

**ANALISIS PENGARUH PROSES PENEMPAAN PADA  
BAHAN LOGAM TERHADAP KEKUATAN IMPAK**

**SKRIPSI**

**OLEH :**

**AGUNG SAKTIAWAN  
178130124**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 28/6/23

Access From (repository.uma.ac.id)28/6/23

# **ANALISIS PENGARUH PROSES PENEMPAAN PADA BAHAN LOGAM TERHADAP KEKUATAN IMPAK**

## **SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area



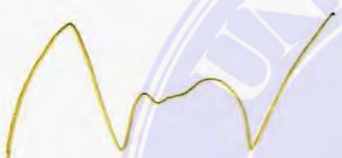
Oleh :  
**AGUNG SAKTIAWAN**  
**178130124**


**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2023**

## HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI


Judul Proposal : Analisis Pengaruh Proses Penempaan Pada Bahan Logam Terhadap Kekuatan Impak  
Nama Mahasiswa : Agung Saktiawan  
NIM : 178130124  
Bidang Keahlian : Manufaktur

Disetujui Oleh  
Komisi Pembimbing

  
(Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar)  
Dosen Pembimbing I

  
(M. Yusuf Rahmansyah Siahaan, ST., MT)  
Dosen Pembimbing II

  
(Dr. Rahmadsyah, S. Kom, M. Kom)  
Dekan

  
(Muhammad Idris, S.T., M.T)  
Ka. Prodi/WD1

Tanggal Lulus : 20 Januari 2023

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai sorma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 20 Januari 2023



Agung Saktiawan  
178130124



## RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Romanus Fonali Gulo dilahirkan di Medan pada tanggal 09 Februari 1998, anak dari Masaeli Gulo dan Gerihati Laia. Penulis merupakan anak pertama dari empat bersaudara. Penulis pertama kali menempuh pendidikan di SDN 1 Bangun Purba pada tahun 2004 dan selesai pada tahun 2010 dan pada tahun yang sama melanjutkan pendidikan di SMP N 1 Bangun Purba dan selesai pada tahun 2013, kemudian pada tahun 2013 melanjutkan pendidikan di SMKN 2 Dharma Caraka Teluk Dalam, di SMK ini penulis mengambil Jurusan TKR (Teknik Kendaraan Ringan) dan selesai pada tahun 2016. Kemudian pada tahun 2017 melanjutkan pendidikan di Universitas Medan Area sampai sekarang.

**HALAMANPERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Agung Saktiawan  
NPM : 178130124  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi pembangunan ilmu pengetahuan, menyetujui memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul: Analisis Pengaruh Suhu Pada Bahan Plastik Terhadap Kekuatan Impak.

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan memuplikasikan tugas akhir/skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan hak sebagai pemilik Hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, 20 Januari 2023

Yang menyatakan



Agung Saktiawan  
178130124

## ABSTRAK

### ANALISIS PENGARUH PROSES PENEMPAAN PADA BAHAN LOGAM TERHADAP KEKUATAN IMPAK

Peneliti ini bertujuan mendeskripsikan proses pembuatan penempaan pada bahan logam terhadap kekuatan impak charpy, pengujian impak merupakan analisa bahan untuk mengetahui ketangguhan bahan menerima beban dinamis karena bahan-bahan yang akan digunakan untuk membangun sebuah struktur maupun fungsi lainnya harus mampu menahan beban yang akan di terimanya. Bahan yang digunakan adalah logam tembaga dan kuningan dengan suhu yang berbeda beda dimana alat pengujian ini dapat menghasilkan perbedaan patahan antara tembaga dengan kuningan. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa proses penempaan ini menghasilkan patahan yang berbeda, dimana patahan bahan logam tembaga menunjukkan patahan ulet sedangkan patahan kuningan menghasilkan patahan getas. Dari hasil pengujian ini maka dapat disimpulkan bahwa logam yang sudah di panaskan  $350^{\circ}$  dan sudah di beri penempaan lebih kuat atau keras di bandingkan dengan logam yang tidak dipanaskan  $30^{\circ}$  suhu ruangan.

**Kata kunci :** Proses Penempaan Bahan Logam Tembaga dan kuningan, uji kekuatan impak charpy.

## **ABSTRACT**

### ***ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE FORGING PROCESS ON METAL MATERIALS ON IMPACT STRENGTH***

*This researcher aims to describe the process of making forging on metal materials against charpy impact strength, impact testing is a material analysis to determine the toughness of materials to accept dynamic loads because the materials to be used to build a structure or other functions must be able to withstand the loads that will be received. The materials used are copper and brass metal with different temperatures where this testing tool can produce different fractures between copper and brass. The results of this test indicate that the forging process produces different fractures, where copper metal fractures show ductile fractures while brass fractures produce brittle fractures. From the results of this test, it can be concluded that metal that has been heated to 350o and has been forged is stronger or harder than metal that has not been heated to 30o room temperature.*

**Key words:** *Copper and brass metal forging processes, charpy impact strength test.*



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang memberikan berupa kesehatan kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan penulisan skripsi ini. Penelitian ini merupakan Tugas Akhir guna memenuhi syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada Universitas Medan Area.

Dalam Penulisan dan penelitian skripsi ini banyak kendala yang penulis alami, namun berkat bantuan moril dan material dari berbagai pihak, maka skripsi ini dapat diselesaikan, untuk itu penulis mengucapkan terimakasih :

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Rahmad Syah, S.Kom., M.Kom., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Muhammad Idris, ST., MT., selaku Ketua program studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.
4. Bapak Dr. Iswandi, ST., MT., selaku Sekertaris program studi Teknik Mesin Universitas Medan Area
5. Bapak Dr.Eng. Rakhmad Arief Siregar, ST., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing I
6. Bapak Muhammad Yusuf Rahmansyah Siahaan, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing II
7. Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Mesin dan Pegawai Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
8. Kedua orang tua saya Sujarno dan Resmawati yang selalu mendukung saya dan mendoakan saya.

Penulis berusaha untuk memberikan yang terbaik, tetapi penulis menyadari sebagai seorang manusia tentunya tidak luput dari segala kesalahan. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis meminta maaf jika dalam skripsi ini masih terdapat berbagai kesalahan dan kekurangan. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak.

Medan, 20 Januari 2023

Penulis



AGUNG SAKTIAWAN  
NPM. 178130124



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN.....	v
ABSTRAK .....	vi
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GRAFIK.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Batasan Masalah .....	4
1.4. Tujuan Penelitian .....	4
1.5. Manfaat .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Pengertian Penempaan.....	6
2.1.1. Proses Penempaan .....	8
2.1.2. Ukuran Udara .....	10
2.1.3. Principle Strain .....	11
2.2. Perilaku Bahan Logam .....	12
2.2.1. Bahan Tembaga .....	12
2.2.2. Bahan Kuningan .....	13
2.2.3. Cara Membedakan Tembaga Dan Kuningan.....	14
2.3. Kekuatan Impak.....	15
2.3.1. Metode Charpy .....	16
2.3.2. Metode Izod .....	16
2.4. Pembahasan Metode Charpy .....	18
2.5. Jenis Patahan Pada Hasil Benda Uji .....	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	22
3.1. Metode Penelitan .....	22
3.2. Alat Dan Bahan Penelitian.....	23
3.3. Langkah-Langkah Pengujian Impak.....	28
3.4. Diagram Alur Penelitian .....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	30
4.1. Hasil.....	30
4.1.1. Hasil Pembuatan Spesimen .....	32
4.1.2. Bahan Uji Logam .....	37
4.1.3. Temperatur Bahan .....	38
4.1.4. Hasil Pengujian Uji Impak .....	39
4.2. Pembahasan .....	44
4.2.2. Hasil Analisa Uji Spesimen Tembaga .....	47
4.2.3. Hasil Analisa Uji Spesimen Kuningan .....	51

4.2.4. Hasil Analisa Uji Spesimen Kuniangan Dengan Normal .....	54
4.2.5. Hasil Patahan Spesimen Tembaga Dan Kuningan.....	59
BAB V PENUTUP.....	61
5.1. Kesimpulan.....	61
5.2. Saran .....	61
DAFTAR PUSTAKA .....	63

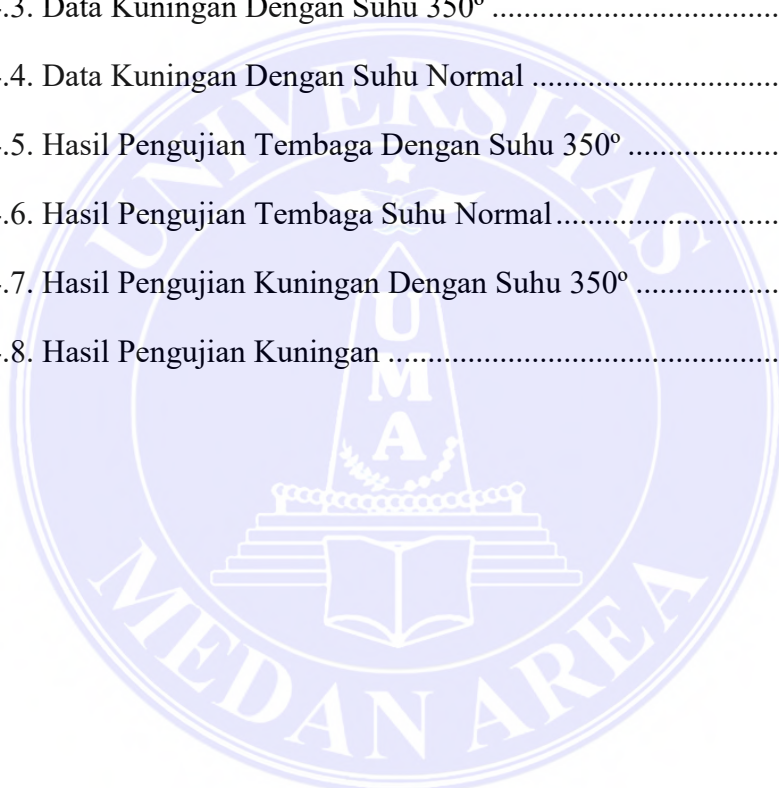


## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Proses Penempaan.....	6
Gambar 2.2.	Klasifikasi Cold, Warm dan Hot Working.....	7
Gambar 2.3.	Sketsa Proses Penempaan.....	9
Gambar 2.4.	Peralatan Untuk <i>Flashless Cold Upset</i> dan Kurva.....	10
Gambar 2.5.	Inserted In The Die (a) Free Upsetting (b).....	11
Gambar 2.6.	Metode Charpy dan Metode Izod.....	17
Gambar 2.7.	Skema Penggunaan Alat Uji Impak Charpy.....	19
Gambar 3.1.	Alat Pengujian Impak.....	23
Gambar 3.2.	Vernier Caliper.....	23
Gambar 3.3.	Oven.....	24
Gambar 3.4.	Infrared Thermometer.....	24
Gambar 3.5.	Palu.....	25
Gambar 3.6.	Landasan Besi.....	25
Gambar 3.7.	Kikir Segitiga.....	25
Gambar 3.8.	Kuningan.....	26
Gambar 3.9.	Tembaga.....	26
Gambar 3.10.	Diagram Alur Penelitian.....	29
Gambar 4.1.	Spesimen Logam Awal.....	31
Gambar 4.2.	Spesimen Logam Dipukul 10 Kali.....	31
Gambar 4.3.	Spesimen Logam Dipukul 20 Kali.....	32
Gambar 4.4.	Standart ASTM E23.....	33
Gambar 4.5.	Spesimen Tembaga Dengan Suhu 350°.....	34
Gambar 4.6.	Spesimen Tembaga Dengan Suhu Normal.....	35
Gambar 4.7.	Spesimen Kuningan Dengan Suhu 350°.....	36
Gambar 4.8.	Spesimen Kuningan Dengan Suhu Normal.....	37
Gambar 4.9.	Temperatur Suhu Logam.....	38
Gambar 4.10.	Bentuk Patahan Tembaga.....	59
Gambar 4.11.	Bentuk Patahan Tembaga.....	59
Gambar 4.12.	Hasil Patahan Kuningan Suhu Normal.....	60
Gambar 4.13.	Hasil Patahan Kuningan.....	60

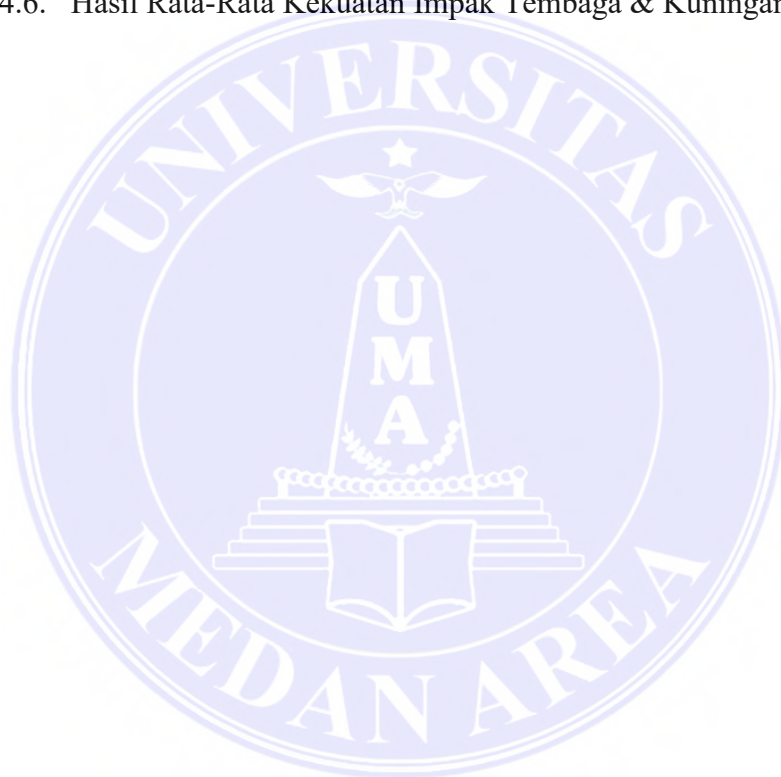
## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Koefisien Pemuaian Termal Tembaga.....	11
Table 3.1. Jadwal Kegiatan .....	22
Table 3.2. Sifat-Sifat Tembaga (Cu).....	27
Table 4.1. Data Tembaga Dengan Suhu 350° .....	39
Table 4.2. Data Tembaga Dengan Suhu Normal .....	40
Table 4.3. Data Kuningan Dengan Suhu 350° .....	41
Table 4.4. Data Kuningan Dengan Suhu Normal .....	42
Table 4.5. Hasil Pengujian Tembaga Dengan Suhu 350° .....	47
Table 4.6. Hasil Pengujian Tembaga Suhu Normal.....	50
Table 4.7. Hasil Pengujian Kuningan Dengan Suhu 350° .....	54
Table 4.8. Hasil Pengujian Kuningan .....	57



## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1. Sudut Awal Dan Akhir Pengujian Spesimen suhu 350° .....	40
Grafik 4.2. Sudut Awal Dan Akhir Pengujian Pada Tembaga Suhu Normal	41
Grafik 4.3. Sudut Awal Dan Akhir Spesimen Kuningan Suhu 350° .....	42
Grafik 4.4. Sudut Awal Dan Akhir Pengujian .....	43
Grafik 4.5. Hasil Rata-Rata Energi Impak Tembaga & Kuningan .....	57
Grafik 4.6. Hasil Rata-Rata Kekuatan Impak Tembaga & Kuningan.....	58



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Proses tempa (forging) merupakan salah satu proses pengerjaan material yang dilakukan dengan cara mengubah bentuk benda kerja dengan cara memberikan gaya dari luar (external Force) melalui satu atau beberapa cetakan (dies/tool) sampai terjadi deformasiplastis (Syarief, A 2008). Gaya pembentukan yang akan mengubah bentuk benda kerja secara permanen. Dengan adanya gaya dari luar akan terjadi aliran logam dengan membentuk mengikuti bentuk tool/dies sebagai shape candidate. Dalam prosesnya ada dua hal yang saling terkait agar mencapai efisiensi proses dan kualitas produk yang tinggi yaitu mendesain proses produksi dan merancang cetakan. Proses produksi memperhatikan geometri dan kondisi internal produk (sebagai contoh adalah aliranlogam (metal flow)) sedangkan disain cetakan disamping tergantung akan hal tersebut diatas juga menjawab bagaimana agar cetakan dapat bertahan lama. Umur cetakan akan dibatasi oleh penggunaan saat menghasilkan cacat produk. Cacat ini dapat disebabkan karena pada cetakan terdapat retak, pecah ataupun efek keausan yang merupakan kerusakan nyata yang sulit diprediksi dan diamati secara langsung kapan dan dimana akan terjadi, apalagi kondisi kerja dalam keadaan panas (hot forging) dengan kecepatan yang tinggi. Sedangkan pemahaman akan umur cetakan merupakan bagian penting dalam merencanakan proses produksi selanjutnya. Variable penting yang berperan dalam proses produksinya adalah temperature benda kerja (billet), tekanan yang dibutuhkan, serta kecepatan pemukulan yang



menghasilkan aliran material didalam cetakan. Perancangan cetakan dan tahapan produksi merupakan tahap awal terpenting dalam proses pembentukan benda kerja dengan tempa (forging). Banyak factor yang berpengaruh dalam perancangan cetakan yang harus diperhatikan agar diperoleh hasil yang optimal. Berdasarkan studi jurnal-jurnal sebelumnya diperoleh empat variable utama yang berperan dalam proses pembentukan tempa yaitu temperature, tekanan, kecepatan pemukulan dan pelumasan yang diberikan. Empat variable utama ini memberi kontribusi yang besar terhadap tingkat kerusakan (failure), keausan (wearing) atau cacat (defect) lainnya pada proses forging. Untuk mengetahui karakteristik material akibat pembebanan dinamis. Pengujian impact itu sendiri dapat dilakukan dengan cara menggunakan impact charpy.

Uji impak adalah pengujian ketangguhan atau kekuatan pada spesimen berbahan material logam dan komposit. Uji impak biasa di artikan sebagai suatu tes yang mengukur kemampuan suatu bahan dalam menerima beban tumbuk yang diukur dengan besarnya energy yang diperlukan untuk mematahkan specimen dengan ayunan (Handoyo, Y 2013).

Untuk penggunaan pengujian impact material nya yang di uji adalah logam kuningan dan tembaga. Dari ketiga material logam tersebut akan terdapat perbedaan kekuatan karakteristik, sifat logam tersebut meliputi sifat mekanik, sifat thermal, sifat kimia dan lain sebagainya.

Adapun sifat sifat yang dimiliki kuningan adalah kuningan lebih kuat dan lebih keras dari pada tembaga, karna kuningan merupakan campuran tembaga dan seng, dengan kadar tembaga yang lebih besar, yaitu 60%-90%

campuran ini lah yang mempengaruhi ciri khas logam kuningan. Kuningan mampu bekerja di lingkungan panas karna kandungan seng di kisaran 32% hingga 39% akan membuat kuningan lebih mampu bekerja di lingkungan yang panas. Kuningan bersifat Anti bakteri karna mengandung logam tembaga yang mampu membunuh bakteri staphylococcus aureus, Echerichia coli (Majanasastra, R 2016).

Sedangkan Tembaga merupakan konduktor panas dan listrik yang baik, selain itu unsur ini memiliki korosi yang cepat sekali. Tembaga murni sifatnya halus dan lunak, dengan permukaan bewarna merah jingga.

Adapun dalam pengujian ini yang akan di uji adalah sifat mekanik dari logam kuningan, dan tembaga terutama sifat kekuatannya. Dengan mengetahui tingkat kekuatannya logam tersebut tentunya kita dapat memperkirakan kemampuannya dalam menerima energy tumbukan yang diberikan secara tiba-tiba untuk dapat mematahkan material logam tersebut. Maka dari itu di perlukan pengujian impak pada suatu material atau bahan yang akan digunakan dalam berbagai macam kebutuhan.

Pengujian ini sangat penting dalam menentukan ketahanan terhadap suatu material dengan perpatahan, berdasarkan energy yang diberikan oleh tumbukan atau pembebanan secara tiba-tiba pada suatu material, setelah melakukan kajian-kajian singkat kemudian peneliti berencana untuk merancang dan melakukan pengujian impact pada material logam kuningan, dan tembaga yang nantinya akan digunakan dalam kontruksi mesin guna meningkatkan kualitas suatu produk.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, maka dapat di rumuskan masalah sebagai berikut:

Bagaimana pengaruh kekuatan impack bahan logam tembaga dan kuningan terhadap pengujian impak charpy.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Membuat benda kerja atau spesimen yang sesuai dengan standar yang terdiri dari bahan tembaga, dan bahan kuningan.
2. Menguji spesimen impak terhadap penempaan dengan menggunakan mesin impak charpy.
3. Menganalisis hasil pengujian Benda dengan membandingkan kekuatan impak pada masing-masing bahan logam.

## 1.4 Hipotesis Penelitian

Ada pengaruh terhadap bahan logam yang sudah dipanaskan dan sudah di tempa dengan logam yang normal atau tidak dipanaskan dan di tempa, logam yang sudah dipanaskan dan sudah di tempa lebih kuat atau keras dibandingkan dengan logam yang tidak dipanaskan dan tidak ditempa.

## 1.5 Manfaat

Manfaat yang di peroleh dari penelitian ini adalah

1. Bermanfaat memberikan informasi tentang kekuatan logam tembaga yang dipasarkan di Sumatera Utara.
2. Memberitahukan pengetahuan pengaruh penempaan terhadap logam,

tembaga, dan kuningan yang dipasarkan di Sumatera Utara terhadap kekuatan impak charpi.



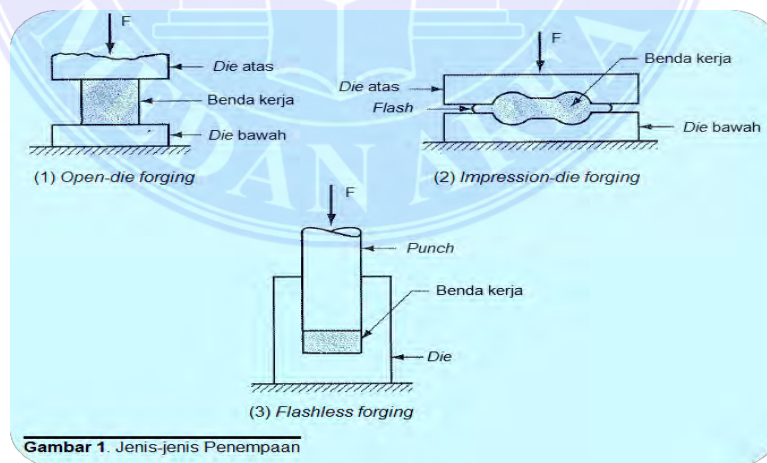
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengertian Penempaan

Menurut Wijaya Penempaan adalah merujuk kepada sekelompok metode manufaktur yang diberlakukan pada suatu material-biasanya material tak berbentuk /berbentuk sederhana-yang akan dirubah menjadi sebuah produk yang bermanfaat tanpa adanya perubahan massa atau komposisi material. Produk yang baru terbentuk ini biasanya memiliki geometri yang lebih kompleks yang didefinisikan dalam hal (a) bentuknya (b) ukurannya (c) akurasi dan toleransinya (d) penampilannya dan (e) sifat-sifatnya.

Dalam dunia proses manufaktur, teknologi metal forming mendapatkan tempat yang spesial karena proses ini dapat memproduksi komponen-komponen yang memiliki sifat-sifat mekanik yang superior dengan meminimalkan material yang terbuang.

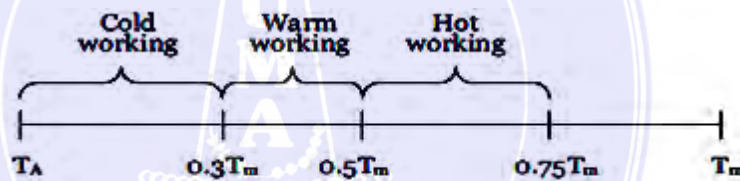


Gambar 2.1. Proses penempaan.

Penempaan adalah bagian dari sebuah proses metal forming /pembentukan logam yang memiliki banyak keuntungan seperti meningkatkan kekuatan material, struktur lebih menyatu dan seragam, mengurangi proses

permesinan lanjut, dan akan menghemat material karena mengurangi material sisa. Hal ini tentu saja menjadikan forging meskipun teknologi yang sudah ada sejak lama, berpotensi menjadi alternatif proses pembentukan yang mengarah ke konsep teknologi ramah lingkungan, terlebih lagi konsep forging untuk pembuatan komponen-komponen mikro (micro forging) untuk menunjang proses miniaturisasi produk,

Penempaan sebagai salah satu bagian dari proses metal forming dibagi dalam tiga kategori berdasarkan temperatur pengerjaannya yaitu proses cold, warm dan hot Penempaan dimana parameter dasarnya adalah temperatur rekristalisasi. (Gambar 2.2).



Gambar 2.2. Klasifikasi cold, warm dan hot working.

Keuntungan atau efek yang ditimbulkan oleh pengerjaan dingin (cold working) adalah adanya penurunan tingkat keuletan, namun diiringi dengan naiknya kekuatan dan kekerasan pada sifat materialnya. Hal ini disebabkan karena adanya efek strain hardening. Disamping itu juga terjadi perubahan struktur mikro, dimana butir-butirnya akan memanjang dan rapat searah dengan arah deformasi yang dominan serta memiliki tingkat ketelitian yang lebih baik. Namun proses pengerjaan dingin memerlukan energi pembentukan yang lebih besar untuk proses deformasinya.

Sementara itu, proses pengerjaan panas (temperatur kerja diatas temperature rekristalisasi) juga memiliki keuntungan salah satunya adalah energy pembentukannya relatif lebih kecil bila dibandingkan dengan proses pengerjaan dingin pada material yang sama. Hal ini di sebabkan karena terjadinya penurunan tegangan alir, sehingga tegangan tool dan beban tempa berkurang. Selain itu dengan adanya panas tingkat keuletan material akan lebih terjaga. Kelemahan proses ini diantaranya adalah biaya produksi tinggi, ketelitian (accuracy) dan kondisi permukaan kurang baik serta umur tool relatif pendek.

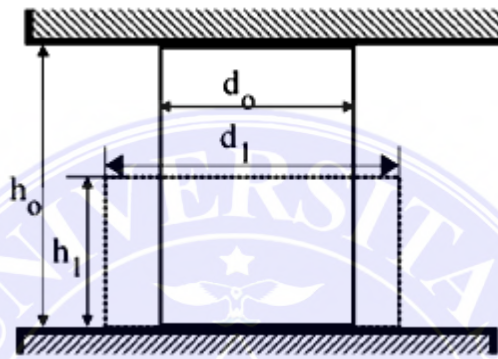
Pada proses tempa warm forming dimana temperatur pengerjaan di atas suhu ruangan dan di bawah temperatur rekristalisasi (di atas  $0,3 \times$  temperature 10 rekristalisasi hingga di bawah suhu rekristalisasi material), memiliki keunggulan adalah beban tempa yang rendah, keuletan dan ketangguhan (toughness) lebih besar dibanding proses dingin, ketelitian (accuracy) meningkat dibandingkan tempa panas. Sedangkan kelemahannya adalah memerlukan determinasi temperatur tempa yang optimum serta pemilihan pelumas yang sulit.

### **2.1.1 Proses Penempaan**

Proses Penempaan sering didefinisikan sebagai proses “free forming” dimana material benda kerja akan dikurangi ketinggiannya dengan menekan dua bidang yang sejajar /pararel.

Proses Penempaan yang bercirikan arah material logam yang dideformasikan tegak lurus dengan arah gerak cetakan. Proses Penempaan

terkadang digunakan sebagai proses awalan sebelum proses forming lanjutan namun sering juga digunakan sebagai proses inti. Upsetting adalah proses deformasi dasar yang bisa divariasikan dengan berbagai macam jenis. Upsetting di aplikasikan di industri masal seperti untuk pembuatan baut, dan paku keling, valve lifters



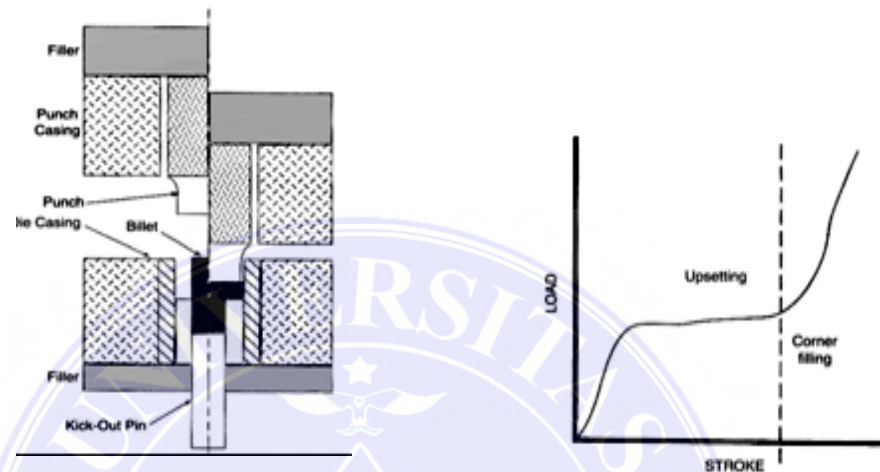
Gambar 2.3. Sketsa proses penempaan.

Suksesnya sebuah proses upsetting sangat tergantung kepada dua hal, pertama Upset rasio ( $R_u$  atau  $s$ ) yang menentukan batas forming /sifat mampu tempa (forgeability) suatu material. Yang kedua adalah upset strain /principle strain. Parameter ini yang menentukan batas kemungkinan terjadinya buckling.

Dalam proses penempaan, parameter yang terpenting diantaranya adalah dimensi benda kerja, kekuatannya, sifat mampu bentuknya, nilai *upset ratio*, keakurasian yang ingin dicapai, dan kualitas permukaan. Ketika proses pembentukan dilakukan dalam beberapa tahap, desain dari perlakuan awal proses *headling* akan berpengaruh pada bentuk akhir. Karena itu proses perlakuan awal untuk *upset forging* yang dilakukan lebih dari satu tempaan harus dibentuk dengan cara sedemikian rupa sehingga benda kerja akan



diarahkan secara benar pada setiap tahapnya sehingga akan menghindari terjadinya buckling (tekukan) dan *folding* (lipatan).



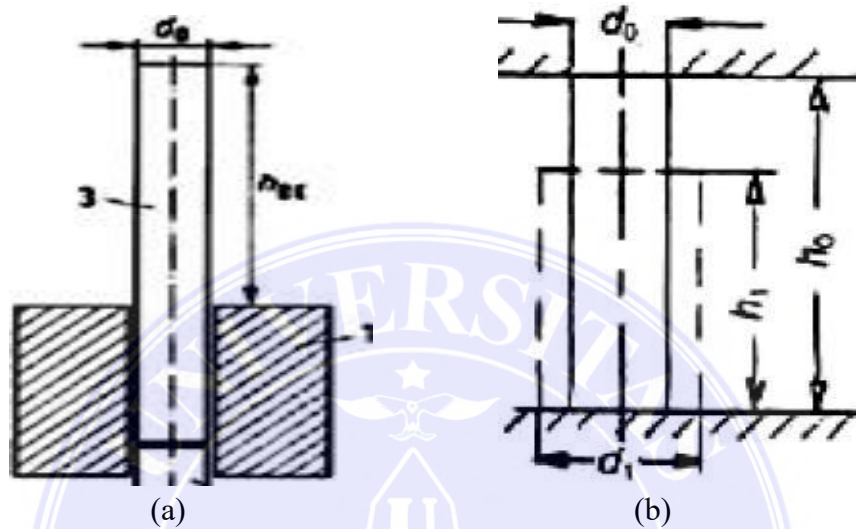
Gambar 2.4 Peralatan untuk *flashless cold upset forging* dan Kurva *load-stroke*.

Untuk energi pembentukan pada proses *upset forging* ada kondisi ekstrim dalam peningkatan nilai gaya *upsetting (Load)* saat proses mengarah pada pemenuhan isi cetakan pada sudut-sudutnya sebagaimana terlihat pada gambar 2.4. *Load* yang diperlukan untuk mengisi cetakan pada area sudut sangatlah tinggi yaitu sekitar tiga sampai sepuluh kali lipat dibandingkan proses *upset forging* yang sama namun tanpa pengisian area sudut (Mohammad Enghtesad, dkk 2016) Heinz Tschaetsch (2006) memberikan rumusan tentang perhitungan dalam proses *upset forging* seperti :

### 2.1.2 Ukuran udaran

Ukuran udara  $R_u$  atau  $s$  merupakan nilai batasan yang akan menentukan potensi terjadinya *buckling* pada benda kerja. Batas nilai *Upset ratio* sehingga

proses masih aman / terhindar dari kemungkinan terjadi *buckling* jika dilakukan dalam langkah *single stroke process* adalah  $s \leq$  (Purwanto, A.a 2008)



Gambar 2.5. *Inserted in the die* (a) *free upsetting* (b) (Tschaetsch, 2006)

### 2.1.3 Principle Strain

Batas maksimal rasio tinggi akhir dan tinggi awal untuk diijinkannya proses deformasi terhadap suatu material bisa dilakukan. Sesuai tentang *permesible deformation* untuk menghindari kemungkinan terjadinya buckling adalah 2,5. *Principle strain* pada berbagai material. (Tschaetsch, 2006)

## 2.2 Prilaku Bahan Logam

Proses pengolahan bahan logam harus memperhatikan jenis-jenis dan sifatnya terutama pada proses pembentukan dan perilaku selama penggunaannya seperti, sifat mampu las, mampu bentuk, mampu dikerjakan dengan mesin, stabilitas listrik, ketahanan terhadap korosi, perbaikan dan perawatannya sehingga hasil pengolahan akan lebih berkualitas. Perkembangan

teknologi yang sangat pesat dan maju menyebabkan kebutuhan logam di berbagai bidang meningkat pesat (Hefridha, M. 2018).

### **2.2.1 Bahan Tembaga**

Salah satu logam non ferro yang banyak digunakan dalam konstruksi maupun permesinan adalah tembaga (Cu). Tembaga dan paduan tembaga merupakan salah satu kelompok utama logam komersial. Logam ini banyak digunakan karena konduktivitas listrik dan termal yang sangat baik mereka, ketahanan yang luar biasa terhadap korosi, mudah difabrikasi, memiliki kekuatan yang baik, tahan terhadap lelah (*fatigue*), dan tidak bersifat magnetik. Logam tembaga dan paduannya memiliki ketahanan korosi yang tinggi sehingga banyak digunakan untuk membuat pipa, dan katup yang dialiri fluida (B. Basmal AP. Bayuseno, S. Nugroho 2012).

Tembaga memiliki temperatur melting yang tinggi, selain itu harga tembaga relatif mahal, dan fluiditas rendah. Tembaga memiliki sifat yang ulet dan tahan korosi. Seng memiliki sifat fluiditas yang tinggi dan mampu cor yang baik. Oleh karena itu, studi akan membahas tentang pemaduan Cu-Zn untuk menghasilkan produk yang memiliki sifat mekanik yang lebih baik (Jalaludin, A. 2019).

### **2.2.2 Bahan Kuningan (Cu-Zn)**

Kuningan merupakan paduan antara logam tembaga dan logam seng, yang porsinya bisa diatur untuk menciptakan karakteristik kuningan yang dihasilkan. Kuningan memiliki kelenturan yang lebih tinggi dibandingkan dengan material perunggu. Namun keduanya mungkin juga mencakup proporsi kecil dari berbagai elemen lain termasuk arsen, posfor aluminium,

mangan dan silikon. Umumnya kuningan memiliki titik lebur yang rendah yaitu sekitar  $900^{\circ}\text{C}$ - $940^{\circ}\text{C}$  ( $1652^{\circ}\text{F}$ - $1724^{\circ}\text{F}$ ) tergantung komposisinya. Dengan memvariasikan proporsi tembaga dan seng, sifat mekanik dari kuningan dapat dirubah, yang memproduksi kuningan keras dan lunak, kepadatan kuningan sekitar  $0,303 \text{ lb/inch}^3$  ( $8,4 \text{ gram / cm}^3$ ), campuran Cu – Zn banyak di gunakan sebagai bahan industri, karena karakteristiknya yang sangat baik seperti keseimbangan kekuatan, kelenturan, ketahanan korosi, non magnet dan sifat membentuk yang baik. Karena sifat mekanik dan sifat mampu mesin yang baik, penggunaannya baik dalam membuat roda gigi, bantalan, peralatan dekoratif dan frame arsitektur (Widodo, T. 2017).

Campuran tembaga yang paling terkenal adalah kuningan, yaitu Cu-Zn, yang memiliki kelebihan yang sangat berguna, seperti kekuatan yang tinggi konduktivitas sifat membentuk, ketahanan aus dan korosi, kombinasi terbaik dari kelenturan dan kekuatan yang diperoleh dari Cu-30Zn, menguasai sifat mampu bentuk yang sangat baik (Wicaksono, M. 2018).

Karakter kuningan Kuningan sangatlah luas penggunaannya dalam dunia industri karena karakteristik yang dimilikinya, antara lain:

- a. Kelebihan Kuningan
  - 1) Logam yang tahan korosi
  - 2) Alat penghantar panas yang baik
  - 3) Memiliki keuletan yang tinggi dan mudah di bentuk
- b. Kelemahan Kuningan
  - 1) Kekuatan rendah

- 2) Sangat mahal

### 2.2.3 Cara Membedakan Tembaga Dan Kuningan

Agar penulis dapat membedakan antara tembaga dan kuningan, maka peneliti perlu mengetahui beberapa cara membedakan kedua logam tersebut. Salah satu yang membedakan antara tembaga adalah dari tembaga cenderung berwarna coklat agak kemerahan-merahan, sedangkan kuningan berwarna kemerah-merahan agak kekuningan. Sebagian kuningan berwarna kuning tua atau kuning coklat seperti perunggu.

Tembaga merupakan logam tunggal yang murni maka logam ini mudah ditarik magnet, sedangkan logam kuningan cenderung agak sulit ditarik magnet. Hal ini biasa dijadikan cara untuk membedakan antara kedua logam tersebut.

Perbedaan selanjutnya adalah tembaga murni bersifat halus dan lunak, sehingga jika logam ini dipukul maka akan menghasilkan suara yang penuh atau teredam. Sedangkan kuningan jika dipukul umumnya lebih bersuara nyaring dan jernih. Cara membedakan juga bisa dilihat melalui cap yang ada pada logam tersebut, logam-logam kuningan yang digunakan untuk bahan-bahan industry otomotive biasanya diberi kode atau cap guna mengetahui campuran dalam logam tersebut. Logam tembaga biasanya tidak diberi kode atau cap.

Karakteristik logam tembaga yang telah diproses biasanya sangat lunak, sedangkan kuningan biasanya memiliki tekstur yang lebih kasar, karena itu biasanya tembaga lebih mudah ditebuk atau lebih elastis dari pada kuningan.

## 2.3 Kekuatan Impak

Uji impak adalah pengujian dengan menggunakan pembebanan yang cepat (rapid loading). Dalam pengujian mekanik, terdapat perbedaan dalam pemberian jenis beban kepada material. Uji tarik, uji tekan, uji puntir adalah pengujian yang menggunakan beban statik. Sedangkan uji impak menggunakan beban dinamik. Pada pembebanan cepat atau disebut juga beban impak, terjadi proses penyerapan energi yang besar dari energi kinetik suatu beban yang menumbuk ke spesimen. Proses penyerapan energi ini akan diubah dalam berbagai respon pada material seperti deformasi plastis, efek isterisis, gesekan dan efek inersia (Safrijal, Ali S, Susanto H. 2017).

Sejumlah uji impak batang uji bertakik dengan berbagai desain telah dilakukan dalam menentukan perpatahan rapuh pada logam. Metode yang telah menjadi standar untuk uji impak ini ada 2, yaitu uji impak metode Charpy dan metode Izod.

### 2.3.1 Metode Charpy

Merupakan pengujian impak dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi horizontal / mendatar dan arah pembebanan berlawanan dengan arah takikan.

Beberapa kelebihan dari metode Charpy, antara lain :

- a. Hasil pengujian lebih akurat.
- b. Pengerjaannya lebih mudah dipahami dan dilakukan.
- c. Menghasilkan tegangan uniform di sepanjang penampang.
- d. Waktu pengujian lebih singkat.

Sementara kekurangan dari metode Charpy, yaitu :

- a. Hanya dapat dipasang pada posisi horizontal.
- b. Spesimen dapat bergeser dari tumpuan karena tidak dicekam.
- c. Pengujian hanya dapat dilakukan pada spesimen yang kecil.

### 2.3.2 Metode Izod

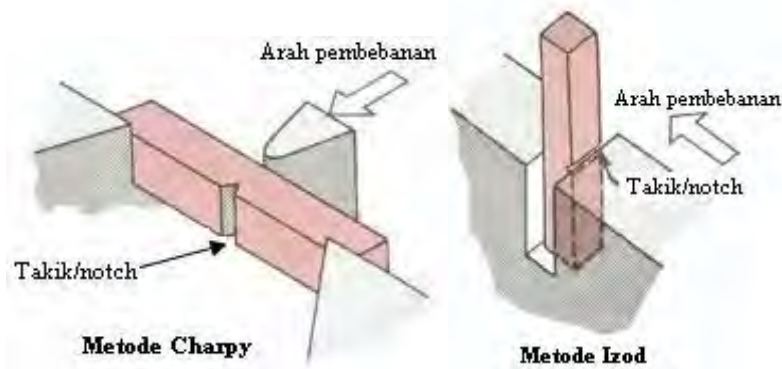
Merupakan pengujian impak dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi dan arah pembebanan searah dengan arah takikan. Pada umumnya metode Charpy banyak digunakan di Amerika sedangkan metode Izod digunakan di Eropa.

Kelebihan metode Izod :

- a. Tumbukan tepat pada takikan dan spesimen tidak mudah bergeser karena salah satu ujungnya dicekam.
- b. Dapat menggunakan spesimen dengan ukuran yang lebih besar.

Kerugian penggunaan metode Izod :

- a. Biaya pengujian lebih mahal.
- b. Pembebanan yang dilakukan hanya pada satu ujungnya, sehingga hasil yang diperoleh kurang baik.
- c. Hasil perpatahan kurang baik.
- d. Waktu yang digunakan untuk pengujian cukup panjang karena prosedur pengujian yang banyak.



Gambar 2.6. Metode charpy dan Metode Izod.

Pada umumnya metode pengujian impact dengan menggunakan metode Charpy ini banyak digunakan di Amerika Serikat, sedangkan metode Izod digunakan di Eropa (Inggris). Ukuran standart yang di pakai adalah ASTM E23, Benda uji spesimen mempunyai luas penampang lintang bujur sangkar (10x10 mm ) dan mengandung takik V-45°, dengan jari – jari dasar 0,25 mm kedalam 2 mm dan panjang 55 mm. Benda uji diletakkan pada tumpuan dalam posisi mendatar dan bagian yang tidak bertakik diberi beban impact dengna ayunan bandul ( kecepatan impact sekitar 16ft/detik ). Benda diuji akan melengkung dan patah pada laju rengangan yang tinggi kira – kira  $10^3$  detik<sup>-1</sup> Sementara untuk benda uji Izod, yang saat ini sangat jarang digunakan, benda uji mempunyai penampang lintang bujur sangkar atau lingkaran yang bertakik V didekat ujung yang dijepit. Perbedaan cara pembebanan antar uji Izod dan Charpy ditunjukkan pada gambar

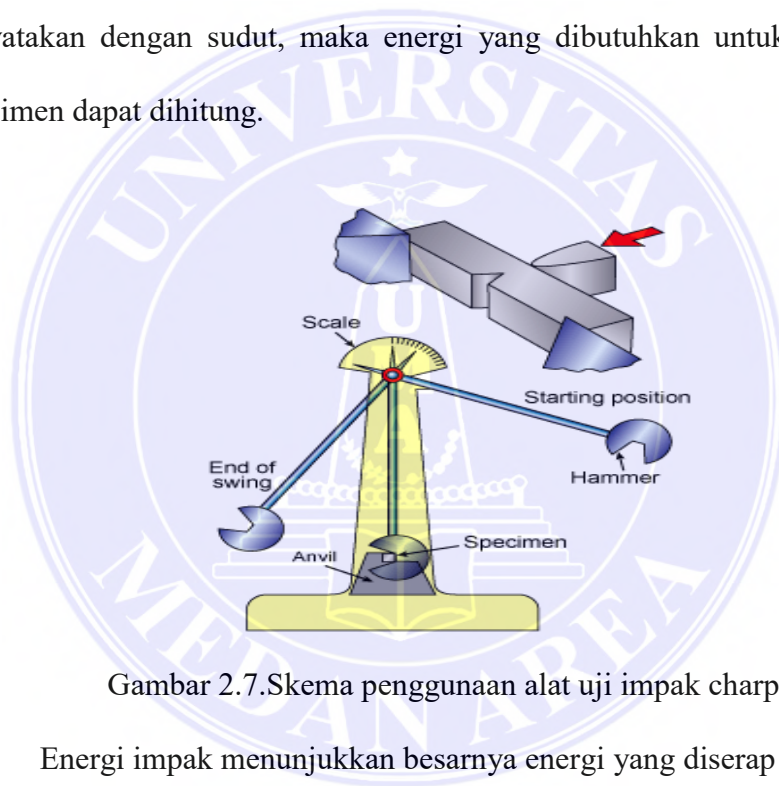
#### 2.4 Pembahasan Metode Charpy

Metode yang akan digunakan pada penelitian ini adalah metode charpy. Pada metode charpy, spesimen uji diletakkan mendatar dengan ditahan di bagian ujung – ujungnya oleh penahan, kemudian pendulum ditarik ke atas



sesuai posisi yang diinginkan. Setelah itu pendulum dilepaskan dan mengenai tepat pada bagian belakang takikan atau sejajar dengan takikan. Pada saat pendulum dinaikkan sampai pada ketinggian  $h_1$ , kemudian dari posisi ini pendulum dilepaskan dan berayun bebas memukul spesimen hingga patah dan pendulum masih terus berayun sampai ketinggian  $h_2$ , maka energi yang dibutuhkan untuk mematahkan spesimen.

Tinggi pendulum sebelum dan sesudah dijatuhkan ( $h_1 - h_2$ ) dapat dinyatakan dengan sudut, maka energi yang dibutuhkan untuk mematahkan spesimen dapat dihitung.



Gambar 2.7. Skema penggunaan alat uji impact charpy.

Energi impact menunjukkan besarnya energi yang diserap oleh benda uji sehingga benda uji tersebut mengalami patah. sesuai dengan metode impact charpy maka besarnya Energi impact dapat ditulis sebagai berikut : (Safrijal, Ali S, Susanto H. 2017).

$$W = mp. g. Lp ( \cos \alpha r - \cos \alpha 0 ) \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

$W$  = Energi impact( Joule ).

$m_p$  = massa pendulum. (Kg)

$L_p$  = panjang lengan pendulum. (m)

$g$  = Gravitasi bumi (  $9,8 \text{ m/s}^2$ )

$\alpha_0$  = Sudut pemukulan awal (147°)

$\alpha_r$  = Sudut pendulum setelah mematahkan spesimen.

### Rumus kekuatan Impak

Besar kekuatan impak dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$a_{cN} = \frac{W_c}{b_n \cdot h} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

$a_{cN}$  = Kekuatan Impak ( $\text{J/mm}^2$ )

$W_c$  = Energi Impak (joule)

$b_n$  = Lebar Spesimen (mm)

$h$  = Tinggi Spesimen (mm)

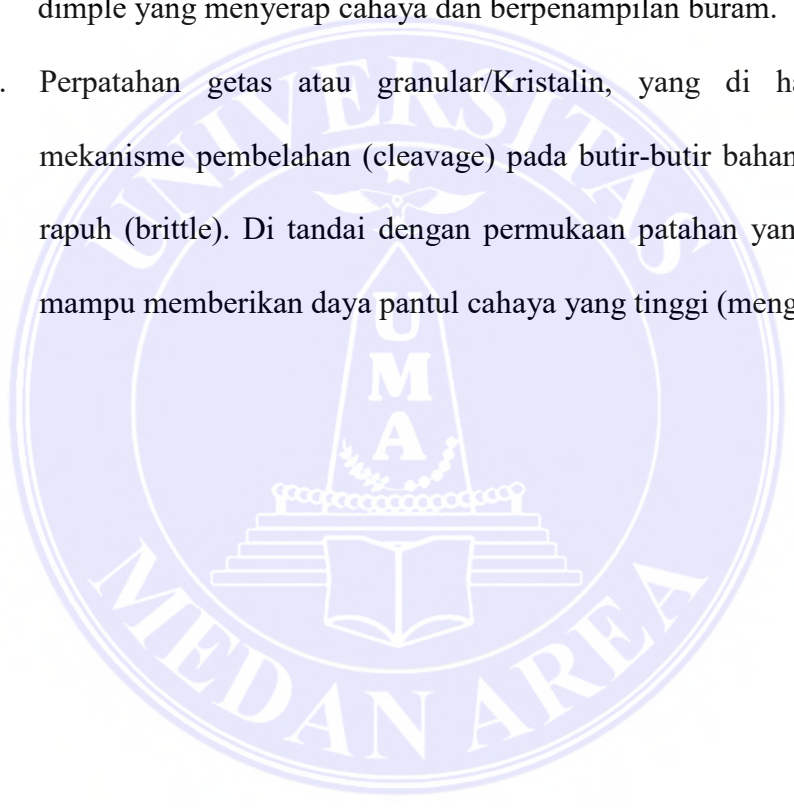
Pengujian impak dapat diidentifikasi sebagai berikut :

1. Material yang getas, bentuk patahannya akan bermukaan merata, hal ini menunjukkan bahwa material yang getas akan cenderung patah akibat tegangan normal.
2. Material yang ulet akan terlihat meruncing, hal ini menunjukkan bahwa material yang ulet akan patah akibat tegangan geser.
3. Semakin besar posisi sudut  $\beta$  akan semakin getas, dan semangkin kecil sudut maka semangkin ulet.

## 2.5 Jenis patahan Pada Hasil Benda Uji

Secara Umum sebagaimana analisis perpatahan pada benda hasil uji impact di golongkan menjadi 2 jenis, yaitu:

- a. Perpatahan berserat atau ulet (fibrous fracture), yang melibatkan mekanisme pergeseran bidang Kristal di dalam bahan (logam) yang ulet (ductile). Di tandai dengan permukaan patahan berserat yang berbentuk dimple yang menyerap cahaya dan berpenampilan buram.
- b. Perpatahan getas atau granular/Kristalin, yang di hasilkan oleh mekanisme pembelahan (cleavage) pada butir-butir bahan logam yang rapuh (brittle). Di tandai dengan permukaan patahan yang datar yang mampu memberikan daya pantul cahaya yang tinggi (mengkilat).



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Metode Penelitian

##### 1. Tempat Penelitian

Tempat penelitian ini dilakukan di universitas Medan Area, Jl. Kolam No. 1 Medan Estate / Jl. Gedung PBSI Medan.

##### 2. Waktu Penelitian

Waktu yang diperkirakan untuk penelitian analisis ini kurang lebih 5 bulan mulai study literature sampai dengan sidang akhir, seperti terlihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Jadwal kegiatan.

No	Kegiatan	Tahun 2021 – 2022									
		Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	
1	Study literature	■									
2	Persiapan laporan	■									
3	Administrasi terbit SK seminar proposal		■								
4	Seminar proposal		■								
5	Pembuatan spesimen			■	■	■	■				
6	Pengujian spesimen							■			
7	Analisa data								■		
8	Seminar hasil									■	
9	Sidang akhir										■

### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

- a. Alat – Alat Pengujian
  1. Alat Pengujian Impak charpy



Gambar 3.1. Alat pengujian impak.

Pengujian ini digunakan untuk mengetahui harga impact atau kekuatan dari spesimen yang akan diuji.

2. Vernier Caliper atau Jangka sorong



Gambar 3.2. Vernier caliper.

Dipergunakan untuk mengukur benda uji agar sesuai apa yang diinginkan.

Karna menggunakan vernier caliper pengukuran akan lebih akurat.

### 3. Oven



Gambar 3.3. Oven.

Dipergunakan untuk memanaskan benda kerja/spesimen yang akan di uji.

### 4. Infrared Thermometer



Gambar 3 4. Infrared thermometer.

Thermogun adalah salah satu jenis thermometer inframerah untuk mengukur temperature suhu. Alat ini dipakai pada penelitian untuk mengukur suhu benda kerja. Jarak yang di perlukan untuk mengukur suhu spesimen kurang lebih adalah 34 cm.

5. palu



Gambar 3 5. Palu.

Palu digunakan untuk memukul benda kerja atau spesimen yang akan di uji sehingga spesimen menjadi berubah ukuran sesuai yang di tentukan.

6. Landasan besi



Gambar 3.6. Landasan besi.

Landasan besi digunakan untuk menahan atau sebagai landasan dari spesimen yg akan di palu.

7. Kikir Segitiga



Gambar 3.7. Kikir segitiga.

Kikir segitiga di gunakan untuk membuat takik spesimen, dengan cara

mengikir logam spesimen sehingga berbentuk takik V ukurannya  $45^0$  dengan jari-jari 0,25 dan kedalaman 2 mm.

b. Bahan

Berikut bahan – bahan yang harus dipersiapkan untuk pengujian impak yaitu :

1. Kuningan (Cu-Zn)



Gambar 3.8. Kuningan.

Kuningan adalah bahan yang ke dua yang akan di uji juga menggunakan alat uji impak charpy. Kuningan meruakan paduan antara logam tembaga dan logam seng, yang porsinya bisa diatur untuk menciptakan karakteristik kuningan yang dihasilkan.

2. Tembaga



Gambar 3.9. Tembaga



Tembaga (Cu) adalah logam merah muda, yang lunak dapat ditempa, dan liat. Tembaga dalam tabel periodik memiliki lambang Cu dengan nomor atom 29 dan memiliki massa atom standar 63,546 g/mol. Logam Cu melebur pada 1038 dan memiliki titik didih 2562. Karena potensial elektroda standarnya positif (+0,34 V untuk pasangan Cu/Cu<sup>2+</sup>), Cu tak larut dalam asam klorida dan asam sulfat encer, meskipun dengan adanya oksigen Cu bisa larut sedikit. Logam ini banyak digunakan pada pabrik yang memproduksi alat-alat listrik, gelas dan zat warna yang biasanya bercampur dengan logam lain seperti alloy dengan perak, kadmium, timah putih dan seng (Novita, Dkk, 2014: 3).

Sifat-sifat logam Cu dapat ditunjukkan pada tabel dibawah ini

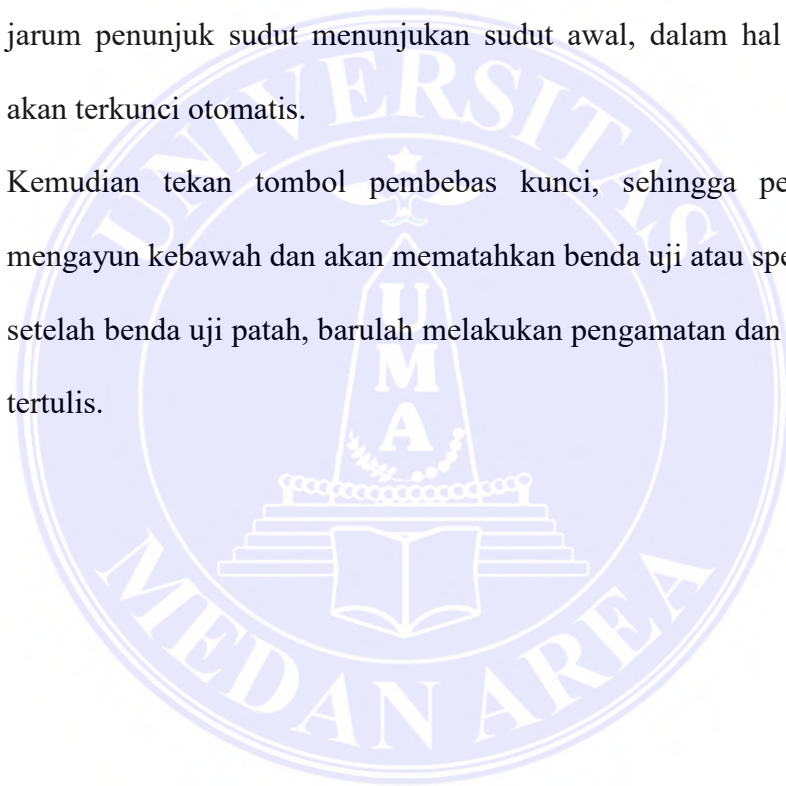
Tabel 3.2. Sifat sifat tembaga (Cu)

No	Sifat	Keterangan
1.	Warna	Jingga Kemerahan
2.	Nama, Lambang, Nomor Atom	Tembaga, Cu, 29
3.	Massa Atom	63,546 g/mol
4.	Konfigurasi Elektron	[Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup>
5.	Fase	Padat
6.	Massa Jenis (sekitar suhu kamar)	8,94 g/cm <sup>3</sup>
7.	Titik Lebur	1357,77 K
8.	Titik Didih	2835 K
9.	Bilangan Oksidasi	1,2,3,4
10.	Elektronegativitas	1,90
11.	Jari-jari Atom	128 pm

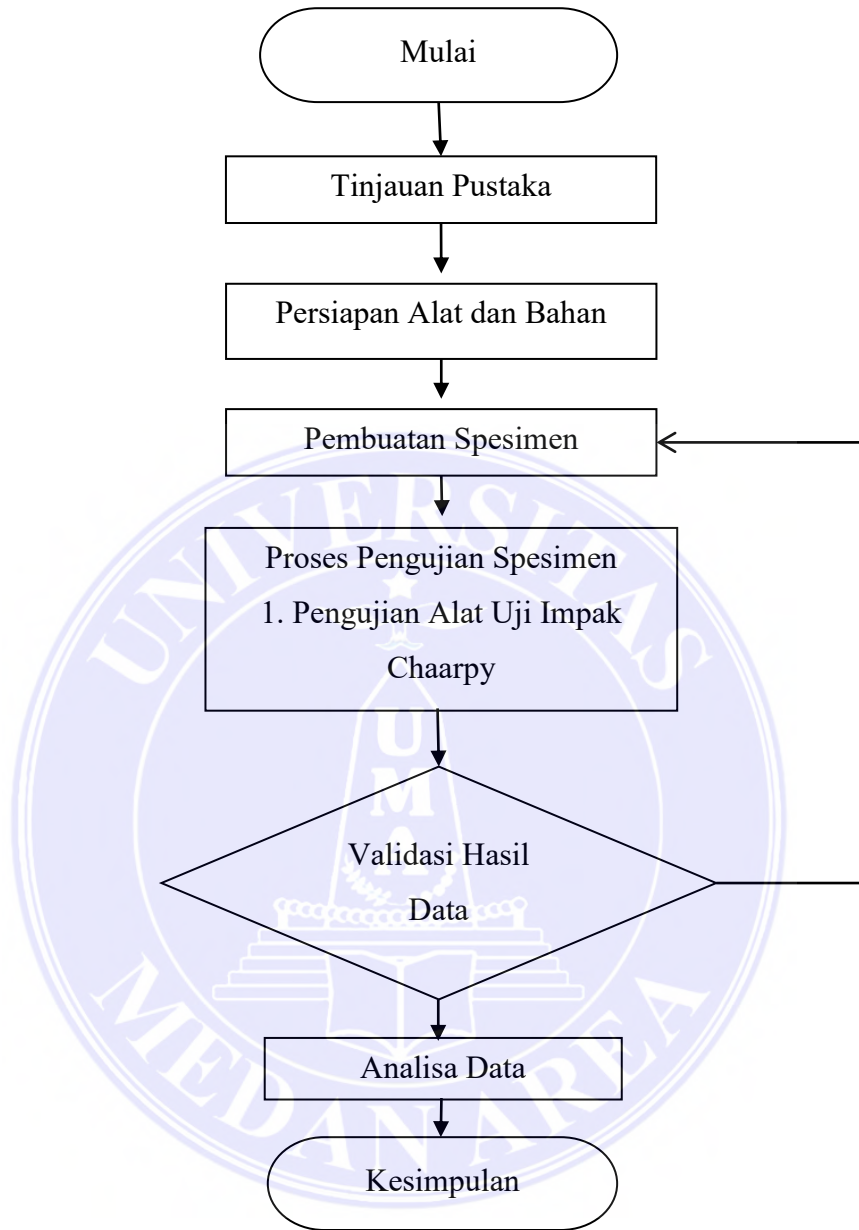
Logam ini banyak digunakan pada pabrik yang memproduksi alat-alat listrik, gelas dan zat warna yang biasanya bercampur dengan logam lain (Junita, 2013: 18).

### 3.3 Langkah-Langkah Pengujian Impak

1. Memastikan jarum penunjuk pada posisi NOL pada saat pendulum menggantung bebas.
2. Meletakkan bahan uji atau spesimen di atas penopang, dan pastikan pendulum tepat memukul bagian tengah takikan.
3. Menaikan pendulum secara perlahan dengan memutar tuasnya, hingga jarum penunjuk sudut menunjukkan sudut awal, dalam hal ini pendulum akan terkunci otomatis.
4. Kemudian tekan tombol pembebas kunci, sehingga pendulum akan mengayun kebawah dan akan mematahkan benda uji atau spesimen.
5. setelah benda uji patah, barulah melakukan pengamatan dan membuat data tertulis.



### 3.4 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.10. Diagram alur penelitian.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pada BAB sebelumnya dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian, spesimen logam tembaga dan kuningan telah selesai di buat dengan standart ASTM E23.
2. Spesimen logam kuningan dan tembaga telah di uji menggunakan alat uji impact charpy, dan menghasilkan jenis-jenis bentuk patahan, maka dari itu pengujian untuk spesimen bahan logam kuningan menghasilkan patahan getas atau brittle, sedangkan logam tembaga menghasilkan patahan ulet atau ductile.
3. Hasil analisa energy impact pada spesimen logam tembaga suhu normal dari hasil rata rata nya yaitu 83,29 Joule dan suhu 350° C yaitu 143,142 Joule sedangkan spesimen kuningan suhu normal dari hasil rata rata yaitu 13,47 Joule dan suhu 350° C yaitu 25,19 Joule.

#### 5.2 Saran

Dari kesimpulan penelitian diatas, dapat diajukan beberapa saran sebagai berikut :

1. Pada penelitian yang selanjutnya suhu pada proses penempaan dapat di variasikan lagi untuk melihat apakah terjadi peningkatan atau penurunan terhadap nilai kekerasan logam terhadap kekuatan uji impact.
2. Pengujian harus lebih teliti pada saat pengamatan jarum pada alat uji impact, agar data yang di hasilkan lebih akurat. Selain itu pada saat

penempatan benda uji di alat impact seharusnya di lakukan dengan posisi yang benar-benar tepat karna di saat posisi yang tidak tepat dapat mempengaruhi data hasil pengujian yang di peroleh.



## DAFTAR PUSTAKA

- Syarief, A. (2008). Analisa Kekerasan Pisau Potong (Parang) pada Proses Penempaan (Forging). *INFO TEKNIK*, 117-124.
- Handoyo, Y. (2013). Perancangan Alat Uji Impak Metode Charpy Kapasitas 100 Joule. *JURNAL ILMIAH TEKNIK MESIN*, 45-53.
- Majanasastra, R. (2016). Analisis Sifat Mekanik dan Struktur Micro Hasil Proses Hidroforming pada Material Tembaga (CU) C84800 dan Alumunium Al6063. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 15-30.
- Mohammad Eghtesad, Samad Javid, Yousef Bazargan-Lari. (2016). DESIGN OF AN ADAPTATION MODEL FOR MODIFICATION OF STRIP'S SPEED IN FINISHING ROLL AREA OF MOBARAKEH STEEL COMPANY. *IJAER*, 69-76.
- Purwanto, A. a. (2008). *Fabrikasi Logam Ambyar and Purwanto*. Padang: Universitas Negeri Padang.
- Hefridha, M. (2018). *Analisis Sifat Mekanik dan Struktur Mikro pada Penyambungan Plat Beda Material Alumunium dan Tembaga Menggunakan Metode Friction Stir Welding*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- B. Basmal A.P. Bayuseno, S. Nugroho. (2012). Pengaruh Suhu dan Waktu Pelapisan Tembaga-Nikel pada Baja Karbon Rendah Secara Elektroplating Terhadap Nilai Ketebalan dan Kekerasan. *ROTASI*, 23-28.
- Jalaludin, A. (2019). Analisis Kekuatan Mekanik Kuningan Setelah Melalui Proses Heat Treatment Dengan Variasi Waktu Heat Treatment Menggunakan Media Quenching Air. *Universitas Pamulang*, 45-50.
- Widodo, T. (2017). *Pengaruh variasi kadar asam FeCl<sub>3</sub> dalam larutan etsa terhadap tingkat kekasaran permukaan dan laju korosi pada logam kuningan hasil proses etsa*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Wicaksono, M. (2018). *Analisa Variasi Holding Time pada Aluminium 6061 Terhadap Uji Impak, Struktur Mikro, dan Uji Kekerasan*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Safrijal, Ali S, Susanto H. (2017). Pengujian Papan Komposit Diperkuat Serat Tndan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Dengan Menggunakan Alat Uji Impak Charpy. *Jurnal Mekanova*, 158-6.

