

TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI PUKULAN
PADA PROSES TEMPA Pengerjaan DINGIN
TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO**



Disusun Oleh :

SATRIA NAN DITO

15.331.0383

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU**

2022

LEMBAR PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI PUKULAN
PADA PROSES TEMPA Pengerjaan DINGIN...
TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO



Disusun Oleh :

SATRIA NAN DITO

NPM : 153310383

Diperiksa Dan Disetujui Oleh :

PEKANBARU

A handwritten signature in blue ink, located to the right of the logo. The signature is stylized and appears to be the name of the supervisor, Jhonni Rahman.

Jhonni Rahman, B.Eng., M.Eng., PhD

Dosen Pembimbing

Tanggal : 11 Agustus 2022

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI PUKULAN
PADA PROSES TEMPA Pengerjaan DINGIN
TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO

Disusun Oleh :

SATRIA NAN DITO
NPM : 153310383

Disetujui Oleh :
PEMBIMBING

Jhonni Rahman, B.Eng., M.Eng., PhD
NIDN : 1009038504

Disetujui Oleh :

PENGUJI I

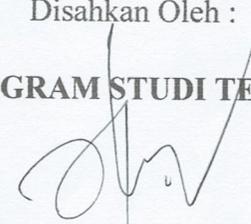
PENGUJI II


Dr. Kurnia Hastuti, S.T., M.T
NIDN : 0027075901


Ir. Irwan Anwar, M.T
NIDN : 0027075901

Disahkan Oleh :

KETUA PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN


Jhonni Rahman, B.Eng., M.Eng., PhD
NIDN : 1009038504

PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : Satria Nan Dito

NPM : 15.331.0383

PRODI : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa penelitian yang saya lakukan untuk Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh Variasi Pukulan Pada Proses Tempa Pengerjaan Dingin Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro” yang diajukan guna melengkapi syarat untuk mendapatkan gelar sarjana Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Islam Riau. Adalah merupakan hasil penelitian dan karya ilmiah saya sendiri dengan bantuan dosen pembimbing dan bukan merupakan tiruan atau dari Tugas Akhir yang telah dipublikasikan dan atau pernah digunakan untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas Islam Riau (UIR) maupun Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali pada bagian yang sumber informasinya telah dicantumkan sebagaimana mestinya.

Pekanbaru, 11 Agustus 2022



SATRIA NAN DITO

15.331.0383

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Data Personal

Nama Ayah : Satria Aprillo Esje
Nama Ibu : Erna Rostuti
Nama Lengkap : Satria Nan Dito
NPM : 15.331.0383
Tempat/Tanggal Lahir : Pekanbaru, 26 Agustus 1997
Jenis Kelamin : Laki - Laki
Alamat : Jl. Tirta Sari RT/003 RW/003 Kel. Tangkerang Selatan Kec. Bukit Raya, Kota Pekanbaru
Telp/Wa : +62 822 8799 5809
Email : ditto.satria@student.uir.ac.id



Pendidikan

Sekolah Dasar : SD N 036
Sekolah Menengah Pertama : SMP N 22
Sekolah Menengah Atas : SMK N 2 Pekanbaru
Perguruan Tinggi : Universitas Islam Riau

Tugas Akhir

Judul : Pengaruh Variasi Pukulan Pada Proses Tempa Pengerjaan Dingin Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro
Tempat Penelitian : Lab. Material Teknik Mesin Universitas Islam Riau
Tanggal Sidang : 22 Juli 2022

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum, Wr. Wb.

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, karunia dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Adapun tujuan penulisan skripsi ini adalah untuk memenuhi persyaratan guna mencapai gelar sarjana teknik di Prodi Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.

Dibalik keberhasilan penulias dalam menyusun tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, maka sudah sepantasnya penulis mengucapkan terima kasih yang sangat mendalam kepada semua pihak yang telah berpartisipasi dalam penelitian dan penulisan tugas akhir ini khususnya kepada :

1. Bapak Dr. Eng. Muslim, S.T., M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
2. Bapak Jhonni Rahman, B.Eng., M.Eng., PhD selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir dan selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Riau yang telah membantu dan membimbing dalam penyusunan skripsi.
3. Bapak Rafil Arizona, S.T., M.Eng Selaku sekretaris Prodi Teknik Mesin Universitas Islam Riau.
4. Kepada seluruh dosen Program Studi Teknik Mesin yang telah menuangkan ilmunya kepada saya.
5. Kedua Orang tua tercinta yakni Bapak dan Ibu yang telah memberikan motivasi, semangat, dan dukungan kepada penulis, baik dukungan secara moril maupun materil.
6. Rekan - rekan seperjuangan yang telah membantu memberikan dorongan moral dalam pembuatan skripsi.

Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih yang tidak terhingga kepada semua pihak yang berperan dalam penyelesaian skripsi. Semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi penulis dan pembaca untuk menambah ilmu pengetahuan dan wawasan.

Pekanbaru, Agustus 2022

Satria Nan Dito



DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DARTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR NOTASI	vii
ABSTRAK	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Proses Tempa (<i>Forging</i>)	5
2.2 Penempaan Panas dan Dingin	7
2.2.1 Penempaan Panas	7
2.2.2 Penempaan Dingin	7
2.3 Jenis-Jenis Penempaan	8
2.3.1 Penempaan Palu	8
2.3.2 Penempaan Timpa	9
2.3.3 Penempaan <i>Upset</i>	9
2.3.4 Penempaan <i>Roll</i>	10
2.4 Baja	11
2.4.1 Klasifikasi Baja	11
2.4.1.1 Baja Karbon (<i>Carbon Steel</i>)	11
2.4.1.2 Baja Paduan (<i>Alloy Steel</i>)	12
2.5 Aluminium	13

2.5.1 Sifat-Sifat Aluminium	14
2.6 Media Pendingin	15
2.7 Cara Kerja Mesin Tempa	16
2.8 Pisau Dapur	17
2.9 Uji Kekerasan (<i>Rockwell</i>)	17
2.10 Pengamatan Mikrostruktur	20
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir Penelitian	25
3.2 Persiapan Alat	27
3.3 Persiapan Bahan	28
3.4 Prosedur Penelitian	29
3.5 Cara Kerja <i>Forging</i> Pengerjaan Dingin	30
3.6 Pengujian Kekerasan (<i>Rockwell</i>)	31
3.7 Pengujian Struktur Mikro	32
3.8 Jadwal Kegiatan Penelitian	32
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pengamatan Mikrostruktur	35
4.2 Uji kekerasan (<i>Vickers</i>)	37
4.3 Deformasi Plastik Pada Ketebalan Aluminium 5035	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	46

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Skala <i>Superficial Rockwell</i>	26
Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan Penelitian	41
Tabel 4.1. Hasil Pengamatan Mikrostruktur Variasi Pukulan dengan Proses Tempa (<i>Cold Working</i>)	43
Tabel 4.2. Hasil pengujian rata-rata kekerasan (Vickers)	45
Tabel 4.3. Hasil selisih ketebalan setelah dilakukan proses tempa (<i>cold working</i>) pada aluminium 5035	48



DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
2.1	Proses Penempaan Pisau	6
2.2	Batas Temperature Pengerjaan Panas	7
2.3	Jenis-Jenis Proses Penempaan	8
2.4	Penempaan Palu	11
2.5	Penempaan Timpa	12
2.6	Penempaan <i>Upset</i>	12
2.7	Penempaan <i>Roll</i>	13
2.8	Identer Kerucut Pada Ujung Diamon	23
2.9	Ilustrasi Uji Kekerasan Rockwell.....	24
2.10	Bagan Pengujian HRC	24
2.11	Bagan Pengujian HRB	25
2.12	<i>Microscope</i>	31
3.1	Diagram Alir Penelitian	32
3.2	Mesin Tempa	35
3.3	Gerinda Tangan	35
3.4	<i>Stopwatch</i>	36
3.5	Jangka Sorong	36
3.6	Aluminium	37
3.7	Alat Uji Kekerasan <i>Micro Hardness</i>	39
3.8	Alat Pengamatan <i>Microscope Merk Olympus BX53M</i>	40
4.1	Hasil penempaan dingin (<i>cold working</i>) pada Aluminium 5035 ..	42
4.2	Sample pengujian Vickers	45
4.3	Grafik rata-rata kekerasan Vickers pada variasi pukulan dengan proses tempa (<i>cold working</i>)	46
4.4	Hasil perubahan bentuk setelah di tempa (<i>Cold Working</i>)	48
4.5	Hasil selisih ketebalan setelah dilakukan proses tempa (<i>cold working</i>) pada Aluminium 5035	49

DAFTAR NOTASI

<u>Simbol</u>	<u>Notasi</u>	<u>Satuan</u>
ρ	Massa Jenis	(g/cm ³)
V	Volume	(cm ³)
p	Panjang	(mm)
l	Lebar	(mm)
t	Tinggi	(mm)
w	berat	(gram)
A	Luas penampang	(mm ²)
T	Temperatur/Suhu	(°C)
vhn	<i>VICKERS Hardness Test</i>	(Kg/mm ²)



**PENGARUH VARIASI PUKULAN
PADA PROSES TEMPA Pengerjaan DINGIN
TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO**

Satria Nan Dito, Jhonni Rahman

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau
Jl. Kaharuddin Nasution Km 11 No.113 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru
Telp. 0761 – 674635 Fax. (0761) 674834

ABSTRAK

Proses tempa merupakan pembentukan logam yang dilakukan dengan mengubah bentuk logam secara deformasi plastis dengan memberikan pukulan mekanik dari luar. Salah satu proses yang memiliki akurasi ukuran dan kualitas permukaan logam yang lebih baik yaitu tempa dengan pengerjaan dingin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi pukulan pada proses tempa *cold working* untuk mengamati fenomena yang meliputi kekerasan dan pengamatan mikrostruktur. Pada penelitian ini, material dipilih adalah Aluminium 5035 dengan variasi pukulan 0, 25, 50, 75 dan 100 dan temperature ruangan 27°C. Hasil pengamatan mikrostruktur pada 0 pukulan terlihat fasa yang terbentuk adalah α Aluminium (putih), fasa eutektik silicon yang terletak pada batas-batas α Aluminium dan β silicon yang berwarna gelap, pada 25 pukulan terlihat silicon dan fasa eutektoid mulai terbentuk kecil-kecil, pada 50 pukulan terlihat fasa eutektoid mulai pecah dan silicon semakin banyak bermunculan, 75 dan 100 pukulan terlihat fasa eutektoid mulai pecah dan silicon semakin banyak bermunculan. Ini juga menyebabkan nilai kekerasan materialnya menjadi tinggi. Hasil pengujian kekerasan pada variasi pukulan menunjukkan nilai kekerasan tertinggi pada 100 pukulan yaitu sebesar 45,97 VHN, sedangkan nilai kekerasan terendah pada 0 pukulan yaitu sebesar 36,18 VHN. Hal ini disebabkan karena adanya tekanan (pukulan) yang diberikan ke material sehingga terjadinya pemadatan nilai atom (unsur) logam. Logam akan naik kekerasannya bila logam tersebut mengalami deformasi plastis akibat tempa (*cold working*), dalam hal ini adalah proses tempa yang mengakibatkan adanya *strain hardening* tempa *cold working*.

Kata kunci : Variasi Pukulan, Tempa Pengerjaan Dingin, Kekerasan (Hardness), Struktur Mikro

THE EFFECT OF BLOW VARIATIONS ON COLD FORGING PROCESS ON MECHANICAL PROPERTIES AND MICRO STRUCTURE

Satria Nan Dito, Jhonni Rahman

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau
Jl.Kaharuddin Nasution Km 11 No.113 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru
Telp. 0761 – 674635 Fax. (0761) 674834

ABSTRAC

The forging process is the formation of metal which is carried out by changing the shape of the metal by plastic deformation by giving a mechanical blow from the outside. One process that has better size accuracy and surface quality is cold working forging. This study aims to determine the effect of blow variations on the cold working forging process to observe phenomena including hardness and microstructure observations. In this study, the selected material is Aluminum 5035 with variations of 0, 25, 50, 75 and 100 strokes and a room temperature of 27oC. The results of microstructural observations at 0 strokes show that the phase formed is Aluminum (white), the silicon eutectic phase is located at the boundaries of Aluminum and silicon which is dark in color, at 25 strokes it is seen that silicon and the eutectoid phase begin to form in small pieces, at At 50 strokes, the effectoid phase begins to break and more silicon appears, 75 and 100 strokes, the effectoid phase begins to break and more silicon appears. This also causes the hardness value of the material to be high. The results of the hardness test on the variation of strokes showed that the highest hardness value was at 100 strokes, which was 45.97 VHN, while the lowest hardness value was at 0 strokes, which was 36.18 VHN. This is due to the pressure (blow) given to the material so that the solidification of the atomic value (element) of the metal occurs. The metal will increase in hardness when the metal undergoes plastic deformation due to cold working, in this case the forging process that results in strain hardening of hot working forgings. This is due to the pressure and heat that give hardness to the material. The higher the stroke, the higher the hardness value in JIS SUP 9.

***Keywords : Punch Variation, Cold Working Forging, Hardness,
Micro Structure***

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Alat potong, khususnya pisau, merupakan alat yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Terdapat berbagai fungsi pisau diantaranya pisau dapur, pisau pada mesin pencacah batang pisang, pisau untuk pasukan militer dan jenis pisau. Pemilihan bahan dari pisau berkembang seiring dengan perkembangan kebutuhan manusia yang semakin beraneka ragam. Pada dasarnya kualitas dari sebuah pisau ditentukan oleh bahan dan proses pembuatan yang digunakan. Salah satu bahan yang digunakan adalah baja paduan. Pada umumnya proses pembuatan pisau dilakukan dengan proses tempa.

Proses tempa merupakan pembentukan logam yang dilakukan dengan mengubah bentuk logam secara deformasi plastis dengan memberikan pukulan mekanik dari luar. Pukulan mekanik dari luar yang bekerja selama proses pengubahan bentuk (deformasi) diberikan hingga bentuk yang diinginkan. Proses tempa dipengaruhi faktor internal dan eksternal. Pukulan mekanik yang diberikan pada material dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasan pisau.

Pisau buatan pandai besi tradisional umumnya menggunakan baja-baja bekas seperti *spring steel*. *Spring steel* mempunyai komposisi kimia 0.62% C, 0.85% Mn, 0.01% P, 0.24% Si, 0.04% Ni, 0.89% Cr, 0.01% Mo (Bhalkaya, 2016). Namun kualitas pisau buatan pandai besi tradisional dapat ditingkatkan dengan proses penempaan dan proses *finishing* yang tepat. Dengan proses yang tepat kekerasan mata pisau dapat ditingkatkan menjadi 53-58 HRC.

Proses tempa sering juga digunakan untuk menurunkan intensitas porositas yang terdapat dalam material. Seperti yang dilakukan oleh Yuko tahun 2017, yang

melakukan proses tempa pada baja cor. Yang dapat menurunkan nilai porositas dalam material (Yuko, 2017).

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh variasi pukulan pada proses tempa *cold working* untuk mengamati fenomena yang meliputi kekerasan dan pengamatan mikrostruktur. Karena proses tempa *cold working* memiliki akurasi ukuran dan kualitas permukaan yang lebih baik.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi pukulan pada proses *forging cold working* pengerjaan dingin terhadap sifat mekanis (kekerasan) dan struktur mikro?
2. Bagaimana pengaruh variasi pukulan pada proses *forging cold working* terhadap deformasi plastis material?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mendapatkan pengaruh variasi pukulan pada proses *forging cold working* terhadap sifat mekanis (kekerasan) dan struktur mikro.
2. Untuk mendapatkan pengaruh variasi pukulan pada proses *forging cold working* terhadap deformasi plastis material.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian dapat berjalan lancar secara terarah dan mencapai tujuan yang diinginkan, batasan masalah yang diberlakukan sebagai berikut :

1. Bahan yang digunakan yaitu Aluminium 5035.
2. Temperatur yang digunakan yaitu suhu ruang 27°C

3. *Punch* divariasikan pada tahap 4 yaitu untuk variasi 1 adalah 25 *punch*, variasi 2 adalah 50 *punch*, variasi 3 adalah 75 *punch* dan variasi 4 adalah 100 *punch*.
4. Beban yang diberikan 250kg dan kecepatan 10 m/s.
5. Pengujian mekanik adalah uji kekerasan (*Vickers*).
6. Pengamatan struktur mikro dengan menggunakan alat mikroskop dengan Merk Olympus BX53M.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain :

a. Bagi penulis

Penelitian ini berguna untuk menambah wawasan dan pengetahuan mengenai variasi pukulan pada proses *forging cold working* terhadap sifat mekanik dan struktur mikro secara teoritis maupun dalam dunia nyata, serta pengaplikasian pengetahuan yang selama ini didapat selama masa perkuliahan.

b. Bagi akademik

Penelitian ini dapat memberikan masukan dan informasi yang diharapkan mampu memberikan manfaat baik dalam bidang akademik maupun dalam bidang praktisi.

c. Bagi peneliti selanjutnya

Penelitian ini berguna untuk memberikan masukan bagi peneliti selanjutnya dan menjadikan penelitian ini sebagai informasi pelengkap dalam penyusunan penelitian yang sejenis.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memperoleh gambaran secara umum tentang perancangan ini, penulis melengkapi pengiraianya sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II : LANDASAN TEORI

Landasan teori diri dari membahas teori penunjang dari penelitian metode *foring* pengerjaan dingin.

BAB III : METODE PENELITIAN

Diagram alir penelitian, bahan dan alat, waktu dan tempat.

BAB IV : HASIL PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian dan pembahasan berisi tentang hasil analisa dan pembahasan *foring* pengerjaan dingin

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dan saran berisi kesimpulan yang di dapat dari hasil penelitian dan masukan-masukan yang ingin disampaikan pada penelitian ini.

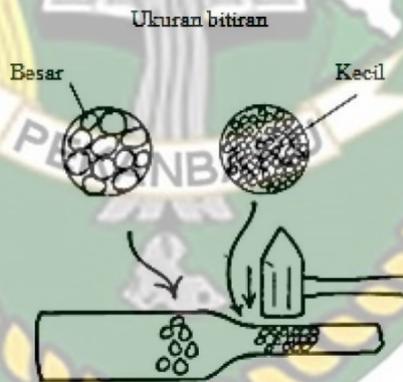
DAFTAR PUSTAKA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Tempa (*Forging*)

Pembentukan logam yang dilakukan dengan mendeformasi plastis suatu bahan disebut *forging*. Penempaan dilakukan dengan pemberian beban yang berulang ulang atau membentuk siklus. Penempaan dapat dilakukan secara manual maupun otomatis dengan menggunakan mesin. Proses penempaan dapat menghaluskan struktur butir dan mengurangi proses permesinan. Ukuran butir dalam proses penempaan dipengaruhi oleh temperatur, komposisi kimia dan *punch* mekanik (Schroen, 1984). Proses pemanasan menyebabkan ukuran butir membesar. Bahan hasil proses tempa memiliki bentuk butir halus searah dengan penempaan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1. Hal tersebut meningkatkan kekuatan dan ketajaman pisau.

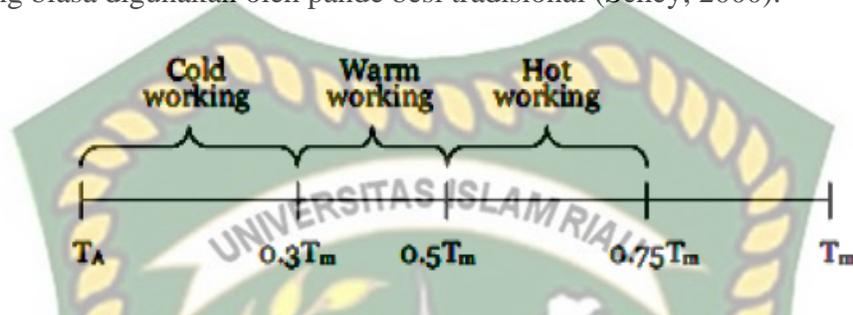


Gambar 2.1. Proses Penempaan Pisau

(Sumber : Schroen, 1984)

Dalam proses penempaan terdapat dua macam metode penempaan, yaitu pengerjaan dingin dan pengerjaan panas. Metode pengerjaan panas dilakukan dengan cara bahan dipanaskan terlebih dahulu hingga mencapai temperatur sekitar $0,75 T_m$, kemudian dilakukan proses penempaan pada temperature $0,6 T_m$ hingga $0,5 T_m$. Metode ini akan mengakibatkan struktur dan sifat-sifat logam yang tidak seragam

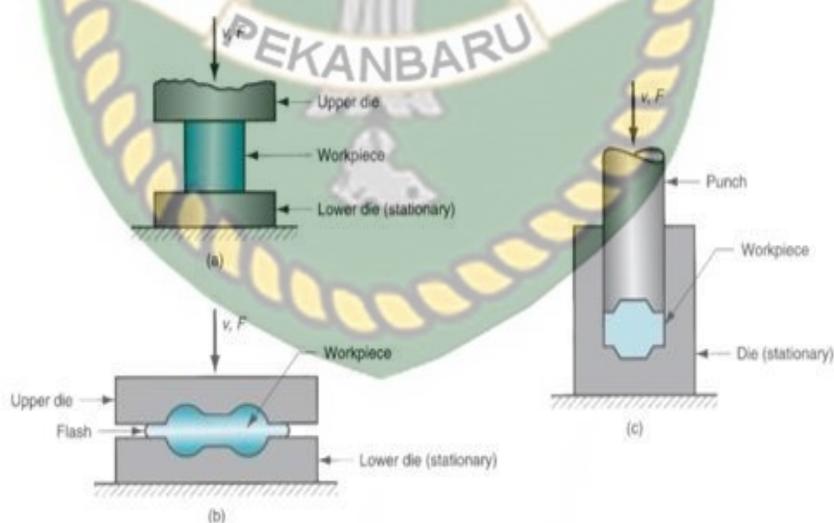
karena deformasi selalu lebih besar pada permukaan. Logam akan mengalami butir rekristalisasi yang lebih kecil pada permukaan, hal ini dapat dihindari dengan mengontrol temperatur pengerjaan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2. Metode ini yang biasa digunakan oleh pande besi tradisional (Schey, 2000).



Gambar 2.2. Batas Temperatur Pengerjaan Panas

(Sumber : Schey, 2000)

Kebanyakan penempaan dilakukan dengan temperatur tinggi untuk membentuk sebuah material karna dapat mengurangi kekuatan dan meningkatkan keuletan saat pengerjaannya. Namun ada beberapa produk yang dikerjakan menggunakan temperatur ruangan (Groover, 2010).



Gambar 2.3. Jenis jenis proses penempaan : (a) *open-die forging*, (b) *impression-die forging* dan (c) *flashless forging* (Sumber : Groover, 2010)

Menurut Groover (2010) terdapat 3 jenis proses penempaan yaitu:

1. *Open-die forging*: pengerjaan dilakukan dengan menggunakan cetakan yang datar .
2. *Impression-die forging*: pengerjaan dilakukan dengan bentuk permukaan cetakan yang tidak rata atau sesuai bentuk yang diinginkan.
3. *Flashless forging*: pengerjaan dilakukan sepenuhnya dalam cetakan hingga tidak ada *flash* yang berlebih.

2.2 Penempaan Panas dan Dingin

2.2.1 Penempaan panas

Hot forging atau penempaan panas merupakan proses penempaan yang dilakukan pada logam bersuhu tinggi (panas). Proses *hot forging* dilakukan bila logam yang ingin ditempa perlu dikurangi kekuatannya dan ditingkatkan sifat mampu bentuknya. Karena logam yang akan ditempa kekuatannya berkurang dan mampu bentuknya meningkat, *hot forging* relatif memerlukan gaya yang lebih kecil dibanding *cold forging*. Tingginya sifat mampu bentuk membuat produk hasil *hot forging* memiliki akurasi ukuran dan kualitas permukaan yang lebih buruk dibandingkan dengan *cold forging* (Djoko Andrijono dan Sufiyanto, 2018).

2.2.2 Penempaan dingin

Pengerjaan dingin atau *cold working* pada logam merupakan proses deformasi pada logam yang dilakukan dengan temperatur dibawah temperatur rekristalisasi. *Cold forging* atau penempaan dingin pada penelitian ini dilakukan pada logam dengan temperatur ruangan yaitu 27-30⁰C. Proses penempaan ini memerlukan gaya yang lebih besar dibandingkan dengan *hot forging*. Hal tersebut dikarenakan logam yang dingin memiliki kekuatan yang lebih besar daripada logam yang panas. Syarat dari logam atau material yang dapat dikerjakan dengan *cold forging* yakni harus memiliki sifat mampu bentuk yang tinggi pada suhu ruang. Syarat tersebut harus dipenuhi supaya perubahan bentuk dapat terjadi tanpa timbulnya retak atau patah.

Dibandingkan dengan *hot forging*, *cold forging* memiliki akurasi ukuran dan kualitas permukaan yang lebih baik (Djoko Andrijono dan Sufiyanto, 2018).

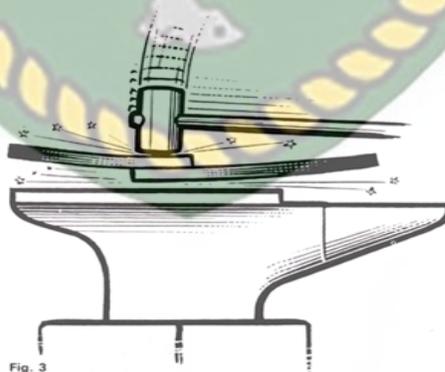
Secara umum, proses tempa pengerjaan dingin berakibat :

- a. Terjadinya tegangan dalam *logam*, tegangan tersebut dapat dihilangkan dengan suatu perlakuan panas.
- b. Struktur butir mengalami distorsi atau perpecahan.
- c. Kekerasan dan kekuatan meningkat, namun keuletan akan menurun.
- d. Suhu rekristalisasi baja meningkat.
- e. Penyelesaian permukaan lebih baik.
- f. Dapat diperoleh toleransi dimensi yang lebih ketat.

2.3 Jenis-Jenis Penempaan

2.3.1 Penempaan Palu

Pada proses penempaan logam yang dipanaskan ditimpa dengan mesin tempa uap diantara perkakas tangan atau die datar. Penempaan tangan yang dilakukan oleh pandai besi merupakan cara penempaan tertua yang dikenal. Pada proses ini tidak dapat diperoleh ketelitian yang tinggi dan tidak dapat pula dikerjakan pada benda kerja yang rumit. Berat benda tempa berkisar antara beberapa kilogram sampai 90 Mg (Djoko, 2018).



Gambar 2.4. Penempaan Palu

(Sumber : Groover, 2010)

2.3.2 Penempaan Timpa

Perbedaan penempaan palu dan penempaan timpa terletak pada jenis *die* yang digunakan. Penempaan timpa menggunakan die tertutup, dan benda kerja terbentuk akibat impact atau tekanan, memaksa logam panas yang plastis, dan mengisi bentuk *die*. Pada operasi ini ada aliran logam dalam *die* yang disebabkan oleh tumpaan yang bertubi-tubi. Untuk mengatur aliran logam selama tumpaan, operasi ini dibagi atas beberapa langkah. Setiap langkah mengubah bentuk kerja secara bertahap, dengan demikian aliran logam dapat diatur sampai terbentuk benda kerja.

Pada penempaan tekan, deformasi plastik logam melalui penekanan berlangsung dengan lambat, yang berbeda dengan impact palu yang berlangsung dengan cepat. Mesin tekan vertikal dapat digerakkan secara mekanik atau hidrolik. Pres mekanik yang agak lebih cepat dapat menghasilkan antara 4 dan 90 MN (Mega Newton). Tekanan yang diperlukan untuk membentuk baja suhu tempa bervariasi antara 20-190 MPa (Mega Pascal). Tekanan dihitung terhadap penampang benda tempa pada garis pemisah *die*.



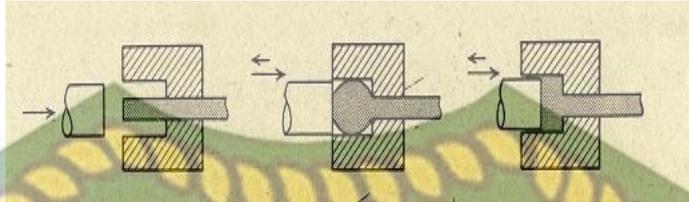
Gambar 2.5. Penempaan Timpa

(Sumber : Groover, 2010)

2.3.3 Penempaan Upset

Pada penempaan upset batang berpenampaan rata dijepit dalam die dan ujung yang dipanaskan ditekan sehingga mengalami perubahan bentuk. Panjang benda upset 2 atau 3 kali diameter batang, bila tidak benda kerja akan bengkok. Pelubangan

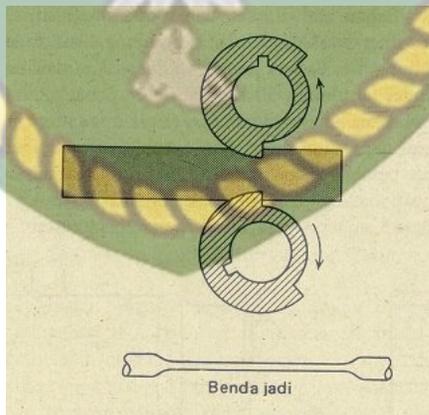
progresif sering dilakukan pada penempaan upset seperti untuk membuat selongsong peluru artileri atau silinder mesin radial.



Gambar 2.6. Penempaan Upset
(Sumber : Groover, 2010)

2.3.4 Penempaan Roll

Batang bulat yang pendek dikecilkan penempangannya atau dibentuk tirus dengan mesin tempat rol. Bentuk mesin rol terlihat pada gambar 10 dimana rol tidak bulat sepenuhnya, akan tetapi dipotong 25-75° untuk memungkinkan bahan tebuk masuk diantara rol. Bagian yang bulat diberi alur sesuai dengan bentuk yang dihendakinya. Bila rol dalam berada dalam posisi terbuka, operator menempatkan batang yang dipanaskan di antara rol. Ketika rol berputar, batang dijepit oleh alur rol dan didorong ke arah operator. Bila rol terbuka, batang didorong kembali dan digiling lagi, atau dipindahkan keluar berikutnya untuk lengkap pembentukan selanjutnya.



Gambar 2.7. Penempaan Roll
(Sumber : Groover, 2010)

2.4 Baja

Baja adalah logam paduan dengan besi (Fe) sebagai unsur dasar dan karbon (C) sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,2 % hingga 2,1 % berat sesuai grade-nya. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur pengerasan pada kisi kristal atom besi. Baja karbon adalah baja yang mengandung karbon lebih kecil 1,7 %, sedangkan besi mempunyai kadar karbon lebih besar dari 1.7 %. Baja mempunyai unsur-unsur lain sebagai pepadu yang dapat mempengaruhi sifat dari baja. Penambahan unsur-unsur dalam baja karbon dengan satu unsur atau lebih, tergantung dari pada karakteristik baja karbon yang akan dibuat (Ahmad, 2011).

2.4.1 Klasifikasi Baja

Baja secara umum dapat dikelompokkan atas 2 jenis yaitu :

2.4.1.1 Baja Karbon (*Carbon steel*)

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

a. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah (*low carbon steel*) mengandung karbon antara 0,025% – 0,25% C. setiap satu ton baja karbon rendah mengandung 10 – 30 kg karbon. Baja karbon ini dalam perdagangan dibuat dalam plat baja, baja strip dan baja batangan atau profil. 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.

b. Baja Karbon Menengah

Baja karbon menengah (*medium carbon steel*) mengandung karbon antara 0,25% - 0,55% C dan setiap satu ton baja karbon mengandung karbon antara 30 – 60 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.

c. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi (*high carbon steel*) mengandung kadar karbon antara 0,56% -1,7% C dan setiap satu ton baja karbon tinggi mengandung karbon antara 70 – 130 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.

2.4.1.2 Baja Paduan (*Alloy Steel*)

Baja dikatakan di padu jika komposisi unsur-unsur paduannya secara khusus, bukan baja karbon biasa yang terdiri dari unsur fosfor dan mangan. Menurut (Amanto, 1999) secara umumnya, baja paduan dikelompokan menjadi 3 yaitu :

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

Baja paduan rendah merupakan baja paduan yang elemen paduannya kurang dari 2,5% wt, Biasanya digunakan untuk membuat perkakas potong, gergaji, cetakan penarikan, pahat kayu, mata pisau, pemotong kikir, gurdi batu.

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

Baja paduan menengah merupakan baja paduan yang elemen paduannya 2,5% - 10% wt, Biasanya digunakan untuk membuat alat pengukur, cetakan penarikan, rol derat, mata gunting untuk plat tebal.

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

Baja paduan tinggi merupakan baja paduan yang elemen paduannya lebih dari 10% wt. Banyak digunakan untuk cetakan penarikan kawat, cetakan pengetrim, pengukur, rol derat. Yang termasuk dalam baja paduan tinggi contohnya adalah stainless steel, baja tahan aus, baja tahan panas, tool steel, dan baja berkekuatan tinggi.

2.5 Aluminium

Alumunium adalah logam yang memiliki kekuatan yang relative rendah dan lunak. Alumunium merupakan logam yang ringan dan memiliki ketahanan korosi yang baik, hantaran listrik yang baik dan sifat- sifat lainnya. Umumnya alumunium dicampur dengan logam alinya sehingga membentuk alumunium paduan. Materil ini dimanfaatkan bukan saja untuk peralatan rumah tangga, tetapi juga dipakai untuk keperluan industri, kontruksi, dan lain sebagainya (surdia, 1992).

Aluminium merupakan logam ringan mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat-sifat baik lainnya sebagai sifat logam. Material ini sangat banyak penggunaannya bukan saja untuk peralatan rumah tangga tapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi dan sebagainya.

Beberapa contoh aluminium yang umum dijadikan material kerja proses *cold forging* adalah (ICFG, 2002) :

1. Jenis *Pure / nearly pure aluminium alloys* : 1285, 1070, 1050, dan 1100
2. *Nonhardenable aluminium alloys* : 3003, 5152 dan 5052
3. *Hardenable aluminium alloys* : 6063, 6053, 6066, 2017, 2024 dan 7075

Aluminium bisa digunakan sebagai alternatif dari baja dimana potensi material yang lebih ringan yang mana berat kadang jadi permasalahan untuk penggunaan baja.

2.5.1 Sifat-Sifat Aluminium

Semua sifat-sifat dasar aluminium, tentu saja, dipengaruhi oleh efek dari berbagai elemen aluminium paduan. Unsur-unsur paduan utama dalam pengecoran aluminium paduan dasar adalah tembaga, silikon, magnesium, seng, kromium, mangan, timah dan titanium. Aluminium dasar paduan mungkin secara umum akan ditandai sebagai sistem eutektik, mengandung bahan intermetalik atau unsur-unsur sebagai fase berlebih. Komposisi unsur paduan aluminium akan menaikkan dan meningkatkan sifat mekanik bahan paduan hasil pengecoran industri kecil. Tingkat penyebaran unsur yang lebih merata juga menyebabkan keseragaman dan kekerasan permukaan akan lebih baik (Aris, 2014). Teknik untuk meningkatkan sifat mekanis (*mechanical properties*) material sekrap aluminium dilakukan dengan metode perlakuan logam cair (*solution treatment*) dengan cara degassing dengan alat rotary degasser yaitu metoda yang digunakan untuk mengeluarkan gas H₂ yang terjadi pada saat aluminium dilebur (Aris, 2011). Memungkin juga perlakuan panas solution heat treatment 505⁰C pada pembentukan material Aluminium dapat meningkatkan kekerasan (Fuad, 2010). Dalam pembuatan material yang berbahan limbah Aluminium seperti prototipe piston dengan penambahan silikon karbida (SiC) dan magesium menggunakan metode stir casting dan squeeze casting (Radimin, 2014).

Aluminium telah menjadi salah satu logam industri yang paling luas penggunaannya di dunia. Aluminium banyak digunakan di dalam semua sektor utama industri seperti angkutan, konstruksi, listrik, peti kemas dan kemasan, alat rumah tangga serta peralatan mekanis. Adapun sifat-sifat aluminium antara lain sebagai berikut (Kalpakjian, 1985) :

1. Ringan

Memiliki bobot sekitar 1/3 dari bobot besi dan baja, atau tembaga dan banyak digunakan dalam industri transportasi seperti angkutan udara.

2. Tahan terhadap korosi

Sifatnya durabel sehingga baik dipakai untuk lingkungan yang dipengaruhi oleh unsur-unsur seperti air, udara, suhu dan unsur-unsur kimia lainnya, baik di ruang angkasa atau bahkan sampai ke dasar laut.

3. Kuat

Aluminium memiliki sifat yang kuat terutama bila dipadu dengan logam lain. Digunakan untuk pembuatan komponen yang memerlukan kekuatan tinggi seperti: pesawat terbang, kapal laut, bejana tekan, kendaraan dan lain-lain.

4. Mudah dibentuk

Proses pengerjaan aluminium mudah dibentuk karena dapat disambung dengan logam/material lainnya dengan pengelasan, *brazing*, *solder*, *adhesive bonding*, sambungan mekanis, atau dengan teknik penyambungan lainnya.

5. Konduktor panas

Sifat ini sangat baik untuk penggunaan pada mesin-mesin/alat-alat pemindah panas sehingga dapat memberikan penghematan energi.

6. Memiliki ketangguhan yang baik

Dalam keadaan dingin dan tidak seperti logam lainnya yang menjadi getas bila didinginkan. Sifat ini sangat baik untuk penggunaan pada transportasi LNG dimana suhu gas cair LNG mencapai dibawah -150°C .

7. Mampu diproses ulang-guna

Mendaur ulang kembali melalui proses peleburan dan selanjutnya dibentuk menjadi produk seperti yang diinginkan. Proses ulang-guna ini dapat menghemat energi, modal dan bahan baku yang berharga.

1) Dapat diproses ulang.

2) Menarik.

2.6 Media Pendingin

Setelah proses tempa pengerjaan dingin dan waktu penahanan dilakukan, untuk mendapatkan struktur martensit maka austenit yang terjadi hanya didinginkan dengan cepat. Setidaknya dapat mencapai laju pendinginan kritis. Ada beberapa

media pendingin yang sering digunakan dalam proses pengerasan, antara lain campuran air, minyak, udara dan air garam (Surdia dan Shinroku, 1999).

Proses pendinginan secara cepat dengan menggunakan media udara, air sumur, oli dan larutan garam. Kemampuan suatu jenis media dalam mendinginkan spesimen bisa berbeda-beda, perbedaan kemampuan media pendingin di sebabkan oleh temperatur, kekentalan, kadar larutan dan bahan dasar media pendingin. Semakin cepat logam didinginkan maka akan semakin keras sifat logam itu. Karbon yang dihasilkan dari pendinginan cepat lebih banyak dari pendinginan lambat. Hal ini disebabkan karena atom karbon tidak sempat berdifusikeluar, terjebak dalam struktur kristal dan membentuk struktur tetragonal yang ruang kosong antar atomnya kecil, sehingga kekerasannya meningkat (Mu'afax, Harjanto, & Suharno, 2013)

2.7 Cara Kerja Mesin Tempa

Kerja tempa adalah suatu proses pengerjaan logam yang paling tua. Prosesnya terdiri dari atas pemukulan atau penekanan logam menjadi bentuk yang dikehendaki. Hal ini dapat dikerjakan baik dalam keadaan panas maupun dingin, tetapi istilah tempa umumnya menggunakan panas. Jadi yang dimaksud menempa adalah suatu proses pengerjaan logam dalam keadaan panas dengan cara memukul dengan palu diatas landasan.

Penempaan dapat dilakukan dengan tangan maupun dengan mesin. Untuk benda-benda kerja yang ringan dapat dilakukan dengan penempaan tangan. Penempaan dengan mesin biasanya dilakukan untuk pekerjaan-pekerjaan berat, dapat menggunakan matres ataupun tidak menggunakan matres. Dalam melaksanakan pekerjaan menempa diperlukan alat dan peralatan, seperti dapur tempa, alat pemotong, alat pelubang, alat peregang, alat pembentuk, alat ukur, dan alat bantu lainnya (Djoko Andrijono dan Sufiyanto, 2018).

2.8 Pisau Dapur

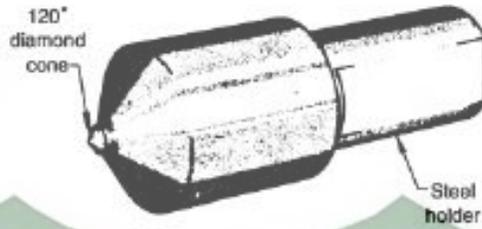
Salah satu jenis perkakas logam yaitu pisau dapur. Pisau dapur merupakan suatu alat yang digunakan untuk memotong ataupun membelah bahan-bahan dapur atau bahan masakan sesuai dengan yang kita inginkan. Terdapat beberapa jenis bahan yang digunakan dalam pembuatan pisau dapur seperti bahan yang terbuat dari baja karbon sedang, baja karbon tinggi, baja paduan, dll. Pisau dapur harus memiliki karakteristik tertentu untuk menghasilkan kualitas pemotongan yang baik dan maksimal. berikut adalah karakteristik dari pisau dapur :

- a. Keras
- b. Tangguh dan tahan terhadap beban pukul
- c. Tahan terhadap panas
- d. Tahan karat

Bahan yang digunakan dalam pembuatan pisau potong ikut mempengaruhi karakteristik dan kualitas pemotongan yang dihasilkan.

2.9 Uji Kekerasan (*Rockwell*)

Metode *Rockwell* Berbeda dengan metode *Brinell* dan *Vickers* dimana kekerasan suatu bahan dinilai dari diameter atau diagonal jejak yang dihasilkan maka metode *Rockwell* merupakan uji kekerasan dengan pembacaan langsung (*direct-reading*). Metode ini banyak dipakai dalam industri karena pertimbangan praktis. Variasi dalam beban dan indetor yang digunakan membuat metode ini memiliki banyak macamnya. Metode yang paling umum dipakai adalah *Rockwell B* dengan referensi ASTM E 18 memakai indetor bola baja berdiameter 1/6 inci dan beban 100 kg dan *Rockwell C* memakai indetor intan dengan beban 150kg. Sedangkan untuk bahan lunak menggunakan penetrator yang digunakan adalah bola Baja (*Ball*) yang kemudian dikenal dengan skala B dan untuk bahan yang keras penetrator yang digunakan adalah kerucut intan (*Cone*) dengan sudut pncak 1200, yang bisa dilihat pada Gambar 2.8 di bawah, kemudian dikenal dengan skala C.



Gambar 2.8. Indenter Kerucut Pada Ujung Diamon (ASM Vol.8, 2008)

Walaupun demikian metode Rockwell lainnya juga biasa dipakai. Oleh karenanya skala kekerasan Rockwell suatu material harus dispesifikasikan dengan jelas. Contohnya 82 HRB, yang menyatakan material diukur dengan skala B. Indenter 1/6 inci dan beban 100 kg. Dalam pengujian kekerasan Rockwell perlu memperhatikan nilai minimum ketebalan material pengujian. nilai ketebalan minimum material pengujian mengikuti rasio 1:10 tetapi ini berdasarkan akumulasi data pengujian untuk berbagai macam ketebalan pada baja karbon rendah, tinggi dan baja temper.

Pengujian kekerasan Rockwell memiliki tiga metode yang biasa digunakan yaitu:

1) Metode dengan Kerucut (HRC)

Pada percobaan dengan metode ini menggunakan indenter kerucut untuk penekanan ke material diperlihatkan pada Gambar 2.9 dibawah, dengan besar nilai kekerasan HRC. Skala HRC memiliki nilai kekerasan 0 sampai 100.

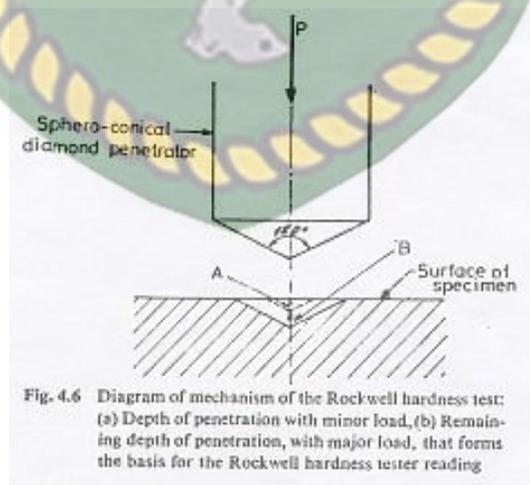


Fig. 4.6 Diagram of mechanism of the Rockwell hardness test: (a) Depth of penetration with minor load, (b) Remaining depth of penetration, with major load, that forms the basis for the Rockwell hardness tester reading

Gambar 2.9. Ilustrasi Uji Kekerasan Rockwell (ASM Vol.8, 1998)

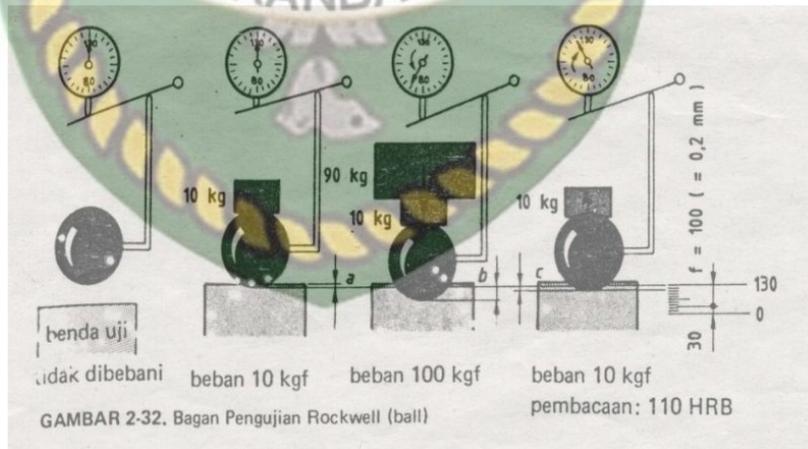
Namun pengujian untuk material tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan mesin khusus yang memiliki kapasitas beban 1-30 kg. Metode ini hanya cocok untuk bahan-bahan dengan susunan yang homogen. Gambar 2.10 dibawah menunjukkan bagan pengujian *Rockwell Cone* atau HRC:



Gambar 2.10. Bagan Pengujian HRC (ASM Vol.8, 1998)

2) Metode dengan Peluru (HRB)

Metode ini pada dasarnya sama dengan metode kerucut. Hanya saja metode ini menggunakan penetrator sebuah peluru. Berikut ini adalah bagan pengujian Rockwell Ball atau HRB yang dilustrasikan pada Gambar 2.11 sebagai berikut:



Gambar 2.11. Bagan Pengujian HRB (ASM Vol.8, 1998)

3) Metode *Rockwell Superficial*

Perbedaannya dengan *Rockwell* biasa adalah dalam beban minor dan beban mayor. Pada *Rockwell Superficial*, beban minor adalah 3 kg, sedangkan beban mayor adalah 15, 30 dan 45 kg untuk mengetahui besarnya beban dan jenis indentor bisa dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Skala *Superficial Rockwell* (ASM Vol.8, 1998)

Simbol	Identor	Besar beban (Kg)
15 N	Diamond	15
30 N	Diamond	30
45 N	Diamond	45
15 T	1/16 in ball	15
30 T	1/16 in ball	30
45 T	1/16 in ball	45
15 W	1/8 in ball	15
30 W	1/8 in ball	30
45 W	1/8 in ball	45

2.10 Pengamatan Mikrostruktur

Pengamatan Mikrostruktur merupakan pengujian yang paling efektif untuk melihat apa saja yang terdapat pada spesimen dengan menggunakan sebuah *microscope* yang dapat melakukan pembesaran objek sampai 100 kali.

Adapun beberapa tahap yang perlu dilakukan sebelum melakukan pengamatan mikrostruktur, yaitu:

1. Pemotongan (*Sectioning*)

Pemilihan sampel yang tepat dari suatu benda uji studi mikroskopik merupakan hal yang sangat penting. Pemilihan sampel tersebut didasarkan pada tujuan pengamatan yang hendak dilakukan. Pada umumnya bahan komersil tidak homogen, sehingga satu sampel yang diambil dari suatu volume besar tidak dapat dianggap

representatif. Pengambilan sampel harus direncanakan sedemikian sehingga menghasilkan sampel yang sesuai dengan kondisi rata-rata bahan atau kondisi di tempat-tempat tertentu (kritis), dengan memperhatikan kemudahan pemotongan pula. Secara garis besar, pengambilan sampel dilakukan pada daerah yang akan diamati mikrostruktur maupun makrostrukturnya. Sebagai contoh, untuk pengamatan mikrostruktur material yang mengalami kegagalan, maka sampel diambil sedekat mungkin pada daerah kegagalan (pada daerah kritis dengan kondisi terparah), untuk kemudian dibandingkan dengan sampel yang diambil dari daerah yang jauh dari daerah gagal. Perlu diperhatikan juga bahwa dalam proses memotong, harus dicegah kemungkinan deformasi dan panas yang berlebihan. Oleh karena itu, setiap proses pemotongan harus diberi pendinginan yang memadai.

2. Pemegangan (*Mounting*)

Spesimen yang berukuran kecil atau memiliki bentuk yang tidak beraturan akan sulit untuk ditangani khususnya ketika dilakukan pengamplasan dan pemolesan akhir. Sebagai contoh adalah spesimen yang berupa kawat, spesimen lembaran metal tipis, potongan yang tipis, dll. Untuk memudahkan penanganannya, maka spesimen-spesimen tersebut harus ditempatkan pada suatu media (*mounting*). Secara umum syarat-syarat yang harus dimiliki bahan *mounting* adalah:

- a. Bersifat *inert* (tidak bereaksi dengan material maupun zat etsa)
- b. Sifat *eksoterimis* rendah
- c. *Viskositas* rendah
- d. Penyusutan linier rendah
- e. Sifat adhesi baik
- f. Memiliki kekerasan yang sama dengan sampel
- g. *Flowabilitas* baik, dapat menembus pori, celah dan bentuk ketidakteraturan yang terdapat pada sampel
- h. Khusus untuk etsa elektrolitik dan pengujian SEM, bahan *mounting* harus konduktif

Media *mounting* yang dipilih haruslah sesuai dengan material dan jenis reagen etsa yang akan digunakan. Pada umumnya *mounting* menggunakan material plastik sintetik. Materialnya dapat berupa resin (*castable resin*) yang dicampur dengan *hardener*, atau *bakelit*. Penggunaan *castable resin* lebih mudah dan alat yang digunakan lebih sederhana dibandingkan *bakelite*, karena tidak diperlukan aplikasi panas dan tekanan. Namun bahan *castable resin* ini tidak memiliki sifat mekanis yang baik (lunak) sehingga kurang cocok untuk material-material yang keras.

3. Pengamplasan kasar (*Grinding*)

Grinding dilakukan dengan menggunakan *disc* pengamplasan yg ditutup dengan *Silicon carbide* kertas dan air. Ada sejumlah ukuran amplas, yaitu 180, 240, 400, 1200, butir *Silicon carbide* per inci persegi. Ukuran 180, menunjukkan kekasaran dan partikel ini adalah ukuran untuk memulai operasi pengamplasan. Selalu menggunakan tekanan langsung di pusat sampel. Lanjutkan pengamplasan hingga semua noda kasar telah dihapus, permukaan sampel rata, dan semua goresan yang pada satu posisi. Hal ini membuat mudah untuk dilihat ketika goresan semuanya telah dihapus. Setelah operasi pengamplasan selesai pada ukuran amplas 1200, cuci sampel dengan air diikuti oleh alkohol dan keringkan sebelum dipindah ke *polish*. Atau juga dapat tahap ini ukurannya 240, 800, 1000, 1500. Berikut adalah beberapa tahap dalam pengampelasan, yaitu :

- a. Persiapan, tahap ini adalah tahap dimana melakukan pemilihan amplas yang dimulai dengan menggunakan amplas dengan nomor yang paling rendah (kasar) dan juga ditambah dengan penggunaan air dengan tujuan supaya tidak terjadi gesekan antara permukaan spesimen dengan amplas yang dapat mengakibatkan percikan bunga api.
- b. *Abrasion damage*, adalah tahap menghaluskan permukaan dari spesimen dengan menggunakan amplas dari nomor rendah (nomor 360) ke nomor yang paling tinggi (nomor 2000) sampai permukaan dari spesimen yang diuji rata dan tidak ada lagi *scratch* pada material bila dilihat di mikroskop.

4. Pemolisan (*Polishing*)

Tahap polishing bertujuan untuk menghasilkan permukaan spesimen yang rata dan mengkilap, tidak boleh ada goresan yang merintang selama pengujian. *finish lap* merupakan tahap penghalusan akhir material dengan menggunakan kain yang telah diolesi *polisher* agar permukaan mengkilap dan rata atau bias disebut juga dengan polishing. *Polish* yang terdiri dari disc pengamplasan ditutup dengan kain lembut penuh dengan partikel berlian (ukuran 6 dan 1 mikron) dan minyak pelumas yang berminyak. Mulai dengan ukuran 6 mikron dan terus menggosok sampai goresan hilang.

5. Etsa (*Etching*).

Etching digunakan dalam *metallography* untuk memperlihatkan mikrostruktur dari spesimen dengan menggunakan mikroskop. Spesimen yang akan di *etching* harus dipolish secara teliti dan rata serta bebas dari perubahan yang disebabkan deformasi pada permukaan specimen, alur material, *pullout*, dan goresan. Meskipun dalam mikrography beberapa informasi sudah dapat diketahui tanpa proses *etching*, tetapi mikrostruktur suatu material biasanya baru dapat terlihat setelah dilakukan pengetsaan. Hanya sekitar 10% informasi yang dapat terlihat tanpa proses *etching*. Hanya reaktan, pori, celah, dan unsur non-metalik lainnya yang dapat diamati hanya dengan *polishing*, selebihnya diperlukan *etching*. Secara umum tujuan dari *etching* adalah:

- a. Memberi warna pada permukaan benda uji sehingga tampak jelas ketika diamati dengan mikroskop (*color enhancement*).
- b. Menimbulkan korosi sehingga memperjelas batas butir.
- c. Meningkatkan kontras antar butir dan batas butir (*optical enhancement of contrast*).
- d. Mengidentifikasi fasa pada suatu spesimen (*anodizing process*)

6. Pemotretan (*Photo*)

Dimaksudkan untuk mendapatkan gambar dari struktur Kristal yang dimaksud. Untuk mendapatkan foto mikrografi yang tajam, variabel berikut harus terkontrol yaitu penghilangan getaran, pelurusan pencahayaan, penyesuaian warna cahaya terhadap korelasi objek, menjaga kejernihan objek, penyesuaian daerah pengamatan, dan lubang diagram serta kecepatan fokus. Proses pengujian yang dilakukan membutuhkan bahan spesimen yang sangat banyak, spesimen berukuran tinggi 5 mm dan berdiameter 10 mm, setelah itu dilakukan proses pengamatan mikrostruktur dikendalikan oleh computer dan *keyboard controller* untuk mengatur pembesaran lensa dan perpindahan spesimen (Ananta, 2016).

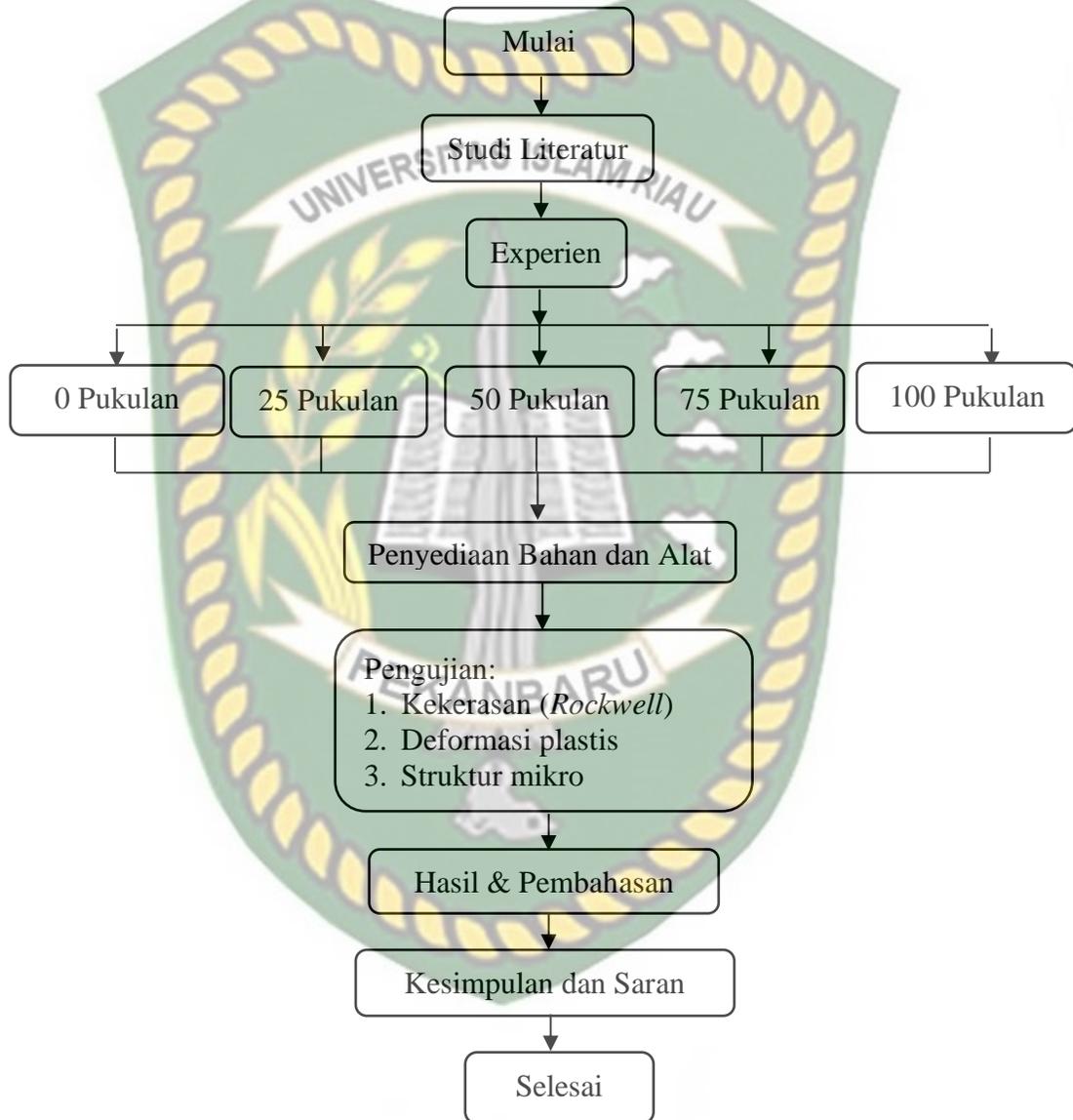


Gambar 2.12. *Microscope (Olympus BX53M)*

(Sumber : Ananta, 2016)

BAB III
METODELOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

Dari diagram alir Penelitian diatas, dapat dijelaskan bahwa dalam penelitian tugas akhir ini terdapat beberapa tahap yang dilakukan. Hasil yang didapatkan dari penelitian dalam pembuatan material terbaharukan tepat sasaran dan sesuai yang diharapkan, antara lain:

1. Mulai
 2. Mulai diawali dari pengajuan Tugas Sarjana dan mendapatkan SK Tugas Sarjana.
 3. Studi literatur
 4. Pengambilan data-data teori dari jurnal, buku yang berkaitan dalam pembuatan tugas sarjana ini sesuai dengan penelitian terdahulu.
 5. Persiapan Alat dan Bahan
 6. Persiapan alat dan bahan yang direncanakan dalam melakukan penelitian tentang pengaruh variasi pukulan pada proses *forging* pengerjaan dingin.
 7. Experimen
 8. Proses ini menggunakan parameter yaitu dengan temperatur ruang 27°C dengan variasi pukulan 0, 25, 50, 75 dan 100 pada proses *forging* pengerjaan dingin.
 9. Pengujian
 10. Melakukan pengujian sifat mekanis yaitu kekerasan (*Rockwell*), pengukuran ketebalan dan pengamatan struktur mikro di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam Riau dan Laboratorium Teknik Mesin UNRI.
 11. Hasil & Pembahasan
 12. Berdasarkan dari hasil uji sampel dari Laboratorium di analisa dan memberikan pembahasan hasil pengujian.
 13. Kesimpulan dan saran
 - a. Hasil rangkuman dari Bab 1 sampai Bab 5 dan memberikan saran untuk penelitian berikutnya.
 14. Selesai
- Menyelesaikan penelitian untuk persyaratan mendapatkan gelar sarjana teknik.

3.2 Persiapan Alat

Untuk melaksanakan kegiatan penelitian proses *forging* pengerjaan dingin diperlukan berbagai peralatan seperti mesin *forging*, dapur tempa, dan lain-lain.

a. Mesin Forging

Mesin forging adalah suatu alat penempaan yang berfungsi untuk proses deformasi plastis pada benda kerja yang ditekan di antara dua die (cetakan). Penekanan dapat dilakukan dengan tekanan kejut atau tekanan berangsur-angsur (perlahan). Seperti yang terlihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Mesin Tempa

b. Gerinda tangan

Fungsi gerinda tangan untuk memotong baja paduan sesuai ukuran yang diinginkan. Seperti yang terlihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3. Gerinda Tangan

c. *Stopwatch*

Stopwatch berfungsi untuk mengukur lamanya waktu dalam pengujian. *Stopwatch* dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4. *Stopwatch*

d. Jangka sorong

Alat ini dipakai untuk mengukur dimensi specimen. Pembacaan skala pengukuran dimensi specimen sampai ketelitian 0,1 mm.



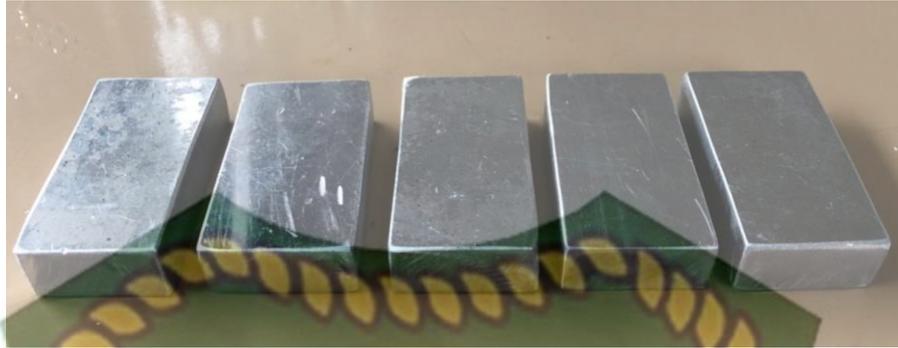
Gambar 3.5. Jangka sorong

3.3 Persiapan Bahan

Adapun bahan-bahan yang diperlukan untuk melakukan kegiatan penelitian ini seperti baja paduan dan air sebagai media pendingin.

a. Aluminium

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Aluminium.



Gambar 3.6. Aluminium

3.4 Prosedur Penelitian

Spesimen yang digunakan adalah aluminium diberikan pukulan 0, 25, 50, 75 dan 100 pada mesin tempa dengan beban 250 kg dan kecepatan 10 m/s. Proses pembuatan yaitu dilakukan pemotongan menggunakan gerinda tangan sehingga diperoleh spesimen berbentuk balok dengan panjang 100 mm, lebar 50 mm dan tebal 40 mm.

Kemudian dilakukan penempaan pada aluminium dengan proses *forging* pengerjaan dingin. Proses pengerjaan dingin dimana logam ditekan (*squeezed*) dengan mesin tempa tanpa menggunakan perlakuan panas. aluminium diletakan di atas permukaan die datar dengan temperatur ruang 27⁰C, lalu di tempa (tekan) sehingga meninggalkan tapak (*impression*) berbentuk seperti yang diinginkan.

Setelah benda kerja selesai dibentuk dengan proses penempaan pengerjaan dingin, benda kerja dilakukan pengujian kekerasan (*rockwell*), deformasi plastis dan pengamatan struktur mikro.

3.5 Cara Kerja *Forging* Pengerjaan Dingin

Forging pengerjaan dingin ini dilaksanakan untuk membentuk bagian tertentu, misalnya membentuk badan pisau. Cara kerja sebagai berikut :

1. Benda kerja dipotong dengan ukuran panjang 50 mm, lebar 30 mm dan tebal 15 mm.
2. Letakkan benda kerja tegak lurus diatas permukaan landasan dengan bagian yang akan ditempa di bagian bawah tanpa melakukan perlakuan panas.
Menggunakan temperatur ruang yaitu 27⁰C.
3. Berikan variasi pukulan 0, 25, 50, 75 dan 100 pada setiap benda kerja sehingga terjadi deformasi plastis.
4. Setelah diberikan pukulan atau di tempa, angkat benda kerja dengan penjepit. Kemudian dicelupkan kedalam media pendingin yaitu air.
5. Pekerjaan ini dilaksanakan untuk menggemukan bagian tertentu ,misalnya membentuk
6. kepala baut. Prosedur menumbuk adalah sebagai berikut:
7. Panaskan benda kerja pada bagian yang akan di tumbuk.
8. Angkat benda kerjadari dapur dengan jepitan yang sesuai.
9. Celupkan ke dalam air bagian yang tidak akan digemukkan.
10. Pekerjaan ini dilaksanakan untuk menggemukan bagian tertentu ,misalnya membentuk
11. kepala baut. Prosedur menumbuk adalah sebagai berikut:
12. Panaskan benda kerja pada bagian yang akan di tumbuk.
13. Angkat benda kerjadari dapur dengan jepitan yang sesuai.
14. Celupkan ke dalam air bagian yang tidak akan digemukkan.

3.6 Pengujian Kekerasan (*Vickers*)

Pengujian kekerasan (*Vickers*) pada sampel bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik (kekerasan) dari benda kerja yang dihasilkan dari proses *forging* pengerjaan dingin. Sehingga dapat diketahui nilai kekerasan dari badan pisau. Pengujian kekerasan dilakukan Laboratorium Teknik Mesin UNRI.

Metode *Rockwell* Berbeda dengan metode *Brinell* dan *Vickers* dimana kekerasan suatu bahan dinilai dari diameter atau diagonal jejak yang dihasilkan maka metode *Rockwell* merupakan uji kekerasan dengan pembacaan langsung (*direct-reading*). Metode ini banyak dipakai dalam industri karena pertimbangan praktis. Variasi dalam beban dan indetor yang digunakan membuat metode ini memiliki banyak macamnya. Metode yang paling umum dipakai adalah Rockwell B dengan referensi ASTM E 18 memakai indetor bola baja berdiameter 1/6 inci dan beban 30 kgf dan Rockwell C memakai indetor intan dengan beban 98,07 mN. Sedangkan untuk bahan lunak menggunakan penetrator yang digunakan adalah bola Baja (*Ball*) yang kemudian dikenal dengan skala B dan untuk bahan yang keras penetrator yang digunakan adalah kerucut intan (*Cone*) dengan sudut puncak 1200 kemudian dikenal dengan skala C. pengujian kekerasan ini menggunakan alat uji kekerasan *Micro Hardness Tester* (Shimadzu HMV-2T) seperti pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7. Alat Uji Kekerasan *Micro Hardness*

3.7 Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro yang dilakukan membutuhkan persiapan bahan spesimen yang sangat banyak, langkah-langkah persiapan pengujian adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan spesimen kemudian di potong mendapatkan tinggi 5 mm.
2. Menghaluskan bagian permukaan yang akan di uji dengan hamplas halus, lalu di bersihkan dengan menggunakan air.
3. Meneteskan bagian permukaan yang akan di uji dengan etsa selama 15 detik, lalu bilas dengan alkohol.
4. Gunakan lilin sebagai media untuk tempat berdirinya spesimen dan untuk membuat spesimen lebuah rata saat di uji mikrostruktur.

Setelah mendapatkan data pengamatan tampak mikros, kemudian dimasukan kedalam data pengolahan. Dapat dilihat alat uji mikrostruktur pada gambar 3.8.



Gambar 3.8. Alat Pengamatan *Microscope Merk Olympus BX53M*
(Lokasi : Laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam Riau)

3.8 Jadwal Kegiatan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Islam Riau. Lama penelitian dalam menganalisa pengaruh variasi pukulan pada proses *forging* pengerjaan dingin terhadap sifat mekanis dan struktur mikro adalah selama 1 bulan. Dalam manajemen produksi, kegiatan suatu produksi akan berjalan dengan

baik bila ada jadwal kegiatan. Dengan adanya jadwal kegiatan pembuatan benda kerja dengan proses *forging* pengerjaan dingin dapat ditentukan. Jadwal kegiatan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Jenis Kegiatan	Bulan													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	Studi Literatur														
2	Pembuatan Proposal														
3	Seminar Proposal														
4	Persiapan alat dan bahan														
5	Pengujian														
6	Analisa dan Pembahasan														
7	Kesimpulan														
8	Sidang Tugas Akhir														

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian tentang pengaruh pukulan 0, 25, 50, 75 dan 100 pada proses tempa pengerjaan dingin (*cold working*) terhadap sifat mekanis dan struktur mikro. Material yang dipilih yaitu Aluminium 5035, proses tempa pengerjaan dingin dilakukan dalam suhu ruangan 27°C dengan mekanisme sistem hidrolik dioperasikan dengan *handle* atau pijakan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai kekerasan pada aluminium 5035 yang telah di tempa dengan variasi pukulan dan penelitian ini melihat terjadinya deformasi plastis material yang sudah di tempa pengerjaan dingin (*cold working*). Dapat dilihat hasil proses penempaan pada gambar 4.1 sebagai berikut :

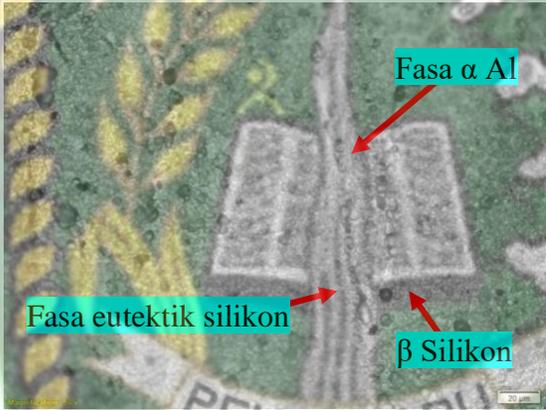
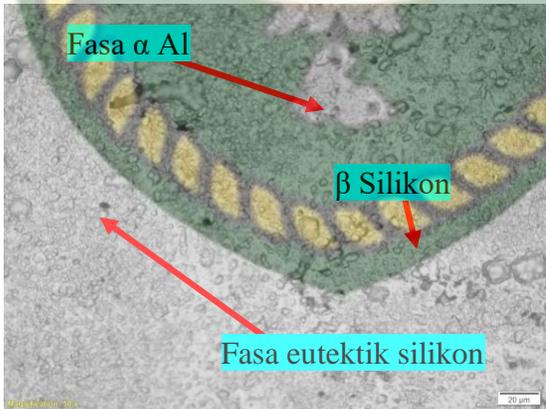


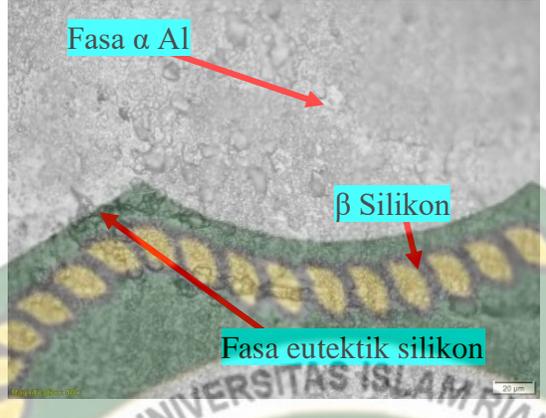
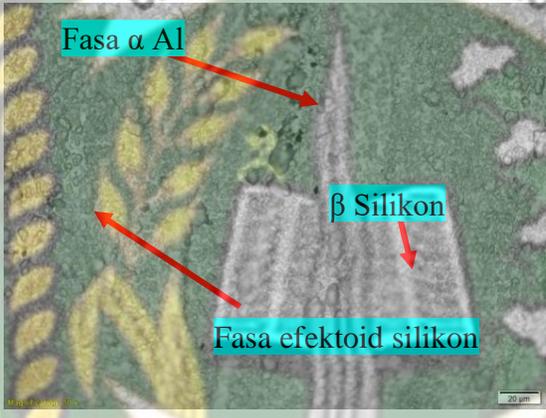
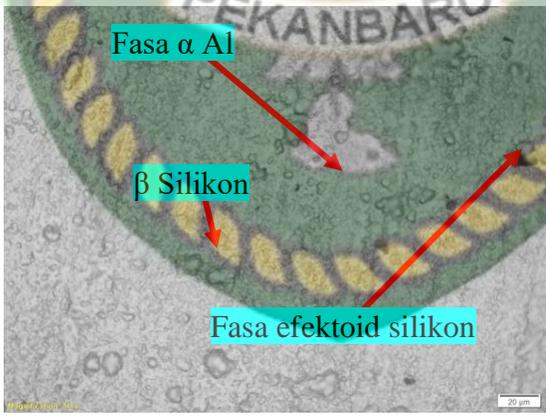
Gambar 4.1. Hasil penempaan dingin (*cold working*) pada Aluminium 5035

4.1 Pengamatan Mikrostruktur

Hasil pengamatan mikrostruktur dari Aluminium 5053 dengan pembesaran 50x. Proses Uji Metalografi yang dilakukan menggunakan cairan Etsa HCL 5 ml dan waktu etsa adalah 2 menit. Hasil pengamatan mikrostruktur dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini.

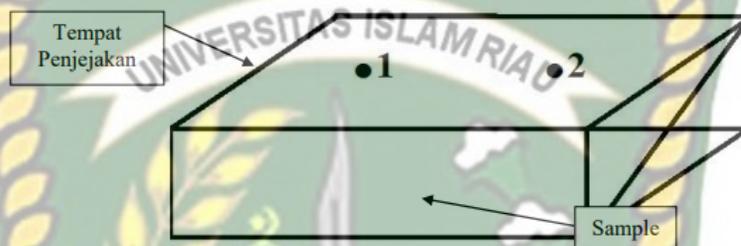
Tabel 4.1. Hasil Pengamatan Mikrostruktur Variasi Pukulan dengan Proses Tempa (*Cold Working*)

Variasi Pukulan	Hasil Pengamatan Mikrostruktur	Deskripsi
0	 <p>The micrograph shows a matrix of white α Al phase. Dark, irregularly shaped regions represent eutectic silicon. Small, dark, rectangular features are labeled as β silicon. Red arrows point from the labels to the corresponding features in the image.</p>	<p>Terlihat fasa yang terbentuk adalah α Aluminium (putih), fasa eutektik silikon yang terletak pada batas-batas α Aluminium dan β silikon yang berwarna gelap</p>
25	 <p>The micrograph shows a matrix of white α Al phase. Small, dark, rectangular features are labeled as β silicon. Dark, irregularly shaped regions represent eutectic silicon. Red arrows point from the labels to the corresponding features in the image.</p>	<p>Terlihat silikon dan fasa eutektoid mulai terbentuk kecil-kecil. akibat 25 pukulan dengan proses tempa <i>cold working</i>.</p>

<p>50</p>		<p>Terlihat fasa efektif mulai pecah dan silikon semakin banyak bermunculan.</p>
<p>75</p>		<p>Terlihat fasa efektif mulai pecah dan silikon semakin banyak bermunculan. Ini juga menyebabkan nilai kekerasan materialnya menjadi tinggi.</p>
<p>100</p>		<p>Sama halnya dengan 75 pukulan yaitu terlihat terlihat fasa efektif mulai pecah dan silikon semakin banyak bermunculan. Ini juga menyebabkan nilai kekerasan materialnya menjadi tinggi.</p>

4.2 Uji Kekerasan (Vickers)

Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan metode Vickers. Pengujian kekerasan dilakukan pada setiap Aluminium 5053 hasil penempaan dengan variasi pukulan dan setiap pukulan dihitung per 1 detik. Daerah yang dilakukan uji kekerasan meliputi daerah HAZ yang tidak dilakukan perlakuan panas. posisi pengujian sebagai berikut :

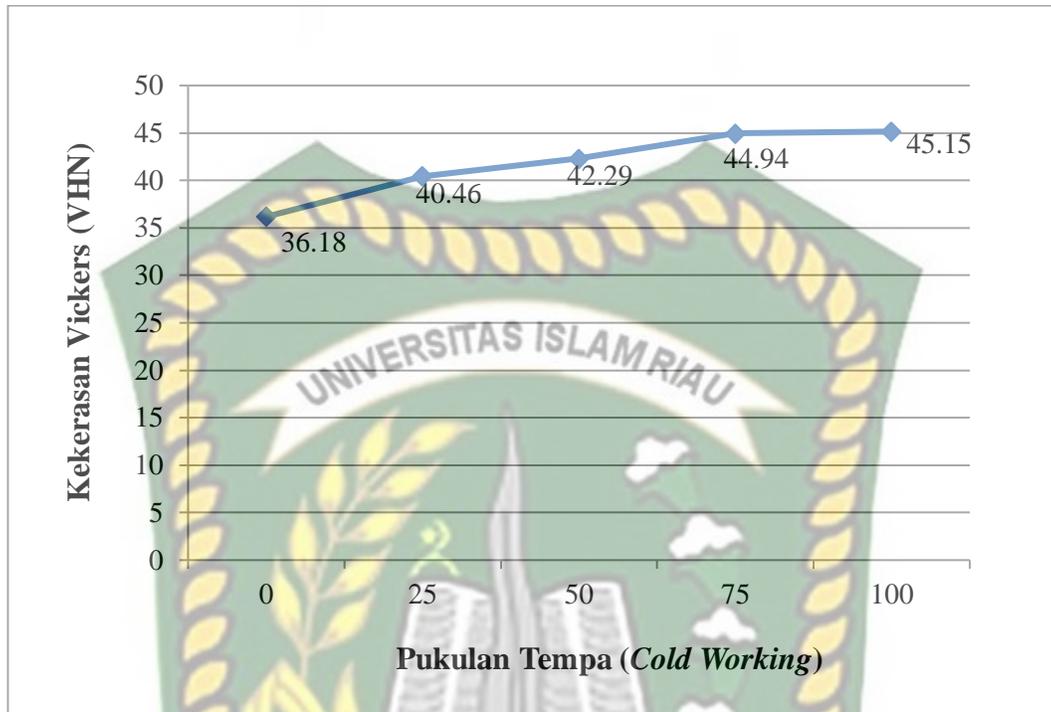


Gambar 4.2. Sample pengujian Vickers

Hasil uji kekerasan diambil pada penjejakan titik 1 di sebelah kanan spesimen dan penjejakan titik 2 di sebelah kiri spesimen titik penjejakan berada diatas permukaan aluminium 5035 dan . Hasil pengujian kekerasa (Vickers) dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.2. Hasil pengujian rata-rata kekerasan (Vickers)

Pukulan (Punch)	Beban (kgf)	Kekerasan Vickers (VHN) Titik 1	Kekerasan Vickers (VHN) Titik 2	Rata-rata Kekerasan (VHN)
0	30	36,18	36,18	36,18
25	30	39,95	40,98	40,46
50	30	40,63	43,95	42,29
75	30	44,74	45,15	44,94
100	30	44,34	45,97	45,15



Gambar 4.3. Grafik rata-rata kekerasan Vickers pada variasi pukulan dengan proses tempa (*cold working*)

Pada gambar 4.3, dapat dilihat nilai rata-rata kekerasan vicker pada setiap hasil penempaan *cold working* dengan variasi pukulan. Nilai rata-rata kekerasan pada 0 pukulan atau tidak di pukul mendapatkan rata-rata nilai kekerasan 36,18 VHN, nilai rata-rata kekerasan Vickers terjadi peningkatan pada pukulan 25, 50, 75 dan 100 yaitu 40,46 VHN, 42,29 VHN, 44,794 VHN dan 45,15 VHN.

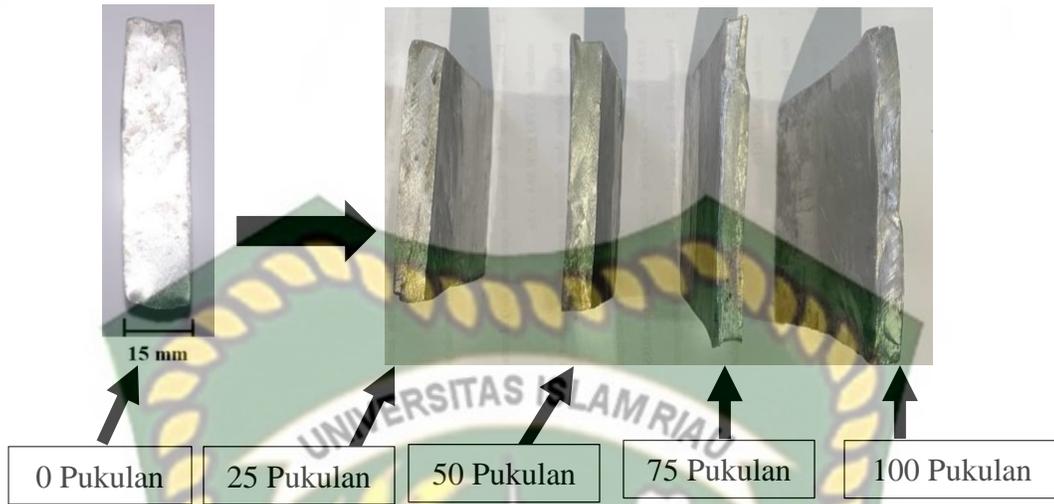
Berdasarkan grafik rata-rata kekerasan (Vickers) diatas menunjukkan nilai rata-rata kekerasan tertinggi pada 100 pukulan yaitu sebesar 45,15 VHN, sedangkan nilai rata-rata kekerasan terendah pada 0 pukulan yaitu sebesar 36,18 VHN. Hal tersebut terbukti dari hasil pengujian kekerasan (Vickers) yang telah dilakukan pada aluminium dengan penempaan *cold working* menggunakan mesin tempa. Peningkatan kekerasan terjadi karena adanya pengecilan ukuran butir. Selain itu juga terjadi dislokasi butiran. Hal tersebut disebabkan karena gaya tempa yang diberikan

sebanyak 25, 50, 75 dan 100 pukulan menyebabkan terjadinya *strain hardening* sehingga terjadi peningkatan kekerasan. Selain itu peningkatan kekerasan juga diakibatkan oleh proses tempa (*cold working*) yang menyebabkan terjadinya pembentukan struktur baru.

Pada grafik diatas juga menunjukkan nilai kekerasan tertinggi dari titik 2 pada 100 pukulan yaitu sebesar 45,97 VHN, sedangkan nilai kekerasan terendah pada 0 pukulan yaitu sebesar 36,18 VHN. Hal ini disebabkan karena adanya tekanan (pukulan) yang diberikan ke material sehingga terjadinya pemadatan nilai atom (unsur) logam. Logam akan naik kekerasannya bila logam tersebut mengalami deformasi plastis akibat tempa (*cold working*), dalam hal ini adalah proses tempa yang mengakibatkan adanya *strain hardening*. Dislokasi akan sulit bergerak seiring dengan besarnya regangan yang diterima oleh suatu material. Semakin banyak pukulan maka akan semakin banyak pula siklus yang akan diterima oleh spesimen. Oleh karena itu, ukuran butir juga akan semakin kecil dan regangan yang diterima juga akan semakin besar dengan proses tempa yang semakin lama. Hal tersebut yang membuat aluminium memiliki peningkatan kekerasan lebih tinggi pada 100 pukulan.

4.3 Deformasi Plastik Pada Ketebalan Aluminium 5035

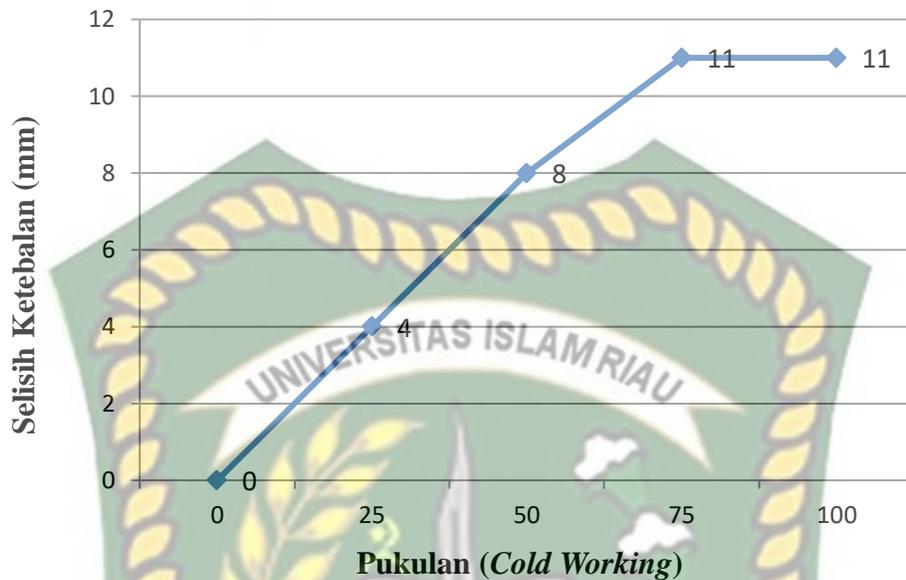
Deformasi plastis adalah terjadinya perubahan bentuk bahan secara permanen. Dalam penelitian ini dilakukan deformasi dengan cara penempaan (*cold working*) menggunakan mesin tempa yaitu dengan cara memberikan beban secara bertahap pada Aluminium 5035 sehingga perubahan ketebalan awal yaitu 15 mm. Deformasi yang didapat dari penempaan (*hot working*) dengan variasi pukulan yaitu 0, 25 50, 75 dan 100 pukulan. dapat dilihat perubahan yang terjadi pada gambar 4.4 di bawah ini.



Gambar 4.4. Hasil perubahan bentuk setelah di tempa (*Cold Working*)

Tabel 4.3. Hasil selisih ketebalan setelah dilakukan proses tempa (*cold working*) pada aluminium 5035

Pukulan	Perlakuan Suhu Ruang (°C)	Ketebalan Awal (mm)	Ketebalan Akhir (mm)	Selisih $T_a - T_b$ (mm)
0	27	15	15	Tidak terjadinya Deformasi Plastis
25	27	15	11	4
50	27	15	7	8
75	27	15	4	11
100	27	15	4	11



Gambar 4.5. Hasil selisih ketebalan setelah dilakukan proses tempa (*cold working*) pada Aluminium 5035

Hasil dari selisih ketebalan setelah dilakukan proses tempa (*cold working*) pada Aluminium 5035 dapat dilihat pada gambar 4.5, setiap aluminium 5035 yang telah di tempa dapat merubah bentuk dimensi material dilihat dari ketebalan material, menunjukkan tanpa pukulan pada aluminium 5035 ketebalan tetap yaitu 15 mm, setelah diberikan pukulan 25, 50, 75 dan 100 mendapatkan selisih ketebalan pada ketebalan Aluminium 5035 yaitu 4 mm, 8 mm, 11 mm dan 11 mm. Aluminium 5035 akan mengalami deformasi plastis menjadi pipih dengan akibat proses tempa (*cold working*). Selisih ketebalan tertinggi pada pukulan 75 dan 100 yaitu 11 mm.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil dari pengaruh variasi pukulan tempa (*Cold Working*) terhadap sifat mekanis dan struktur mikro didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil tempa *cold working* 75 pukulan dan 100 pukulan, terlihat fasa ektoid mulai pecah dan silicon semakin banyak bermunculan. Sehingga semakin banyak terjadi mekanisme penumpukan dislokasi pada batas butir, akibatnya material menjadi semakin keras.
2. Hasil kekerasan Vickers diatas menunjukkan nilai kekerasan tertinggi pada 100 pukulan, sedangkan nilai kekerasan terendah pada 0 pukulan. Hal tersebut terbukti dari hasil pengujian kekerasan (Vickers) yang telah dilakukan pada aluminium dengan penempaan *cold working* menggunakan mesin tempa. Peningkatan kekerasan terjadi karena adanya pengecilan ukuran butir. Selain itu juga terjadi dislokasi butiran.
3. Logam akan naik kekerasannya bila logam tersebut mengalami deformasi plastis akibat tempa (*cold working*), dalam hal ini adalah proses tempa yang mengakibatkan adanya *strain hardening*.
4. Aluminium 5035 akan mengalami deformasi plastis menjadi pipih dengan akibat proses tempa (*cold working*). Selisih ketebalan tertinggi pada pukulan 75 dan 100 yaitu 11 mm.

5.2 Saran

Adapun saran dari penelitian tentang pengaruh variasi pukulan tempa (*Cold Working*) sebagai berikut :

1. Pada penelitian selanjutnya jenis material untuk dilakukan proses tempa *cold working* dapat divariasikan lagi agar dapat melihat apakah terjadi peningkatan atau penurunan terhadap nilai kekerasan mikro vickers.
2. Aluminium 5035 setelah dilakukan tempa *cold working* dapat dijadikan produk sebagai alat potong (pisau) yang lebih hygenis. Dimana aluminium memiliki ketahanan terhadap korosi dan kekerasan yang telah diuji dengan metode Vickers.



DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, 2011. Analisa Besar Pengaruh Tegangan Listrik Terhadap Ketebalan Pelapisan Chrom Pada Pelat Baja dengan Proses Elektroplating. Skripsi. *Teknik Mesin Universitas Hasanuddin*. Makassar.
- Amanto, H., dan Daryanto, (1999). *Ilmu Bahan*. Cetakan Pertama. Bumi aksara
- Amstead, B.H., Djaprie, S, 1995. *Teknologi Mekanik*, Edisi ke-7, Jilid I, PT. Erlangga. Jakarta
- Ananta, R. H. dan A. M. Sakti. 2016. Pengaruh Variasi Waktu Celup dan Kuat Arus Terhadap Ketebalan Permukaan Dan Struktur Mikro Baja ST41 Pada Proses Pelapisan Nikel. *JTM*. Teknik Mesin. Jakarta
- Anwar, M, R. 2017. Pengaruh Penempaan Dan Heat Treatment Pada Pembuatan Perkakas Logam Berbahan Pegas Daun Mobil Terhadap Kekerasan Mikro Vickers, Kekuatan Impak Dan Struktur Mikro. Skripsi. *Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang*. Semarang
- Arai, Thoru, dkk. 1991. ASM Handbook : Volume 4 *Heat Treating*. ASM Handbook Committees. USA
- Ardian, 2012. *Teori Pembentukan Bahan*. Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Mesin Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta
- ASM team, 1992, "ASM Metals Handbook Volume 15 Casting," American Society for Metals, The United States of America.
- Balkhaya, 2016. Effect of Raw Materials and Hardening Process on Hardness of Manually Forged Knife. *Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember*. Surabaya.
- Djoko Andrijono dan Sufiyanto, 2018. *Bimbingan Teknis Desain Dapur Pemanas Model Tertutup Dan Cerobong Ganda Pada Manajemen Bisnis Ukm Pandai Besi Wilayah Disperindag Kabupaten Malang*. Jurnal . *Teknik Mesin Universitas Merdeka Malang*. Jawa Timur

- Groover, M.P. 2010. *Fundamental of Modern Manufacturing Material, Processes and System*, 4th edition, John Wiley and Sons, Hoboken. USA
- Ismoyo A.H, 2013. Analisis Pengaruh Proses Pengerolan Dan Penempaan Panas Pada Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Paduan ZrNbMoGe. Jurnal. *Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju*. Tangerang Selatan
- J. Hrisoulas, 1987. *The Complete Blacksmith: Forging Your Way to Perfection*. Colorado: Paladin Enterprises
- Mu'affax, F. D., Harjanto, B., dan Suharno S.T., M.T. 2013. Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Hasil Remelting Al-Si Berbasis Limbah Piston Bekas Dengan Perlakuan Deagassing. Jurnal. *Teknik Mesin dan Kejuruan FKIP UNS*. Semarang
- Schey, John A. 2000. *Introduction to Manufacturing Processes*. Singapura: Mc Graw Hill
- Schroen, Karl. 1984. *The Hand Forged Knife*. Knife World Publication
- Trihutomo, P. 2015. Analisa Kekerasan Pada Pisau Baja Karbon Menengah Hasil Proses Hardening Dengan Media Pendingin Yang Berbeda. Skripsi. *Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang*. Malang
- Yuko, K. 2017. Pengaruh Temperatur Austenisasi dan Proses Pendinginan terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Baja Paduan 05CCrMnSi. Skripsi. *Teknik Mesin Insitut Teknologi Sepuluh Nopember*. Surabaya.