

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH SUHU PADA
BAHAN LOGAM YANG DITEMPA TERHADAP KEKUATAN IMPAK**

SKRIPSI

OLEH :

**RIVALDI PRATAMA
188130006**



**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 16/11/23

Access From (repository.uma.ac.id)16/11/23

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH SUHU PADA BAHAN LOGAM YANG DITEMPA TERHADAP KEKUATAN IMPAK

SKRIPSI

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



Oleh :

RIVALDI PRATAMA
188130006

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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 16/11/23

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

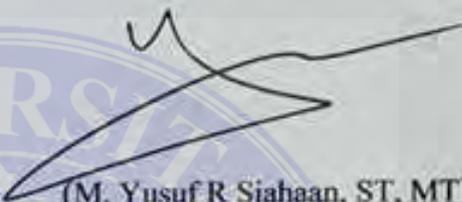
Access From (repository.uma.ac.id)16/11/23

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Proposal : Studi Eksperimental Pengaruh Suhu Pada Bahan Logam Yang Ditempa Terhadap Kekuatan Impak
Nama Mahasiswa : Rivaldi Pratama
NIM : 188130006
Fakultas : Teknik Mesin

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing


(Dr. Eng. Rakhmad Arref Siregar)
Pembimbing I


(M. Yusuf R Siahaan, ST, MT)
Pembimbing II


DR. Rahmadsyan, S.Kom, M. Kom
Dekan


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

Tanggal Lulus: 23 Agustus 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.



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Rivaldi Pratama

NPM : 188130006

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Studi Eksperimental Pengaruh Suhu Pada Bahan Logam Yang Ditempa Terhadap Kekuatan Impak

Beserta Perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagainya sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan
Pada Tanggal : 19 Mei 2023
Yang menyatakan



(Rivaldi Pratama)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membuat benda kerja yang ditempa dengan variasi suhu dan melakukan uji impak *charpy* untuk mendapatkan hasil dan mengevaluasi bagaimana pengaruh suhu pada bahan logam yang ditempa tersebut terhadap kekuatan impak. Karena situasi sekarang semakin disadari pentingnya faktor keamanan pada sebuah konstruksi terutama pada pembebanan kejut. 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 diterimanya. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen yang termasuk kedalam metode kuantitatif. Teknik Analisis data yang digunakan adalah statistika deskriptif. Pengujian impak ini menggunakan bahan logam tembaga dan kuningan yang di tempa dengan suhu 370°C. Spesimen masing-masing bahan berjumlah 15 buah, dengan uraian 3 spesimen untuk tembaga yang tidak ditempa, 12 spesimen untuk tembaga yang ditempa dengan suhu 370°C dengan rincian 3 spesimen di uji impak pada suhu normal, 3 spesimen diuji pada suhu 150°C, 3 spesimen diuji dengan suhu 250°C dan 3 spesimen diuji dengan suhu 350°C selanjutnya 3 spesimen untuk kuningan yang tidak ditempa, 12 spesimen untuk kuningan yang ditempa dengan suhu 370°C dengan rincian 3 spesimen di uji impak pada suhu normal, 3 spesimen diuji pada suhu 150°C, 3 spesimen diuji dengan suhu 250°C dan 3 spesimen diuji dengan suhu 350°C. Pengujian spesimen tersebut menggunakan alat uji impak *charpy*. Hasil dan kesimpulan semakin tinggi suhu yang diberikan pada bahan logam tembaga dan kuningan maka nilai kekuatan impak bahan tersebut akan semakin kecil. Untuk hasil patahan spesimen tembaga yang sudah di uji menggunakan alat uji impak *charpy* mulai dari spesimen tersebut tidak di tempa dan ditempa dengan suhu 370°C kemudian dipanaskan kembali mulai dari suhu kamar, 150°C, 250°C, 350°C jenis patahannya adalah patahan berserat (*fibrous fracture*)/ductile atau ulet. Sedangkan untuk kuningan sendiri jenis patahannya adalah patahan jenis patahan *granular/ kristalin* atau getas.

Kata kunci : Kekuatan Impak, Suhu 370°C dan Uji Impak *Charpy*.

ABSTRACT

This study aims to make forged workpieces with temperature variations and conduct charpy impact tests to obtain results and evaluate how temperature affects the forged metal material on impact strength. Because the situation is now increasingly realized the importance of the safety factor in a construction, especially in shock loading. Impact testing is a material analysis to determine the toughness of materials receiving dynamic loads because the materials that will be used to build a structure or other functions must be able to withstand the load they will receive. The research method used is an experimental method that is included in the quantitative method. The data analysis technique used is descriptive statistics. This impact test uses forged copper and brass metal materials with a temperature of 370°C. The spesimen of each ingredient amounts to 15 pieces, with a description of 3 spesimens for non-forged copper, 12 spesimens for forged copper with a temperature of 370°C with details of 3 spesimens in the impact test at normal temperature, 3 spesimens tested at 150°C, 3 spesimens tested with a temperature of 250°C and 3 spesimens tested with a temperature of 350°C further 3 spesimens for brass not forged, 12 spesimens for brass forged with a temperature of 370°C with details of 3 spesimens in the impact test at normal temperature, 3 spesimens tested at 150°C, 3 spesimens tested at 250°C and 3 spesimens tested with 350°C. Testing of such spesimens using charpy impact testing equipment. Results and conclusions the higher the temperature given to copper and brass metal, the smaller the impact strength value of the material will be. For the results of the fracture of the copper spesimen that has been tested using the charpy impact tester, starting from the spesimen is not forged and forged with a temperature of 370°C then reheated starting from room temperature, 150°C, 250°C, 350°C the type of fracture is fibrous fracture/ductile or tenacious. As for brass itself, the fracture type is a granular/crystalline or brittle fracture.

Keywords: Impact Strength, Temperature 370°C and Charpy Impact Test

RIWAYAT HIDUP

Rivaldi Pratama dilahirkan di Huta 3 Bandar Rejo Pada tanggal 07 Februari 1998 dari ayah Paeran dan ibu Sarmayati. Penulis merupakan putra pertama dari 5 bersaudara.

Tahun 2016 Penulis lulus dari SMK Swasta Tengku Amir Hamzah Indrapura dan pada tahun 2018 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Dengan semangat dan motivasi tinggi untuk terus belajar serta berusaha. Penulis berhasil menyelesaikan pengerjaan tugas akhir skripsi ini. Semoga dengan penulisan tugas akhir skripsi ini bisa memberikan kontribusi yang positif bagi dunia pendidikan.

Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT yang sebesar-besarnya dan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu atas sehingga skripsi yang berjudul “Studi Eksperimental Pengaruh Suhu Pada Bahan Logam yang Ditempa Terhadap Kekuatan Impak” bisa terselesaikan.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala karuniaNya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah eksperimen dengan judul study ekperimental pengaruh suhu pada bahan logam yang ditempa terhadap kekuatan impak.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Dr.Eng Rakhmad Arief Siregar, ST, M.Eng dan Bapak Muhammad Yusuf Rahmansyah Siahaan, ST, MT selaku pembimbing serta Bapak Muhammad Idris ST, MT yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Mesin dan Pegawai Fakultas Teknik Universitas Medan Area yang telah membantu penulis selama melaksanakan penelitian. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir/skripsi ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan tugas akhir/skripsi ini. Penulis berharap tugas akhir/skripsi ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan Pendidikan maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Medan, 27 Februari 2023

Penulis,



Rivaldi Pratama
NPM. 188130006

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERMYATAAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iv
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Hipotesis Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Proses Penempaan	6
2.2 Logam.....	15
2.3. Suhu Tempa.....	28
2.4. Kekuatan Uji Impak.....	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	36
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	36
3.2 Bahan dan Alat	37
3.3 Metode Penelitian.....	42
3.4 Populasi dan Sampel	45
3.5 Prosedur Kerja.....	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	50
4.1 Hasil.....	50
4.2 Pembahasan	81
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	84
5.1 Simpulan.....	84
5.2 Saran	85
DAFTAR PUSTAKA	86

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan.	36
Tabel 3.2. Data Spesimen Kuningan yang akan Diuji.	42
Tabel 3.3. Data Spesimen Tembaga yang akan Diuji.	42
Tabel 4.1. Ukuran Ketebalan Tembaga dan Kuningan Sebelum dan Sesudah Ditempa.	51
Tabel 4.2. Data Tembaga dengan Suhu Normal Hasil Pengujian Impak <i>Charpy</i>	58
Tabel 4.3. Data Tembaga dengan Suhu Tempa 370°C dan Tidak Dipanaskan Kembali Hasil Pengujian Impak <i>Charpy</i>	59
Tabel 4.4. Data Tembaga dengan Suhu Tempa 370°C dan Dipanaskan Kembali dengan Suhu 150°C Hasil Pengujian Impak <i>Charpy</i>	60
Tabel 4.5. Data Tembaga dengan Suhu Tempa 370° dan Dipanaskan Kembali dengan Suhu 250°C Hasil Pengujian Impak <i>Charpy</i>	61
Tabel 4.6. Data Tembaga dengan Suhu Tempa 370°C dan Dipanaskan Kembali dengan Suhu 350°C Hasil Pengujian Impak <i>Charpy</i>	61
Tabel 4.7. Data Kuningan dengan Suhu Normal Hasil Pengujian Impak <i>Charpy</i>	62
Tabel 4.8. Data Kuningan dengan Suhu Tempa 370°C dan Tidak Dipanaskan Kembali Hasil Pengujian Impak <i>Charpy</i>	63
Tabel 4.9. Data Kuningan dengan Suhu Tempa 370°C dan Dipanaskan Kembali dengan Suhu 150°C Hasil Pengujian Impak <i>Charpy</i>	63
Tabel 4.10. Data Kuningan dengan Suhu Tempa 370°C dan Dipanaskan Kembali dengan Suhu 250°C Hasil Pengujian Impak <i>Charpy</i>	64
Tabel 4.11. Data Kuningan dengan Suhu Tempa 370°C dan Dipanaskan Kembali dengan Suhu 350°C Hasil Pengujian Impak <i>Charpy</i>	65
Tabel.4.12. Hasil Pengujian Tembaga Tidak Ditempa dan Suhu Normal.	66
Tabel.4.13. Hasil Pengujian Tembaga Ditempa dengan suhu 370°C dan Suhu Normal.	67
Tabel.4.14. Hasil Pengujian Tembaga Ditempa dengan suhu 370°C dan Pengujian dengan Suhu 150°C.	67
Tabel.4.15. Hasil Pengujian Tembaga Ditempa dengan suhu 370°C dan Pengujian dengan Suhu 250°C.	67
Tabel.4.16. Hasil Pengujian Tembaga Ditempa dengan suhu 370°C dan Pengujian dengan Suhu 350°C.	67
Tabel.4.17. Hasil Pengujian Kuningan Tidak Ditempa dan Suhu Normal.	68
Tabel.4.18. Hasil Pengujian Kuningan Ditempa dengan suhu 370°C dan Pengujian dengan Suhu Normal.	69
Tabel.4.19. Hasil Pengujian Kuningan Ditempa dengan suhu 370°C dan Pengujian dengan Suhu 150°C.	69
Tabel.4.20. Hasil Pengujian Kuningan Ditempa dengan suhu 370°C dan Pengujian dengan Suhu 250°C.	69
Tabel.4.21. Hasil Pengujian Kuningan Ditempa dengan suhu 370°C dan Pengujian dengan Suhu 350°C.	69
Tabel.4.22. Hasil Patahan Spesimen Tembaga dan Kuningan.	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Proses Bahan yang Ditempa pada Penempaan Palu.	7
Gambar 2.2. Mesin Tempa Uap dengan Rangka Terbuka.	8
Gambar 2.3. Penempaan Timpa dengan Die Tertutup.	8
Gambar 2.4. Penempaan Upset.	10
Gambar 2.5. Penempaan Rol.	11
Gambar 2.6. Proses Penempaan Cetakan Terbuka.	12
Gambar 2.7. Proses Penempaan Cetakan Tertutup.	13
Gambar 2.8. Ilustrasi Microstruktur Logam Sebelum Ditempa.	14
Gambar 2.9. Ilustrasi Microstruktur Logam Sesudah Ditempa.	14
Gambar 2.10. Pembuatan Aluminium Dengan Cara Elektrolisis.	19
Gambar 2.11. Pembuatan Tembaga Dengan Cara Elektrolisis.	21
Gambar 2.12. Diagram Fasa Tembaga.	22
Gambar 2.13. Diagram fasa paduan tembaga dan seng (kuningan).	27
Gambar 2.14. Metode Izod dan Metode <i>Charpy</i>	31
Gambar 2.15. Ukuran Standard Spesimen ASTM-E23.	31
Gambar 2.16. Ilustrasi Pengujian Impak.	32
Gambar 2.17. Cara Menghitung Energi Uji Impak.	33
Gambar 2.18. Hasil Rata-Rata Kekuatan Impak Tembaga & Kuningan.	35
Gambar 2.19. Grafik Kekuatan Impak Pengaruh Suhu Pada Bahan Plastik.	35
Gambar 3.1. Alat Pengujian Impak.	37
Gambar 3.2. Landasan Besi.	37
Gambar 3.3. Oven.	38
Gambar 3.4. Thermometer Gun.	38
Gambar 3.5. Gerinda.	39
Gambar 3.6. Vernier Caliper.	39
Gambar 3.7. Palu.	40
Gambar 3.8. Kikir Segitiga.	40
Gambar 3.9. Ukuran Standard Spesimen ASTM-E23.	41
Gambar 3.10. Kuningan.	41
Gambar 3.11. Tembaga.	42
Gambar 3.12. Diagram alur penelitian.	49
Gambar 4.1. Gambar Hasil Pembuatan Benda Logam Tembaga Yang Ditempa Dengan Variasi Suhu	50
Gambar 4.2. Gambar Hasil Pembuatan Benda Logam Kuningan Yang Ditempa Dengan Variasi Suhu	50
Gambar 4.3. Gambar Hasil Pembuatan Benda Logam Kuningan Yang Ditempa Dengan Variasi Suhu.	51
Gambar 4.4. Spesimen Tembaga Ditempa Dengan Suhu 370°C dan akan Diuji dengan Suhu Normal.	52
Gambar 4.5. Spesimen Tembaga Ditempa Dengan Suhu 370°C dan akan Diuji dengan Suhu 150°C	53
Gambar 4.6. Spesimen Tembaga Ditempa Dengan Suhu 370°C dan akan Diuji dengan Suhu 250°C	53
Gambar 4.7. Spesimen Tembaga Ditempa Dengan Suhu 370°C dan akan Diuji dengan Suhu 350°C	54
Gambar 4.8. Hasil 12 Spesimen Tembaga Yang Sudah Ditempa.	55

Gambar 4.9. Spesimen Kuningan Ditempa Dengan Suhu 370°C dan akan Diuji dengan Suhu Normal.	55
Gambar 4.10. Spesimen Kuningan Ditempa Dengan Suhu 370°C dan akan Diuji dengan Suhu 150°C	56
Gambar 4.11. Spesimen Kuningan Ditempa Dengan Suhu 370°C dan akan Diuji dengan Suhu 250°C	57
Gambar 4.12. Spesimen Kuningan Ditempa Dengan Suhu 370°C dan akan Diuji dengan Suhu 350°C	57
Gambar 4.13. Hasil Akhir Jarum Pada Busur Derajat Pengujian Impak Charpy.	59
Gambar 4.14. Hasil Patahan Spesimen Tembaga Tampak Atas.	70
Gambar 4.15. Hasil Patahan Spesimen Tembaga Tampak Samping.	71
Gambar 4.16. Hasil Patahan Spesimen Tembaga Tampak Atas.	72
Gambar 4.17. Hasil Patahan Spesimen Tembaga Tampak Samping.	72
Gambar 4.18. Hasil Patahan Spesimen Tembaga Tampak Atas.	73
Gambar 4.19. Hasil Patahan Spesimen Tembaga Tampak Samping.	73
Gambar 4.20. Hasil Patahan Spesimen Tembaga Tampak Atas.	74
Gambar 4.21. Hasil Patahan Spesimen Tembaga Tampak Samping.	74
Gambar 4.22. Hasil Patahan Spesimen Tembaga Tampak Atas.	75
Gambar 4.23. Hasil Patahan Spesimen Tembaga Tampak Samping.	75
Gambar 4.24. Hasil Patahan Spesimen Kuningan Tampak Atas.	76
Gambar 4.25. Hasil Patahan Spesimen Kuningan Tampak Samping.	76
Gambar 4.26. Hasil Patahan Spesimen Kuningan Tampak Atas.	77
Gambar 4.27. Hasil Patahan Spesimen Kuningan Tampak Samping.	77
Gambar 4.28. Hasil Patahan Spesimen Kuningan Tampak Atas.	78
Gambar 4.29. Hasil Patahan Spesimen Kuningan Tampak Samping.	78
Gambar 4.30. Hasil Patahan Spesimen Kuningan Tampak Atas.	79
Gambar 4.31. Hasil Patahan Spesimen Kuningan Tampak Samping.	79
Gambar 4.32. Hasil Patahan Spesimen Kuningan Tampak Atas.	80
Gambar 4.33. Hasil Patahan Spesimen Kuningan Tampak Samping.	80
Gambar 4.34. Grafik Hasil Rata-Rata Energi Impak	81
Gambar 4.35. Grafik Hasil Rata-Rata Kekuatan Impak.	82

DAFTAR NOTASI

Al	=	Simbol periodik unsur kimia aluminium
Cu	=	Simbol periodik unsur kimia tembaga
EN	=	Standard teknik eropa (<i>European Standard</i>)
UNS	=	Sistem penunjukkan paduan diterima secara luas di Amerika
Zn	=	Simbol periodik unsur kimia seng
Sn	=	Simbol periodik unsur kimia timah
W	=	Energi impak (Joule)
m_p	=	Berat pendulum (N)
L_p	=	Panjang lengan pendulum (mm)
α_r	=	Sudut awal pendulum ($^\circ$)
α_0	=	Sudut akhir pendulum ($^\circ$)
a_{cN}	=	Harga Impak (J/mm)
b_n	=	Lebar spesimen diluar takik (mm)
h	=	Tinggi spesimen (mm)
ASTM	=	Sebuah organisasi yang mengembangkan teknik standarisasi untuk material, produk, system dan jasa
Cu-Zn	=	Paduan tembaga dan seng atau biasa disebut dengan kuningan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Beberapa kasus yang terjadi dalam sistem tempa logam ini adalah ada pada part sepeda motor blok silinder yang saat ini sudah menggunakan bahan logam sistem tempa, dimana pada blok silinder ini juga akan menerima panas hasil dari pembakaran didalam mesin dan juga pada contoh lainnya adalah pada piston sepeda motor saat ini yang telah menggunakan forged piston (piston tempa) yang juga terbuat dari bahan logam yang ditempa, untuk itu perlu diketahui kekuatan impak dari part tersebut apabila mendapatkan panas dari hasil pembakaran dibandingkan dengan kekuatan impak part tersebut agar bisa diketahui seberapa tahan part tersebut dengan panas dan beban kejut dan pada beberapa part yang lainnya yang dibuat dari bahan logam yang ditempa (Ari Setiawan, Ridwan, Hardjo Wibowo 2017).

Bahan logam saat ini menjadi semakin kompleks dan lebih sulit. Logam yang digunakan dalam perangkat modern yang berkembang membutuhkan bahan dengan kekuatan impak tinggi dan ketahanan lelah yang tinggi juga. Karena peningkatan kecepatan dan gerakan linier, serta pembebanan komponen yang terus bertambah. Proses penempaan (perlakuan panas) dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan material.

Penempaan (heat treatment) adalah proses memanaskan dan mendinginkan suatu logam dalam keadaan padat untuk mengubah sifat fisik logam tersebut. Melalui proses tempa (perlakuan panas) tegangan dalam dapat dihilangkan, besarnya butiran logam dapat diperbesar atau diperkecil, ketangguhan bahan dapat

ditingkatkan atau dapat dihasilkan pada permukaan yang keras disekeliling inti yang ulet. Faktor yang mempengaruhi hasil kekerasan dalam penempaan atau perlakuan panas diantaranya adalah; komposisi kimia, cairan pendingin, langkah perlakuan panas, temperatur pemanasan, dan lain-lain (Purwanto, Ambiyar 2008).

Penempaan adalah proses mengerjakan bahan logam tertentu yang berasal dari pandai besi kuno. Meskipun proses penempaan telah melihat kemajuan teknologi seperti penggunaan mesin pemusatan dan mesin hidrolis sebagai lengan penempaan dan perangkat lainnya, namun prinsip kerjanya tetap sama. Prinsip penempaan adalah pengerjaan panas atau dingin dilakukan dengan cara memalu atau menekan dengan proses press atau pengerjaan logam menjadi bentuk yang diinginkan dengan tekanan dimana gaya diperoleh dengan menekan dengan beban berat pada permukaan logam. Proses penempaan yang paling umum dan paling sederhana adalah pengepresan.

Proses penempaan ini dilakukan dengan tujuan untuk memperkecil lebar dan tebal part dengan cara pengepresan yaitu membuat ukuran part menjadi lebih panjang tetapi padat (Mardjuki. (2009). Pengujian impak digunakan untuk pengujian ketangguhan atau kekuatan pada spesimen berbahan logam atau komposit terhadap beban. Pengujian impak bisa diartikan sebagai suatu tes untuk mengukur kemampuan suatu bahan dalam menerima beban tumbuk yang diukur dengan energy yang diperlukan untuk mematahkan spesimen dengan ayunan.

Untuk penggunaan uji impak material logam non ferro yang diuji adalah kuningan dan tembaga yang ditempa dengan suhu yang bervariasi. Dari material diketahui perbedaan kekuatan spesifik, sifat logam, termasuk sifat termal, sifat mekanik, sifat kimia, dll. Tembaga adalah bahan bijih tembaga yang secara terus menerus berasosiasi dengan asam, asam sulfat, atau keduanya. Ada juga batu di

tambang tembaga, penambangan tembaga terutama digunakan dalam industri listrik, karena tembaga memiliki konduktivitas listrik yang baik. Namun, kotoran yang ada dalam tembaga mengurangi konduktivitas listriknya dan memengaruhi konduktivitas listriknya. Logam biasanya memiliki sifat lunak, ulet, keras, tangguh, rapuh, kuat, dan ulet.

Aluminium diperlukan untuk produksi mobil, pesawat terbang, sepeda motor, dll. Tembaga selain memiliki daya hantar listrik yang baik juga memiliki daya hantar panas yang tinggi dan tahan terhadap karat. Oleh karena itu tembaga juga sering digunakan untuk fitting boiler, radiator dan pemanas (cooling). Tembaga mempunyai sifat dapat di tarik, ditekan, diroll, ditekan tarik dan dapat ditempa.

Dalam pengujian ini yang akan dilakukan adalah sifat mekanik dari kuningan dan tembaga yang ditempa dengan suhu bervariasi. Untuk mengetahui tingkat kekuatannya logam tersebut tentunya kita dapat mengukur kemampuan dalam menerima energi tumbukan yang diberikan secara tiba-tiba untuk mematahkan material logam tersebut. Maka dari itu diperlukan pengujian impact pada suatu bahan yang akan digunakan dalam berbagai macam kebutuhan yang akan digunakan.

Uji impact ini sangat penting dilakukan dalam menentukan ketahanan terhadap suatu material dengan perpatahan yang dihasilkan pada bahan logam kuningan dan tembaga, berdasarkan energy yang diberikan oleh tumbukan atau pembebanan secara tiba-tiba pada suatu material, pengujian impact pada material logam yang ditempa dengan pengaruh suhu bervariasi dan digunakan dalam konstruksi mesin guna untuk meningkatkan kualitas suatu produk.

1.2 Perumusan Masalah

Bahan logam menjadi semakin kompleks saat ini. Logam yang digunakan dalam perangkat yang berkembang modern membutuhkan bahan dengan kekuatan dampak tinggi dan ketahanan lelah. Karena peningkatan kecepatan dan gerakan linier. Proses penempaan (perlakuan panas) digunakan untuk meningkatkan kekuatan material. Penempaan adalah proses memanaskan dan mendinginkan suatu logam dalam keadaan padat untuk mengubah sifat fisik logam tersebut.

Berdasarkan uraian diatas, untuk itu dapat dirumuskan masalah adalah :
Bagaimana pengaruh suhu terhadap bahan logam kuningan dan tembaga yang ditempa terhadap kekuatan dampak.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang dilakukan ini adalah sebagai berikut :

1. Membuat benda kerja logam yang ditempa dengan variasi suhu.
2. Menguji kekuatan dampak terhadap logam tempa dengan suhu yang berbeda.
3. Menganalisa hasil pengujian benda pada bahan logam dengan membandingkan kekuatan dampak pada masing-masing suhu yang berbeda.
4. Mengevaluasi kekuatan dampak terhadap bahan logam tersebut.

1.4 Hipotesis Penelitian

Pengujian tembaga dan kuningan telah dilakukan pengujian menggunakan alat uji dampak *charpy* dan menghasilkan jenis patahan yang berbeda antara tembaga dan kuningan dimana tembaga menghasilkan patahan berserat (*fibrous fracture*)/*ductile* atau ulet sedangkan kuningan menghasilkan patahan *granular/kristalin* atau getas.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bermanfaat memberikan informasi tentang pengaruh suhu pada logam yang ditempa terhadap kekuatan impak.
2. Dapat menjadi acuan bagi perusahaan untuk menggunakan logam yang ditempa pada saat membuat dan menganalisa suatu produk.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Penempaan

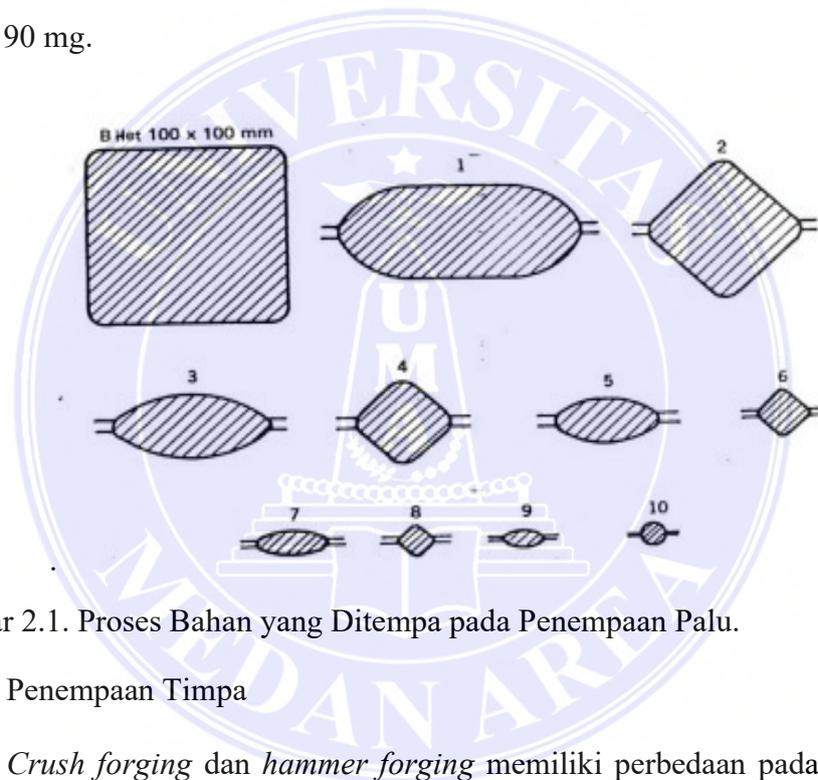
Penempaan adalah proses mengerjakan bahan logam tertentu yang berasal dari pandai besi kuno. Meskipun proses penempaan telah melihat kemajuan teknologi seperti penggunaan mesin centering dan mesin hidrolik sebagai lengan penempaan dan perangkat lainnya, namun prinsip kerjanya tetap sama. Prinsip penempaan adalah pengerjaan panas atau dingin dilakukan dengan cara memalu atau menekan dengan proses press atau pengerjaan logam menjadi bentuk yang diinginkan dengan tekanan dimana gaya diperoleh dengan menekan dengan beban berat pada permukaan logam. Proses penempaan yang paling umum dan paling sederhana adalah pengepresan. Proses penempaan ini dilakukan dengan tujuan untuk memperkecil lebar dan tebal part dengan cara pengepresan yaitu membuat ukuran part menjadi lebih panjang tetapi padat. Kebanyakan penempaan dilakukan panas, meskipun beberapa logam bisa ditempa dingin. Menurut sistem kerjanya, proses penempaan dibagi menjadi :

1. Penempaan timpa
2. Penempaan palu
3. Penempaan rol
4. Penempaan dingin
5. Penempaan umset
6. Penempaan tekan (penempaan pres)

2.1.1 Proses Penempaan Menurut Sistem Kerja

1. Penempaan Palu

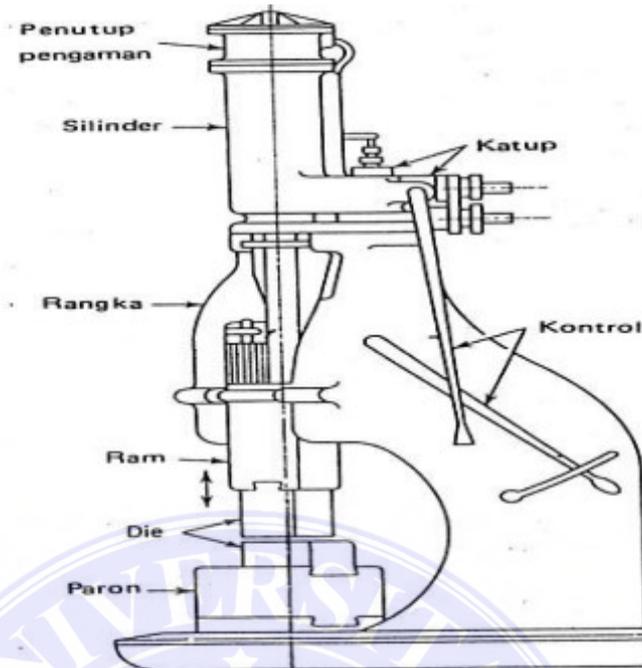
Penempaan palu adalah proses di mana logam yang dipanaskan kemudian dipukul oleh mesin penempaan sedikit di antara mesin dan cetakan yang menahan penempaan. Penempaan palu dilakukan oleh pandai besi, yang merupakan metode penempaan tertua yang telah dipraktikkan sejak zaman kuno. Pada proses ini akurasi yang didapat sangat rendah dan tidak dapat digunakan pada bagian yang lebih kompleks. Berat penempaan bervariasi dari beberapa kilogram hingga sekitar 90 mg.



Gambar 2.1. Proses Bahan yang Ditempa pada Penempaan Palu.

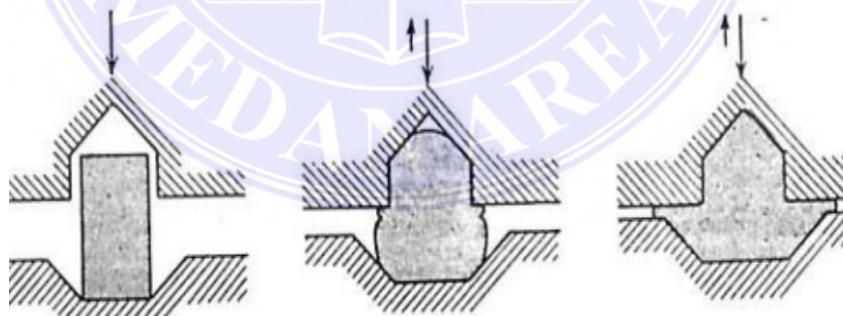
2. Penempaan Timpa

Crush forging dan *hammer forging* memiliki perbedaan pada *die carrier* yang digunakan. Selama penempaan luapan menggunakan cetakan tertutup, bagian tersebut berubah bentuk oleh gaya yang memaksa logam ulet yang panas untuk mengisi bentuk cetakan pendukung. Prinsip kerjanya ditunjukkan pada Gambar 2.2. Dalam proses ini, logam yang ditempa dalam cetakan terus mengikuti aliran cetakan karena lapisan tumpang tindih yang berulang. Untuk itu *overlap* dilakukan secara bertahap agar logam dapat dengan mudah mengikuti aliran cetakan hingga terbentuk part.



Gambar 2.2. Mesin Tempa Uap dengan Rangka Terbuka.

Suhu tempa untuk bahan baja yaitu $1100^{\circ} - 1250^{\circ}\text{C}$, tembaga dan paduannya suhu tempanya yaitu pada suhu $750-925^{\circ}\text{C}$, dan magnesium suhu tempanya pada suhu $370-450^{\circ}\text{C}$ benda tempa dengan die tertutup mempunyai berat mulai dari beberapa gram sampai 10 Mg.



Gambar 2.3. Penempaan Timpa dengan Die Tertutup.

Penempaan dikenal dengan 2 jenis mesin: *gravity hammer* dan *air hammer*. Pada *impact pressure steam hammer*, impact terjadi karena gaya *hammer* dan *die* ketika mengenai bagian bawah *fixed die*. Pada Gambar 2.3. terlihat Untuk menaikkan *ram hammer* gunakan udara atau uap. Prosesnya dapat disesuaikan dengan ketinggian tetesan, sehingga bagian yang lebih seragam dapat

dibuat. *Plunger hammer* banyak digunakan pada gunting, perkakas tangan, garpu, sendok, suku cadang, suku cadang pesawat terbang dan sebagainya.

Dalam tumbukan palu, itu terdiri dari dua silinder horizontal yang menekan roda dan *fixed*. Bahan tersebut kemudian ditempatkan pada bidang tumbukan dan kedua bagian cetakan bertemu. Dalam proses ini, bahan tempa mengalami deformasi yang sama di kedua sisi, waktu kontak antara bahan dan cetakan lebih pendek, energi yang dibutuhkan untuk menempa lebih sedikit dibandingkan dengan proses penempaan lainnya, dan bahan dapat ditahan secara mekanis/manual. Selanjutnya setelah selesai semua benda tempa tertutup oleh kerak dan harus dibersihkan. Untuk menghilangkan kerak tersebut dapat dilakukan dengan cara mencelupkan benda kedalam asam, *tumbling* atau penumbuhan peluru tergantung ukuran dan komposisi benda tempa tersebut. Bila selama penempaan terjadi ketidak sesuaian dengan ukuran, operasi pelurusan ataupun menempatkan ukuran dapat dilakukan.

Terakhir yaitu keuntungan operasi penempaan ini adalah struktur kristal yang halus dari logam, waktu pemesinan yang meningkatnya sifat-sifat fisis baja karbon, baja paduan, besi tempa, tembaga paduan aluminium dan paduan magnesium dapat ditempa serta paduan-paduan lainnya yang dapat ditempa. Namun kerugian pada proses ini adalah timbulnya kerak namun bisa dihilangkan dengan mencelupkan benda kedalam asam dan mahalnya *die* sehingga tidak begitu ekonomis jika digunakan untuk penempaan dalam jumlah yang kecil.

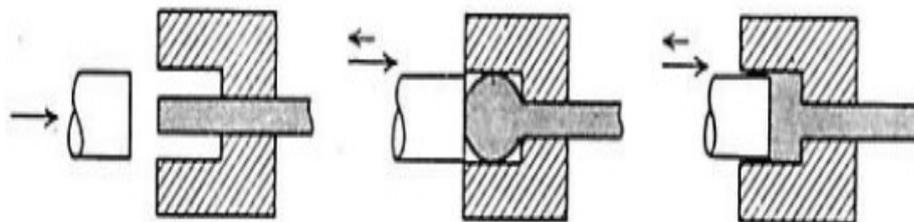
3. Penempaan Tekan

Deformasi plastik logam pada penempaan tekan melalui penekanan berlangsung dengan lambat, sangat berbeda dengan impak palu yang deformasi

plastic logamnya dapat berlangsung dengan cepat. Mesin tekan vertikal dapat digerakkan secara mekanik atau hidrolis. 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. Pada penempaan tekan sebagian besar energi dapat diserap oleh benda kerja sedangkan pada penempaan palu sebagian energi diteruskan ke mesin dan pondasi. Reduksi benda kerja jauh lebih cepat, oleh karena itu biaya operasi lebih rendah sehingga penempaan tekan lebih ekonomis jika diproduksi dalam jumlah yang lebih sedikit hanya saja memakan waktu yang lebih lama.

4. Penempaan Upset

Bilah penampang datar selama penempaan terbalik dijepit ke cetakan dan kemudian ujung yang dipanaskan ditekan untuk mengubah bentuk seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4. Panjang tumbler adalah 2-3 kali diameter batang, jika tidak potongan akan bengkok. Punching progresif sering digunakan dalam proses penempaan yang buruk seperti pembuatan selongsong peluru atau silinder mesin radial.

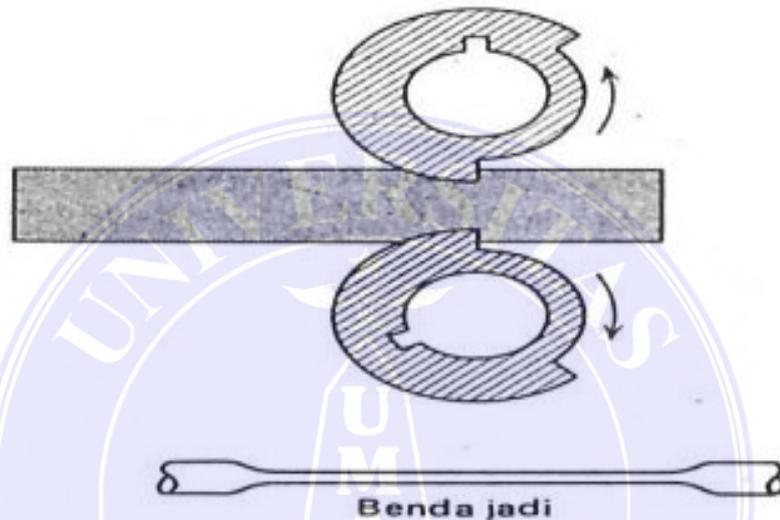


Gambar 2.4. Penempaan Upset.

5. Penempaan Rol

Batang bulat pendek dikurangi penampangnya atau diruncingkan oleh rol mesin. Untuk menggulung roda, logam, dan benda serupa lainnya, diperlukan

roller lain. Gambar 2.5 menunjukkan proses menggelinging roda. Saat roda berputar, diameter material berangsur-angsur bertambah, sedangkan pelat dan pelek menjadi lebih tipis. Roda digulung hingga diameter yang diinginkan tercapai dan kemudian dipindahkan ke mesin press lain untuk proses pembentukan akhir (Purwanto, Ambiyar 2008).



Gambar 2.5. Penempaan Rol.

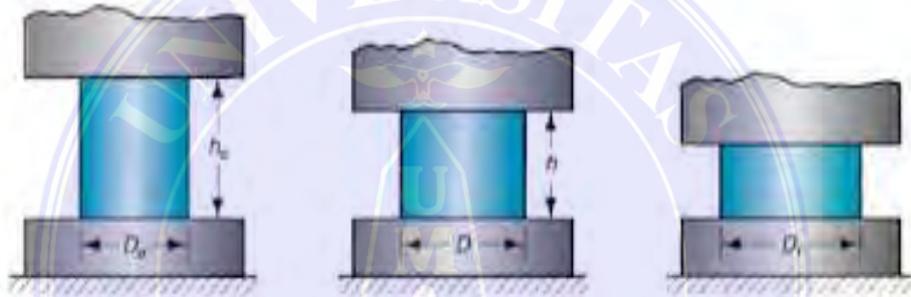
2.1.2 Proses Penempaan Berdasarkan Jenis Cetakannya

1. Penempaan Cetakan Terbuka

Penempaan die terbuka dilakukan antara dua die datar tunggal. Proses ini terutama digunakan untuk memproses bagian yang lebih besar atau sejumlah kecil bagian yang diproduksi. Proses penempaan ini sering digunakan untuk membuat blanko untuk cetakan tertutup. Bagian tempa selalu lebih besar dari alat tempa, sehingga setiap deformasi terbatas pada bagian kecil dari bagian tersebut. Contoh paling sederhana dari proses penempaan terbuka menekan bagian silinder antara dua pelat datar (Gambar 2.6).

Proses penempaan die terbuka adalah operasi penempaan yang paling sederhana. Sebagian besar tempa lubang terbuka biasanya berbobot antara 15 dan

500 kg, tempa seberat 275 ton telah dibangun. Ukuran bagian dapat bervariasi dari sangat kecil (ukuran paku, pin dan baut) hingga sangat besar (hingga 23 m, panjang poros untuk baling-baling kapal). Proses penempaan die terbuka dapat digambarkan dengan bagian padat yang ditempatkan di antara dua *die* datar dan dikurangi tingginya dengan kompresi dengan alat kompresi. Proses ini juga dikenal sebagai penempaan datar atau penempaan datar. Permukaan cetakan juga dapat memiliki ceruk yang dangkal atau menggabungkan fitur untuk membuat rongga yang relatif sederhana.



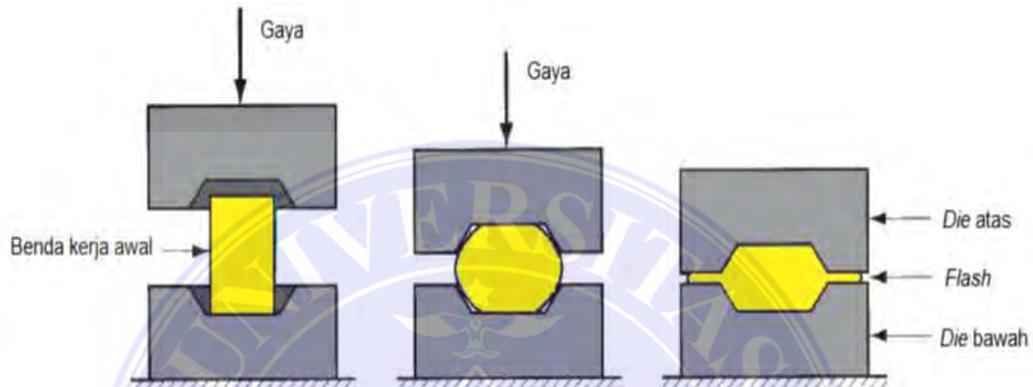
Gambar 2.6. Proses Penempaan Cetakan Terbuka.

2. Penempaan Cetakan Tertutup

Pada proses *closed die forging*, aliran logam dibatasi oleh permukaan bentuk rongga cetakan dimana logam akan mengisi seluruh ukuran cetakan dan bentuk cetakan serta menghasilkan produk dengan toleransi dimensi yang lebih tepat.

Selama penempaan cetakan tertutup, bagian mengikuti bentuk rongga cetakan saat ditempa di antara dua cetakan. Lihat gambar 2.7. Penempaan mati terbuka biasanya dilakukan pada suhu tinggi untuk mengurangi gaya yang dibutuhkan dan meningkatkan keuletan bagian tersebut. Perhatikan pada Gambar 2.7 bahwa selama deformasi, beberapa material mengalir keluar dan membentuk petir. Jarak rongga memainkan peran penting dalam penempaan. Tekanan tinggi

yang dihasilkan dan ketahanan gesek yang tinggi dalam rongga rongga menunjukkan keterbatasan yang parah untuk keluarnya material dari cetakan. Dengan asumsi bahwa dalam deformasi plastis, material mengalir ke arah yang hambatannya paling kecil (karena energi yang dibutuhkan lebih sedikit), material mengalir terus menerus ke dalam rongga cetakan.



Gambar 2.7. Proses Penempaan Cetakan Tertutup.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam proses *closed die forging* adalah penggunaan material dari raw material yang cukup untuk mengisi rongga cetakan secara penuh. Saat cetakan terisi penuh dan meleleh, kelebihan logam dipaksa keluar dari cetakan dan membentuk pita logam di bagian luar cetakan, yang disebut *heat sink*. Untuk menghindari pembentukan sirip yang berlebihan, penampang sirip dibuat, yang memiliki efek:

1. Katup pengaman kelebihan logam yang terdapat pada cetakan.
2. Mengatur aliran logam yang keluar cetakan.

Penempaan sering mengalami operasi penyelesaian tambahan seperti perlakuan panas untuk memodifikasi sifat dan pemesinan untuk mencapai dimensi akhir yang presisi dan penyelesaian permukaan yang baik. Operasi *finishing* dapat diminimalkan dengan proses penempaan, yang merupakan contoh penting dari proses mesh atau semi-bentuk. Seperti yang akan kita lihat di sepanjang buku ini,

suku cadang yang dapat diproduksi dengan sukses juga dapat diproduksi secara ekonomis dengan metode lain, seperti pengecoran, metalurgi serbuk, atau permesinan. . Masing-masing akan menghasilkan bagian dengan karakteristik yang berbeda, termasuk kekuatan, ketangguhan, akurasi dimensi, penyelesaian permukaan, dan kemungkinan cacat internal atau eksternal (Mardjuki 2009).



Gambar 2.8. Ilustrasi Mikrostruktur Logam Sebelum Ditempa.



Gambar 2.9. Ilustrasi Mikrostruktur Logam Sesudah Ditempa.

2.2 Logam

Logam diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu besi (*ferrous*) dan *non-ferrous* (*non-ferrous*). Logam besi termasuk baja tuang, baja, baja, besi tuang dan paduan besi. Logam *non ferrous* dikelompokkan menjadi dua yaitu logam berat dan logam ringan. Logam berat dan logam ringan masing-masing dibagi menjadi logam murni dan paduan. Logam berat murni adalah timah, tembaga, timbal, seng, tungsten, nikel dan lain-lain. Sedangkan contoh paduan logam berat adalah tembaga, kuningan, dan solder. Logam ringan murni meliputi tembaga, aluminium, dan berilium. Contoh paduan logam ringan adalah ketahanan korosi, avional dan alumna. Logam-logam yang sering dijumpai dalam bidang teknik adalah besi, tembaga, dan aluminium. Oleh karena bahan-bahan tersebut relatif banyak digunakan.(DRS. Sumanto, M 1994) :

2.2.1. Logam Ferro (logam besi)

Komponen utama besi atau logam besi adalah bijih besi. Bahan tersebut banyak ditemukan di perut bumi. Karena kemampuannya untuk berikatan dengan unsur lain, bijih besi tidak pernah ditemukan dalam bentuk murninya di alam. Besi harus dipisahkan dari bijih besi, mineral dan batuan sedimen yang melekat pada bijih besi. Dalam proses ini, besi dipisahkan dari bijih besi di tanur sembur. Proses pembuatannya membutuhkan kombinasi bijih besi, bahan bakar dan fluks batu kapur untuk dihancurkan untuk menghilangkan kotoran.

Besi yang dihasilkan dalam tungku kemudian diolah untuk menghasilkan besi tuang, baja dan besi tempa atau konduktor baja karbon lainnya yang mengandung sedikit belerang, fosfor dan mangan. Bahan-bahan ini juga ditambahkan, misalnya nikel dan kromium untuk meningkatkan sifat mekanik.

1. Besi Cor

Besi cor adalah logam yang merupakan paduan karbon dan silikon dengan besi. Termasuk didalamnya adalah :

a. Besi cor kelabu

Besi cor kelabu sendiri merupakan material yang rapuh sehingga tidak terkena beban dinamis. Besi cor kelabu memiliki ketahanan yang baik terhadap korosi, sobekan dan ketahanan getaran. Besi cor kelabu banyak digunakan dalam produksi roda gigi, blok mesin mobil, suku cadang rem, dll.

b. Besi cor putih

Besi cor putih adalah jenis besi tuang dengan permukaan patahan berwarna putih, yang lebih keras dan lebih tahan aus daripada besi tuang kelabu, tetapi besi tuang putih lebih rapuh, sehingga lebih sulit untuk dikerjakan dan dituang serta memiliki ketahanan korosi yang lebih rendah. dari besi tuang putih. Besi cor putih digunakan untuk membuat roda pesawat dan rol gerinda.

c. Besi ulet

Besi ulet juga dikenal sebagai besi nodular, seperti namanya, memiliki keuletan yang baik, ketahanan korosi dan ketahanan panas yang lebih baik daripada besi cor abu-abu dan putih, sehingga dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti cetakan dan pipa. , silinder, penghancur, komponen mekanik, tungku dan komponen konstruksi dalam teknik sipil.

d. Besi lunak

Besi ulet sendiri memiliki kuat tekan maksimum yang lebih tinggi daripada besi ulet, besi ulet lebih mudah dikerjakan, dan memiliki kekuatan sobek yang baik. Besi ulet banyak digunakan dalam mesin konstruksi, alat kelengkapan pipa.

e. Besi tempa

Besi tempa adalah logam besi dengan ketahanan korosi yang baik. Juga memiliki sifat keuletan yang baik, lembut dan kuat serta mudah dikerjakan. Kandungan karbon besi tempa kurang dari 0,1%, biasa digunakan untuk besi dekoratif, pipa ledeng, pipa ledeng, komponen truk dan mobil..

2. Baja (Steel)

Ini adalah paduan besi dan berbagai elemen yang komposisi karbonnya memiliki pengaruh besar pada sifat-sifatnya. Ada banyak jenis baja yang tersedia seperti baja paduan, baja karbon, baja tahan karat dan baja structural (Ach. Muhid Zainuri, S.M 2019).

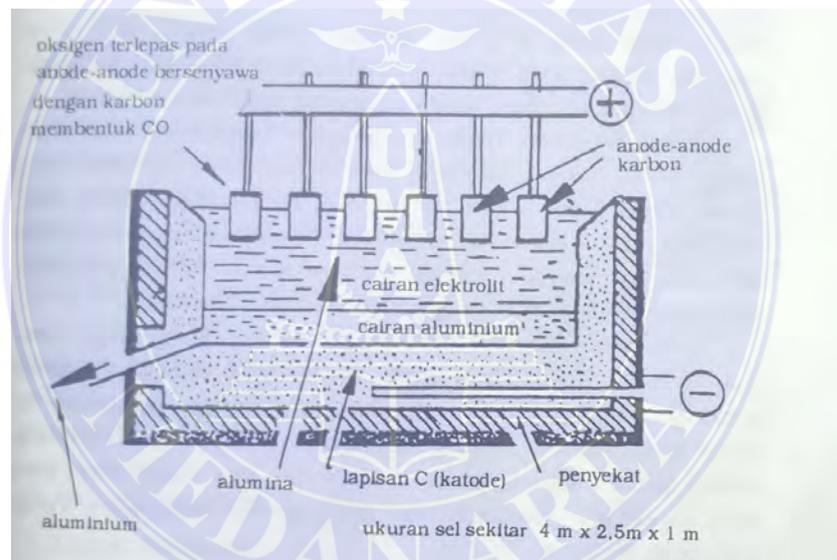
2.2.2 Logam Non Ferro (Logam Bukan Besi)

Logam non-besi dan paduannya sangat penting dalam rekayasa karena rasio kekuatan-terhadap-beratnya yang sangat baik dan ketahanan yang sangat baik terhadap korosi. Sifat mekanik logam *non-ferro* terutama ditentukan oleh jumlah dan jenis elemen paduan, metode pembuatan, dan proses perlakuan panas. Ada 3 logam *non-ferrous* yang akan dibahas yaitu:

1. Aluminium

Logam ini dibutuhkan dalam pembuatan mobil, pesawat terbang, sepeda motor dan di bidang teknik kelistrikan. Aluminium diperoleh dari bauksit yang diperoleh di Suriname, Amerika Utara, dan negara lain. Selain diperoleh dari bauksit, aluminium juga diperoleh dari batuan kriolit Greenland dan Labrador yang ditemukan di Norwegia. Aluminium adalah logam yang sangat ringan dengan berat jenis (2,56 berat jenis atau 1/3 berat jenis tembaga). Oleh karena itu, aluminium hanya dapat digunakan untuk rentang tegangan pendek. Untuk tegangan panjang, kabel aluminium (kabel selektif) dengan kabel baja.

Saat ini, aluminium tipis dapat menggantikan foil perak (digunakan, antara lain, untuk kapasitor). Logam aluminium juga sering digunakan untuk membuat sasis (sasis), radio pesawat terbang. Barang-barang aluminium dapat dilapisi dengan lapisan aluminium oksida luar, melindungi bagian bawah dari asam dan mencegah oksidasi lebih lanjut. Di kelas ini adalah resistensi yang sangat tinggi. Titik leleh aluminium adalah 660°C dan titik didihnya adalah 1800°C . Kemurnian bahan pembawa mencapai 99,5 n, sisanya terdiri dari unsur besi, tembaga dan silikon. Logam aluminium murni sangat lemah dan lunak (tembaga lebih keras dari aluminium).



Gambar 2.10. Pembuatan Aluminium Dengan Cara Elektrolisis.

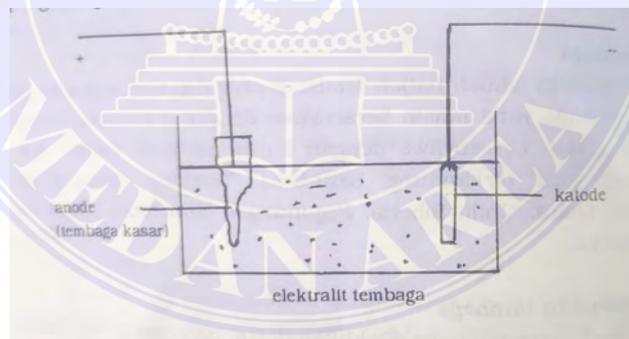
Bahan aluminium memiliki keunggulan dibandingkan tembaga ketika digunakan sebagai konduktor tanpa insulasi (misalnya konduksi tanah) karena konduktivitas termal/konduktivitasnya sekitar 60%.

Tembaga konduktif harus memiliki resistansi yang sama dengan tembaga (memiliki panjang yang sama dan penampang yang sama). membutuhkan wadah yang lebih besar dari 60%). Namun, aluminium sangat ringan dibandingkan dengan tembaga (sekitar 1/3 dari berat tembaga) (DRS. Sumanto, M 1994)

2. Tembaga

Tembaga adalah bahan tambang yang ditemukan dalam bentuk bijih tembaga yang selanjutnya digabungkan dengan asam, asam sulfat, atau senyawa dengan keduanya. Di dalam, bijih tembaga juga mengandung batuan.

Tembaga selain konduktivitas listriknya yang sangat baik, tembaga juga memiliki konduktivitas termal yang tinggi dan tahan karat. Oleh karena itu, tembaga juga banyak digunakan untuk perlengkapan boiler, radiator, dan aksesoris pemanas. Karena permintaan penggunaan yang meningkat, bahan cadangan untuk menggantikan tembaga telah diperhitungkan, pengganti yang cukup dekat adalah aluminium (Al). tetapi konduktivitas listrik dan termal aluminium lebih rendah dari tembaga. Titik cair tembaga adalah 1083° Celsius, titik didihnya 2593° Celsius, massa jenis $8,9 \text{ kg/m}^3$, kekuatan Tarik 160N/mm^2 . Tembaga memiliki sifat menggulung, menekan, menggambar, dan menggambar serta dapat ditempa.



Gambar 2.11. Pembuatan Tembaga Dengan Cara Elektrolisis.

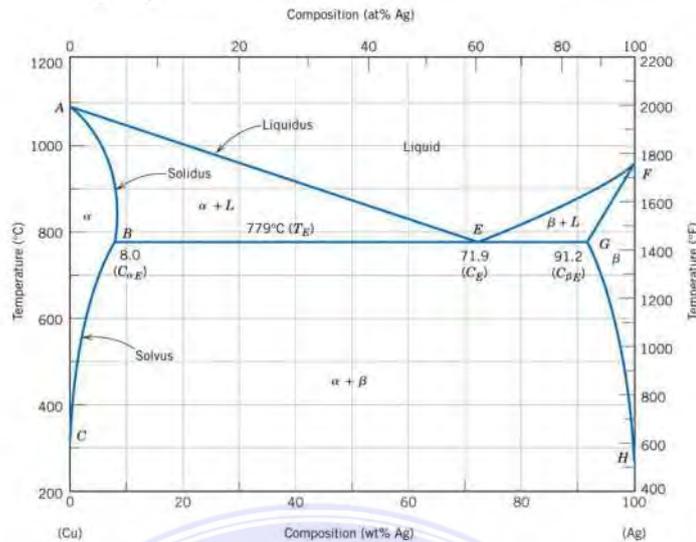
Tembaga juga berguna sebagai bahan untuk menyolder baut, untuk kabel traksi listrik (kereta api, trem, dll.), Penghantar listrik di atas kepala, penghantar penangkal petir, untuk lapisan kolektor tipis, dll (DRS. Sumanto, M 1994)

Paduan tembaga sering menarik untuk aplikasi yang membutuhkan kombinasi sifat listrik, mekanik, *non-magnetik*, konduktivitas termal, korosi dan ketahanan aus. Aplikasi termasuk komponen listrik dan elektronik, koin, pegas,

komponen pipa, perangkat keras laut, penukar panas, dan bahan habis pakai (seperti peralatan masak, perhiasan, dan dekorasi lainnya). Meskipun aluminium adalah bahan paling populer untuk cetakan injeksi polimer, tembaga sering digunakan karena sifat termalnya yang lebih baik. Tembaga murni juga dapat digunakan sebagai pelumas padat dalam operasi pembentukan logam panas.

Dalam paduan, tembaga dapat memperoleh berbagai sifat dengan menambahkan elemen paduan dan perlakuan panas, untuk meningkatkan sifat pembuatannya. Paduan tembaga yang paling umum adalah kuningan dan kuningan. Kuningan (paduan tembaga dan seng) adalah salah satu paduan pertama yang dikembangkan dan memiliki banyak aplikasi, termasuk objek dekoratif. Tembaga adalah paduan tembaga dan timah. Ada juga jenis tembaga lainnya, seperti perunggu aluminium (paduan tembaga dan aluminium) dan perunggu timah. Tembaga berilium (atau tembaga berilium) dan perunggu fosfor memiliki kekuatan dan kekerasan yang baik untuk aplikasi seperti pegas dan bantalan. Paduan tembaga utama lainnya adalah tembaga-nikel dan nikel-perak.

Logam tembaga ditemukan di beberapa bijih, paling sering bijih sulfida. Bijih umumnya berkadar rendah (walaupun beberapa mengandung lebih dari 15% Cu) dan biasanya berasal dari endapan permukaan. Bubur digiling menjadi partikel halus dalam silinder berputar dengan bola logam di dalamnya untuk menggiling bijih, partikel yang dihasilkan kemudian tersuspensi dalam air untuk membentuk bubur. Bahan kimia dan minyak kemudian ditambahkan dan campuran diaduk. Partikel mineral membentuk buih, dikerok dan dikeringkan. Konsentrat kering (hingga sepertiga tembaga) secara tradisional dilebur (dilebur dan dilebur) dan disuling.



Gambar 2.12. Diagram Fasa Tembaga

3. Kuningan

Dikenal sebagai Loyang. Kuningan adalah campuran 50% tembaga dan seng sebagai bahan paduan utama. Seng meningkatkan kekuatan, menurunkan titik lelehnya, meningkatkan kelenturan, tetapi seng mengurangi konduktivitas listrik dan termal. Logam perunggu mudah dituang dan dilas serta tahan terhadap korosi udara dan air. Beberapa spesies memiliki kesesuaian yang nyata untuk pengecoran. Jenis ini memiliki kekuatan dan keuletan yang lebih tinggi daripada besi abu-abu biasa dan dapat dikerjakan dengan kecepatan potong yang jauh lebih tinggi. Penguapan seng selama peleburan menyebabkan pengurangan api sekitar 5 - 10%. Jenis lain lebih mudah untuk pengerjaan dingin (pengepresan kuningan) dengan penggilingan, peregangan, dll. Putaran kuningan, pipa, kabel, flat dan profil diproduksi dengan menekan atau menggambar. Dengan meningkatnya kandungan tembaga, kesiapannya untuk membentuk bentuk dingin meningkat. Kekerasan yang tidak diinginkan dapat dihilangkan dengan pemanasan. Meja khusus merupakan hasil pemurnian logam tertentu. Dengan tambahan ini, hingga 7% aluminium meningkatkan panas, kekuatan, kekerasan, dan ketahanan korosi.

Timbal hingga 1% meningkatkan kecenderungan untuk memuai, besi hingga 0,5% mengarah pada penyempurnaan butir dan kesiapan untuk pengecoran dingin, mangan hingga 2,5% meningkatkan ketahanan korosi, nikel hingga 4% meningkatkan ketangguhan, ketahanan suhu tinggi. . dan ketahanan korosi, dan hingga 1,3% Timah meningkatkan ketahanan korosi (Novrijon Sofyan, P 1994).

Kuningan adalah istilah umum yang digunakan untuk merujuk pada berbagai paduan tembaga dan seng. Memang, ada lebih dari 60 varietas beras yang ditentukan oleh standar EN (Standar Eropa). Paduan ini dapat memiliki komposisi yang berbeda tergantung pada sifat yang dibutuhkan untuk aplikasi tertentu. Kuningan juga dapat diklasifikasikan dalam banyak cara, termasuk sifat mekanik, struktur kristal, kandungan seng, dan warna. Perbedaan penting antara berbagai jenis kuningan ditentukan oleh struktur kristalnya. Karena kombinasi tembaga dan seng dicirikan oleh proses pengerasan arsitektural, idiom akademis mengatakan bahwa kedua unsur tersebut memiliki struktur atom yang berbeda yang memungkinkan mereka untuk bergabung dengan cara yang unik bergantung pada keadaan, tergantung pada rasio konsentrasi dan suhu. Karena faktor-faktor ini, tiga jenis struktur kristal dapat terbentuk :

1. Kuningan Alfa

Kuningan alfa mengandung kurang dari 37% seng, dicampur dengan tembaga, dinamai demikian untuk pembentukan struktur kristal homogen (alfa). Struktur kristal alfa terbentuk ketika seng larut dalam tembaga untuk membentuk larutan padat dengan komposisi seragam. Beras jenis ini lebih lembut dan lebih lentur dibandingkan jenis beras lainnya. Oleh karena itu, mereka lebih mudah didinginkan, digulung, ditekuk, dilas, diregangkan atau dilas. Kuningan alfa yang

paling umum mengandung 30% seng dan 70% tembaga. Juga dikenal sebagai "70/30" (UNS Alloy C26000), paduan tembaga ini memiliki kombinasi kekuatan dan keuletan yang ideal untuk *cold drawing*. Ini juga lebih tahan terhadap korosi daripada tembaga dengan kandungan seng yang lebih tinggi. Paduan alfa digunakan untuk membuat sekrup seperti sekrup kayu serta kontak pegas di soket.

2. Kuningan Alfa-beta

Alpha Beta Brass - juga dikenal sebagai "kuningan ganda" atau "kuningan yang diberi perlakuan panas", mengandung 37-45% seng dan terdiri dari struktur butiran alfa dan struktur butiran beta. Fase beta seng secara atom mirip dengan seng murni. Rasio fase alfa dan beta ditentukan oleh kandungan seng, tetapi masuknya elemen paduan seperti aluminium, silikon atau timah juga dapat meningkatkan jumlah beta fase dalam paduan. *Alpha Beta Brass* lebih populer daripada *Alpha Brass*, *Alpha Beta Brass* lebih keras dan lebih keras serta memiliki keuletan dingin yang lebih rendah daripada *Alpha Brass*. Papan Alpha-Beta lebih murah karena kandungan sengnya yang tinggi, tetapi lebih rentan terhadap korosi.

Alpha-Beta Brass kurang diterapkan pada suhu kamar dibandingkan *Alpha Brass*, *Alpha-Beta Brass* secara signifikan lebih banyak diterapkan pada suhu tinggi. Bahkan dengan adanya timah untuk meningkatkan *machinability*, tembaga masih lebih tahan retak. Oleh karena itu, kuningan alfa-beta biasanya dikerjakan dengan mesin ekstrusi, *stamping* atau *hot casting*.

3. Kuningan Beta

Kuningan beta meskipun lebih jarang digunakan daripada kuningan alfa atau alfa-beta, kuningan beta membentuk kelompok paduan ketiga yang mengandung lebih dari 45% seng. Kuningan ini membentuk struktur kristal tipe

beta dan lebih keras serta lebih tahan lama daripada kuningan alfa dan alfa beta. Oleh karena itu, mereka hanya dapat dibentuk atau dibentuk. Tidak seperti klasifikasi struktur kristal, mengidentifikasi paduan tembaga berdasarkan sifat-sifatnya memungkinkan seseorang untuk menjelaskan pengaruh paduan tersebut pada tembaga. Kategori umum meliputi:

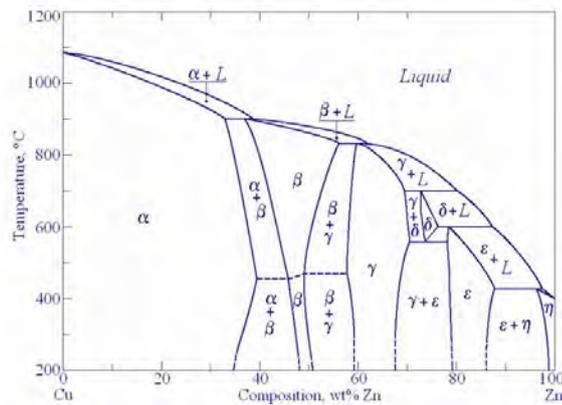
- a) Kuningan mesin gratis (3% timah)
- b) Kuningan tarik tinggi (aluminium, mangan, dan inklusi besi)
- c) Kuningan angkatan laut (~1% timah)
- d) Kuningan tahan dezincifikasi (penyertaan arsenik)
- e) Kuningan untuk pengerjaan dingin (70/30 kuningan)
- f) Pengecoran kuningan (kuningan 60/40)

Istilah `kuningan kuning` dan `kuningan merah` sering terdengar di AS yang digunakan untuk mengidentifikasi jenis kuningan tertentu. Pada kuningan merah mengacu pada paduan tembaga tinggi (85%) yang mengandung timah (Cu-Zn-Sn), yang juga dikenal sebagai gunmetal (C23000), sedangkan kuningan kuning sendiri digunakan untuk merujuk pada paduan kuningan dengan kandungan seng yang lebih tinggi (33% seng), sehingga membuat kuningan tampak berwarna kuning keemasan. Kuningan terbuat dari paduan tembaga dan seng yang dapat membentuk kombinasi sifat material yaitu kekuatan dan ketahanan yang tinggi terhadap korosi. Diagram keseimbangan fase adalah tipe arsitektur. Paduan dengan kandungan seng maksimum 35 seng fase tunggal, yaitu (α) alfa dengan struktur kristal FCC sedemikian rupa sehingga elongasi tinggi menyebabkan kemampuan pengerjaan dingin yang tinggi, di antara kuningan 70/30 Juga dikenal sebagai kuningan kotak atau kuningan emas. Bahan ini digunakan dalam industri strategis sehingga bahan kuningan ini tetap sangat

penting sampai tidak ada bahan penggantinya. Kandungan seng lebih besar dari 35% termasuk fase beta (β) dengan struktur kristal BCC, sehingga kekerasannya meningkat, paduan ini memiliki elongasi rendah saat pengerjaan dingin tetapi workability panas tinggi karena sifat fasa ini daktilitas tinggi pada suhu tinggi.

Hingga mencapai 37,6% atau pada titik D alpha berlanjut ke fase utama, beta akan terbentuk dari reaksi tektonik yang terjadi pada cairan logam beku. Di atas tingkat seng 37,6, pembekuan terjadi dengan pembentukan dendritik beta. Ketika pembekuan selesai, struktur keseluruhan mencakup fase beta. Selain seng, sejumlah kecil unsur lain (kurang dari 5%) digunakan untuk memodifikasi sifat-sifatnya agar menjadi bahan yang lebih cocok untuk aplikasi tertentu, misalnya sebagai bahan baku industri pertahanan dengan unsur-unsur seperti unsur besi untuk granulasi, elemen nikel untuk granulasi dan meningkatkan ketahanan korosi, elemen aluminium untuk meningkatkan pengenceran logam cair dalam proses pengecoran, Semakin tinggi levelnya, semakin banyak fase beta (β) yang dapat terjadi karena penambahan aluminium setara dengan 6% seng. Penambahan seng atau elemen paduan lainnya memiliki efek signifikan pada sifat mikrostruktur dan mekanik tembaga akhir, termasuk adanya fase alfa (yaitu fase variabel dengan struktur kristal), kemungkinan FCC), fase beta (yaitu diperkuat fase).

Dengan struktur kristal BCC) dan gamma (fase otak dengan struktur kristal BCC) Struktur kristal BCC tidak diinginkan atau fase rapuh (Novrijon Sofyan, P. 1994).



Gambar 2.13. Diagram fasa paduan tembaga dan seng (kuningan).

2.3. Suhu Tempa

Bahan logam saat ini menjadi semakin kompleks dan kompleks. Logam yang digunakan dalam peralatan pengembangan modern membutuhkan bahan dengan ketahanan tinggi terhadap benturan dan kelelahan. Karena peningkatan kecepatan dan gerakan linier, serta pemuatan komponen scrap yang sering. *Forging* (perlakuan panas) dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan material.

Penempaan (*heat treatment*) adalah proses memanaskan dan mendinginkan suatu logam dalam keadaan padat untuk mengubah sifat fisik logam tersebut. Melalui penempaan (perlakuan panas), tekanan internal dapat dihilangkan, ukuran butir logam dapat ditingkatkan atau dikurangi, ketangguhan material dapat ditingkatkan, atau permukaan yang keras dapat diproduksi di sekitar inti fleksibel. . Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil kekerasan saat penempaan atau perlakuan panas meliputi; komposisi kimia, pendingin.

Melalui penempaan (perlakuan panas), tekanan internal dapat dihilangkan, ukuran butir logam dapat ditingkatkan atau dikurangi, ketangguhan material dapat ditingkatkan atau lapisan permukaan dapat dibuat.pengerasan di sekitar material

ulet inti. Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil kekerasan saat penempaan atau perlakuan panas meliputi; komposisi kimia, pendingin, langkah perlakuan panas, suhu pemanasan, dll. Banyak peralatan mesin atau komponen mesin perlu dikeraskan untuk menahan tusukan atau tekanan dan gesekan dari logam lain, seperti poros, roda gigi, dll., Banyak digunakan dalam benda bergerak. Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan produksi adalah masalah yang sering dipertimbangkan dalam industri ini, dan selalu mencari cara untuk mengoptimalkan waktu tersebut. Karena waktu penyelesaian produk sangat mempengaruhi biaya produksi, maka perlu dilakukan optimalisasi waktu dalam proses ini (Effendi, S 2009).

a. Suhu Logam

Suhu logam dapat dinyatakan dengan perubahan warna yang terjadi pada permukaan logam ketika dipanaskan. Suhu logam sangat penting untuk pekerjaan penempaan. Setiap logam memiliki suhu operasi terbaik, misalnya baja ringan dan besi tempa harus dipanaskan terlebih dahulu hingga berwarna merah terang agar dapat bekerja, tetapi baja perkakas tidak boleh dipanaskan lebih dari merah muda, karena sebagian karbon akan terbakar. (John Stefford, Guy Mc Murdo, Abdul Rahman 1990).

2.4. Kekuatan Uji Impak

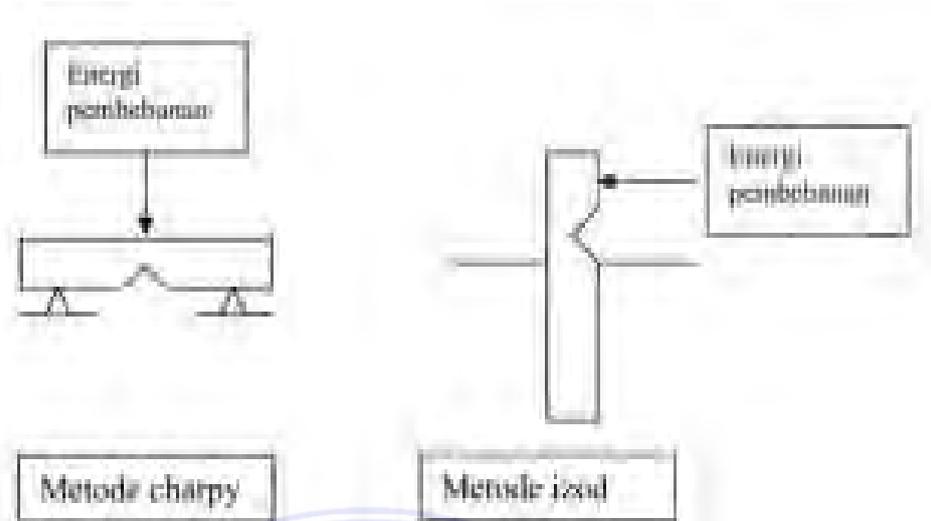
Informasi tentang sifat-sifat bahan teknik, baik logam maupun non logam, penting dalam industri teknik mesin. Baja merupakan material teknik yang masih mendominasi penggunaannya dalam dunia permesinan. Bahan ini sering digunakan sebagai penguat untuk struktur mesin. Sifat mekanik meliputi kekuatan, kekerasan, keuletan, ketangguhan dan kemampuan las. Sifat-sifat

material yang berbeda membuat perlu dilakukannya beberapa metode pengujian. Uji impak merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui kekuatan dan ketangguhan suatu material akibat beban yang diterapkan dengan kecepatan tinggi. Uji impak banyak digunakan dalam bidang pengujian dinamik bahan. Tentunya saat pengujian harus diperhatikan langkah-langkah tertentu, seperti sudut awal dan akhir, letak material, dan suhu benda yang diuji. Pengujian impak digunakan untuk mengetahui kecenderungan suatu material menjadi getas atau lunak akibat gerak suatu benda berdasarkan sifat uletnya.

Uji ini berguna untuk melihat perbedaan yang tidak diperoleh dari uji tegangan-regangan statik. Pengujian impak juga tidak dapat secara langsung membaca kondisi patahan batang uji, karena tidak dapat mengukur secara langsung komponen-komponen gaya tegangan tiga dimensi yang terjadi pada batang uji.

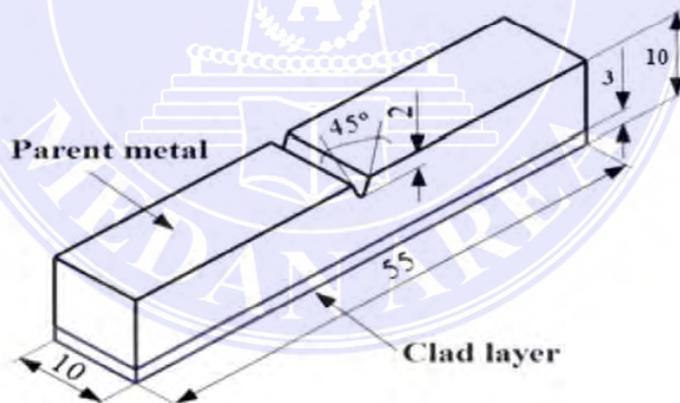
Hasil uji impak ini hanya perubahan tinggi dan sudut akhir akibat ayunan lengan pendulum. Uji impak adalah pengujian yang dilakukan untuk menguji ketangguhan suatu benda uji saat mengalami beban mendadak saat tumbukan. Ketangguhan adalah ukuran energi yang diperlukan untuk mematahkan atau merusak suatu material, diukur sebagai area di bawah kurva tegangan-regangan.

Bahan apa pun dapat memiliki kekuatan tarik tinggi tetapi tidak memenuhi syarat untuk beban impak. Setiap paduan memiliki parameter kekuatan retak yang didefinisikan sebagai kombinasi dari tegangan kritis dan panjang retak. Beberapa uji impak dengan strip uji knurled dengan desain berbeda telah dilakukan untuk menentukan kerapuhan logam. Metode yang menjadi standar untuk pengujian impak adalah: metode uji impak *Charpy* dan metode Izod.



Gambar 2.14. Metode Izod dan Metode Charpy.

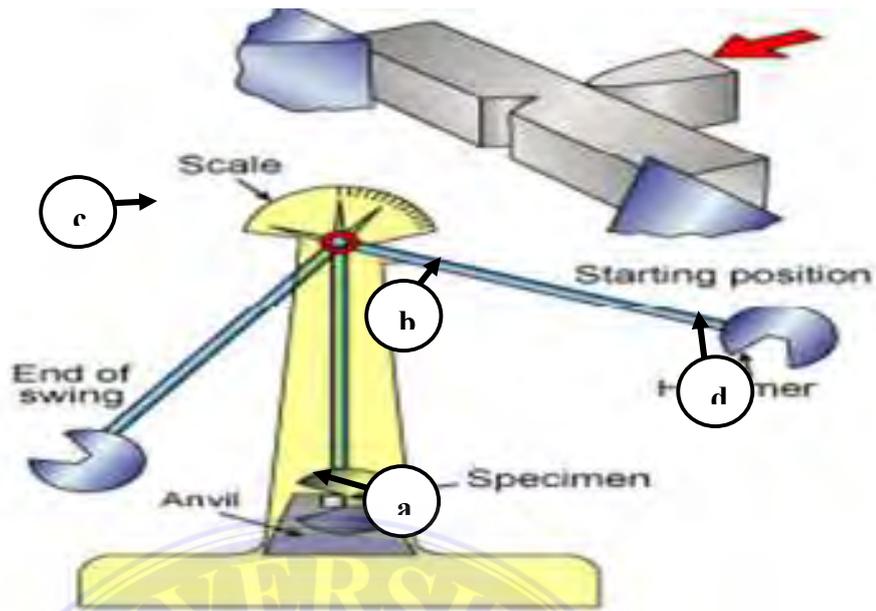
Material uji untuk pengujian metode *Charpy* memiliki spesifikasi lebar 10mm, tinggi 10mm, notch dengan sudut 45°, dengan kedalaman notch 2mm dengan radius pusat 0,25mm atau dalam dimensi ASTM - E23 ditunjukkan pada Gambar 2.13 di bawah ini (Dhilif Kumar, Dkk 2017).



Gambar 2.15. Ukuran Standard Spesimen ASTM-E23.

2.4.1 Metode Charpy

Pada pengujian metode *Charpy*, beban diayunkan dari ketinggian tertentu hingga membentur benda yang diuji, yang kemudian dilihat dari sudut akhir, kemudian diukur energi yang diserap oleh retakan. Strip uji *Charpy* kemudian ditempatkan secara horizontal pada titik tumpu dan tiba-tiba dibebani di belakang takik dengan pendulum berat yang berayun (kecepatan beban ± 5 m/dtk).



Gambar 2.16. Ilustrasi Pengujian Impak.

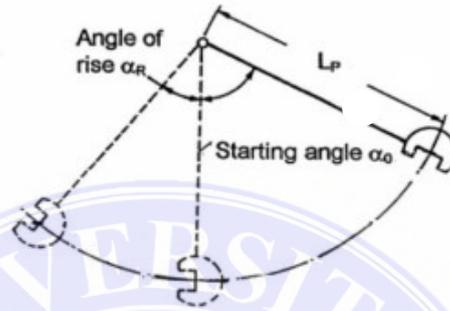
Bagian utama peralatan uji impak yaitu :

- a. Anvil/dudukan benda uji berfungsi sebagai dudukan bahan yang diuji.
- b. Batang pendulum berfungsi pemegang pendulum yang memiliki diameter tertentu.
- c. Indikator indikator pada alat uji impak *charpy* ini terdiri dari jarum pertama yang dihubungkan dengan putaran poros berfungsi untuk membaca besar sudut pendulum sebelum diayunkan (α), dan jarum yang kedua untuk membawa besar sudut pendulum setelah mematahkan spesimen (β).
- d. Pendulum berfungsi untuk sebagai penumbuk dengan massa tertentu terhadap benda uji.

2.4.2 Energi Impak Metode *Charpy*

Energi tumbukan metode *Charpy* tercipta dari energi potensial bandul yang berubah menjadi energi kinetik (gerakan). Besarnya energi yang dilepaskan bandul ditentukan oleh tinggi awal bandul dan posisi ujung bandul, jarak titik putar ke titik diam dan berat bandul. Dengan jarak yang konstan antara titik tumpu dan titik diam serta berat pendulum yang konstan, energi tumbukan hanya

bergantung pada posisi awal dan akhir pendulum. Keakuratan pembacaan nilai uji tergantung pada jenis bahan, jarak antara titik pivot dan titik putus, dan berat pendulum. Jenis bahan mempengaruhi hasil pengujian lebih dari panjang lengan bandul dan beban bandul (Arda.Biz 2022).



Gambar 2.17. Cara Menghitung Energi Uji Impak.

Energi impak yaitu besarnya energi yang diserap benda uji sehingga benda uji tersebut mengalami patah. Sesuai dengan metode pengujian impak *charpy* dan *izod* maka besarnya energi impak dapat dituliskan dengan rumus sebagai berikut :

$$W = W \text{ Sebelum tumbukan} - \text{Setelah tumbukan } m_p \cdot g \cdot L (\cos \alpha_r - \cos \alpha_0) \dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

W = Energi impak (Joule)

m_p = Berat pendulum (N)

L_p = Panjang lengan pendulum/ diameter pendulum (mm)

α_r = Sudut awal/sebelum pendulum di ayun

α_0 = Sudut akhir pendulum/sudut setelah pendulum memukul benda uji

Energi potensial yang dimiliki pendulum dari posisi awal sebelum memukul benda uji sampai posisi akhir setelah memukul benda uji disebut sebagai energi impak. Takik bertujuan agar spesimen benda uji bisa patah karena takik adalah posisi paling lemah sebagai awal patahan. Rumus harga impak

dinyatakan sebagai berikut :

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

Keterangan :

a_{cN} = Harga Impak (J/mm²)

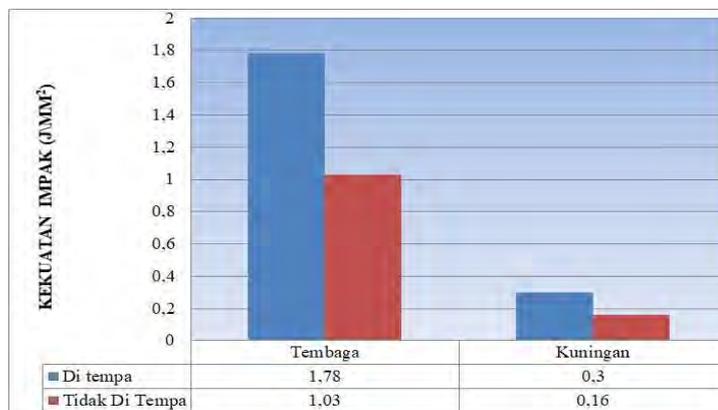
b_n = Lebar spesimen diluar takik (mm)

h = Tinggi spesimen (mm).

Takik 45° yang dibuat dalam benda uji standar ditujukan sebagai suatu konsentrasi tegangan sehingga perpatahan diharapkan akan terjadi di bagian tersebut.

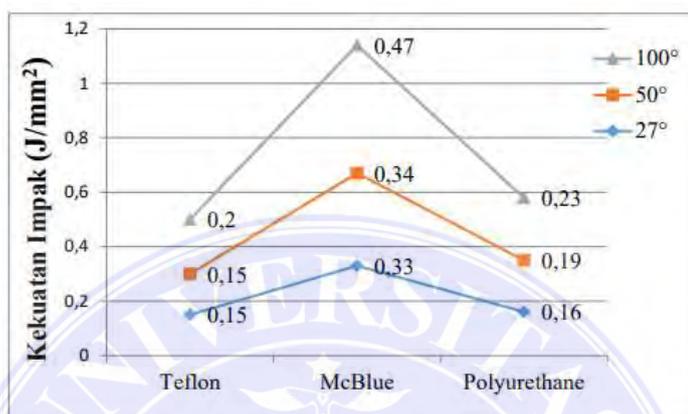
Selain berbentuk V dengan sudut 45° , takik dapat pula dibuat dengan bentuk lubang kunci (key hole). Penilaian lain dari hasil uji impact yaitu dilihat dari hasil perpatahan benda uji. Secara umum sebagaimana analisa perpatahan pada benda hasil uji impact digolongkan menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Perpatahan berserat (fibrous fracture)
2. Perpatahan granular/ kristalin
3. Perpatahan campuran (berserat dan granular). Merupakan kombinasi dua jenis perpatahan di atas (Handoyo, Y 2013). Berikut dibawah ini adalah grafik hasil perbandingan kekuatan impact antara tembaga dan kuningan yang tidak ditempa dengan yang di tempa 350°C.



Gambar 2.18. Hasil Rata-Rata Kekuatan Impact Tembaga & Kuningan.

Terlihat dari grafik diatas terdapat perbandingan bahan tembaga dan kuningan yang di tempa memiliki kekuatan impak yang lebih besar dibandingkan dengan yang tidak ditempa. Dibawah ini adalah adalah grafik pengaruh suhu pada bahan plastic (Teflon, mc blue dan polyurethane) terhadap kekuatan impak.



Gambar 2.19. Grafik Kekuatan Impak Pengaruh Suhu Pada Bahan Plastik.

Terlihat dari hasil grafik diatas semakin tinggi suhu yang diberikan membuat kekuatan impak pada bahan plastik semakin tinggi.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pengujian ini dilakukan di Workshop Universitas Sumatera Utara (USU) di Jalan Dr. T. Mansur No 9, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara 2022. Waktu yang diperkirakan untuk penelitian analisis ini kurang lebih 7 bulan mulai pengajuan judul sampai dengan sidang sarjana, dengan rincian terlihat pada tabel 3.1 sebagai berikut ini:

Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan.

No	Aktifitas	Tahun 2022.				Tahun 2023.		
		Agt.	Sep.	Okt.	Nov.	Des.	Jan.	Feb.
1.	Pengajuan Judul							
2.	Penyelesaian Proposal							
3.	Seminar Proposal							
4.	Persiapan Alat dan Bahan							
5.	Pembuatan Spesimen							
6.	Pengujian Spesimen							
7.	Analisis data							
8.	Penyelesaian Laporan							
9.	Seminar Hasil							
10.	Sidang Sarjana							

3.2 Bahan dan Alat

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

1. Kuningan (Cu-Zn)

Kuningan adalah bahan pertama yang akan di uji juga menggunakan alat uji impak *charpy*. Kuningan ini akan di buat dengan suhu normal dan di tempa dengan suhu 370°C. Total spesimen terdiri dari 15 spesimen. Ukuran awal kuningan ini adalah lebar 13mm, tinggi 13mm dan panjang 55mm kemudian ditempa sampai ukuran kuningan ini berubah menjadi lebar 10mm, tinggi 10mm dan Panjang 55mm sesuai ukuran standard ASTM-E23.



Gambar 3.10. Kuningan.

Tabel 3.2. Data Spesimen Kuningan yang akan Diuji.

NO	Bahan	Temperatur Tempa	Jumlah Spesimen	Temperatur Uji Impak
1	Kuningan	Tidak ditempa	3	Suhu kamar
2	Kuningan	370°C	3	Suhu kamar
3	Kuningan	370°C	3	150°C
4	Kuningan	370°C	3	250°C
5	Kuningan	370°C	3	350°C

2. Tembaga

Tembaga merupakan bahan ke-2 yang akan di uji juga menggunakan alat uji impak *charpy*. Tembaga ini juga akan buat dengan suhu normal dan di tempa dengan suhu 370°C. Total spesimen terdiri dari 15 spesimen. Ukuran awal tembaga ini adalah lebar 13mm, tinggi 13mm dan Panjang 55mm kemudian di tempa sampai ukuran tembaga ini berubah menjadi lebar 10mm, tinggi 10mm dan Panjang 55mm sesuai ukuran standard ASTM-E23.



Gambar 3.11. Tembaga.

Tabel 3.3. Data Spesimen Tembaga yang akan Diuji.

NO	Bahan	Temperatur Tempa	Jumlah Spesimen	Temperatur Uji Impak
1	Tembaga	Tidak ditempa	3	Suhu kamar
2	Tembaga	370°C	3	Suhu kamar
3	Tembaga	370°C	3	150°C
4	Tembaga	370°C	3	250°C
5	Tembaga	370°C	3	350°C

1. Alat Uji Impak *Charpy*

Alat ini merupakan alat untuk menguji dan mengukur ketahanan bahan terhadap beban kejut. Spesifikasi alat uji impak ini adalah Torsee :

Type : CI-30
 CAP : 30 Kg.m
 MFG.NO : EK9246
 DATE : OCT. 1992



Gambar 3.1. Alat Pengujian Impak.

2. Landasan Besi

Landasan besi digunakan untuk menahan atau sebagai landasan dari spesimen yg akan di pukul menggunakan palu. Landasan besi atau paron adalah alat yang digunakan sebagai landasan objek bahan yang akan di tempa diatasnya. Spesifikasi landasan besi yang digunakan dengan ketahanan 55 lbs dan berat 25 Kg.



Gambar 3 2. Landasan Besi.

3. Oven

Dipergunakan untuk memanaskan benda kerja/spesimen yang akan di uji. Oven menggunakan panas yang dihasilkan dari kompor api untuk memanaskan elemen panas yang terdapat dalam oven. Spesifikasi oven ini adalah Hock yang dipakai dilakukan pengujian sebelum digunakan dan mencapai suhu suhu 376⁰C pada waktu 90 menit.



Gambar 3.3. Oven.

4. *Thermometer Gun*

Thermometer gun adalah jenis thermometer inframerah untuk mengukur temperature suhu. Alat ini dipakai pada penelitian untuk mengukur suhu benda kerja. Spesifikasi thermometer gun ini adalah Smart Sensor yang bisa mengukur rentang suhu -32°C - 800°C .



Gambar 3.4. *Thermometer Gun*.

5. Gerinda

Gerinda untuk memotong spesimen agar sesuai dengan ukuran yang diinginkan sebelum di tempa. Gerinda berfungsi untuk memotong benda kerja. Menghaluskan dan meratakan permukaan benda kerja yang kasar. Mengasah alat potong supaya tetap tajam. Gerinda yang digunakan memiliki spesifikasi Maktec 220V-2.6A, 50-60Hz, 540W pada putaran 12.000 r/min.



Gambar 3.5. Gerinda

6. *Vernier Caliper* atau Jangka sorong

Dipergunakan untuk mengukur spesimen agar sesuai dengan ukuran yang diinginkan dimana vernier kaliper atau jangka sorong ini berfungsi untuk mengetahui Panjang, diameter luar dan dalam sebuah bentuk benda tertentu. Spesifikasi Jangka sorong yang digunakan yaitu Mitutoyo dengan ketelitian 0,05mm.



Gambar 3.6. *Vernier Caliper*.

7. Palu

Digunakan pada saat proses penempaan yang di gunakan untuk memukul spesimen setelah di panaskan dan di letakkan di atas landasan besi. Untuk berat palu yang digunakan adalah 6 lb (2,722 Kg).



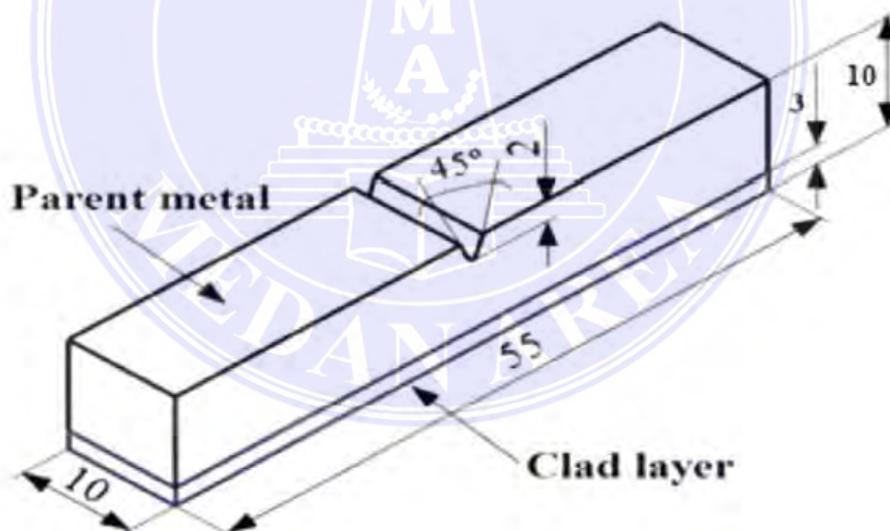
Gambar 3.7. Palu.

8. Kikir segitiga

Digunakan untuk membentuk takik dengan sudut 45° dan kedalaman 2mm serta lebar 2mm sesuai ukuran standard ASTM-E23.



Gambar 3.8. Kikir Segitiga.



Gambar 3.9. Ukuran Standard Spesimen ASTM-E23.

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam pengujian ini adalah metode eksperiment untuk menguji dan menyelidiki, metode yang digunakan dapat dijabarkan sebagai berikut :

Metode penelitian eksperimen adalah metode penelitian kuantitatif. Dengan demikian metode eksperimen dapat diartikan sebagai metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan. Termasuk dalam judul tugas akhir saya ini adalah “Studi Eksperimental Pengaruh Suhu Terhadap Bahan Logam Yang Ditempa Terhadap Kekuatan Impak”.

Judul ini termasuk kedalam metode eksperimen dengan metode *pre-experimental design (nondesign)*. Dan yang termasuk kedalam judul tugas akhir saya yaitu *one-shot case study*.

Dalam metode penelitian *one-shot case study* saya ini adalah ada bahan logam tembaga dan kuningan yang ditempa dengan suhu 370°C kemudian diberi pemanasan sebelum diukur menggunakan alat uji impak yang masing-masing hasilnya dibandingkan untuk mengetahui bagaimana pengaruh suhu tersebut terhadap kepada kekuatannya dengan menggunakan ukuran standard ASTM-E23.

Adapun jenis dan bentuk bahan uji yang digunakan disini adalah sebagai berikut :

1. Jenis bahan yang akan di uji adalah logam tembaga dan kuningan.
2. Jumlah keseluruhan bahan yang akan di uji berjumlah tembaga 15 spesimen dan kuningan 15 spesimen.
3. Masing-masing spesimen memiliki panjang 55 mm, tinggi dan lebar 10 mm dan terdapat bentuk takikan segitiga pada bagian tengahnya sedalam 2mm dengan sudut 45°.
4. 3 spesimen dari tembaga sebagai bahan uji original tanpa mendapat perlakuan panas dan di tempa.

5. 3 spesimen dari kuningan sebagai bahan uji original tanpa mendapat perlakuan panas dan di tempa.
6. 12 spesimen dari tembaga di panaskan di dalam oven dengan suhu 370°C kemudian di tempa menjadi sesuai ukuran yang di inginkan.
7. 12 spesimen dari kuningan di panaskan di dalam oven dengan suhu 370°C kemudian di tempa menjadi sesuai ukuran yang di inginkan.
8. 3 Spesimen tembaga dan kuningan yang ditempa dengan suhu 370°C kemudian akan di uji dampak dengan suhu normal atau tidak di panaskan lagi dan kemudian di uji.
9. 3 Spesimen tembaga dan kuningan yang ditempa dengan suhu 370° kemudian akan dipanaskan dengan suhu 150°C kemudian dilakukan pengujian dampak.
10. 3 Spesimen tembaga dan kuningan yang ditempa dengan suhu 370° kemudian akan dipanaskan dengan suhu 250°C kemudian dilakukan pengujian dampak
11. 3 Spesimen tembaga dan kuningan yang ditempa dengan suhu 370° kemudian akan dipanaskan dengan suhu 350°C kemudian dilakukan pengujian dampak

3.4 Populasi dan Sampel

Populasi dan sampel pada studi eksperimental pengaruh suhu pada bahan logam yang ditempa terhadap kekuatan dampak adalah :

1. Studi literatur untuk mencari sumber-sumber penelitian yang berkaitan dengan judul studi eksperimental pengaruh suhu pada bahan logam yang ditempa terhadap kekuatan dampak.

2. Observasi Lapangan yang dilakukan adalah yaitu dalam dunia industri bahan logam banyak digunakan terhadap suatu alat dan benda yang digunakan. Beberapa alat dan bahan tersebut menggunakan bahan tembaga dan kuningan yang bekerja terhadap perubahan suhu, untuk itu perlu dilakukan Analisa bagaimana kekuatan material tersebut jika diberi suhu yang berbeda-beda. Maka daripada itu saya memilih judul studi eksperimental pengaruh suhu pada bahan logam yang ditempa terhadap kekuatan impak untuk menjadi tugas akhir saya.
3. Melakukan perhitungan terhadap bahan logam tembaga dan kuningan yang ditempa dengan di uji menggunakan alat uji impak
4. Menganalisa hasil yang didapatkan dan membandingkan hasil dari masing-masing logam yang diuji menggunakan alat uji impak untuk mengetahui kekuatan bahan logam tempa dengan suhu 370°C dan 350°C .
5. Menarik kesimpulan hasil pengujian.
 - a. Parameter Pengukuran
Parameter yang diukur dalam pengaruh suhu pada bahan logam yang ditempa terhadap kekuatan impak adalah sebagai berikut :
 - a. Suhu Logam ($^{\circ}\text{C}$)
 - b. Berat pendulum (kg)
 - c. Sudut posisi awal pendulum
 - d. Sudut posisi akhir pendulum
 - e. Jarak lengan pengayun (m)
 - f. Energi Impak
 - g. Hasil akhir dari uji impak bahan logam tersebut (harga impak).

3.5 Prosedur Kerja

Pada proses penempaan logam spesimen ini perlu di lakukan pemanasan terhadap logam terlebih dahulu, suhu yang di pakai untuk memanaskan logam spesimen adalah 370° memakai oven, karna logam yang sudah di panaskan mudah di tempa atau di bentuk. Berikut ini adalah langkah-langkah yang dilakukan dalam proses penempaan spesimen logam :

1. Meletakkan spesimen kedalam oven lalu panaskan sampai suhu spesimen mencapai 370°C , pengecekan suhu menggunakan alat thermometer gun
2. Selanjutnya yang di lakukan adalah mengeluarkan spesimen logam yang sudah dipanaskan setinggi 370°C dari oven,
3. Lalu meletakkan spesimen logam di atas landasan besi yang sudah di sediakan untuk menahan spesimen dari pukulan palu,
4. Setelah itu lakukan pemukulan terhadap bahan uji logam menggunakan palu, saat pemukulan logam bagian atas logam harus di lapisi dengan plat besi, sehingga hasil pukulan permukaan spesimen rata.
5. Ketika pemukulan terhadap bahan uji logam, lakukan perhitungan berapa kali dalam memukul spesimen, yang awal ukuran spesimennya lebar 13mm dan tingginya 13mm, menjadi lebar 10mm dan tinggi 10mm. Dalam proses penempaan bahan uji logam ini memerlukan 60 kali pukulan terhadap bahan uji logam, sehingga membentuk lebar 10mm dan tinggi 10mm.
6. Setelah pemukulan lanjut proses pengukuran spesimen apakah sudah sesuai menjadi lebar 10mm dan tinggi 10mm atau belum.
7. Lakukan proses selanjutnya pada spesimen yang berikutnya sampai semua spesimen selesai di tempa dan sampai ukuran semua spesimen

sesuai dengan ASTM-E23.

Sedangkan untuk prosedur pelaksanaan pengujian ini adalah sebagai berikut:

- a. Penyiapan alat dan bahan
- b. Menyiapkan spesimen
- c. Memeriksa alat uji impak *charpy* yang digunakan bisa berfungsi dengan baik dan hasil pengukuran sesuai
- d. Posisikan sudut awal pendulum sesuai standard awal/titik awal
- e. Meletakkan spesimen pada anvil/dudukan spesimen
- f. Mengkalibrasi spesimen menggunakan alat kalibrasi uji impak *charpy*
- g. Memastikan tidak ada gangguan di luar pengujian seperti getaran, dan hal lain yang mempengaruhi hasil pengujian
- h. Lepaskan penahan pendulum dan biarkan pendulum memukul spesimen
- i. Tarik tuas rem agar pendulum berhenti
- j. Baca sudut akhir setelah pendulum mengenai spesimen
- k. Menghitung energi impak menggunakan persamaan (2.1)
- l. Menghitung harga impak menggunakan persamaan (2.2)
- m. Lakukan Langkah-langkah ini sampai semua spesimen diuji
- n. Kesimpulan pengujian.
 1. Teknik Pengumpulan dan Analisa Data

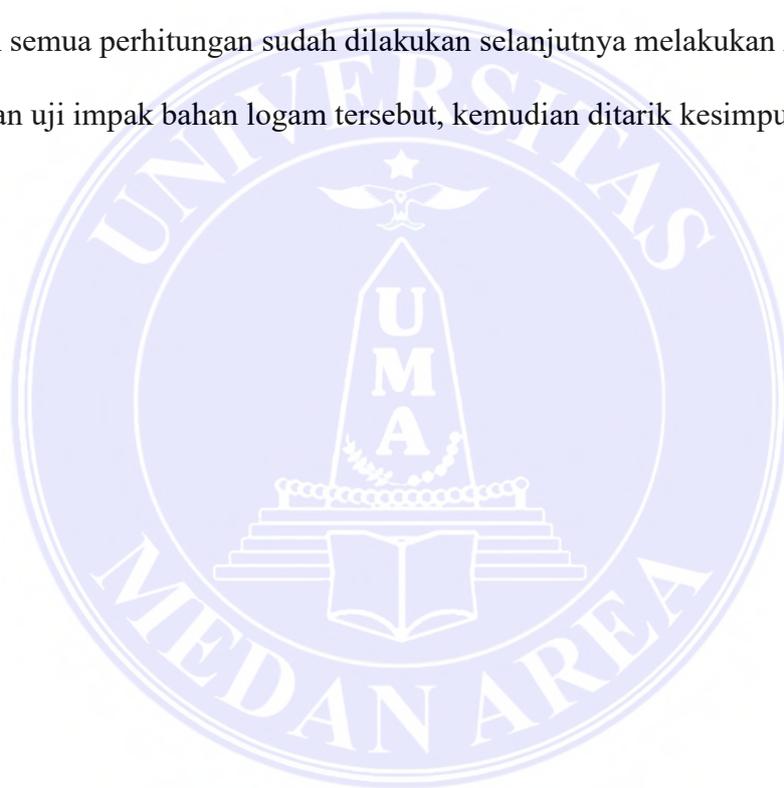
Pengujian ini dilakukan dengan uji coba langsung di Universitas Sumatera Utara dengan menggunakan alat uji impak *charpy*. Pengujian dilakukan memakai spesimen 2 jenis logam yaitu tembaga dan kuningan yang di tempa dengan suhu 370°C dan dipanaskan kembali sebelum melakukan pengujian.

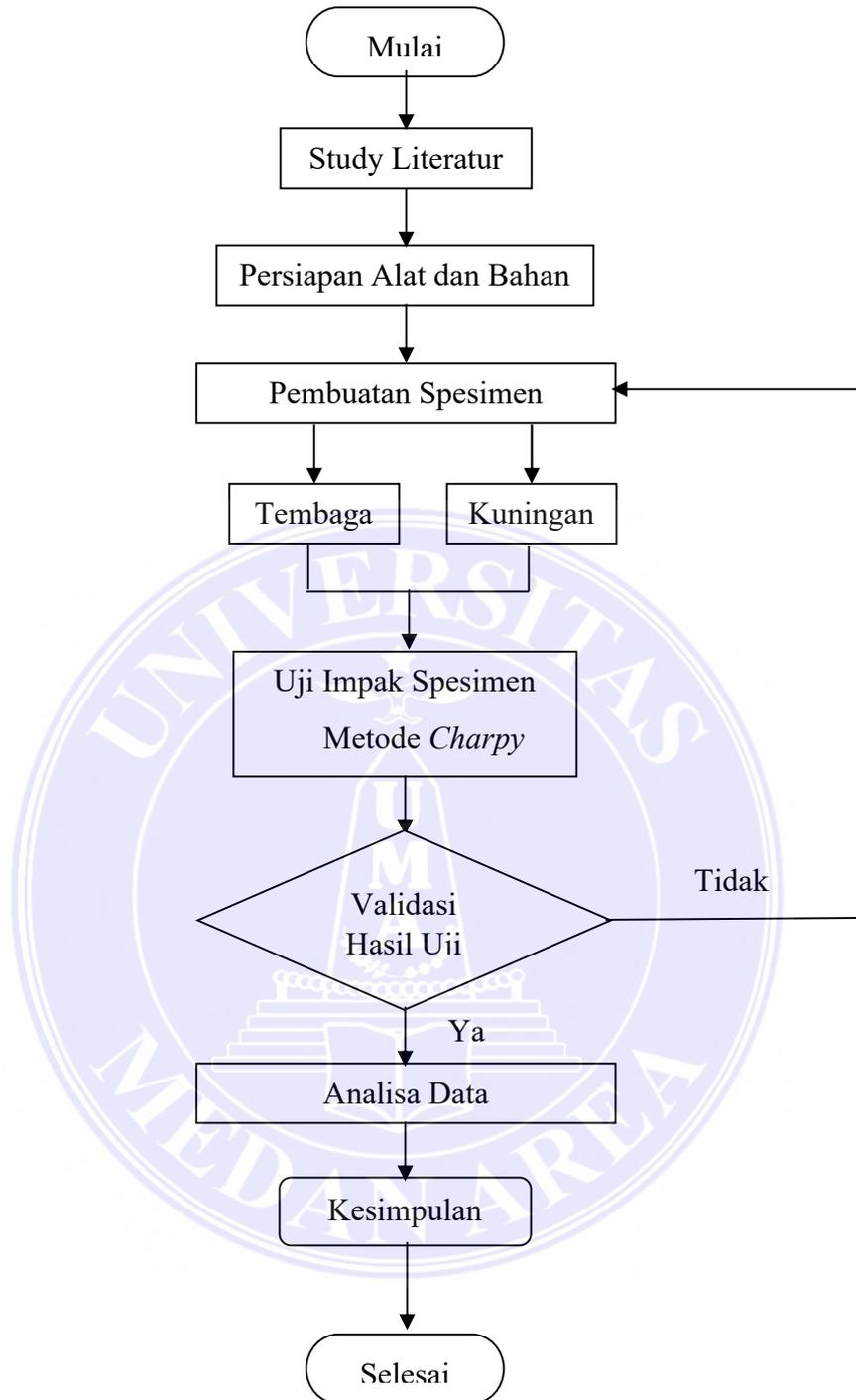
a. Analisa Data

Teknik analisa data yang digunakan pada penelitian ini adalah *statistic* deskriptif yang digunakan untuk menganalisa semua data dengan cara mendeskripsikan/menggambarkan data yang telah terkumpul setelah itu melakukan perhitungan terhadap beberapa parameter sebagai berikut :

- 1) Energi impak menggunakan persamaan (2.1)
- 2) Harga impak menggunakan persamaan (2.2)

Setelah semua perhitungan sudah dilakukan selanjutnya melakukan Analisa kekuatan uji impak bahan logam tersebut, kemudian ditarik kesimpulan.





Gambar 3.12. Diagram alur penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Spesimen telah di buat sebanyak 30 spesimen dengan bahan tembaga dan kuningan yang tidak ditempa sebanyak 6 spesimen dan yang ditempa dengan suhu 370°C sebanyak 24 spesimen kemudian sebelum pengujian diberikan suhu yang bervariasi yaitu pada suhu normal/suhu kamar, suhu 150°C, suhu 250°C dan suhu 350°C.
2. Pengujian tembaga dan kuningan telah dilakukan pengujian menggunakan alat uji impak *charpy* dan menghasilkan jenis patahan yang berbeda antara tembaga dengan kuningan dimana tembaga menghasilkan patahan berserat (*fibrous fracture*)/*ductile* atau ulet sedangkan kuningan menghasilkan patahan *granular/ kristalin* atau getas.
3. Analisa kekuatan impak dari hasil pengujian berbeda-beda dimana untuk tembaga sendiri hasil rata-ratanya pada suhu normal yaitu 2,08 J/mm² pada suhu 150°C yaitu 1,75 J/mm², pada suhu 250°C yaitu 1,72 J/mm², dan pada suhu 350°C yaitu 1,57 J/mm² sedangkan pada bahan kuningan hasil rata-rata kekuatannya pada suhu normal yaitu 0,30 J/mm², pada suhu 150°C yaitu 0,08 J/mm², pada suhu 250°C yaitu 0,03 J/mm², dan pada suhu 350°C yaitu 0,02 J/mm².
4. Evaluasi dari hasil pengujian impak adalah proses penempaan spesimen dilakukan dengan memanaskan spesimen hingga suhu 370°C kemudian meletakkan spesimen diatas landasan besi dan dipukul beberapa kali menggunakan palu sampai ukuran spesimen sesuai dengan ASTM-E23.

Kemudian proses pengujian spesimen menggunakan alat uji impak charpy dengan memanaskan spesimen terlebih dahulu dengan suhu normal/suhu kamar, suhu 150°C, suhu 250°C dan suhu 350°C lalu dilakukan pengujian setelah itu didapatkan hasil dan melakukan Analisa menggunakan rumus energi impak dan kekuatan impak dan memiliki kesimpulan semakin tinggi temperature yang diberikan pada bahan logam tembaga dan kuningan maka nilai kekuatan impak bahan tersebut akan semakin kecil. Untuk hasil patahan spesimen tembaga yang sudah di uji menggunakan alat uji impak charpy mulai dari spesimen tersebut tidak di tempa dan ditempa dengan suhu 370°C kemudian dipanaskan kembali mulai dari suhu kamar, 150°C, 250°C, 350°C jenis patahannya adalah patahan berserat (fibrous fracture)/ductile atau ulet. Sedangkan untuk kuningan sendiri jenis patahannya adalah patahan jenis patahan granular/ kristalin atau getas.

5.2 Saran

1. Pada penelitian berikutnya agar bahan yang digunakan bisa divariasikan lagi dan suhu juga divariasikan lagi agar bisa melihat bagaimana pengaruh suhu pada bahan yang lainnya
2. Pengujian agar lebih teliti pada saat mengecek suhu pada spesimen karna jika suhu tidak sesuai maka akan mempengaruhi hasil dari pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- Ari Setiawan, Ridwan, Hardjo Wibowo. (2017). *Struktur Mesin New Silver*. Jakarta: Yamaha Indonesia Motor Manufacturing.
- Purwanto, Ambiyar (2008). *Fabrikasi Logam Ambiyar and Purwanto*. Padang: Universitas Negeri Padang.
- Mardjuki. (2009). Proses Forging Dengan Variasi Temperatur Pada Paduan Aluminium Seri 308,0 Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan. *TRANSMISI*, 509-518.
- Drs. Sumanto, M. (1994). *Pengetahuan Bahan Untuk Mesin dan Listrik*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Ach. Muhid Zainuri, S. M. (2019). *Kekuatan Material*. Yogyakarta: Andi.
- Novrijon Sofyan, P. (1994). *Pengetahuan Bahan Logam*. Surakarta: Institut Seni Indonesia.
- Effendi, S. (2009). Pengaruh Perbedaan Waktu Penahanan Suhu Stabil Terhadap Kekerasan Logam. *AUSTENIT*, 39-43.
- John Stefford, Guy Mc Murdo, Abdul Rachman. (1990). *Teknologi Kerja Logam*. Jakarta: Erlangga.
- Dhilif Kumar, Amru Siregar, Dadan Ramdan, Zulfikar. (2017). Perancangan Alat Uji Impak Charpy Sederhana Untuk Material Baja St 30. *JMEMME*, 1-9.
- Ardra.biz. (2022, Oktober 5). *Prinsip Kerja Uji Impak Charpy dan Izod, Pengertian Ketangguhan Rumus Perhitungan Contoh Soal*. Retrieved from Rumus Nilai Harga Impak: <https://ardra.biz/topik/rumus-nilai-harga-impak/> [accessed 05 Oktober 2022]
- Handoyo, Y. (2013). Perancangan Alat Uji Impak Metode Charpy Kapasitas 100 Joule. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 45-53.
- 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.
- 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.
- Majanasastra, R. (2016). Analisis Sifat Mekanik dan Struktur Micro Hasil Proses Hidroforming pada Material Tembaga (CU) C84800 dan Aluminium Al6063. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 15-30.
- Purwanto, Ambiyar (2008). *Fabrikasi Logam Ambiyar and Purwanto*. Padang: Universitas Negeri Padang.
- Wicaksono, M. (2018). *Analisa Variasi Holding Time pada Aluminium 6061 Terhadap Uji Impak, Struktur Mikro, dan Uji Kekerasan*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sugiyono, P. D. (2014). *Metode Penelitian Kombinasi (Mixed Methods)*. Bandung: Alfabeta.
- Muhammad Yusuf Rahmansyah Siahaan, Rakhmad Arief Siregar, Faisal Amri Tanjung, Agung Saktiawan. (2023, agustus 1). *Analisis Karakteristik*

Bahan Tembaga Akibat Pengaruh Proses Penempaan Terhadap Kekuatan Impak. Diambil kembali dari Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi: <http://www/jurnal.umsu.ac.id>

Saktiawan, A. (2023). *Analisis Pengaruh Proses Penempaan Pada Bahan Logam Terhadap Kekuatan Impak.* Medan: Universitas Medan Area.

Jambak, B. H. (2023). *Analisis Pengaruh Suhu Pada Bahan Plastik Terhadap Kekuatan Impak.* Medan: Universitas Medan Area.

