

**ANALISIS PENGARUH SUHU PADA BAHAN KUNINGAN  
YANG DIPERKUAT BAHAN TEMBAGA TERHADAP  
KEKUATAN IMPAK**

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**RIAN ANTONIO GULTOM  
198130083**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2024**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 21/1/25

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

## HALAMAN JUDUL

# ANALISIS PENGARUH SUHU PADA BAHAN KUNINGAN YANG DIPERKUAT BAHAN TEMBAGA TERHADAP KEKUATAN IMPAK

## SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh

Gelar Sarjana di Fakultas Teknik

Universitas Medan Area



Oleh:

**RIAN ANTONIO GULTOM**

**198130083**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2024**

## HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

**Judul Proposal** : Analisis Pengaruh Suhu Pada Bahan Kuningan Yang Diperkuat Bahan Tembaga Terhadap Kekuatan Impak  
**Nama Mahasiswa** : Rian Antonio Gultom  
**NIM** : 198130083  
**Fakultas** : Teknik

Disetujui Oleh  
Komisi Pembimbing



(Muhammad Yusuf Rahmansyah Siahaan, ST, MT.)



(Dr. Eusebio S.T., M.T.)  
Dekan



(Daniswandi, ST, MT.)  
Ka. Prodi

Tanggal Lulus: 29 Juli 2024

## 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 norma, 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, 2 Desember 2024



Rian Antonio Gultom

198130083

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA  
ILMIAH**

**TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

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

Nama : Rian Antonio Gultom  
NPM : 198130083  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*non-exclusive- free right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul: **ANALISIS PENGARUH SUHU PADA BAHAN KUNINGAN YANG DIPERKUAT BAHAN TEMBAGA TERHADAP KEKUATAN IMPAK.**

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

Demikian pernyataan ini buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada tanggal : 2 Desember 2024

Yang Menyatakan

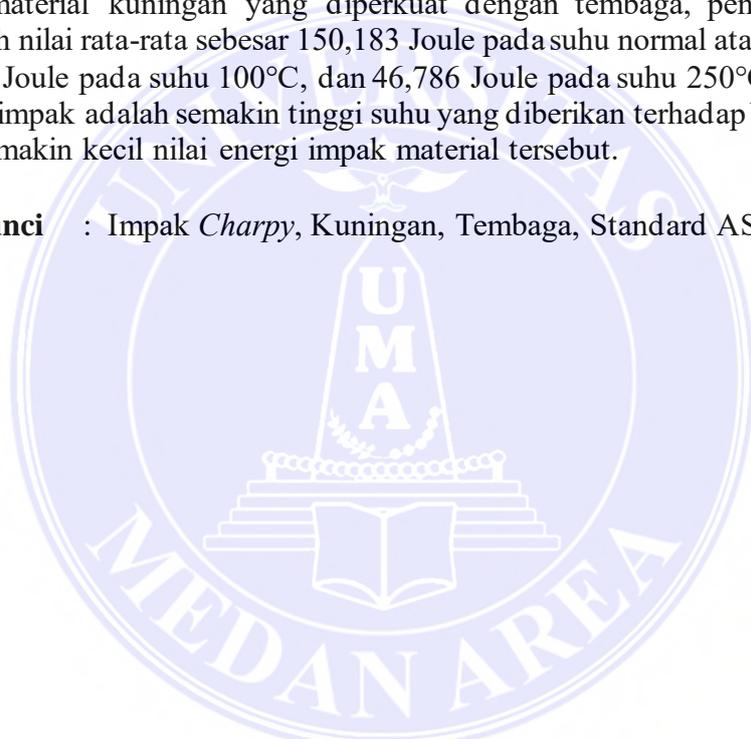


( Rian Antonio Gultom )

## ABSTRAK

Perkembangan manufaktur tentunya disertai pula oleh peningkatan kebutuhan akan material yang bukan hanya dari segi kuantitas tapi juga dari segi kualitas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan impact dan energi impact dari bahan kuningan yang diperkuat bahan tembaga. Pengujian impact adalah pembebanan yang sangat cepat seperti pukulan atau benturan terhadap benda uji, uji impact *Charpy* (juga dikenal sebagai uji *Charpy V-notch*) adalah standar uji laju regangan tinggi yang menentukan jumlah energi yang diserap material saat terjadi patahan. Membuat benda uji material sesuai standar ASTM-E23 menggunakan logam kuningan dan logam tembaga dengan ketebalan yang bervariasi dan melakukan pengujian impact *Charpy*. Analisa pengaruh variasi temperatur terhadap kekuatan impact material kuningan yang diperkuat dengan tembaga, pengujian tersebut diperoleh nilai rata-rata sebesar 150,183 Joule pada suhu normal atau suhu ruangan, 119,423 Joule pada suhu 100°C, dan 46,786 Joule pada suhu 250°C. Evaluasi dari hasil uji impact adalah semakin tinggi suhu yang diberikan terhadap benda uji logam maka semakin kecil nilai energi impact material tersebut.

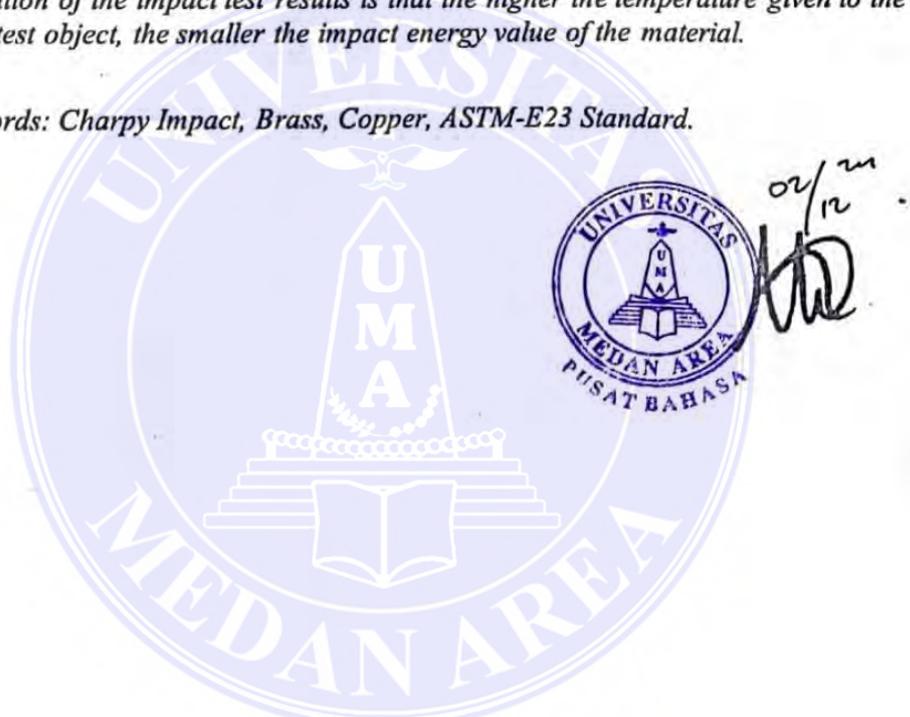
**Kata kunci** : Impact *Charpy*, Kuningan, Tembaga, Standard ASTM-E23.



## ABSTRACT

*The development of manufacturing is of course also accompanied by an increase in the need for materials not only in terms of quantity but also in terms of quality. This research aims to determine the impact strength and impact energy of brass materials reinforced with copper. Impact testing is a very rapid loading such as a blow or impact against a test object, the Charpy impact test (also known as the Charpy V-notch test) is a high strain rate test standard that determines the amount of energy absorbed by a material when fracture occurs. Make material test objects according to ASTM-E23 standards using brass metal and copper metal with varying thicknesses and carry out Charpy impact testing. Analysis of the effect of temperature variations on the impact strength of brass material reinforced with copper, the test obtained an average value of 150,183 Joules at normal temperature or room temperature, 119,423 Joules at 100°C, and 46,786 Joules at 250°C. Evaluation of the impact test results is that the higher the temperature given to the metal test object, the smaller the impact energy value of the material.*

**Keywords:** Charpy Impact, Brass, Copper, ASTM-E23 Standard.

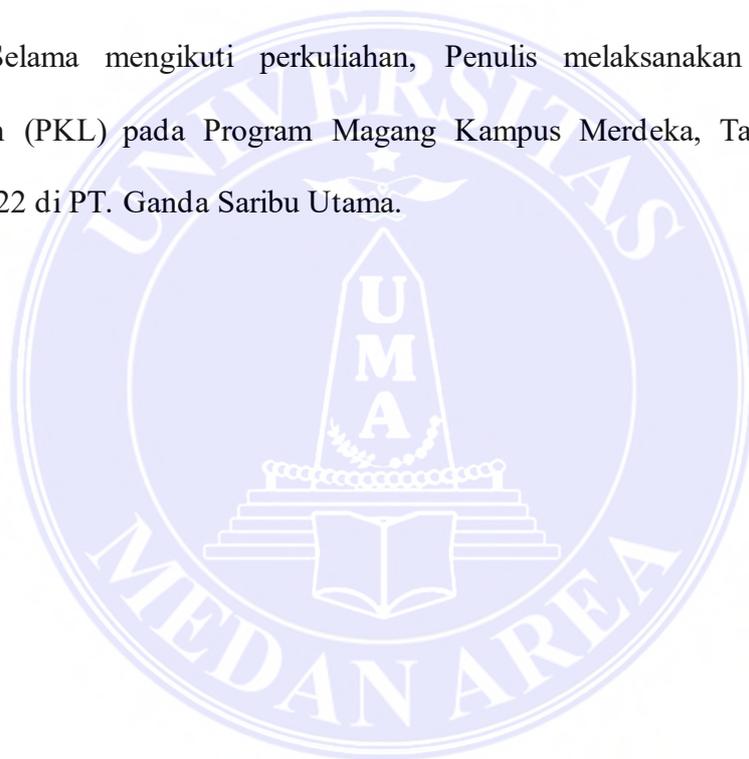


## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Sungai Rumbai Pada tanggal 25 Januari 2000 dari ayah Melanthon Gultom dan ibu Basaria Rumahorbo. Penulis merupakan putra ketiga dari lima bersaudara.

Tahun 2018 Penulis lulus dari SMK Negeri 4 Medan dan pada tahun 2019 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Selama mengikuti perkuliahan, Penulis melaksanakan praktek kerja lapangan (PKL) pada Program Magang Kampus Merdeka, Tahun Akademik 2021/2022 di PT. Ganda Saribu Utama.



## KATA PENGANTAR

Dengan puji dan syukur penulis mengucapkan terimakasih kepada Tuhan yang Maha Esa, berkat rahmat-nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna oleh karena keterbatasan kemampuan dan pikiran yang penulis dapatkan oleh karena itu dengan kerendahan hati penulis mohon maaf atas segala kekurangan.

Secara khusus penulis mengucapkan terimakasih sebanyak-banyaknya kepada orang tua saya yaitu Bapak Melanthon Gultom dan Ibu Basaria Rumahorbo beserta seluruh keluarga saya yang telah memberikan dukungan moral dan material selama perkuliahan penulis. Dan tidak lupa juga saya mengucapkan banyak terimakasih kepada teman-teman saya yang telah mendukung dan menemani saya dalam pembuatan skripsi saya ini, penyusunan laporan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang terkait. Melalui kesempatan ini saya selaku Mahasiswa Universitas Medan Area mengucapkan terimakasih kepada Bapak Muhammad Yusuf Rahmansyah Siahaan, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing saya yang telah banyak memberikan masukan dan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini dan juga seluruh Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Mesin dan staf pegawai Fakultas Teknik Universitas Medan Area yang telah banyak membekali penulis ilmu dan pengetahuan selama mengikuti perkuliahan.

Saya juga mengucapkan terimakasih kepada teman-teman, yang telah membantu saya selama saya menjalani perkuliahan saya sampai saat ini.

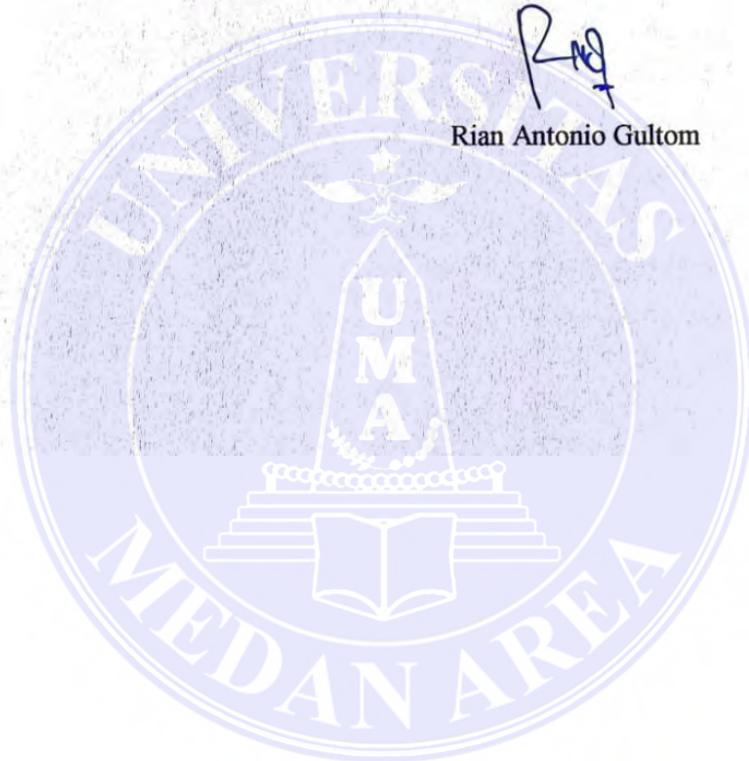
Akhir kata penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang membantu penulis untuk menyelesaikan proposal ini semoga dapat bermanfaat bagi siapa saja yang membacanya.

Medan, 2 Desember 2024

Penulis,



Rian Antonio Gultom



## DAFTAR ISI

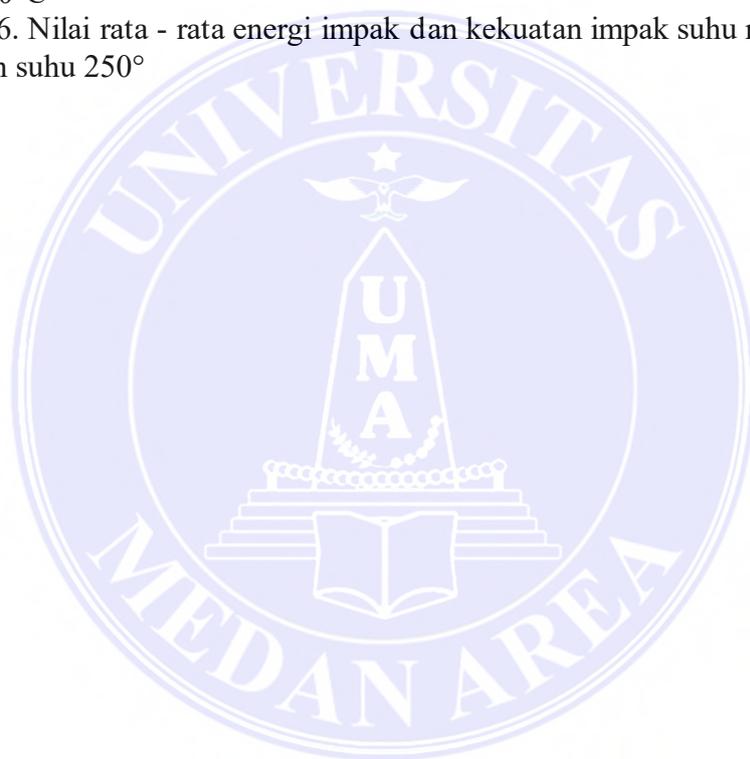
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	iv
ABSTRAK.....	v
RIWAYAT HIDUP.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan penelitian .....	4
1.4. Hipotesis Penelitian .....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Kuningan .....	6
2.2. Tembaga .....	10
2.3. Pengaruh Suhu.....	13
2.4. Uji Impak.....	16
2.5. Jenis Patahan .....	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	26
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian .....	26
3.2. Bahan dan Alat .....	27
3.3. Metode Penelitian.....	32
3.4. Populasi dan Sampel.....	33
3.5. Prosedur Kerja.....	33
3.6. Diagram Alir Penelitian.....	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	41
4.1. Hasil.....	41

4.2. Pembahasan .....	50
BAB V SIMPULAN DAN SARAN .....	63
5.1. Simpulan .....	63
5.2. Saran .....	64
DAFTAR PUSTAKA .....	65



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Sifat Mekanik Kuningan Yang Biasa Digunakan	8
Tabel 2.2. Sifat Mekanik Tembaga Yang Biasa Digunakan	12
Tabel 3.1. Jadwal Tugas Akhir	26
Tabel 4.1. Spesifikasi Spesimen	42
Tabel 4.2. Hasil pengujian impact	45
Tabel 4.3. Nilai Energi Impact dan Kekuatan Impact Pengujian Spesimen Dengan Suhu Ruangan	51
Tabel 4.4. Nilai Energi Impact dan Kekuatan Impact Pengujian Spesimen Dengan Suhu 100°C	53
Tabel 4.5. Nilai Energi Impact dan Kekuatan Impact Pengujian Spesimen Dengan Suhu 250°C	55
Tabel 4.6. Nilai rata - rata energi impact dan kekuatan impact suhu ruangan, suhu 100° dan suhu 250°	57



## DAFTAR GAMBAR

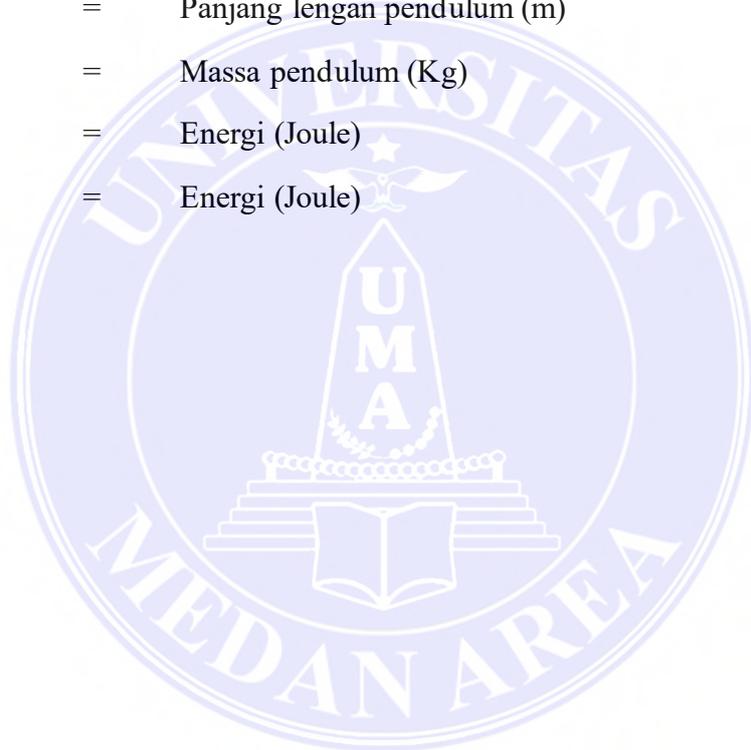
Gambar 2.1. Kuningan	7
Gambar 2.2. Diagram Fasa Kuningan	10
Gambar 2.3. Struktur Kristal Tembaga	12
Gambar 2.4. Diagram Fasa	16
Gambar 2.5. Mesin Uji Impact (a) Izod, dan (b) Charpy	17
Gambar 2.6. Uji Impak Jatuh Bebas	20
Gambar 2.7. Alat Uji <i>KOMPAK</i>	21
Gambar 2.8. Ilustrasi Skematis Pengujian Impak Charpy	21
Gambar 2.9. Sudut awal $\alpha$ dan sudut akhir $\alpha_0$	22
Gambar 2.10. Patahan Berserat	24
Gambar 2.11. Patahan Getas	25
Gambar 2.12. Patahan Campuran	25
Gambar 3.1. Logam Tembaga	27
Gambar 3.2. Logam Kuningan	27
Gambar 3.3. Alat Uji Impak Charpy	28
Gambar 3.4. Thermometer	29
Gambar 3.5. Tungku	29
Gambar 3.6. Mesin Sekrap	30
Gambar 3.7. Tang Burung	30
Gambar 3.8. Perekat Dextone	31
Gambar 3.9. Plat Baja ST37	31
Gambar 3.10. Standard ASTM dan Ukuran Spesimen	32
Gambar 3.11. Diagram alir prosedur pembuatan spesimen kuningan	33
Gambar 3.12. Membuat takik dengan mesin skrap	34
Gambar 3.13. Diagram alir Prosedur pembuatan spesimen tembaga	34
Gambar 3.14. Diagram alir prosedur penggabungan spesimen	35
Gambar 3.15. Diagram alir proses pengujian pada suhu ruangan	36
Gambar 3.16. Diagram alir proses pengujian pada suhu 100°C dan 250°C	37
Gambar 3.17. Spesimen dipanaskan di tungku	37
Gambar 3.18. Proses pemindahan spesimen ke dudukan alat uji	38
Gambar 3.19. Proses mensejajarkan takik spesimen dengan pendulum	38
Gambar 3.20. Diagram Alir Penelitian	39
Gambar 4.1. Bahan tembaga dan kuningan setelah di potong	40
Gambar 4.2. Spesimen di timpa menggunakan plat baja pada saat perekatan	41
Gambar 4.3. Sampel spesimen sebelum di uji dengan suhu ruangan	42
Gambar 4.4. Sampel spesimen sebelum di uji dengan suhu 100°C	43
Gambar 4.5. Sampel spesimen sebelum di uji dengan suhu 250°C	43
Gambar 4.6. Posisi spesimen di dudukan yang akan di uji	45
Gambar 4.7. Posisi takik spesimen berada di tangan pendulu	45
Gambar 4.8. Spesimen yang akan di uji dengan pengaruh suhu	46
Gambar 4.9. Posisi alat dan spesimen yang siap dilakukan pengujian	46
Gambar 4.10. Sudut akhir pengujian	47
Gambar 4.11. Hasil pengujian spesimen pada suhu normal	47
Gambar 4.12. Hasil pengujian spesimen pada suhu 100°C	48
Gambar 4.13. Hasil pengujian spesimen pada suhu 250°C	48

Gambar 4.14. Grafik energi impact dengan suhu ruangan	50
Gambar 4.15. Grafik kekuatan impact dengan suhu ruangan	51
Gambar 4.16. Grafik energi impact dengan pengaruh suhu 100°C	52
Gambar 4.17. Grafik kekuatan impact dengan pengaruh suhu 100°C	53
Gambar 4.18. Grafik energi impact dengan pengaruh suhu 250°C	54
Gambar 4.19. Kekuatan impact dengan pengaruh suhu 250°C	55
Gambar 4.20. Grafik perbandingan energi impact 3 variasi suhu	55
Gambar 4.21. Grafik perbandingan kekuatan impact 3 variasi suhu	56
Gambar 4.22. Grafik hasil rata-rata energi impact pada spesimen	57
Gambar 4.23. Grafik hasil rata-rata kekuatan impact pada spesimen	57
Gambar 4.24. Hasil patahan spesimen pada suhu normal	58
Gambar 4.25. Hasil patahan spesimen pada suhu 100°C	59
Gambar 4.26. Hasil patahan spesimen pada suhu 250°C	60



## DAFTAR NOTASI

$acN$	=	Kekuatan Impak ( $J/mm^2$ )
$bn$	=	Lebar benda uji (mm)
$\cos \alpha_0$	=	Sudut awal
$\cos \alpha_r$	=	Sudut akhir atau sudut setelah menghantam spesimen
$g$	=	Ketetapan gravitasi ( $9,81 m/s^2$ )
$h$	=	Tinggi benda uji (mm)
$L_p$	=	Panjang lengan pendulum (m)
$M_p$	=	Massa pendulum (Kg)
$W$	=	Energi (Joule)
$W_c$	=	Energi (Joule)



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Perkembangan proses manufaktur dewasa ini baik yang bergerak dalam bidang jasa maupun produksi tentunya disertai pula oleh peningkatan kebutuhan akan material yang bukan hanya dari segi kuantitas tapi juga dari segi kualitas sehingga tidak menimbulkan kesalahan ataupun cacat dalam produksi (Zuchry M. 2012).

Kuningan adalah logam yang merupakan campuran dari tembaga dan seng. Tembaga merupakan komponen utama dari kuningan, dan kuningan biasanya diklasifikasikan sebagai paduan tembaga. Warna kuningan bervariasi dari coklat kemerahan gelap hingga ke cahaya kuning keperakan tergantung pada jumlah kadar seng. Seng lebih banyak mempengaruhi warna kuningan tersebut (Syahruiji 2019).

Tembaga merupakan salah satu logam ringan yang paling banyak dimanfaatkan oleh manusia selain karena kelimpahannya yang besar di alam juga disebabkan sifat-sifat yang dimiliki oleh tembaga. Tembaga mempunyai sifat-sifat unggul antara lain mempunyai laju korosi yang lambat, konduktivitas termal dan elektrik yang baik, relatif lunak dan mudah dikerjakan misalnya dicetak, diekstrusi, ditarik, dipres, ditempa dan dirol. Tembaga adalah suatu logam yang diambil dari biji dasar pada Copperpyrites. Copperpyrites adalah tanah tambang dimana tembaga bereaksi secara kimia dengan besi dan belerang =  $\text{CuFeS}_2$ . Serta logam ini mempunyai kemurnian pada hantaran panas dengan suhu  $20^\circ\text{C}$  sebesar 0,941

Cal/cm derajat/detik. Dalam pemurnian tembaga untuk keperluan industri biasanya terdapat unsur-unsur gas yang memberikan pengaruh terhadap berbagai sifat. Oksigen merupakan unsur yang penting yang berhubungan erat dengan kadar hidrogen dan belerang. Tembaga banyak digunakan untuk komponen dan produk elektrik, dan juga peralatan rumah tangga. Sedangkan, laju korosi tembaga yang rendah banyak dimanfaatkan untuk melapisi logam lain yang mempunyai laju korosi tinggi misalnya baja. Pelapisan tembaga pada baja dapat mengontrol atmosfer korosi dari baja, meningkatkan konduktifitas elektrik dan termal baja (Bagus 2013).

Kuningan sangat mudah untuk di bentuk ke dalam berbagai bentuk, sebuah konduktor panas yang baik, dan umumnya tahan terhadap korosi dari air garam. Karena sifat-sifat tersebut, kuningan kebanyakan digunakan untuk membuat pipa, tabung, sekrup, radiator, alat musik, aplikasi kapal laut, dan casing cartridge untuk senjata api (Surdia 1999).

Pengujian impak merupakan salah satu uji mekanik yang dapat dipakai untuk menganalisis karakteristik bahan seperti kemampuan bahan terhadap benturan dan karakteristik keuletan bahan terhadap perubahan suhu. Alat uji impak merupakan salah satu alat uji yang sering digunakan dalam pengembangan bahan struktur material dalam mengukur kemampuan beban kejut. Batang impak biasanya banyak di gunakan di Amerika Serikat (Munanda 2022).

Pengujian impak Charpy (juga dikenal sebagai tes Charpy v-notch) merupakan standar pengujian laju regangan tinggi yang menentukan jumlah energi yang diserap oleh bahan selama terjadi patahan. Energi yang diserap adalah ukuran ketangguhan bahan tertentu dan bertindak sebagai alat untuk belajar

bergantung pada suhu transisi ulet getas. Metode ini banyak digunakan pada industri dengan keselamatan yang kritis, karena mudah untuk dipersiapkan dan dilakukan. Kemudian hasil pengujian dapat diperoleh dengan cepat dan murah (Yopi 2013).

Dari beberapa kejadian benturan jangkar terhadap kabel bawah laut dan juga beberapa kasus alat elektronik terjatuh, maka penelitian ini dibuat untuk menganalisis beberapa bahan untuk penguat dan memberikan informasi mengenai ketangguhan bahan terhadap pembebanan secara tiba tiba, pengujian ini dilakukan untuk menguji spesimen material bahan kuningan yang diperkuat bahan tembaga menggunakan alat uji impak charpy. Pengujian ini sangat penting untuk mengetahui kekuatan terhadap suatu material dengan memberikan beban atau tumbukan pada material. Setelah melakukan riset singkat kemudian peneliti akan menganalisis dan menguji impak pada material kuningan diperkuat bahan tembaga yang nantinya hasil dari analisis dapat digunakan sebagai motivasi untuk meningkatkan kualitas suatu produk.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Berdasarkan dari latar belakang, terdapat objek yang berhubungan pada penelitian ini dimana:

1. Material bahan kuningan yang diperkuat bahan tembaga terhadap proses pengujian kekuatan impak dan energi impak yaitu bagaimana menganalisis pengaruh temperatur terhadap kekuatan impak dan energi impak dari bahan kuningan yang diperkuat tembaga.

### 1.3. Tujuan penelitian

Tujuan penelitian diperlukan untuk menghindari pembahasan atau pengkajian yang tidak terarah dan agar dalam pemecahan masalah dapat dengan mudah dilaksanakan. Adapaun batasan-batasan masalah dalam penelitian ini adalah.

1. Membuat spesimen uji impact bahan kuningan yang diperkuat bahan tembaga dengan standard ASTM-E23.
2. Menguji spesimen material bahan kuningan yang diperkuat bahan tembaga menggunakan impact charpy.
3. Analisis pengaruh temperatur terhadap kekuatan impact bahan kuningan yang diperkuat bahan tembaga.

### 1.4. Hipotesis Penelitian

Pengujian pengaruh temperatur pada bahan kuningan yang diperkuat bahan tembaga terhadap kekuatan impact ini dapat diuji dengan melakukan pengambilan data pada bahan kuningan yang diperkuat bahan tembaga pada suhu tertentu, dan kemudian dilakukan analisis data untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh suhu terhadap kekuatan impact pada bahan kuningan yang diperkuat bahan tembaga atau tidak. Diharapkan dapat memenuhi tujuan yang ingin dicapai seperti menguji spesimen menggunakan alat uji impact charpy serta dapat mengetahui variasi temperatur terhadap kekuatan impact berdasarkan data yang dikumpulkan. Peneliti berharap penelitian ini berjalan dengan baik agar nantinya penelitian ini berguna bagi referensi untuk peneliti selanjutnya yang ingin mengembangkan atau meneliti penelitian yang serupa.

### 1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini berkenaan memberikan manfaat ilmiah dan manfaat praktis. Yakni:

1. Memberikan informasi yang berguna tentang bagaimana bahan kuningan yang dikombinasikan dengan tembaga berperan dalam meningkatkan kekuatan impak.
2. Memberikan informasi tentang bagaimana suhu berpengaruh pada sifat-sifat struktur dan kekuatan dari bahan kuningan yang ditambahkan dengan bahan tembaga.
3. Hasil penelitian ini dapat membantu para insinyur untuk menentukan dan mengendalikan suhu bagi bahan kuningan yang diperkuat bahan tembaga agar dapat mencapai tingkat kekuatan impak yang tinggi.

## BAB II

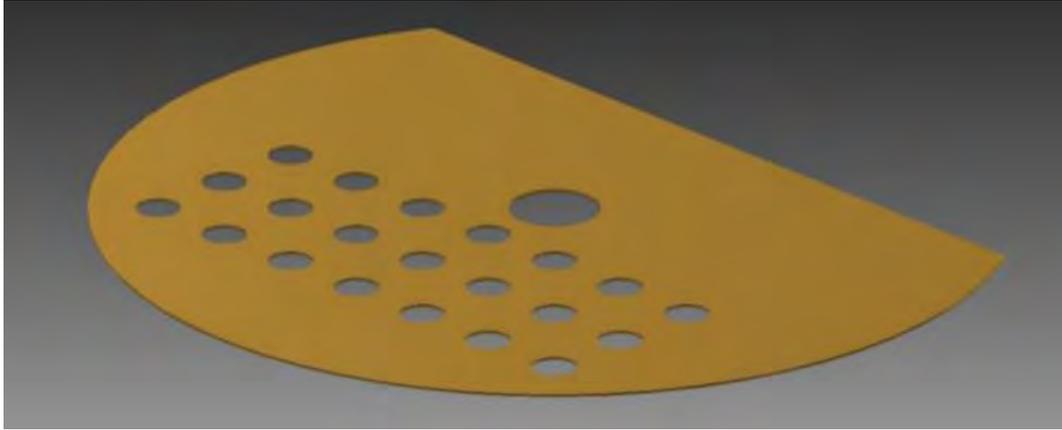
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Kuningan

Kuningan adalah logam yang merupakan paduan tembaga dan seng. Tembaga adalah komponen utama kuningan, dan kuningan biasanya diklasifikasikan sebagai paduan tembaga. Warna kuningan bervariasi dari coklat tua kemerahan sampai kuning keperakan terang tergantung kandungan sengnya. Seng lebih mempengaruhi warna kuningan.

Komponen utama kuningan adalah tembaga. Kandungan tembaga bervariasi tergantung pada jenis dan aplikasi kuningan. Kuningan dengan kandungan tembaga yang tinggi terbuat dari tembaga *elektrorefined*, menghasilkan kuningan dengan kemurnian minimal 99,3% untuk meminimalkan jumlah bahan lainnya. Kuningan tembaga rendah juga dapat dibuat dari tembaga elektro-halus, tetapi lebih sering dibuat dari skrap tembaga. Saat mendaur ulang, perlu mengetahui persentase tembaga dan bahan lainnya. Ini memungkinkan pabrikan menyesuaikan jumlah bahan yang ditambahkan untuk mencapai komposisi kuningan yang diinginkan.

Komponen kedua dari kuningan adalah seng (Zn). Jumlah seng bervariasi menurut beratnya tergantung pada jenis kuningan. Kuningan dengan kandungan seng tinggi lebih kuat dan keras, tetapi lebih sulit dibentuk dan memiliki ketahanan korosi yang lebih rendah. Seng yang digunakan untuk menghasilkan kuningan yang bernilai komersial dikenal sebagai *spelter*. Kuningan dapat dilihat pada gambar 2.1 (Syahrui 2019).



Gambar 2.1. Kuningan

### 2.1.1. Klasifikasi Kuningan

Klasifikasi kuningan adalah sebagai berikut:

1. Paduan Cu - (5~20%) Zn, untuk bahan bangunan dan peralatan rumah tangga.
2. Paduan Cu - (25~35%) Zn, juga dikenal sebagai kuningan 7/3, mudah dikerjakan dengan mesin dan cukup kuat untuk digunakan di bagian yang kompleks.
3. Paduan Cu – (35~5%) Zn, juga disebut 6/4 kuningan. Lebih murah, sering mendapatkan perlakuan panas dan berkekuatan tinggi. Banyak digunakan dalam pemrosesan lembaran logam dan peralatan mesin.
4. Paduan Cu–Zn–Sn (Naval Brass, kuningan perkapalan) yang mana kuningan 6/4 ditambahkan timah 0.5 ~ 1.5%. Namun bila kuningan 7/3 ditambahkan timah sekitar 1% disebut Admiral Brass, kuningan laksamana. Ketahanan korosi air laut yang tinggi. Banyak digunakan untuk kondenser air, bagian kapal laut.

5. Kuningan berkekuatan tinggi (Cu-Zn-Mn), merupakan kuningan 6/4 yang dipadu dengan mangan 0.3 ~ 3% dan Al, Fe, Ni dan Sn di bawah 1% untuk meningkatkan kekuatan dan memperbaiki daya tahan terhadap korosi. Mn dan Fe melunakkan partikel logam untuk meningkatkan kekuatannya. Al dan Sn meningkatkan ketahanan terhadap korosi dan ketahanan terhadap aus. Nikel juga meningkatkan kekuatan dan ketahanan aus.

### 2.1.2. Sifat-sifat Kuningan

Kuningan adalah kuning redup yang agak mirip dengan emas. Ini relatif tahan terhadap perubahan warna dan sering digunakan untuk perhiasan dan koin. Kuningan memiliki kelenturan yang lebih tinggi dari perunggu atau seng. Titik leleh kuningan, yang merupakan paduan tembaga dan seng, adalah 900°C -1200°C, dan titik lelehnya bervariasi tergantung pada paduan tembaga dan seng. Kuningan lebih kuat dan lebih keras dari tembaga, tetapi tidak sekuat atau sekeras baja. Kuningan sangat mudah dibentuk kedalam berbagai bentuk, memiliki konduktivitas termal yang baik, dan umumnya tahan terhadap korosi oleh air dan garam. Karena sifat-sifat tersebut, kuningan digunakan dalam pembuatan suku cadang kapal laut, suku cadang mesin, karya seni rupa, dan peralatan rumah tangga.

Tabel 2.1. Sifat Mekanik Kuningan Yang Biasa Digunakan

Base Metal	Yield Strength		Tensile Strength		% Elongation in 2 inch (50mm) gage length	Hardness (BHN)
	psi	MPa	psi	MPa		
Brass	20	206	62	427	47	89

Tabel 2.1 menunjukkan sifat mekanik yang umum untuk kuningan yang umum digunakan dalam industri fabrikasi. *Tensile Strength* (kekuatan tarik) adalah

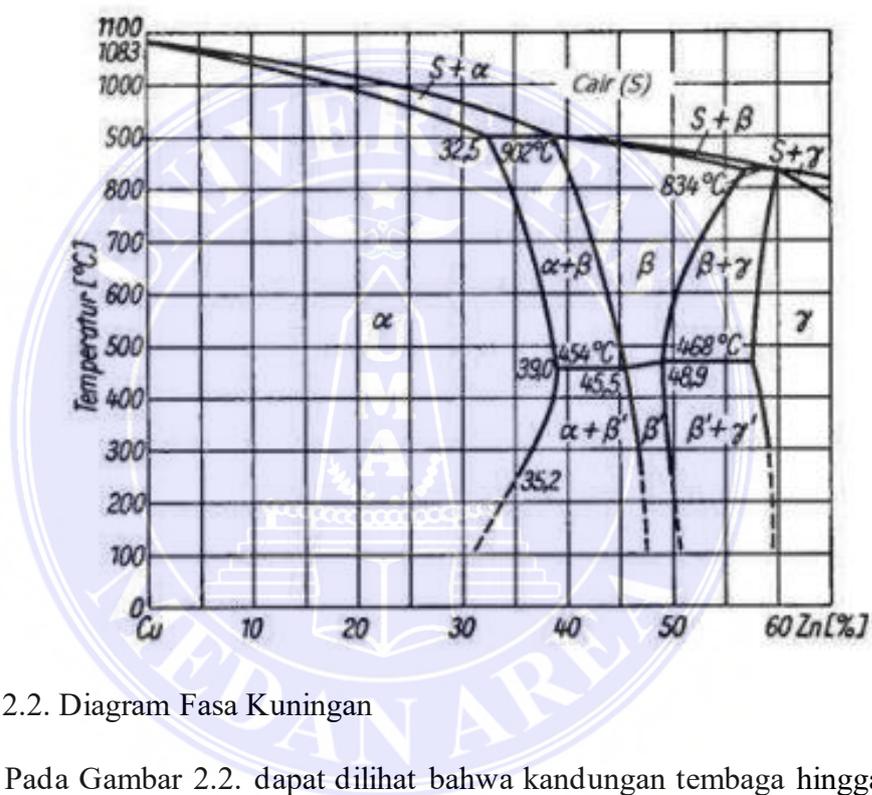
berat atau beban maksimal dalam suatu tegangan yang dapat ditahan oleh material sampai akhirnya patah dan rusak, sedangkan *Yield Strength* (kekuatan luluh) adalah berat atau beban dalam suatu tegangan saat sebuah material berkurang sifat elastifitasnya. *Elongation* (pemanjangan) adalah sebuah pengujian mekanikal pemeluran/pemanjangan suatu benda dan bukan sebuah elastisitas, cara menguji *elongation* itu didapat ketika benda tersebut ditarik hingga putus dan dapat dirumuskan  $Elongation (\%) = ((\text{panjang akhir} - \text{panjang awal}) : \text{panjang awal}) \times 100$ . Hardness (kekerasan) merupakan besarnya gaya tekan di uji dengan uji kekerasan brinell sebuah pengujian kekerasan terhadap suatu bahan, dalam tes ini, sebuah bola baja berdiameter tertentu diletakkan di atas bahan yang sedang diuji, lalu dikenakan suatu beban.

### 2.1.3. Paduan Kuningan

Paduan CuZn dengan kandungan 70% dan 30% merupakan fasa yang mudah dikerjakan. Fasa  $\alpha$  yang lunak dan mudah dikerjakan, dimana fasa terdiri dari fasa  $\alpha$  saja bukan pada temperatur biasa tetapi juga pada temperatur tinggi sehingga pelunakan untuk menguraikan struktur coran mempunyai pengaruh tertentu tetapi pengerasan bisa terjadi pada perubahan sifatsifat yang terkandung dalam paduan itu sendiri. Sedangkan kuningan 60% dan 40% merupakan fasa  $\alpha + \beta$  yang mempunyai kekuatan tinggi dan banyak paduan dari ini yang mempunyai kekuatan tarik yang tinggi (Setiawan 2013).

Unsur paduan lain yang dapat ditambahkan ke paduan kuningan antara lain: Al, Fe, Mn, Ni, Pb, dan Si, yang mempengaruhi penambahan seng. Kuningan berasal dari zaman Romawi. Gambar 2.2 menunjukkan diagram fasa Cu-Zn. Sistem ini memiliki 6 fasa yaitu  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\epsilon$ , dan  $\eta$  dari semua fase yang penting secara

industri adalah  $\alpha$  dan  $\beta$ .  $\alpha$  memiliki struktur fcc dan  $\beta$  memiliki struktur bcc. Ada juga fasa  $\beta'$  dengan kisi super. Dari diagram fasa 70-30 kuningan, fasa  $\alpha$  adalah fasa lunak dan mudah diterapkan, 60-40 kuningan adalah fase  $\alpha + \beta$  berkekuatan tinggi, dan banyak paduannya memiliki kekuatan tarik tinggi. Paduan yang mengandung sekitar 45% Zn memiliki kekuatan tertinggi, tetapi hanya digunakan untuk paduan tuang, karena tidak dapat dikerjakan dengan mesin.



Gambar 2.2. Diagram Fasa Kuningan

Pada Gambar 2.2. dapat dilihat bahwa kandungan tembaga hingga 70% dan kandungan seng 30% termasuk dalam kategori fase dimana titik leburnya mencapai 900°C dan telah mencair.

## 2.2. Tembaga

Tembaga (Cu) merupakan logam transisi golongan IB yang memiliki nomor atom 29 dan berat atom 63,55 g/mol. Tembaga dalam bentuk logam memiliki warna kemerah-merahan, namun lebih sering ditemukan dalam bentuk berikatan dengan

ion-ion lain seperti sulfat sehingga memiliki warna yang berbeda dari logam tembaga murni. Tembaga sulfat pentahidrat ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) merupakan salah satu bentuk persenyawaan Cu yang sering ditemukan. Senyawa tersebut biasa digunakan dalam bidang industri, misalnya untuk pewarnaan tekstil, untuk penyepuhan, pelapisan, dan pembilasan pada industri perak (Herlin 2013).

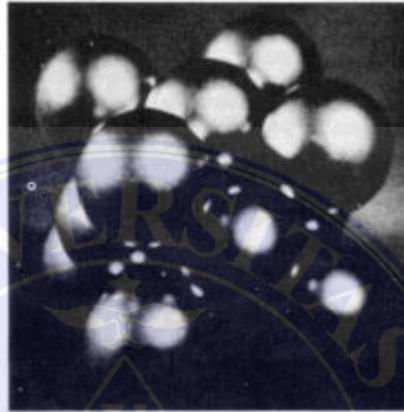
Penggunaan tembaga dan paduannya telah digunakan oleh manusia selama ribuan tahun. Tembaga diyakini sebagai logam tertua yang ditambang dan diproses oleh manusia. Dengan kekuatan dan keuletannya yang luar biasa, kemudahan pemrosesan, dan ketersediaan yang melimpah, tembaga adalah bahan yang sangat baik untuk membuat barang, perhiasan, dan alat atau komponen sehari-hari tertentu yang menggunakan teknik canggih.

### 2.2.1. Klasifikasi Tembaga

Sistem penamaan *Unified Numbering System* (UNS) merupakan sistem penamaan yang diterima secara luas untuk produk *wrought copper*, *cast copper*, dan paduan tembaga. Penamaannya biasanya dapat diketahui dengan 5 digit angka yang dimulai dengan huruf "C". Sistem penamaan ini didasarkan pada sistem penamaan sebelumnya yang menggunakan 3 digit angka dalam industri tembaga di Amerika Serikat. Sebagai contoh, *Copper Alloy* No. 377 menjadi C37700 dalam sistem penamaan UNS. Sistem penamaan ini didaftarkan oleh *Copper Association Development (CDA)*. Penamaan ini kemudian disusun oleh *American Society for Testing Materials (ASTM)* dan *Society of Automotive Engineers (SAE)*. Penamaan range C10000 sampai C79999 merupakan penamaan yang digunakan untuk *wrought copper*, sedangkan range C80000 sampai C99999 merupakan penamaan untuk *cast alloy* (Cowie 2006).

### 2.2.2. Sifat-sifat Tembaga

Tembaga adalah logam non-polimorf dengan kisi *face centered cubic* (FCC), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3. Tembaga murni berwarna kemerahan, kekuningan bila dicampur dengan seng, dan keperakan bila dicampur dengan nikel (Skočovský 2000).



Gambar 2.3. Struktur Kristal Tembaga

Sifat-sifat yang pada umumnya dianggap sebagai keunggulan tembaga antara lain sebagai berikut:

1. Konduktifitas termal dan listrik yang bagus
2. Kombinasi kekuatan dan keuletan yang baik
3. Mudah difabrikasi (*machinability, castability, serta weldingability*)
4. Memiliki ketahanan korosi yang tinggi
5. Memiliki penampilan estetika yang baik (Kutz 2006).

Tabel 2.2. Sifat Mekanik Tembaga Yang Biasa Digunakan

Base Metal	Yield Strength		Tensile Strength		% Elongation in 2 inch (50mm) gage length	Hardness (BHN)
	psi	MPa	psi	MPa		
Copper	10	68	33	227	40	30

Pada tabel 2.2 diatas menunjukkan sifat mekanik yang umum untuk tembaga yang umum digunakan dalam industri fabrikasi. *Tensile Strength*

(kekuatan tarik) adalah berat atau beban maksimal dalam suatu tegangan yang dapat ditahan oleh material sampai akhirnya patah dan rusak, sedangkan *Yield Strength* (kekuatan luluh) adalah berat atau beban dalam suatu tegangan saat sebuah material berkurang sifat elastifitasnya. *Elongation* (pemanjangan) adalah sebuah pengujian mekanikal pemeluran/pemanjangan suatu benda dan bukan sebuah elastisitas, cara menguji elongation itu didapat ketika benda tersebut ditarik hingga putus dan dapat dirumuskan  $Elongation (\%) = ((\text{panjang akhir} - \text{panjang awal}) : \text{panjang awal}) \times 100$ . *Hardness* (kekerasan) merupakan besarnya gaya tekan di uji dengan uji kekerasan *brinell* sebuah pengujian kekerasan terhadap suatu bahan, dalam tes ini, sebuah bola baja berdiameter tertentu diletakkan di atas bahan yang sedang diuji, lalu dikenakan suatu beban.

### 2.3. Pengaruh Suhu

Suhu merupakan faktor penting yang mempengaruhi sifat fisik dan mekanik bahan logam. Peningkatan temperatur dapat meningkatkan kekerasan, kuat tarik, modulus elastisitas dan nilai kekerasan. Namun, peningkatan suhu juga dapat menurunkan kekuatan tarik, kekerasan dan daya tahan. Kenaikan suhu yang ekstrim dapat menyebabkan struktur logam menjadi tidak stabil dan akhirnya retak atau pecah. Peningkatan suhu yang konstan juga dapat menyebabkan material rusak karena korosi atau oksidasi.

Perlakuan panas adalah proses memanaskan dan mendinginkan logam dalam keadaan padat untuk mengubah sifat mekaniknya. Dengan perlakuan panas yang tepat, tegangan dapat dihilangkan, ukuran butir dapat diperbesar atau diperkecil. Selain itu, resistensi meningkat atau permukaan keras dapat terbentuk di sekitar inti yang ulet. Komposisi paduan harus diketahui untuk memungkinkan

perlakuan panas yang tepat, karena perubahan komposisi kimia dapat menyebabkan perubahan sifat fisis. Secara umum, metode perlakuan panas digunakan untuk mendapatkan sifat mekanik yang diinginkan dari suatu logam atau paduan. Selain itu, proses perlakuan panas juga digunakan untuk menyeragamkan struktur mikro, memperluas butiran, meningkatkan kekerasan, meningkatkan daya tahan dan meningkatkan kemampuan *machinability* logam.

Annealing adalah proses di mana logam dipanaskan tepat di atas suhu kritis, yang dicapai terus menerus, diikuti dengan pendinginan lambat, menjaga suhu eksternal dan internal kira-kira sama. Tujuan dari proses ini adalah untuk mengurangi tegangan internal, menghaluskan logam, mengurangi kekerasan (melunakkan logam) agar lebih ulet dan keras setelah proses tersebut. Properti ini membuat benda kerja mudah dikerjakan dan kemudian mengeras lagi. Struktur yang tidak rata dan tekanan internal yang dihasilkan dari operasi pengerolan atau penempaan dapat diatasi (Zuchry 2012).

Macam-macam struktur fasa yaitu:

1. FERIT

Fasa ferit disebut besi alpha ( $\alpha$ ) dan merupakan larutan padat interstisi dengan sel kristal berupa BCC (*Body Centered Cubic*). Ruang antara atomnya kecil dan rapat sehingga kelarutan karbon sangat kecil. Pada suhu ruang kadar karbonnya hanya 0,008% sehingga dapat dianggap besi murni. Kadar maksimum besi alpha sebesar 0,02% pada suhu A1 atau 727°C. Ferit bersifat *feromagnetik* sampai pada suhu 768°C dan bersifat ulet.

## 2. PERLIT

Fasa ini merupakan campuran yang terdiri dari dua fasa ferit dan sementit dalam bentuk lamellar yang berseling-seling. Perlit merupakan hasil dari reaksi *eutektoid* pada pendinginan dibawah suhu 7270C.

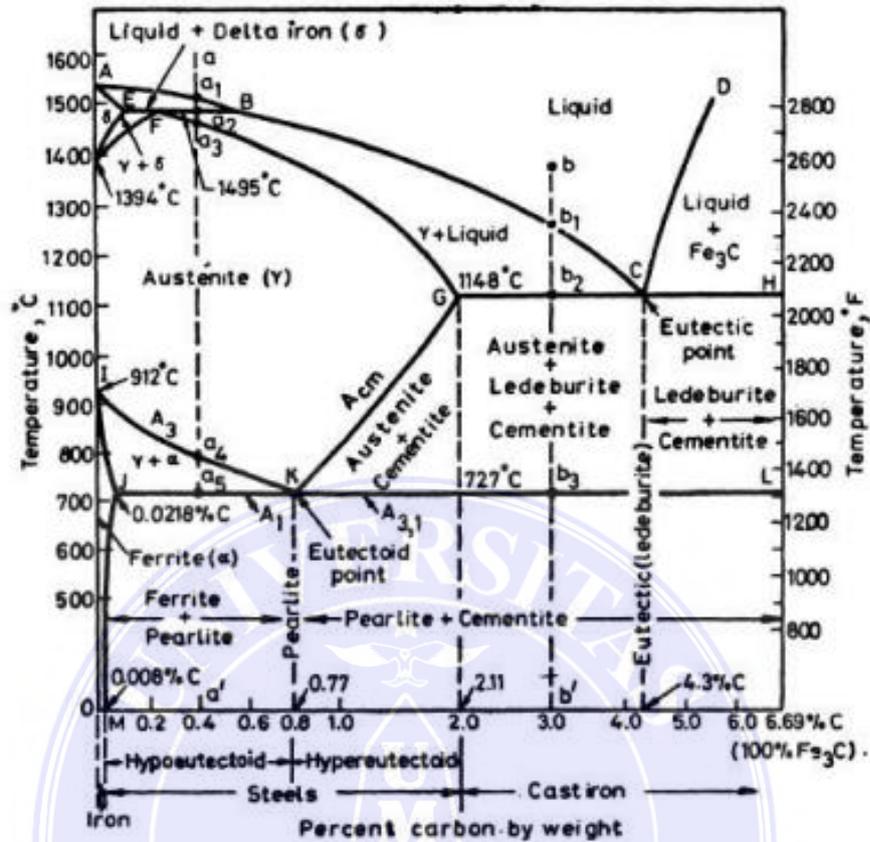
## 3. AUSTENIT

Fasa ini disebut besi gamma ( $\gamma$ ) dan merupakan larutan padat interstisi dengan sel kristal berupa FCC (*Face Centered Cubic*). Ruang antar atomnya lebih besar dibandingkan dengan ferit dan fasa ini stabil pada suhu yang lebih tinggi yaitu antara 9100C sampai 14000C, pada besi murni. Kadar karbon maksimum besi gamma 2,06% pada suhu 11470C. karena kadar karbon dalam baja umumnya lebih kecil dari 2%, maka proses austenisasi seluruh karbon dapat larut sebagai larutan padat

## 4. SEMENTIT

Fasa ini disebut besi karbida yang merupakan senyawa interstisi dengan rumus kimia  $Fe_3C$ . Perbandingan atom-atom Fe dan C dalam kristal adalah 3 : 1. Sel kristal berisi 12 atom Fe dan 4 atom C, per unit sel. Kadar karbon dalam sementit sebesar 6,67% dan senyawa ini bersifat keras tetapi rapuh. Pada baja, fasa ini dapat meningkatkan kekuatan, kekerasan dan ketahanan aus.

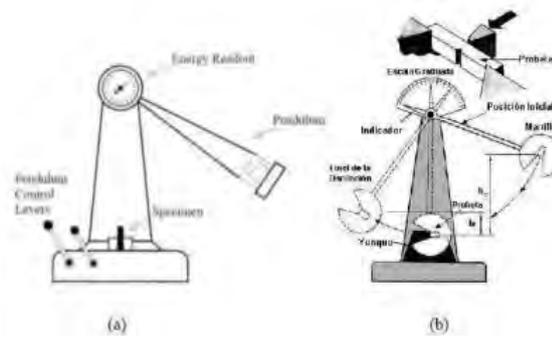
Gambar diagram fasa dapat dilihat pada gambar 2.4 dibawah ini:



Gambar 2.4. Diagram Fasa

## 2.4. Uji Impak

Pengujian impak adalah pembebanan yang sangat cepat. Dilakukan pada bahan yang terkena pukulan dan benturan, seperti kecelakaan kendaraan seperti sepeda motor, mobil, dan benturan helm. Uji impak yang mengukur ketangguhan material terhadap benturan dan beban benturan. Pengujian impak distandarisasi oleh Charpy dan Izod. Tes ini membuat spesimen terkena benturan pendulum dan mengukur energi yang dibutuhkan untuk mematahkan spesimen. Kedua uji impak melibatkan pengukuran yang sama, tetapi dengan bentuk spesimen yang berbeda (Hadi 2016).



Gambar 2.5. Mesin Uji Impact (a) Izod, dan (b) Charpy

Pengujian impact digunakan untuk menentukan kecenderungan suatu material menjadi rapuh atau ulet berdasarkan sifat ketangguhannya. Selain itu, karena tidak mungkin untuk mengukur komponen gaya tarik tiga dimensi yang dihasilkan pada batang uji, tidak mungkin untuk secara langsung membaca hasil uji tumbukan dari keadaan patahan batang uji. Juga tidak ada kesepakatan umum tentang interpretasi atau penggunaan hasil yang diperoleh dari uji impact ini. Serangkaian jenis uji tumbukan batang berlekuk yang berbeda dilakukan untuk menentukan patah getas logam. Dua metode, metode Charpy dan metode Izod, telah ditetapkan sebagai standar uji impact ini. Metode Charpy banyak digunakan di Amerika Serikat, sedangkan metode Izod lebih umum digunakan di sebagian besar Eropa. Benda uji metode Charpy memiliki luas penampang 10 mm x 10 mm dan spesifikasi takik berbentuk V. Uji impact Charpy dan Izod diterapkan pada sudut 45°, kedalaman takik 2 mm, dan radius pusat 0,25 mm. Bilah uji Charpy kemudian ditempatkan secara horizontal pada titik tumpu dan tiba-tiba dibebani dengan mengayunkan pendulum berat di belakang sisi takik (kecepatan pemuatan  $\pm 5$  m/s). Bilah uji diberi energi untuk menekuk sampai patah pada laju regangan tinggi sekitar 103 detik. Saat ini, batang uji Izod dengan berbagai luas penampang dan takik

berbentuk V di dekat ujung batang lebih umum digunakan. Kedua metode ini juga memiliki proses loading yang berbeda (Dieter 1996).

Ada berbagai macam uji impak yaitu uji impak charpy, uji impak izod, kedua uji impak ini adalah uji impak yang sangat umum digunakan pada pengujian impak. Ada dua uji impak lainnya seperti uji impak jatuh bebas dan uji impak kecepatan tinggi. Macam-macam uji impak yaitu:

### 1. Uji Impak Izod

Uji impak izod dapat dilihat pada Gambar 2.5. (a) merupakan salah satu metode pengujian impak menggunakan teknik kantilever, pada uji impak Izod spesimen mendapatkan pembebanan dari depan, dalam uji impak Izod memungkinkan spesimen yang di uji tidak hanya logam saja tetapi dapat berupa bahan plastik atau bahan lainnya. Aspek panjang lengan pendulum, beban pendulum dan jenis material mengimplikasikan pengaruh tertentu pada hasil pengujian impak izod.

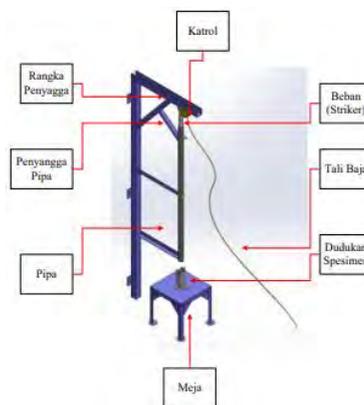
### 2. Uji Impak Charpy

Uji impak Charpy (juga dikenal sebagai uji Charpy V-notch) dapat dilihat pada Gambar 2.5. (b) adalah standar uji laju regangan tinggi yang menentukan jumlah energi yang diserap material saat terjadi patahan. Energi yang diserap adalah ukuran ketangguhan material tertentu dan berfungsi sebagai alat untuk mempelajari transisi ulet-ulet yang bergantung pada suhu. Metode ini banyak digunakan dalam industri yang kritis terhadap keselamatan karena mudah disiapkan dan diimplementasikan. Hasil tes kemudian dapat diperoleh dengan cepat dan murah. Tes ini dikembangkan oleh ilmuwan Perancis Georges Charpy pada tahun 1905. Tes ini penting untuk memahami masalah kapal karam selama Perang Dunia II.

Metode pengujian material ini saat ini digunakan untuk menguji material yang digunakan dalam pembangunan kapal dan jembatan, serta untuk menentukan bagaimana kondisi alam (badai, gempa bumi, dan bencana lain lainnya.) memengaruhi material yang digunakan dalam berbagai aplikasi industri, dan digunakan di banyak industri. Uji impak Charpy digunakan untuk menentukan secara statik kerapuhan atau keuletan material yang diuji (spesimen) dengan membebaskan benda uji (spesimen) ke beban mendadak (Yopi 2013).

### 3. Uji Impak Jatuh Bebas

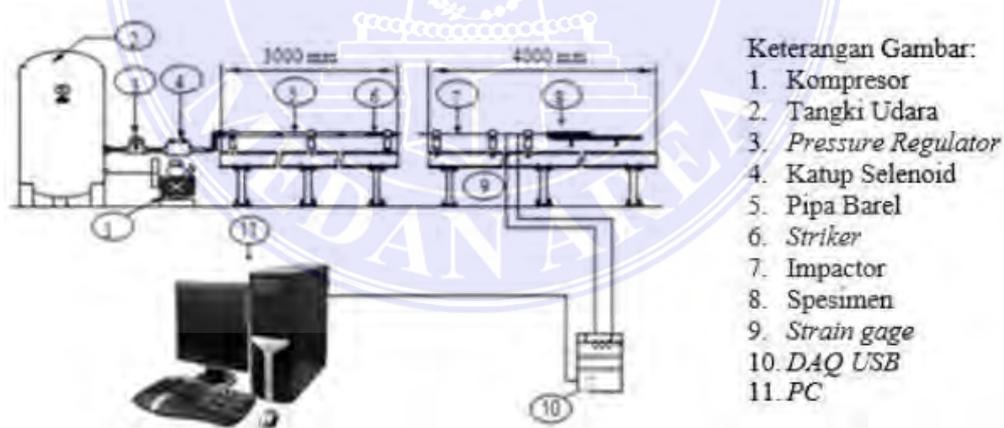
Pada penelitian uji impak jatuh bebas, beban dijatuhkan dari ketinggian 1500 mm melalui lubang pipa mengenai saklar pembatas lalu *stopwatch* mulai menghitung waktu dan ketika beban menyentuh saklar pembatas yang berada dibawah maka waktu pada *stopwatch* akan berhenti dengan sendirinya. Pipa digunakan juga sebagai tempat melekatnya saklar pembatas dan *stopwatch*, selain itu digunakan juga agar beban tetap mengarah lurus jatuh pada spesimen uji. Setelah Beban menghantam spesimen, akan terjadi deformasi (perubahan bentuk) pada spesimen uji karena terjadinya beban tumbukan (*impact force*) akibat beban berbenturan dengan spesimen (Porawati 2018). Gambar alat uji impak jatuh bebas dapat dilihat pada Gambar 2.6 dibawah ini.



Gambar 2.6. Uji Impak Jatuh Bebas

#### 4. Uji Impak Kecepatan Tinggi

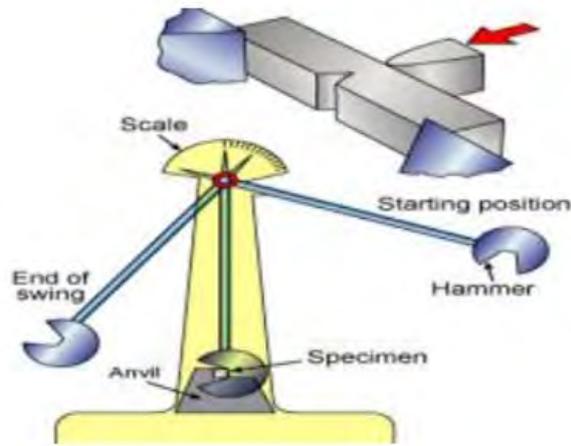
Standard uji impak yang umum dilakukan yaitu uji impak jatuh bebas, namun uji standard ini tergolong kecepatan impak rendah. Untuk mendapatkan hasil pengujian spesimen yang dikenai beban kecepatan tinggi dilakukan menggunakan alat uji *Air Gun Compressor* (AGC) atau yang lebih dikenal dengan alat uji *KOMPAK*, yang terdiri dari tiga buah batang yang disusun secara koliner yaitu, batang impak (striker), batang penerus (impak bar) dan spesimen (Syam 2003). *KOMPAK* seperti pada Gambar 2.7 adalah alat uji impak yang menggunakan udara bertekanan untuk menembakkan batang striker pada kecepatan tertentu. Batang striker kemudian menumbuk penabrak yang fungsinya untuk mengirimkan gelombang impak ke spesimen. Beban impak dipengaruhi oleh jumlah tekanan udara yang diterapkan, jarak impak batang striker, panjang batang dan jenis material (Irwan 2019).



Gambar 2.7. Alat Uji KOMPAK

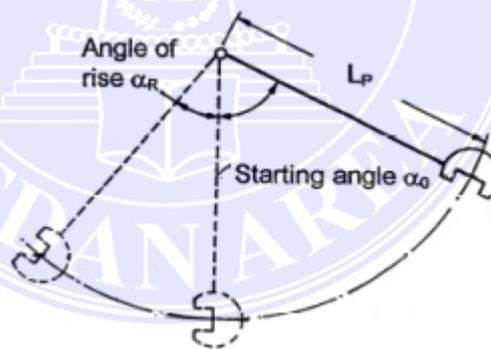
##### 2.4.1. Prinsip Dasar Alat Uji Impak Charpy

Secara skematik alat uji impak charpy seperti gambar 2.6 dibawah ini:



Gambar 2.8. Ilustrasi Skematis Pengujian Impak Charpy

Saat melakukan pengujian, energi  $W$  yang diserap oleh benda uji (lebih tepatnya energi yang dilepaskan oleh pendulum saat tumbukan) dihitung dari perbedaan ketinggian dari palu pendulum ke benda uji sebelum dan sesudah tumbukan dan massa  $m_p$  dari palu pendulum itu sendiri.



Gambar 2.9. Sudut awal  $\alpha_r$  dan sudut akhir  $\alpha_0$

Dari gambar 2.9. sebelumnya mungkin untuk menentukan energi yang diserap, sehubungan dengan vertikal, sudut awal  $\alpha_0$  dan sudut akhir  $\alpha_r$ . Didapati rumus energi yang diserap yaitu:

$$W = m_p g L_p (\cos \alpha_r - \cos \alpha_0) \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

$W$  = Energi (Joule)

$m_p$  = Massa Pendulum (Kg)

$g$  = Gravitasi ( $m/s^2$ )

$L_p$  = Panjang Lengan Pendulum (m)

Untuk menentukan kekuatan impak Charpy (atau Izod) dari spesimen acU yang tidak berlekuk, juga dikenal sebagai Ketahanan material, energi  $W_c$  yang digunakan untuk mematahkan spesimen terkait dengan luas penampang awal spesimen, dengan rumus berikut :

$$a_{cU} = \frac{W_c}{b \cdot h} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

$a_{cU}$  = Kekuatan Impak (Joule)

$W_c$  = Energi (Joule)

$b$  = Lebar Benda Uji (mm)

$h$  = Tinggi Benda Uji (mm)

Untuk mengukur kekuatan impak Charpy (juga Izod), spesimen berlekuk diposisikan secara terpusat pada penopang dan dengan takik pada permukaan tarikannya. Oleh karena itu tumbukan terjadi pada sisi takik yang berlawanan (sisi takik dalam uji Izod). Kekuatan takik charpy acN, dihitung dari energi yang diserap selama tumbukan  $W_c$  dalam kaitannya dengan luas penampang awal terkecil dari spesimen di dasar takikan:

$$a_{cN} = \frac{W_c}{b_n \cdot h} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

$a_{cN}$  = Kekuatan Impak (Joule)

$W_c$  = Energi (Joule)

$b_n$  = Lebar Benda Uji (mm)

$h$  = Tinggi Benda Uji (mm)

Informasi lain yang dapat diperoleh dari pengujian impact adalah temperatur transisi bahan. Temperatur transisi adalah temperatur yang menunjukkan transisi perubahan jenis perpatahan suatu bahan bila diuji pada temperatur yang berbeda-beda. Pengujian pada temperatur yang berbeda maka akan terlihat bahwa pada dideformasi pergerakan dislokasi menjadi lebih mudah dan benda uji menjadi lebih mudah dipatahkan dengan energi yang relatif lebih rendah serta temperatur tinggi material akan bersifat ulet sedangkan pada temperatur rendah material akan bersifat rapuh atau getas. Fenomena ini terkait dengan getaran atom-atom material pada temperatur yang berbeda dimana pada temperatur kamar getaran itu berada dalam kondisi kesetimbangan dan selanjutnya akan menjadi tinggi bila temperatur dinaikkan.

## 2.5. Jenis Patahan

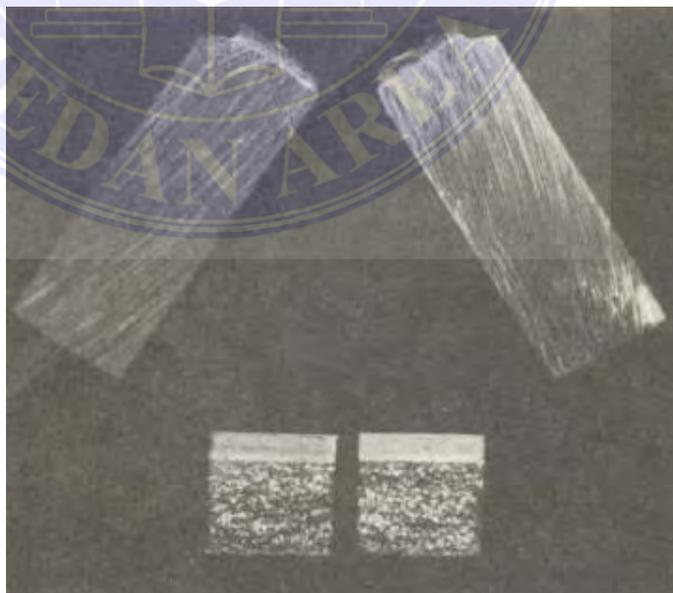
Pengukuran lain yang biasa dilakukan dalam pengujian impact Charpy adalah mengkaji permukaan perpatahan untuk menentukan jenis perpatahan yang terjadi. Secara umum sebagaimana analisis perpatahan pada benda hasil uji tarik maka perpatahan impact digolongkan menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Perpatahan berserat (*fibrous fracture*), yang melibatkan mekanisme pergeseran bidang-bidang kristal di dalam bahan (logam) yang ulet (*ductile*). Ditandai dengan permukaan patahan berserat yang berbentuk dimpel yang menyerap cahaya dan berpenampilan buram.



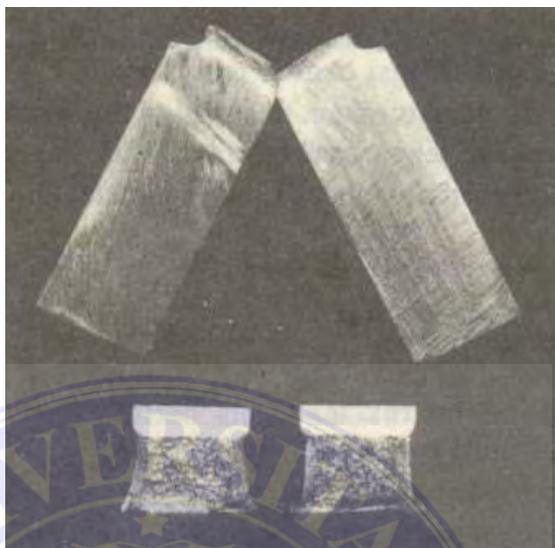
Gambar 2.10. Patahan Berserat

2. Perpatahan granular/kristalin, yang dihasilkan oleh mekanisme pembelahan pada butir-butir dari bahan (logam) yang rapuh (*brittle*). Ditandai dengan permukaan patahan yang datar yang mampu memberikan daya pantul cahaya yang tinggi (mengkilat).



Gambar 2.11. Patahan Getas

3. Perpatahan campuran (berserat dan granular). Merupakan kombinasi dua jenis perpatahan di atas.



Gambar 2.12. Patahan Campuran

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

##### 3.1.1. Tempat

Adapun tempat pelaksanaan penelitian ini yaitu dilakukan di Bengkel Bubut dan Las Sudarman atau Bengkel Arya.

##### 3.1.2. Waktu

Adapun waktu dan penelitian yang sejak tanggal keluarnya surat keputusan tugas akhir dan penentuan dosen pembimbing sebagai berikut.

Tabel 3.1. Jadwal Tugas Akhir

Aktifitas	Tahun 2023-2024									
	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun-Ags	Sep-Feb	Mar	Apr-Jun	Jul	
Pengajuan Judul	■									
Penulisan Proposal		■	■							
Seminar Proposal				■						
Proses Penelitian					■	■				
Pengolahan Data						■	■			
Penyelesaian Laporan							■	■		
Seminar Hasil								■	■	
Evaluasi dan persiapan Sidang									■	■
Sidang Sarjana										■

### 3.2. Bahan dan Alat

#### 3.2.1. Bahan

##### 1. Logam Tembaga

Logam tembaga yang akan digunakan untuk spesimen pada alat uji impak yang dapat dilihat pada Gambar 3.1. Logam Tembaga dengan ukuran 100mm L x 60mm W x 10mm T.



Gambar 3.1. Logam Tembaga

##### 2. Logam Kuningan

Logam kuningan yang akan digunakan untuk spesimen pada alat uji impak yang dapat dilihat pada Gambar 3.2. Logam Kuningan dengan ukuran 100mm L x 60mm W x 10mm T.



Gambar 3.2. Logam Kuningan

### 3.2.2. Alat

#### 1. Alat Uji Impak Charpy

Alat uji impak charpy merupakan alat uji yang akan digunakan untuk mengukur ketangguhan material terhadap benturan dan beban benturan, menentukan jumlah energi yang diserap material saat terjadi patahan. Alat uji impak charpy dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut ini.



Gambar 3.3. Alat Uji Impak Charpy

## 2. Thermometer

Thermometer merupakan alat untuk mengukur suhu, yang akan digunakan untuk mengukur suhu spesimen setelah spesimen dimasukan ke dalam tungku dan akan diletakan di dudukan alat uji impak agar memastikan suhu pada sesimen sesuai saat pengujian impak.



Gambar 3.4. Thermometer

## 3. Tungku

Tungku dapat dilihat pada Gambar 3.4 merupakan alat yang digunakan untuk memanaskan spesimen sesuai suhu tertentu sebelum dilakukan pengujian pada alat uji impak charpy agar mengetahui pengaruh suhu terhadap impak charpy.



Gambar 3.5. Tungku

#### 4. Mesin Sekrap

Mesin sekrap adalah mesin untuk mengubah permukaan benda kerja menjadi permukaan rata baik bertingkat, menyudut dan alur. Digunakan pada pengujian ini untuk membuat takik pada permukaan kuningan spesimen uji.



Gambar 3.6. Mesin Sekrap

#### 5. Tang Burung ( Tang *groove joint* )

Alat ini secara khusus didesain untuk memudahkan pekerjaan dalam menjepit benda kerja dan digunakan untuk memindahkan spesimen uji dari tungku ke dudukan alat uji impak charpy.



Gambar 3.7. Tang Burung

## 6. Perekat Dextone

Perekat Dextone adalah lem yang terbuat dari bahan kimia *cyanoacrylate*, memiliki sifat mengering sangat cepat berkisar antara 3 sampai 5 detik. Perekat ini digunakan untuk merekatkan kedua bahan antara bahan kuningan dan bahan tembaga agar menjadi satu spesimen uji.



Gambar 3.8. Perekat Dextone

## 7. Plat Baja ST37

Plat baja dengan ukuran 210 mm L x 120 mm W x 25 mm T memiliki berat 5 kg yang dapat dilihat pada Gambar 3.9 digunakan untuk menimpa spesimen saat di rekatkan menggunakan perekat.

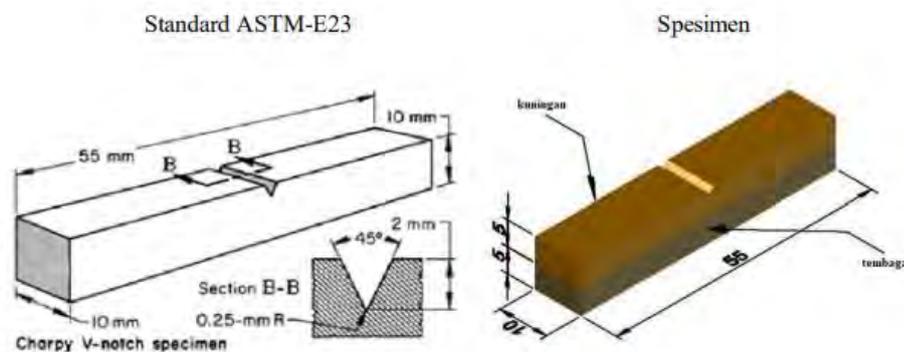


Gambar 3.9. Plat Baja ST37

### 3.3. Metode Penelitian

Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Observasi literatur jurnal dan buku.
2. Melakukan survei ketersediaan alat impact charpy pada daerah Medan.
3. Membeli bahan logam kuningan dan logam tembaga dengan ukuran 100mm L x 60mm W x 10mm T.
4. Membuat spesimen uji material sesuai standard ASTM-E23 menggunakan logam kuningan dan logam tembaga dengan variasi ketebalan.
5. Melakukan pengujian spesimen material dengan adanya pengaruh suhu yang diberikan sebelum pengujian alat uji impact charpy di Bengkel Bubut dan Las Sudarman atau Bengkel Arya.
6. Mencatat hasil pengujian spesimen pada alat uji impact charpy yang dilakukan di Bengkel Bubut dan Las Sudarman atau Bengkel Arya.
7. Melakukan analisis data pengujian menggunakan persamaan 2.1 dan 2.3.
8. Membuat laporan naskah seminar hasil.
9. Membuat laporan naskah sidang sarjana.



Gambar 3.10. Standard ASTM dan Ukuran Spesimen

### 3.4. Populasi dan Sampel

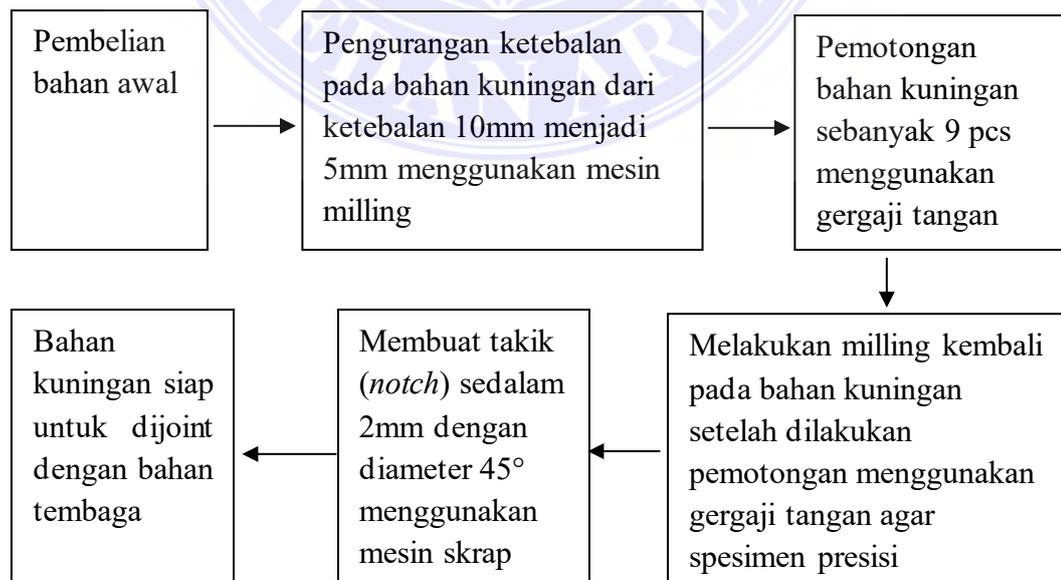
Pada penelitian ini untuk populasi dan sampel menggunakan bahan logam kuningan dan logam tembaga dengan variasi pengaruh suhu masing-masing sebanyak 3 sampel variasi sehingga total spesimen yang digunakan pada pengujian ini sebanyak 9 pcs spesimen.

### 3.5. Prosedur Kerja

Prosedur kerja penelitian dimulai dari pembelian bahan hingga dibentuk serta pengujian spesimen tersebut dapat dilihat sebagai berikut.

#### 3.5.1. Prosedur pembuatan spesimen kuningan

Pembuatan spesimen dilakukan secara manual dengan beberapa tahapan, dimana pembelian bahan awal dengan ukuran 100mm L x 60mm W x 10mm T untuk bahan kuningan sampai terbentuk spesimen sesuai dengan ukuran standar ASTM-E23 yang ditunjukkan pada gambar 3.11.



Gambar 3.11. Diagram alir prosedur pembuatan spesimen kuningan

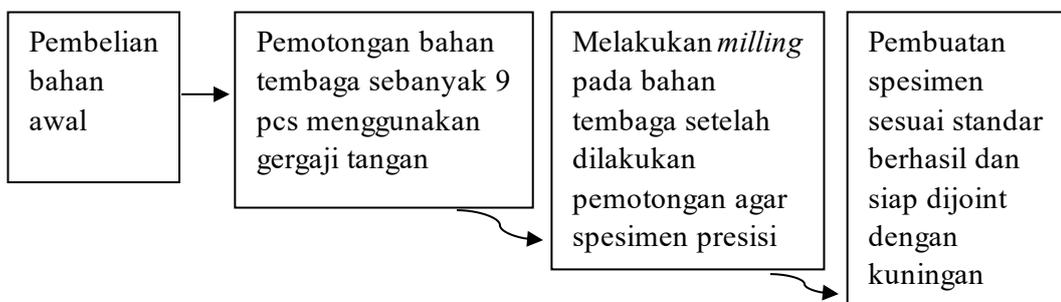
Pada pembuatan spesimen kuningan ini takik (*notch*) dibuat menggunakan mesin sekrup dengan kedalaman takik 2mm dari permukaan dan bentuk takik yaitu V memiliki diameter 45°. Proses pembuatan takik dapat dilihat pada gambar 3.12. Setelah proses pembuatan takik selesai dilakukan, maka spesimen kuningan siap untuk dijoint dengan tembaga menggunakan lem dextone.



Gambar 3.12. Membuat takik dengan mesin skrap

### 3.5.2. Prosedur pembuatan spesimen tembaga.

Pembuatan spesimen dilakukan secara manual dengan beberapa tahapan, dimana pembelian bahan awal dengan ukuran 100mm L x 60mm W x 10mm T untuk bahan tembaga sampai terbentuk spesimen sesuai dengan ukuran standar ASTM-E23 yang ditunjukkan pada gambar 3.13.

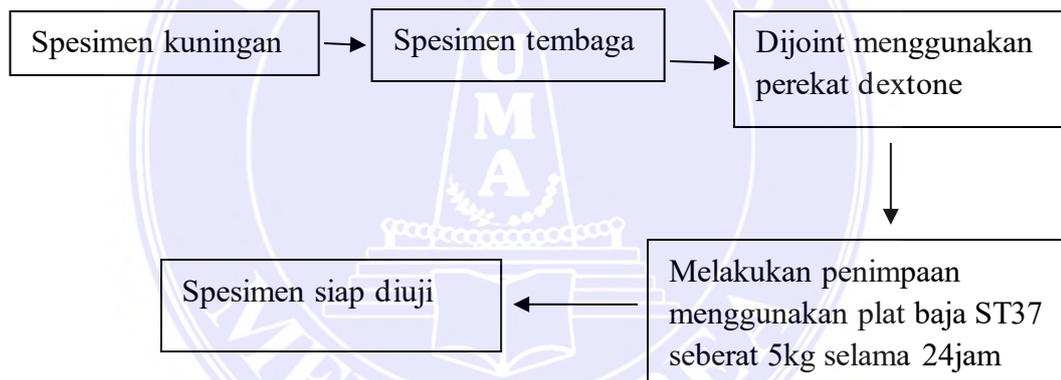


Gambar 3.13. Diagram alir Prosedur pembuatan spesimen tembaga

Ada beberapa perbedaan dalam proses pembuatan spesimen kuningan dan tembaga, pada spesimen kuningan diberi takik (*notch*) sedangkan pada bahan tembaga tidak diberi takik (*notch*), hal ini dikarenakan tembaga hanya sebagai bahan penguat yang akan dijoint dengan bahan utama yaitu kuningan.

### 3.5.3. Prosedur penggabungan spesimen

Penggabungan spesimen dilakukan secara manual dengan beberapa tahapan, proses ini bisa dimulai ketika bahan kuningan dan tembaga sudah selesai dijadikan spesimen. Berikut ini akan dijelaskan prosedur penggabungan spesimen melalui diagram alir.

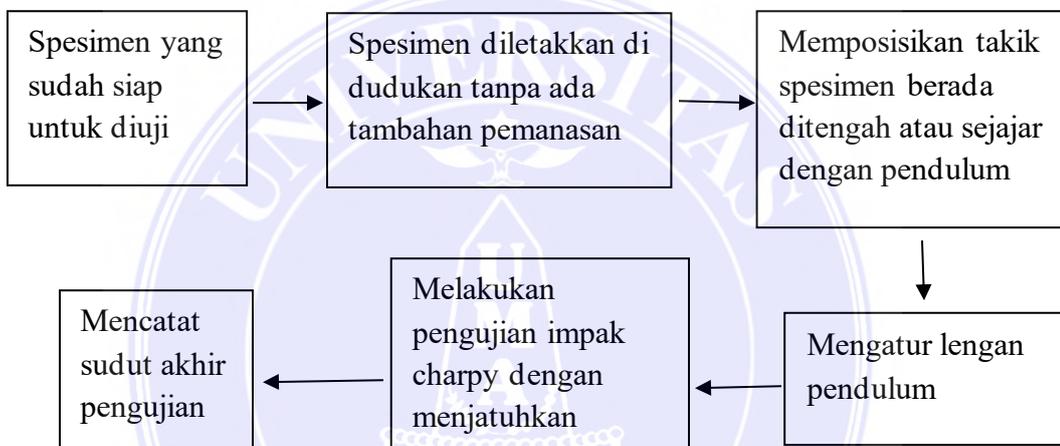


Gambar 3.14. Diagram alir prosedur penggabungan spesimen

Berdasarkan gambar 3.11, 3.13, dan 3.14 merupakan berbagai prosedur pembuatan spesimen yang akan diuji dengan alat uji impak *charpy*. Setelah semua spesimen selesai dibuat dan mencapai standar maka pengujian pada alat uji impak *charpy* dapat dilakukan.

### 3.5.4. Prosedur pengujian pada suhu ruangan

Pengujian spesimen pada suhu ruangan dengan tujuan mendapatkan sudut akhir pengujian, dapat diperhatikan prosedur pengujian yang ada seperti pada gambar 3.15. Setelah mendapatkan hasil sudut akhir maka perhitungan atau analisis untuk setiap variasi temperatur dapat dilakukan.

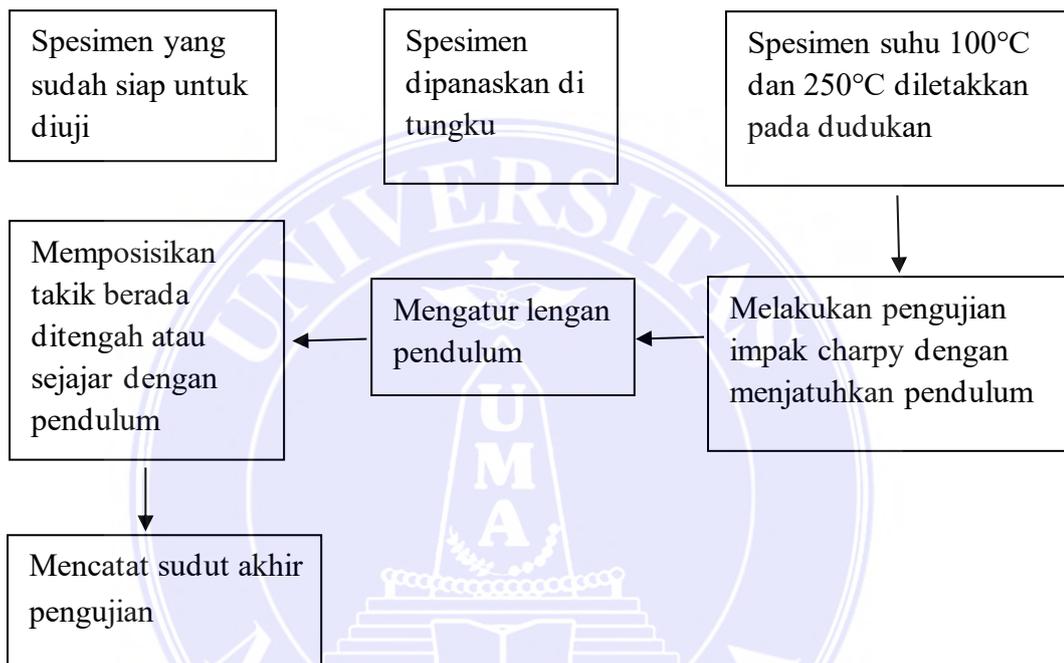


Gambar 3.15. Diagram alir proses pengujian pada suhu ruangan

Berdasarkan gambar 3.15 dijelaskan prosedur pengujian spesimen pada suhu ruangan melalui diagram alir. Spesimen untuk pengujian pada suhu ruangan yang telah selesai diuji kemudian didokumentasikan untuk keperluan naskah tugas akhir dan juga mencatat nilai sudut akhir pengujian untuk menghitung energi impak dan kekuatan impak yang terjadi selama proses pengujian pada spesimen uji dengan suhu ruangan.

### 3.5.5. Prosedur pengujian pada suhu 100°C dan 250°C

Proses pengujian spesimen pada suhu 100°C dan suhu 250°C dilakukan guna untuk mendapatkan sudut akhir pengujian, dapat diperhatikan prosedur pengujian yang ada seperti pada gambar 3.16. Setelah mendapatkan hasil sudut akhir maka perhitungan atau analisis untuk setiap variasi temperatur dapat dilakukan.



Gambar 3.16. Diagram alir proses pengujian pada suhu 100°C dan 250°C

Berdasarkan gambar 3.16 dijelaskan prosedur pengujian spesimen pada suhu 100°C dan 250°C melalui diagram alir. Spesimen untuk pengujian kedua suhu tersebut yang telah selesai diuji kemudian didokumentasikan untuk keperluan naskah tugas akhir.



Gambar 3.17. Spesimen dipanaskan di tungku



Gambar 3.18. Proses pemindahan spesimen ke dudukan alat uji

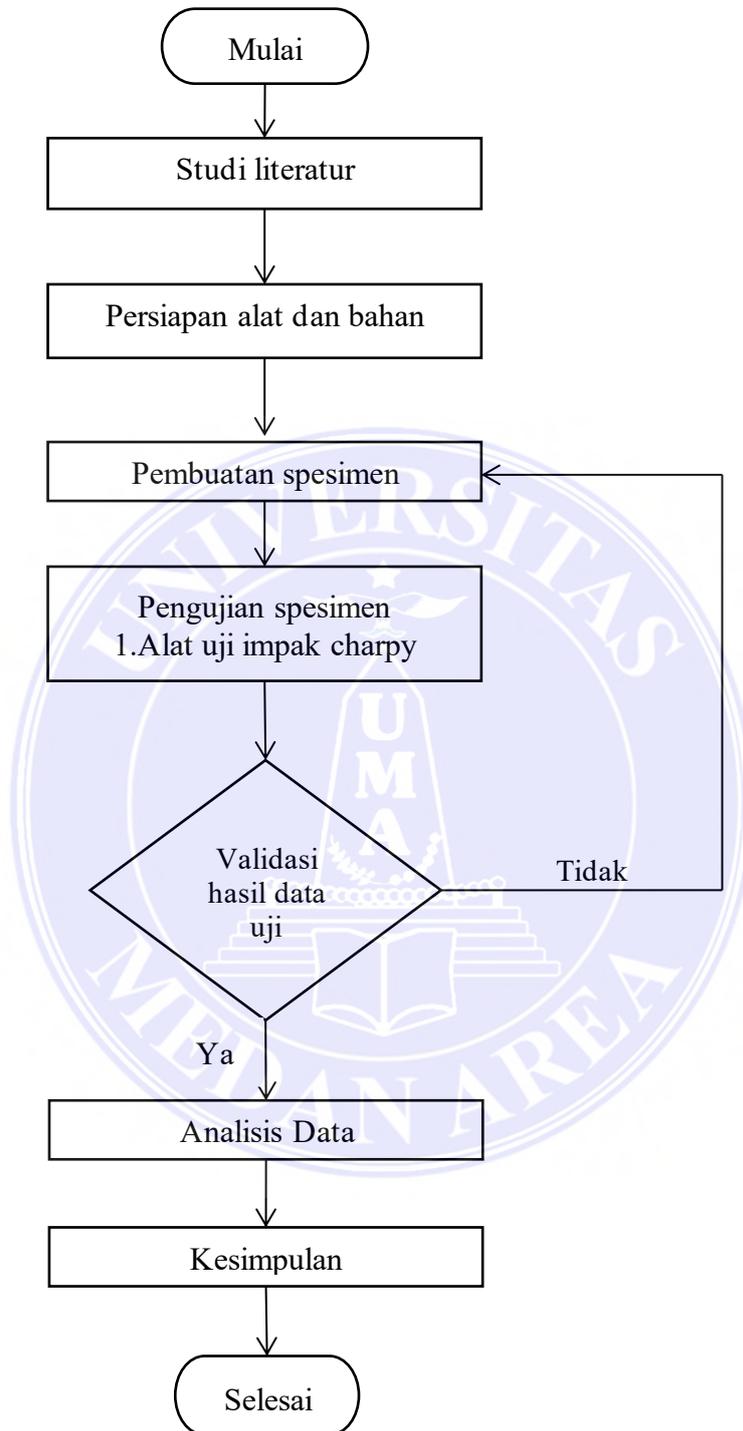
Untuk pengujian dengan pengaruh suhu  $100^{\circ}\text{C}$  dan  $250^{\circ}\text{C}$ , diperlukan tang burung untuk memindahkan spesimen ke dudukan pada alat uji impact charpy seperti ditunjukkan pada gambar 3.18. Setelah spesimen berada di dudukan, maka kembali mengecek suhu pada spesimen menggunakan thermo gun.



Gambar 3.19. Proses mensejajarkan takik spesimen dengan pendulum



### 3.6. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.20. Diagram Alir Penelitian

## BAB V

### SIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian serta hasil perhitungan dan pembahasan yang telah dilakukan sebelumnya maka didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pembuatan spesimen berdasarkan standard ASTM-E23 bahan kuningan yang diperkuat tembaga adalah 55mm L × 10mm W × 10mm T dan posisi takik (*notch*) berada di tengah dan memiliki kedalaman takik 2mm dari permukaan benda uji serta sudut takik 45° berhasil dibuat sebanyak 9 spesimen.
2. Pengujian berhasil dilakukan dengan metode impak charpy, menunjukkan semakin kecil sudut akhir semakin kuat pula spesimen menahan gaya impak yang diberikan, begitu juga sebaliknya semakin besar sudut akhir maka spesimen semakin lemah menahan gaya yang diberikan. Sudut paling tinggi terdapat pada pengujian di suhu 250°C dengan sudut akhir 100° dan sudut paling rendah terdapat pada pengujian di suhu 100°C dengan sudut akhir 37°.
3. Hasil analisa energi impak dari pengujian mendapatkan nilai rata-rata 241,24 Joule pada suhu normal atau suhu ruangan, 267,213 Joule pada pengaruh suhu 100°C, dan 132,68 Joule pada suhu 250°C, dimana nilai energi impak tertinggi yaitu 276,18 Joule terdapat pada pengujian suhu 100°C dan nilai energi impak terendah yaitu 112,17 Joule terdapat pada pengujian suhu 250°C. Dengan kondisi spesimen dipengaruhi suhu 100°C menyebabkan fasa dan struktur mikro bahan semakin mengeras membuat

energi impact dan kekuatan impact lebih besar atau spesimen bisa dikatakan lebih kuat, dan pada kondisi spesimen di pengaruhi suhu yang lebih tinggi seperti pada suhu 250°C fasa dan struktur mikro pada bahan terjadi pelunakan membuat energi impact dan kekuatan impact semakin kecil atau spesimen bisa dikatakan semakinmelemah.

## 5.2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari kesimpulan yang sudah didapatkan adalah sebagai berikut :

1. Pada penelitian selanjutnya agar komposisi spesimen dapat divariasikan lagi agar bisa mengetahui bagaimana pengaruh suhu pada komposisi spesimen yang lainnya.
2. Ukuran pembuatan spesimen harus teliti karena sangat mempengaruhi data hasil pengujian yang di peroleh.
3. Untuk pengujian impact dengan pengaruh suhu agar setelah spesimen dimasukkan ke tungku dan mendapatkan suhu yang di inginkan harus langsung melakukan pengujian impact agar suhu tidak berubah saat dilakukan uji.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dailami, D., Bahri, S., & Hamdani, H. 2020. Desain Alat Uji Impak Jatuh Bebas Untuk Pengujian Baja Struktur. *VOCATECH: Vocational Education and Technology Journal*, 1(2), 94-102.
- Dieter. 1996. *Metalurgi Mekanik*. Jakarta: Erlangga.
- Evi Juliati Rahayu. 2018. "Pengaruh komposisi kuningan (CuZn) terhadap kekuatan impact, kekerasan dan struktur mikro hasil pengecoran aluminium (Al) dengan menggunakan tungku listrik."
- Hadi, S. 2016. *Teknologi Bahan*. Yogyakarta: Andi.
- Herlin, D. 2013. *Anatomi Akar Kecubung (Datura metel L.) Setelah Terpapar Logam Berat Tembaga*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Irwan, A. 2019. ANALISA RESPON MEKANIK GENTENG DARI BAHAN BETON BUSA DIPERKUAT SERAT TKKS AKIBAT BEBAN IMPAK HUJAN ES DENGAN MENGGUNAKAN IMPACTOR BATANG ALUMINIUM. *JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY*, 3(1), 57-63.
- John, Cowie. 2006. *Copper and Copper Alloys*. ResearchGate.
- Kirono, Sasi, Eri Diniardi, Isgihardi Prasetyo. 2010. "Analisa Perubahan Dimensi Baja AISI 1045 Setelah Proses Perlakuan Panas (Heat Treatment)." *Sintek Jurnal: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 4(2).
- Kuncoro Dedi. 2019. "Analisa Laju Korosi Pada Tembaga Menggunakan Asam Klorida (HCl) dan Natrium Klorida (NaCl)."
- Kutz, Myer. 2006. *Mechanical Engineers' Handbook Third Edition: Materials and Mechanical Design*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Muhammad Zuchry M. 2012. "Pengaruh Temperatur dan Bentuk Takikan Terhadap Kekuatan Impak Logam." *MEKTEK*, 14(1).
- Munanda, Arif, Akhyar Ibrahim, Adi Saputra. 2022. "Efek Suhu Annealing Terhadap Kekerasan Dan Ketangguhan Impak Pada Kuningan C38500." *JURNAL MESIN SAINS TERAPAN*, 6(1).
- Nindha, Tjokorda Gde Tirta. 2018. *Pengetahuan Material Teknik I Fase Equilibria, Logam dan Paduan*. Bali: Universitas Udayana.
- Paulindra M. Pangaribuan. 2016. "Pengaruh penambahan nikel (Ni) terhadap sifat elektrik dan kekerasan paduan tembaga-nikel untuk aplikasi termokopel."
- Porawati, H. 2018. Analisis Alat Uji Impak Metode Izod pada Bengkel Politeknik Jambi. *Jurnal Inovator*, 1(1), 1-5.
- Prastyo, Muhammad Fadhil. 2021. "Analisa Pengaruh Proses Pengecoran Paduan CuZn Dengan Manambahkan Flyash Batubara Terhadap Uji Kekerasan, Dan Komposisi."

- R. Bagus Suryasa Majanasastra. 2013. "Analisis sifat mekanik dan struktur mikro hasil proses hydroforming pada material tembaga (Cu) C84800 dan aluminium al 6063." *Jurnal Imiah Teknik Mesin*, 4(2).
- Setiawan, H. 2013. "Pengujian Kekuatan Tarik, Kekerasan, dan Struktur Mikro Produk Cor Propeler Kuningan." *Jurnal Simestris* 3(4).
- Skočovský, P. et al. (2000). *Designing materials [in Slovak] (1st edition)*, EDIS, ISBN 80-7100-608-4, Žilina, Slovak Republic.
- Surdia, T. dan S, Saito. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Syahruji, Abdul Ghofur. 2019. "Penggunaan kuningan sebagai bahan catalytic converter terhadap emisi gas buang dan performa mesin Suzuki shogun axelo 125." *Sjme Kinematika*, 4(2).
- Syam, B., Rizal, S., WS, B., Nayan, A., & Siregar, B. 2003. RESPON HELMET INDUSTRI YANG DIKENAI BEBAN IMPAK KECEPATAN TINGGI. *Buletin Utama Teknik*, 7(3), 196-203.
- Yopi Handoyo. 2013. "Perancangan alat uji impak metode charpy kapasitas 100 joule." *Jurnal Imiah Teknik Mesin*, 1(2).
- 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>
- Pratama, R. 2023. *Studi Eksperimental Pengaruh Suhu pada Bahan Logam yang Ditempa terhadap Kekuatan Impak*. Medan: Universitas Medan Area.
- Saktiawan, A. 2023. *Analisis Pengaruh Proses Penempaan Pada Bahan Logam Terhadap Kekuatan Impak*. Medan: Universitas Medan Area.