifat-sifat tertentu. Dengan kata lain bahwa proses perlakuan panas terdiri dari beberapa tahapan, dimulai dengan pemanasan sampai temperatur tertentu, lalu diikuti denangan penahan selama beberapa saat, baru kemudian dilakukan pendinginan kecepatan tertentu. Kecepatan pendinginan dan batas temperature sangat menentukan.

Dari penjelasan di atas maka dapat didefenisikan perlakuan panas adalah proses pemanasan atau pendinginan sebuah logam paduan untuk mengubah sifat mekaniknya dalam keadaan padat. Berikut ini adalah beberapa jenis perlakuan panas (*heat treatment*) pada baja,yaitu:

1. *Annealing* (Pelunakan)

Proses *annealing* yaitu proses pemanasan material sampai temperatur austenite lalu ditahan beberapa waktu kemudian pendinginannya dilakukan perlahan-lahan di dalam tungku. Selain untuk tujuan pengerasan perlakuan panas dapat dilakukan untuk pelunakan. Hal ini diperlakukan untuk perlakuan baja-baja keras, sehingga dapat dikerjakan dengan mesin. Disamping itu juga pelunakan dilakukan untuk meningkatkan keuletan dan mengurangi tegangan dalam yang menyebabkan material berperilaku getas (Anrinal: 2013) Pemanasan untuk proses pelunakan suatu bahan (*annealing*) adalah berkisar antara 900°C – 950°C (lihat Diagram Proses Perlakuan Panas).

Pelunakan logam bertujuan :

- a) Melunakan bahan untuk bisa dibengkokkan atau dibentuk dalam keadaan dingin.
- b) Supaya bahan dapat dengan mudah dikerjakan dengan mesin.

Pelunakan hampir sama dengan penormalan tapi proses pendinginan lebih lambat. Dengan pendinginan yang lambat akan menghasilkan ukuran butiran lebih besar dan lebih lunak dibandingkan dengan bahan yang telah dinormalkan.

Langkah kerja pelunakan :

- a) Panaskan bahan sampai diatas temperatur kritis.
- b) Biarkan beberapa saat supaya pemanasan merata
- c) Dinginkan dalam dapur secara perlahan

2. *Normalizing* (Penormalan)

Normalizing adalah proses pelunakan dimana paduan dasar besi di panaskan $40^{\circ} - 50^{\circ}\text{C}$ di atas batas kritis untuk baja *hypo* dan *hyper eutectoid* dan di tahan selama periode tertentu dan diikuti dengan pendinginan udara sampai suhu kamar (Rajender Singh, 2006) (Temperatur untuk *normalizing* adalah $900^{\circ}\text{C} - 980^{\circ}\text{C}$ (lihat Diagram Perlakuan Panas) Seluruh baja terdiri dan butiran-butiran halus. Bentuk dan ukuran dan butiran-butiran tergantung pada proses pendinginan dan pengerjaan bahan tersebut. Bentuk , ukuran dan butiran sering mempengaruhi sifat bahan logam, maka proses perlakuan panaslah yang mengontrolnya.

Perubahan temperatur yang bervariasi pada pengelasan akan menimbulkan ukuran butiran yang tidak sama pada daerah pengelasan yang akan mengakibatkan kritisnya benda kerja. Untuk mengatasi ini benda perlu dinormalkan agar mendapatkan ukuran butiran yang sama. Bahan yang telah dinormalkan akan mempunyai sifat yang merata dan lebih liat.

Langkah kerja penormalan :

- a) Panaskan baja kira-kira 60°C diatas temperatur kritis.
- b) Biarkan beberapa saat supaya pemanasan merata.
- c) Didinginkan dalam ruangan.

3. *Tempering* (Penyepuhan)

Temper adalah proses perlakuan panas lanjutan setelah proses pengerasan, bertujuan untuk mengurangi kekerasan yang terlalu tinggi akibat pendinginan yang cepat dan temperatur yang tinggi (karena proses penyepuhan). Temperatur *tempering* adalah berkisar antara 220°C – 390°C . Menurut tujuannya proses tempering dibedakan sebagai berikut

a) *Tempering* pada suhu rendah (150° – 300°C)

Tempering ini hanya untuk mengurangi tegangan-tegangan kerut dan kerapuhan dari baja, biasanya untuk alat-alat potong, mata bor dan sebagainya.

b) *Tempering* pada suhu menengah (300° - 550°C)

Tempering pada suhu sedang bertujuan untuk menambah keuletan dan kekerasannya sedikit berkurang. Proses ini digunakan pada alat-alat kerja yang mengalami beban berat, misalnya palu, pahat, pegas. Suhu yang digunakan dalam penelitian ini adalah 500C pada proses tempering.

c) *Tempering* pada suhu tinggi (550° - 650°C)

Tempering suhu tinggi bertujuan memberikan daya keuletan yang besar dan sekaligus kekerasannya menjadi agak rendah misalnya pada roda gigi, poros batang penggerak dan sebagainya

Antara kekerasan dan keliatan adalah berbanding terbalik, di mana semakin keras maka semakin tidak liat. Hal yang penting untuk

menyeimbangkan kekerasan bahan dengan penggunaannya. Proses tempering dilakukan dibawah temperatur kritis.

4. **Hardening (Pengerasan)**

Hardening dilakukan untuk memperoleh kekerasan dan sifat tahan aus yang tinggi, kekuatan dan *fatigue limit* atau *strength* yang lebih baik. Kekerasan yang dapat dicapai tergantung pada kadar karbon dalam baja, dan kekerasan yang terjadi akan tergantung pada temperature pemanasan (temperature *austenitising*), *holding time*, laju pendinginan, komposisi kimia, kondisi permukaan dan berat benda kerja (Mubarok, Fahmi, 2008).

Proses *hardening* yaitu proses pemanasan baja samapai suhu di atas daerah kritis disusul dengan pendinginan yang cepat disebut *quenching* (Djafrie,1995) *Quenching* adalah salah satu perlakuan panas dengan laju pendinginan cepat yang dilakukan didalam suatu media pendingin air garam, air atau oli. Proses quenching bertujuan untuk mendapatkan sifat mekanik yang keras.

Pada baja karbon rendah atau baja karbon sedang biasanya menggunakan air, sedangkan baja karbon tinggi menggunakan oli. Quenching merupakan proses perpindahan panas pendinginan dengan sangat cepat dari fasa austenit pada umumnya suhu antara 815°C - 870°C untuk material baja. Media pendingin yang biasa digunakan untuk proses quenching yaitu air, oli, larutan garam,dan udara. (Bahtiar,2014). Dilakukan penahanan pada pemanasan (*hold time*) antara 30 menit sampai 1 jam (Rajender Singh, 2006).

Quenching merupakan salah satu proses perlakuan panas yang cukup penting dan banyak dilakukan dalam proses manufaktur di industri logam. Meskipun *quenching* dapat memperbaiki sifat mekanik baja, tetapi di sisi lain akan menimbulkan tegangan dalam yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan bentuk dan ukuran sehingga bisa mengakibatkan adanya retakan (Totten, 1997)

Tujuan utama *quenching* adalah meningkatkan kekerasan logam, sedangkan faktor utama dalam proses *quenching* adalah pengaturan laju pendinginan pada logam (Yunaidi, 2016). Faktor-faktor penting dalam proses *quenching* antara lain, desain peralatan, media pendingin, konsentrasi pendingin, temperatur bak, dan laju gerakan pendinginan. Masing-masing faktor tersebut dapat mempengaruhi sifat akhir dari bahan logam sehingga harus diatur selama proses pendinginan berlangsung. Oleh karena itu, yang menarik dari metode *quenching* adalah bagaimana memilih media pendingin dan tahapan proses yang dilakukan sehingga akan meminimalkan beragam tegangan yang timbul yang dapat mengurangi terjadinya retak dan distorsi serta pada saat yang sama mampu menyediakan laju perpindahan panas yang cukup untuk mendapatkan sifat akhir hasil *quenching* seperti kekerasan (Chaves, 2001).

Untuk tahap pengujian ini, penguji memilih *hardening* dalam proses pembuatan pisau berbahan baja karbon agar memperoleh dengan tingkat kekerasan yang tinggi serta diberikan perlakuan *hardening* pada temperatur

800 °C sesuai pada proses *hardening* dan lama waktu pemanasan selama 30 menit.

D. Sifat Mekanik

Sifat mekanik adalah satu sifat yang terpenting, karena sifat mekanik menyatakan kemampuan suatu bahan (seperti komponen yang terbuat dari bahan tersebut) untuk menerima bahan/gaya/energi tanpa menimbulkan kerusakan pada bahan/komponen tersebut. Seringkali bila suatu bahan mempunyai sifat mekanik yang baik tetapi kurang baik pada sifat yang lainnya, maka diambil langkah untuk mengatasi kekurangan tersebut dengan cara yang diperlukan. Ada beberapa sifat mekanik yang perlu diketahui yaitu, kekuatan (*strenght*), elastisitas (*elasticity*), kekakuan (*stiffness*), plastisitas (*plasticity*), ketangguhan (*tougness*), kelelahan (*fatigue*), dan kekerasan (*hardness*).

Pada penelitian yang saat ini peneliti inginkan yaitu sifat mekanik baja tentang kekerasan (*hardness*). Kekerasan suatu bahan (baja) dapat diketahui dengan pengujian kekerasan memakai mesin uji kekerasan (*hardness tester*) menggunakan tiga metoda atau teknik yang umum dilakukan yaitu metoda *Brinell*, *Rockwell* dan *Vickers* (Callister, 2000 ; Dieter,1996)

1. Brinell

Uji *brinell* dilakukan dengan penekanan sebuah bola baja yang terbuat dari baja *chrom* yang telah dikeraskan dengan diameter tertentu, oleh gaya tekan secara statis kedalam permukaan logam yang diuji harus rata dan bersih. Setelah gaya tekan ditiadakan dan bola baja dikeluarkan dari bekas lekukan, maka

diameter paling atas dari lekukan tadi diukur secara teliti untuk kemudian dipakai untuk penentuan kekerasan logam.

Angka kekerasan brinell (BHN) dinyatakan sebagai beban p dibagi luas permukaan lekukan. Rumus yang digunakan yaitu

$$BHN = \frac{2P}{\pi D [(D - \sqrt{D^2 - d^2})]}$$

dimana :

BHN = nilai kekerasan brinell

P = beban yang diterapkan (kg)

D = diameter bola (mm)

d = diameter lekukan / jejak tekan (mm)

2. Rockwell

Uji kekerasan *rockwell* ini juga didasarkan kepada penekanan sebuah *indentor* dengan suatu gaya tekan tertentu kepermukaan yang rata dan bersih dari suatu logam yang diuji kekerasannya. Setelah gaya tekan dikembalikan ke gaya *minor* maka yang dijadikan dasar perhitungan nilai kekerasan *rockwell* bukanlah hasil pengukuran diameter ataupun diagonal bekas lekukan tetapi justru “dalamnya bekas lekukan yang terjadi itu”. Inilah kelainan cara *rockwell* dibandingkan dengan cara pengujian kekerasan lainnya.

Pengujian *rockwell* yang umumnya biasa dipakai ada ke jenis yaitu HR_A , HR_B , dan HR_C . HR itu sendiri merupakan suatu singkatan dari

kekerasan *rockwell* atau *rockwell hardness number* dan kadang-kadang disingkat dengan huruf R saja.

Pengujian kekerasan dengan metode *rockwell* ini diatur berdasarkan standar DIN 50103. Tingkat skala kekerasan menurut metode *rockwell* adalah berdasarkan pada jenis *indentor* yang digunakan pada masing-masing skala. Dalam metode *rockwell* ini terdapat dua macam *indentor* yang ukurannya bervariasi, kedua jenis *indentor* itu adalah :

- 1) Kerucut intan dengan besar sudut 120^0 , dikenal pula dengan “*Rockwell cone*”.
- 2) Bola baja dengan berbagai ukuran, dikenal pula dengan “*Rockwell*”

3. *Vickers*

Uji *vickers* ini didasarkan kepada penekanan oleh suatu gaya tekan tertentu oleh sebuah *indentor* berupa *pyramid diamond* terbalik yang memiliki sudut puncak kepermukaan logam yang diuji kekerasannya, dimana permukaan logam yang diuji ini harus rata dan bersih.

Setelah gaya tekan secara statis ini kemudian ditiadakan dan *pyramid diamond* dikeluarkan dari bekas yang terjadi (permukaan bekas merupakan segi empat karena piramid merupakan piramid sama sisi), maka diagonal segi empat bekas teratas diukur secara teliti untuk kemudian digunakan sebagai kekerasan logam yang diuji.

Nilai kekerasan yang diperoleh sedemikian itu disebut kekerasan *vickers* yang biasa disingkat dengan Hv atau HVN (*Vicker Hardness Number*).

Untuk memperoleh nilai kekerasan *vickers* maka hasil penekanan yang diperoleh dimasukkan kedalam rumus:

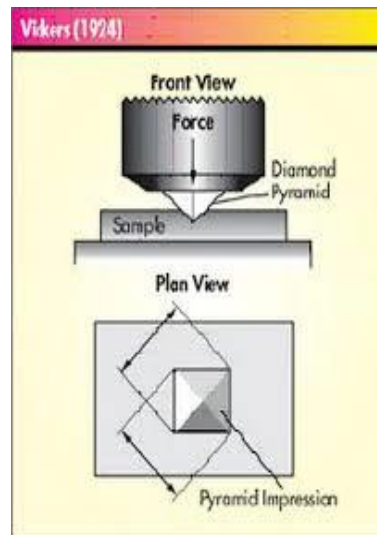
$$HVN = \frac{2P \sin \frac{\theta}{2}}{d^2} = \frac{1,854 P}{d^2}$$

Dengan :

P = beban yang digunakan (kg)

D = panjang diagonal rata-rata (mm)

Θ = sudut antara permukaan intan yang berhadapan = 136°



Gambar 2.2 Teknik Pengujian Kekerasan *Vickers*
(Sumber : www.google.com)

Pada penelitian ini, pengujian menggunakan pada teknik pengujian kekerasan *vickers* atau *vickers hardness tester* dengan acuan standar ASTM E 92.

E. Media Pendingin

Media pendingin merupakan suatu media yang digunakan untuk mendinginkan spesimen uji setelah mengalami proses perlakuan panas. Untuk mendinginkan bahan dikenal berbagai macam bahan untuk memperoleh pendinginan yang merata maka bahan pendingin tersebut hampir semuanya disirkulasi.

Menurut Budi Syahri, 2017. Ada beberapa media pendingin yang digunakan untuk mendinginkan spesimen uji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Air

Air adalah media yang sangat banyak digunakan untuk *quenching*, karena biayanya yang murah, dan mudah digunakan serta pendinginan yang cepat. Air khususnya digunakan pada baja karbon menengah yang memerlukan penurunan temperatur dengan cepat dengan tujuan untuk memperoleh kekerasan dan kekuatan yang baik.

2. Oli

Oli sebagai media pendingin yang lebih lunak jika dibandingkan dengan air. Digunakan pada material yang kritis, antara lain material yang mempunyai bagian tipis atau ujung yang tajam.

Menurut Prihanto, dalam media pendingin ada hal yang sangat mempengaruhi dalam hasil kekerasan yaitu viskositas (kekentalan) dan densitas (massa jenis) dari media pendingin itu sendiri.

a. Viskositas (kekentalan)

Viskositas merupakan tingkat kekentalan yang dimiliki suatu fluida. Semakin tinggi angka viskositasnya, maka semakin lambat laju pendinginannya.

b. Densitas (massa jenis)

Merupakan massa jenis yang dimiliki media pendingin (fluida). Semakin tinggi densitas yang dimiliki suatu pendingin maka semakin cepat laju pendinginannya.

Menurut Streeter, 1992 nilai viskositas dan densitas dari media pendingin yang digunakan :

- a. Air ($\rho = 998 \text{ kg/m}^3$, $\nu = 1,01 \text{ Pa.s}$)
- b. Oli ($\rho = 981 \text{ kg/m}^3$, $\nu = 4,01 \text{ Pa.s}$)

Dari pernyataan diatas proses quenching yang akan dilakukan dalam pengujian ini dengan pendinginan air dan oli selama 12 detik.

F. Penelitian Relevan.

1. Zulkarnain Fatoni, 2016. Dalam penelitian yang berjudul Pengaruh Perlakuan Panas terhadap Baja Paduan Renda untuk Bahan Pisau Penyayat BatangKaret menyimpulkan hasil pengujian kekerasan akibat didinginkan laju pendinginan air lebih cepat, karbon yang terjebak dari struktur austenite (FCC) menjadi martensit (BCC) lebih banyak dan austenite sisa pada temperatur kamar yang tidak sempat bertransformasi menjadi martensit lebih sedikit.
2. Arief Murtion, 2012. Dalam penelitian yang berjudul pengaruh *Quenching* dan *Tempering* terhadap Kekerasan dan Kekuatan Tarik Struktur Mikro Baja Karbon Sedang untuk Mata Pisau Pemanen Sawit menyimpulkan hasil kekerasan maksimum pada *quenching* air lebih tinggi dibandingkan udara. Hubungan antara ukuran butiran dengan kekerasan, semakin kecil butiran berarti semakin keras.
3. Basori, dalam penelitian yang berjudul Pengaruh Media *Quenching* Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Paska Hardfacing yang menyimpulkan *quenching* yang cepat setelah dipanaskan dengan suhu tinggi dan *hold time* akan menghasilkan struktur martensit yang dapat membuat

sifat keras dari baja meningkat. Hasil kekerasan quenching menggunakan air lebih tinggi dibandingkan menggunakan udara, oli dan *non treatment* karena quenching menggunakan air lebih cepat proses pendinginannya sehingga menghasilkan nilai kekerasan lebih tinggi dan baja lebih keras.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan yaitu :

1. Nilai kekerasan rata-rata pada spesimen pertama media pendingin air adalah **295,6 HVN**. Nilai kekerasan rata-rata pada spesimen kedua media pendinginan oli adalah **720,7 HVN** dan spesimen kontrol adalah **256,6 HVN**.
2. Proses perlakuan panas dan *quenching* dengan media pendingin yang berbeda dapat meningkatkan kekerasan material menjadi lebih tinggi.

B. Saran

Sesuai dengan hasil enelitin yang telah dilakukan maka sarankan untuk penelitian selanjutnya ada beberapa saran yang perlu diperhatikan :

1. Perlu dilaksanakan penelitian yang lebih lanjut dengan perlakuan panas yang lain pada pisau hasil proses *quenching* agar didapatkan pisau yang lebih baik. Pengujian yang berbeda pada proses *quenching* agar didapatkan data-data yang akurat untuk memperbaiki kekurangan yang terdapat pada pisau ini.
2. Perlunya pelaksanaan penelitian yang lebih lanjut dengan penambahan media pendingin ataupun perbedaan terhadap temperature *heat treatment* agar

3. mendapatkan data-data yang akurat untuk memperbaiki kekurangan yang terdapat pada penelitaian ini.
4. Diharapkan penelitian ini dapat menjadi penelitian relevan bagi penelitian selanjutnya.
5. Dapat dijadikan informasi baru untuk pengembangan wawasan dikalangan pendidikan khususnya di Jurusan Teknik Mesin FT-UNP
6. Hasil penelitian ini dapat dijadikan pertimbangan untuk pengaplikasian dalam dunia industri.

DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba. 1999 . “Aisi 5160 Paduan Baja” (<https://indonesian.alibaba.com/aisi-5160>) Diakses tanggal 6 Januari 2019
- Amanto. 1999. Analisa Sifat Kekasaran Baja ST-42 Dengan Pengaruh Besarnya Butiran Media Katalisator (Tulang Sapi(CaCO_3)). Melalui Proses Pengarbonan Padat (*Pack Carburizing*).
- Beyond, stell. 2014. “Cara Membaca Sistem Penomoran Standarisasi Baja” (<http://beyondsteel.blogspot.com>) Diakses tanggal 12 Januari 2019.
- Budi Syahri, Zonny Amanda Putra , dan Nofri Helmi. 2017. *Analisis Kekerasan Baja Assab 705 Yang Diberi Perlakuan Panas Hardening Dan Media Pendingin*. Padang: Vol. 17, No. 1.
- Daswarman. 2012. Material Teknik. Padang : Universitas Negeri Padang
- Hari, Amanto dan Daryanto. (1999). Ilmu Bahan. Bumi Aksara. Jakarta.
- Hari Amanto dan Daryanto. 2003. *Ilmu Bahan*: PT. Bumi Aksara
- Hera Setiawan. 2008 Pengaruh Proses *Heat Treatment* Pada Kekerasan Material *Special K (K100)*.Kudus
- Rabiyatul Adabiyah. 2015. *Pengaruh Beda Media Pendingin Pada Proses Hardening Terhadap Kekerasan Baja Pegas Daun*. Banjarmasin: *Jurnal POROS TEKNIK*. Vol7. No.1
- Rabiatul Adawiyah, Murdjani, Ahmad Hendrawan. 2014. *Pengaruh Perbedaan Media Pendingin Terhadap Strukturmikro dan Kekerasan Pegas Daun dalam Proses Hardening*. Banjarmasin : *Jurnal POROS TEKNIK*. Vol 6, No. 2: 55 – 102
- Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Pendidikan (Pendidikan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D)*. Bandung: Alfabeta
- Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Kuantitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta
- Universitas Negeri Padang. 2014. *Buku Panduan Penulisan Tugas Akhir/Skripsi Universitas Negeri Padang*. Padang: Universitas Negeri Padang