

**ANALISIS PENGARUH SUHU PADA BAHAN TEFLON YANG  
DIPERKUAT BAHAN *MCBLUE* TERHADAP KEKUATAN  
IMPAK**

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**FAJAR CHANDRA KIRANA TARIGAN  
198130099**



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

**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 21/1/25

Access From (repository.uma.ac.id)21/1/25

## HALAMAN JUDUL

# ANALISIS PENGARUH SUHU PADA BAHAN TEFLON YANG DIPERKUAT BAHAN *MCBLUE* TERHADAP KEKUATAN IMPAK

## SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area



Oleh:

**FAJAR CHANDRA KIRANA TARIGAN**  
**198130099**

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

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 21/1/25

Access From (repository.uma.ac.id)21/1/25

## HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Proposal : Analisis Pengaruh Suhu Pada Bahan Teflon  
Yang Diperkuat Bahan *Mchlue* Terhadap  
Kekuatan Impak  
Nama Mahasiswa : Fajar Chandra Kirana Tarigan  
NIM : 198130099  
Fakultas : Teknik Mesin

Disetujui Oleh  
Komisi Pembimbing

  
(Muhammad Yusuf Rahmansyah Siahaan, ST., MT.)  
Pembimbing

  
(Dr. Eng. Supriatno, ST., MT.)  
Dekan

  
(Dr. Irwandi, 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 sendiri. Adapun bagian – bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini 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



Fajar Chandra Kirana Tarigan  
198130099

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA  
ILMIAH**

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

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

Nama : Fajar Chandra Kirana Tarigan  
NPM : 198130099  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Tugas Akhir/Skripsi/Tesis

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

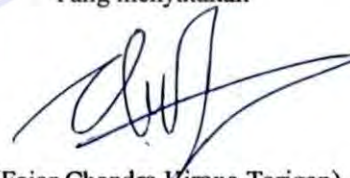
Beserta perangkat yang ada (jika di perlukan). Dengan hak bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya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

Demikian pernyataan ini buat dengan sebenarnya.

Di buat di : Medan

Pada tanggal : 2 Desember 2024

Yang menyatakan



(Fajar Chandra Kirana Tarigan)

198130099

## ABSTRAK

Pada era sekarang kebutuhan akan penggunaan bahan plastik semakin berkembang pesat. Untuk memastikan kualitas dari suatu bahan, maka diperlukan pengujian material agar memperoleh hasil dari bahan tersebut sebelum digunakan. Pengujian kekuatan impak suatu material sangatlah memiliki banyak manfaat. Salah satunya dapat mengetahui ketahanan suatu material dengan mencermati perpatahannya berdasarkan energi yang diberikan oleh pembebanan secara tiba-tiba. Data yang diperoleh dari penelitian ini didapat secara eksperimental dan analisis. Sebelum memulai pengujian, bahan pengujian atau spesimen dibuat sesuai standar ASTM D6110-10 yang terdiri dari bahan Teflon dan *Mcbblue*. Spesimen tersebut nantinya akan diuji terhadap 3 suhu yang berbeda yakni suhu ruangan, 50°C, dan 100°C menggunakan alat uji impak *charpy*. Kemudian hasil pengujian akan dibandingkan dengan setiap variasi suhu dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Hasil dari pengujian terhadap spesimen yang menggunakan suhu ruangan dan 50°C menunjukkan bahwa spesimen mengalami kondisi patah. Sedangkan pada suhu 100°C spesimen tidak mengalami perpatahan. Nilai energi impak tertinggi dihasilkan oleh spesimen pada pengujian suhu 100°C sebesar 164,8 Joule dan nilai kekuatan impak tertinggi dihasilkan oleh spesimen pada pengujian suhu 100°C sebesar 1,284 J/mm<sup>2</sup>. Berdasarkan data hasil pengujian menunjukkan bahwa bahan Teflon yang diperkuat *Mcbblue* memiliki dampak yang signifikan.

Kata Kunci: Impak Charpy, Teflon, *Mcbblue*

## ABSTRACT

*The significance for plastic materials grows quickly in modern times. A substance must be tested with the goal to obtain results before it is used in order to guarantee its quality. There are several advantages to testing a material's impact strength. One method of assessing a material's durability is to watch for fractures caused by unexpected loading and note the energy involved. This study's data was gathered through analytical and experimental methods. The test material, or specimen, is constructed using Teflon and Mcblue materials in accordance with ASTM D6110-10 standard before the test is conducted. Afterwards, these specimens will be put through three separate temperature tests with Charpy impact testing apparatus: room temperature, 50°C, and 100°C. After then, the test results will be compared for every temperature change and shown as tables and graphs. Tests investigated on specimens at room temperature and 50°C revealed that the specimens had a cracked condition. 100°C was the temperature at which the specimen did not fracture. The specimen produced the greatest impact energy value of 164.8 Joules at a testing temperature of 100°C and the highest impact strength value of 1.284 J/mm<sup>2</sup> at a testing temperature of 100°C. Test results indicate that the Mcblue-reinforced Teflon material produces a significant impact.*

**Keywords:** *Impact Charpy, Teflon, Mcblue*

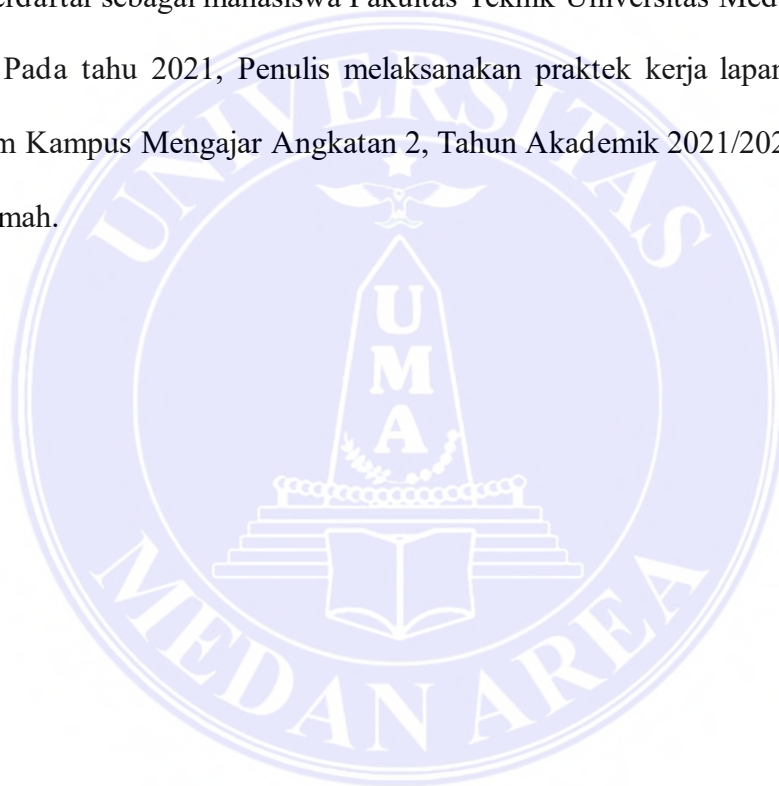


## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Suka Maju Indah Pada tanggal 23 Mei 2001 dari ayah Arpiandi Suprabto Tarigan, S.T dan ibu Brenlit Br. Ginting. Penulis merupakan putra pertama dari tiga bersaudara.

Tahun 2019 Penulis lulus dari SMA Negeri 1 Binjai dan pada tahun yang sama terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Pada tahun 2021, Penulis melaksanakan praktek kerja lapangan (PKL) di Program Kampus Mengajar Angkatan 2, Tahun Akademik 2021/2022 di SD Islam Al-Hikmah.





## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang memberikan berupa kesehatan kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan penulisan skripsi ini. Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi bagi setiap mahasiswa Universitas Medan Area untuk menyelesaikan pendidikan dengan mendapatkan gelar sarjana di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

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

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Eng. Supriatno, ST., MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Dr. Iswandi, ST., MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.
4. Bapak Ir.Tino Hermanto, ST., M. Sc., IPP. selaku Kabid. Pembelajaran & Sistem Informasi Akademik Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.
5. Bapak Muhammad Yusuf Rahmansyah Siahaan, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen program studi Teknik Mesin dan pegawai Fakultas Teknik di Universitas Medan Area.
7. Kedua orang tua tercinta, Ayah Arpiandi Suprabto Tarigan ST dan Ibu Brenlit Br. Ginting yang selalu memberi dukungan, berupa moral dan materi serta doa yang tak pernah putus kepada penulis dalam melakukan penulisan skripsi ini.
8. Kekasih Rahimma Zulfikar A.Md.Stat pemilik NIM 202407084 terima kasih karena telah kebersamai penulis pada hari yang tidak mudah selama proses pengerjaan Tugas Akhir. Semoga kedepannya dapat memperbaiki apa-apa yang kemarin dirasa kurang dan ditambahkan apa-apa yang dirasa diperlukan.

9. Kepada Fiotalia Cindy ananta Br. Tarigan, dan Fizi Wira Candika Tarigan selaku adik kandung penulis yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis.
10. Teman-teman Teknik Mesin Angkatan 19 kelas Pagi yang senantiasa membantu dan mendukung penulis dalam mengerjakan skripsi ini.
11. *Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all these hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting, I wanna thank me for always being a giver and trying give more than i receive, I wanna thank me for trying to do more right than wrong, I wanna thank me for just being me at all times.*

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

Medan, 2 Desember 2024

Penulis,



Fajar Chandra Kirana Tarigan

198130099

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	<b>Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.</b>
HALAMAN PERNYATAAN .....	<b>Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.</b>
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	<b>Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.</b>
ABSTRAK.....	vi
RIWAYAT HIDUP .....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
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 Polimer.....	6
2.2 Teflon .....	13
2.3 Mcblue.....	18
2.4 Uji Impak .....	22
2.5 Jenis Patahan .....	30
2.6 Suhu.....	34
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	38
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	38
3.2 Bahan dan Alat .....	39
3.3 Metode Penelitian .....	46
3.4 Populasi dan Sampel .....	48
3.5 Prosedur Kerja .....	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	56
4.1 Hasil .....	56
4.2 Pembahasan.....	66

BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	80
5.1    Simpulan.....	80
5.2    Saran.....	81
DAFTAR PUSTAKA .....	82



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Contoh plastik-plastik komoditi dan penggunaannya	13
Tabel 2.2. Tabel komposisi material teflon	16
Tabel 2.3. Tabel komposisi material teflon	17
Tabel 2.4. Tabel <i>grade</i> dari beberapa jenis <i>mcblue</i>	20
Tabel 2.5. Tabel komposisi dari beberapa bahan <i>mcblue</i>	21
Tabel 3.1. Jadwal Tugas Akhir	38
Tabel 4.1. Tabel jumlah spesimen yang akan diuji	60
Tabel 4.2. Tabel hasil pengujian impact	60
Tabel 4.3. Nilai energi impact dan kekuatan impact pada setiap spesimen di pengujian suhu ruangan serta nilai rata-rata dari keduanya	67
Tabel 4.4. Nilai energi impact dan kekuatan impact pada setiap spesimen di pengujian suhu 50°C serta nilai rata-rata dari keduanya	70
Tabel 4.5. Nilai Energi impact rata-rata dan Kekuatan Impact rata-rata pada pengujian dengan suhu 100°C	72
Tabel 4.6. Rata-rata energi impact dan kekuatan impact setiap variasi suhu	74

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Profil material Teflon	14
Gambar 2.2.	Profil material <i>Mcblue</i>	19
Gambar 2.3.	Ilustrasi pengujian impak metode <i>charpy</i>	23
Gambar 2.4.	Ilustrasi pergerakan pendulum	24
Gambar 2.5.	Ilustrasi alat uji impak metode <i>izod</i>	28
Gambar 2.6.	Alat uji impak jatuh bebas	29
Gambar 2.7.	Tiga konsep perancangan alat uji impak anak panah jatuh bebas	30
Gambar 2.8.	Spesimen 1 sebelum dan sesudah pengujian	32
Gambar 2.9.	Spesimen 2 sebelum dan sesudah pengujian	33
Gambar 2.10.	Spesimen 3 sebelum dan sesudah pengujian	33
Gambar 3.1.	Bahan Teflon	39
Gambar 3.2.	Bahan <i>Mcblue</i>	40
Gambar 3.3.	Alat uji impak metode <i>charpy</i>	41
Gambar 3.4.	Tungku	41
Gambar 3.5.	<i>Thermo Gun</i>	42
Gambar 3.6.	Lem <i>dextone</i>	42
Gambar 3.7.	Jangka sorong <i>digital</i>	43
Gambar 3.8.	Tang jepit kakatua	43
Gambar 3.9.	Mesin <i>Milling</i>	44
Gambar 3.10.	Mesin Sekrap	44
Gambar 3.11.	Gergaji tangan	45
Gambar 3.12.	Plat Baja ST37	45
Gambar 3.13.	Standard ASTM D6110 – 10	47
Gambar 3.14.	Ukuran spesimen Teflon yang diperkuat <i>Mcblue</i>	47
Gambar 3.15.	Spesimen uji tampak depan	47
Gambar 3.16.	Spesimen uji tampak atas	48
Gambar 3.17.	Diagram alir prosedur pembuatan spesimen teflon	49
Gambar 3.18.	Proses pembuatan takik pada bahan teflon	49

Gambar 3.19. Diagram alir Prosedur pembuatan spesimen <i>mcblue</i>	50
Gambar 3.20. Spesimen <i>mcblue</i> yang sudah <i>ready dijoint</i>	50
Gambar 3.21. Diagram alir prosedur penggabungan spesimen	51
Gambar 3.22. Diagram alir proses pengujian pada suhu normal	52
Gambar 3.23. Diagram alir proses pengujian pada suhu 50°C dan 100°C	53
Gambar 3.24. Spesimen dipanaskan di tungku	53
Gambar 3.25. Proses pemindahan spesimen ke dudukan alat uji	54
Gambar 3.26. Proses mensejajarkan takik dengan pendulum	54
Gambar 3.30. Diagram Alir Penelitian	55
Gambar 4.1. Spesimen ketika belum di <i>joint</i>	56
Gambar 4.2. Proses menimpa spesimen dengan plat Baja ST37	57
Gambar 4.3. Proses menimpa spesimen tampak atas	57
Gambar 4.4. Spesimen ketika sudah di <i>joint</i>	58
Gambar 4.5. Spesimen untuk pengujian di suhu normal	58
Gambar 4.6. Spesimen untuk pengujian di suhu 50°C	59
Gambar 4.7. Spesimen untuk pengujian di suhu 100°C	59
Gambar 4.8. Posisi spesimen yang akan diuji	61
Gambar 4.9. Posisi spesimen pengujian tampak atas	61
Gambar 4.10. Spesimen yang akan diuji pada suhu 50°C	62
Gambar 4.11. Spesimen yang akan diuji pada 100°C	62
Gambar 4.12. Sudut akhir pengujian	63
Gambar 4.13. Posisi alat dan spesimen yang siap dilakukan pengujian	63
Gambar 4.14. Hasil Pengujian Spesimen pada suhu ruangan	64
Gambar 4.15. Hasil Pengujian Spesimen pada suhu 50°C	64
Gambar 4.16. Hasil Pengujian Spesimen pada suhu 100°C	65
Gambar 4.17. Grafik perbandingan hasil energi impak pada suhu ruangan	68
Gambar 4.18. Grafik perbandingan hasil kekuatan impak pada suhu ruangan	68
Gambar 4.19. Grafik perbandingan hasil energi impak pada pengujian di suhu 50°C	70
Gambar 4.20. Grafik perbandingan hasil kekuatan impak pada pengujian di suhu 50°C	71
Gambar 4.21. Grafik perbandingan hasil energi impak pada pengujian di suhu	

100°C	73
Gambar 4.22. Grafik hasil kekuatan impact pada pengujian di suhu 100°C	73
Gambar 4.23. Grafik perbandingan energi impact tiap variasi suhu	75
Gambar 4.24. Grafik perbandingan kekuatan impact tiap variasi suhu	75
Gambar 4.25. Grafik perbandingan hasil rata-rata energi impact terhadap 3 variasi suhu	76
Gambar 4.26. Grafik perbandingan hasil rata-rata kekuatan impact terhadap 3 variasi suhu	76





## DAFTAR LAMPIRAN

### DATA UJI TARIK BAHAN TEFLON

<i>Diameter</i>	9.5 mm
<i>Sectional Area</i>	70.882 mm <sup>2</sup>
<i>Elongation</i>	55.99 mm
<i>Maximum Point Load</i>	868.82 N
<i>Maximum Point Stress</i>	12.257 Mpa
<i>Break Point Strain</i>	502.05 %GL
<i>Upper Yield Stress</i>	10.471 Mpa
<i>Lower Yield Stress</i>	10.469 Mpa
<i>Elastic Modulus</i>	38.238 Mpa

### DATA UJI TARIK BAHAN MCBLUE

<i>Diameter</i>	9.5 mm
<i>Sectional Area</i>	70.882 mm <sup>2</sup>
<i>Elongation</i>	55.54 mm
<i>Maximum Point Load</i>	2483 N
<i>Maximum Point Stress</i>	35.031 Mpa
<i>Break Point Strain</i>	23.527 %GL
<i>Upper Yield Stress</i>	10.505 Mpa
<i>Lower Yield Stress</i>	4.9573 Mpa
<i>Elastic Modulus</i>	48.592 Mpa

## DAFTAR NOTASI

$a_c N$	= Kekuatan Impak ( $J/mm^2$ )
$b_n$	= Lebar benda uji (mm)
$\cos \alpha_0$	= Sudut awal ( $147^\circ$ )
$\cos \alpha_r$	= 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 ( <i>Joule</i> )
$W_c$	= Energi ( <i>Joule</i> )



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi dan perubahan pola hidup manusia telah mengakibatkan peningkatan drastis dalam limbah plastik di seluruh dunia. Pembuangan limbah plastik sangat membahayakan lingkungan dan mengancam kesehatan manusia, dikarenakan sulitnya terdegradasi (Nisah, K 2018).

Plastik merupakan bahan polimer sintesis yang dibuat melalui proses polimerisasi dimana tidak dapat lepas dari kehidupan sehari-hari yang umumnya kita jumpai dalam bentuk kemasan ataupun penggunaannya pada alat-alat listrik dan peralatan rumah tangga. Sifatnya yang sulit terdegradasi di alam menjadikannya penyumbang limbah terbesar yang menyebabkan rusaknya keseimbangan alam. Tiga cara penanggulangan limbah plastik yang meliputi mengurangi penggunaan kantong plastik dengan menggantinya dengan alat (kain) untuk membungkus barang atau dikenal dengan *furoshiki*; pengolahan limbah plastik menggunakan metode fabrikasi; dan penggunaan plastik *biodegradable* yang lebih mudah terurai di alam. Tiga cara tersebut diharapkan dapat menjadi solusi bagi penanggulangan limbah plastik (Nasution, R. S. 2015)

Pada era sekarang kebutuhan akan penggunaan bahan plastik semakin berkembang pesat. Untuk memastikan kualitas dari suatu bahan, maka diperlukan pengujian material agar memperoleh hasil dari bahan tersebut sebelum digunakan. Sifat mekanik material meliputi kekerasan, keuletan, kekuatan, ketangguhan, sifat mampu las serta sifat mampu mesin yang baik. Dengan sifat pada masing-masing material berbeda-beda, maka banyak metode untuk menguji sifat yang dimiliki

oleh suatu material tersebut. Uji impak merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui kekuatan, kekerasan, serta keuletan material.

Uji impak yakni pengujian suatu bahan untuk mengetahui apakah suatu material rapuh atau ulet dari segi ketangguhannya. Pengujian impak ini akan mendeteksi perbedaan yang tidak bisa dibaca melalui tegangan regangan dan juga hasil yang di dapatkan tidak bisa dibaca secara langsung dengan kondisi perpatahan batang uji, hal ini disebabkan karena pengujian impak tidak dapat mengukur gaya tiga dimensi. Metode uji impak ada 2, yaitu impak metode *charpy* dan metode *izod*. Metode *charpy* banyak digunakan di Amerika Serikat, sedangkan metode *izod* banyak digunakan di Eropa. Untuk penggunaan uji impak *charpy*, bahan yang diuji adalah teflon dan *mcblue* (Nuhgraha, Rosa, Agustian 2020).

Teflon adalah plastik polimer industri yang di temukan oleh Dr. Roy J. Plunkett di laboratorium Jackson, *DU Pont's, New Jersey, US*, pada 6 april 1938. Pada tahun 1957 *Mc Grew* mengemukakan bahwa inti kimia dari polimer ini memiliki ketahanan terhadap suhu yang relative tinggi untuk kelas plastik dan memiliki nilai koefisien gesek yang relative rendah. Bahan teflon memiliki ketahanan terhadap segala cuaca dan memiliki ketahanan berbagai suhu yang baik untuk kelas polimer (Prabasworo, A. 2018). *Mcblue* sendiri merupakan bahan yang telah diterapkan di banyak bidang industri. Karena sifat biokompatibel nilon, ia memiliki stabilitas kimia yang diinginkan dan sifat mekanik yang mudah diatur membuat bahan ini dan turunannya banyak digunakan sebagai jahitan, gigi palsu, dan sebagainya (Shakiba, M. 2021).

Pengujian ini dilakukan untuk menguji spesimen material bahan teflon

yang diperkuat bahan *mcblue* 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 teflon dan *Mcblue* yang nantinya hasil dari analisis dapat digunakan sebagai motivasi untuk meningkatkan kualitas suatu produk.

Terlepas dari itu semua penulis merasa tertarik untuk meneliti judul ini karena suatu fenomena yang terjadi beberapa tahun silam. Yakni sebuah peristiwa kabel bawah laut Indonesia – Singapura putus kena jangkar kapal. Jaringan sistem komunikasi kabel bawah laut yang menghubungkan Indonesia dan Singapura mengalami gangguan akibat terhantam oleh jangkar suatu kapal dari Indonesia. Kerusakan ini menyebabkan gangguan dalam sistem telekomunikasi nasional, yang berdampak tidak maksimalnya pelayanan yang diberikan tiga operator besar pengguna jasa jaringan kabel bawah laut tersebut seperti PT Telkom Indonesia Tbk, PT XL Axiata Tbk, dan PT Mora Telematika Indonesia Tbk. Selain kabel bawah laut, kabel-kabel yang ada pada kendaraan seperti motor dan mobil yang mengalami tabrakan atau pembebanan secara tiba-tiba juga dijadikan sebagai acuan dalam meneliti permasalahan ini. *Smartphone* dan beberapa alat elektronik yang lainnya juga tak luput dari lingkup penelitian ini. Penelitian ini dibuat untuk menganalisis beberapa bahan penguat seperti teflon dan *mcblue* untuk penguat dan memberikan informasi ketangguhan bahan terhadap pembebanan secara tiba-tiba.

## 1.2 Perumusan Masalah

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

1. Material bahan teflon yang diperkuat bahan *mcblue* terhadap proses pengujian kekuatan impak yaitu bagaimana menganalisis pengaruh temperatur terhadap energi impak dan kekuatan impak dari bahan teflon yang diperkuat *mcblue*.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk :

1. Membuat spesimen uji impak bahan teflon yang diperkuat bahan *mcblue* sesuai standar ASTM D6110-10 menggunakan metode impak *charpy*.
2. Menguji spesimen material bahan teflon yang diperkuat bahan *mcblue* menggunakan alat uji impak *charpy*.
3. Analisis pengaruh variasi *temperatur* terhadap kekuatan impak.

## 1.4 Hipotesis Penelitian

Pengujian pengaruh suhu pada bahan teflon yang diperkuat bahan *Mcblue* terhadap kekuatan impak ini, diharapkan dapat memenuhi tujuan yang ingin dicapai seperti menguji spesimen menggunakan alat uji impak *charpy* serta dapat mengetahui variasi *temperatur* terhadap kekuatan impak 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 berupa manfaat ilmiah dan manfaat praktis. Yakni :

- a. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan pengetahuan kepada pembaca mengenai pengaruh suhu pada bahan teflon yang diperkuat bahan *mcbblue* terhadap kekuatan impak.
- b. Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi tentang kekuatan teflon yang diperkuat *mcbblue*.
- c. Hasil dari penelitian ini juga dapat dijadikan sumber referensi bagi peneliti selanjutnya pada bidang yang sama.
- d. Bahan teflon yang diperkuat bahan *mcbblue* ini diuji untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap kekuatan impak *charpy*.
- e. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi tentang kekuatan plastik, khususnya teflon dan *mcbblue*.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Polimer

Perkembangan ilmu pengetahuan umat manusia mengakibatkan lahirnya teknologi-teknologi yang baru. Pemikiran yang terus berkembang seiring dengan berkembangnya zaman memberikan dampak yang begitu positif bagi kemudahan umat manusia dalam kehidupan. Salah satunya yang tidak dapat dipungkiri dari perkembangan teknologi baru ialah material-material baru yang ikut menunjang perkembangan teknologi tersebut.

Manusia pada zaman purba pertama kali memanfaatkan material berupa batu, contoh produk peninggalan dari zaman itu yakni berbagai perkakas yang membantu mereka berburu dan berbagai ragam monumen yang terbuat dari batu. Pada abad pertengahan atau yang bisa disebut zaman logam, manusia sudah bisa membuat peralatan rumah tangga dan perkakas dari logam. Contoh peninggalan pada zaman ini yaitu alat-alat perang seperti pedang, tameng, helm perang, dan baju zirah. Setelah itu, manusia modern mulai beralih dari logam dan mulai mengembangkan material baru yakni plastik. Seperti pada zaman sekarang, penggunaan plastik sudah begitu luas dan aplikasinya terus menerus meningkat secara eksponensial (Galuh Yuliani, M 2016).

Polimer merupakan molekul besar dari unit-unit yang berulang sederhana. Kata polimer digunakan pertama kali oleh kimiawan Swedia Berzelius pada tahun 1883. Kata polimer sendiri merupakan gabungan dari dua kata yang berasal dari bahasa Yunani. Yaitu *poly*, yang memiliki arti banyak dan *mer*, yang memiliki arti



bagian. Jadi arti dari kata polimer secara tidak langsung ialah banyak bagian atau banyak monomer.

Pada tahun 1839 pereka cipta asal Amerika Serikat, Charles Goodyear mengembangkan industri polimer dengan berhasil menemukan vulkanisasi. Setelah itu beragam modifikasi polimer mulai berkembang seperti pada tahun 1870 modifikasi *selulosa* dengan *asam nitrat*, pada tahun 1907 ditemukan *damar fenolik*, pada tahun 1930 ditemukan *Poli fenol etena* atau *Polistirena*, dan pada tahun 1933 ditemukan *Polietena* atau *Polietilena* di laboratorium ICI di Winnington, Chesire. Sejak saat itu berbagai upaya terobosan baru banyak dilakukan guna menciptakan berbagai sistem polimer baru maupun pengembangan sistem polimer yang telah ada. Hingga pada tahun 1970 sudah terdapat lebih dari 25 juta polimer dan pada tahun 1980 polimer mencapai 2 juta m<sup>3</sup> tiap tahunnya. Jumlah ini melebihi produksi kayu serta baja.

Berkembang drastisnya industri polimer ini tentu memberikan dampak positif. Salah satunya bagi masyarakat luas. Dengan didirikannya industri polimer, angka pengangguran semakin berkurang. Hal ini disebabkan karena sifat karakteristik bahan polimer yang sangat disukai, otomatis orang-orang semakin banyak menggunakan alat-alat yang berbahan dasar polimer. Sifat karakteristik polimer antara lain dapat didaur ulang dengan mudah dan murah, bobot ringan, tahan karat atau korosi, bersifat isolator yang baik terhadap panas dan listrik, berguna untuk bahan komponen khusus karena sifatnya yang elastis, dan berat molekulnya besar sehingga kestabilan dimensinya tinggi.

Berkembangnya industri polimer turut menentukan perkembangan ekonomi suatu negara. Semakin besar penggunaan polimer, menunjukkan

semakin pesat perkembangan ekonomi suatu negara. Polimer juga diklasifikasikan menjadi beberapa bagian. Selanjutnya akan dijabarkan klasifikasi polimer berdasarkan sumber, sifat termal, dan aplikasinya.

### 2.1.1 Klasifikasi Polimer Berdasarkan Sumber

Polimer sangatlah luas dimanfaatkan di era sekarang. Oleh sebab itu polimer banyak dikembangkan sebagai material baru. Dengan banyaknya jenis-jenis polimer, maka diklasifikasikan polimer bertujuan agar mempermudah bagi yang ingin mengenali lebih dalam jenis polimer.

Berdasarkan sumbernya polimer dapat dikelompokkan menjadi 3, yaitu:

1. Polimer Alam, yaitu polimer atau senyawa yang dihasilkan melalui proses metabolisme makhluk hidup. Contohnya seperti karet alam, pati, selulosa, protein, dan amilum dalam beras.

Sayangnya sifat-sifat polimer alam yang satu ini kurang menguntungkan, seperti contoh pada karet alam yang biasanya cepat rusak dan tidak elastis. Hal tersebut disebabkan karena karet alam tidak tahan terhadap minyak bensin atau minyak tanah serta tak tahan lama diudara yang terbuka. Contoh lainnya pada sutra dan wol yang merupakan senyawa protein bahan makanan bakteri, sehingga bahan tersebut cepat rusak.

2. Polimer Semi Sintetik, yaitu polimer yang diperoleh dari hasil gabungan atau modifikasi polimer alam dan bahan kimia. Contohnya yaitu selulosa nitrat (misnomer nitroselulosa) yang dipasarkan dengan nama "*Celluloid*" dan "*Guncotton*". Jenis polimer ini dikembangkan oleh kimiawan asal Belgia yaitu Leo Baekeland.
3. Polimer Sintesis, merupakan polimer yang dibuat melalui polimerisasi dari

monomer-monomer polimer. Polimer sintesis sesungguhnya yang pertama kali digunakan dalam skala komersial adalah *dammar Fenol formaldehida*. Dikembangkan pada tahun 1900-an oleh ilmuwan kimia yang sama yaitu Leo Baekeland dan dikenal secara komersial sebagai bakelit. Sampai dekade 1920-an, bakelit merupakan salah satu jenis produk konsumsi yang dipakai luas. Penemuan Leo Baekeland meraih visibilitas yang paling mewah, yakni dimunculkan di kulit muka majalah *time*. Contohnya seperti *polietena*, *polipropilena*, *poly vinyl chloride (PVC)*, dan *nylon* (Anggarini Fetty 2013).

### 2.1.2 Klasifikasi Polimer Berdasarkan Sifat Termal

Berdasarkan sifatnya terhadap panas, polimer dapat dibedakan atas polimer termoplastik dan polimer *termosetting*.

1. Polimer termoplastik merupakan polimer yang memiliki sifat tahan terhadap panas. Jika polimer berjenis ini dipanaskan, maka akan menjadi lunak dan jika didinginkan akan mengeras. Proses tersebut dapat terjadi berulang kali sehingga dapat didaur ulang dalam berbagai bentuk melalui cetakan yang berbeda-beda guna mendapatkan produk polimer yang baru. Hal ini disebabkan karena polimer-polimer tersebut tidak berikatan silang (linier atau bercabang) biasanya larut dalam beberapa pelarut yang sesuai. Polimer yang termasuk polimer termoplastik adalah jenis polimer plastik. Polimer termoplastik ini memiliki sifat-sifat khusus antara lain.
  - a. Berat molekul kecil.
  - b. Tidak tahan terhadap panas.
  - c. Akan lunak jika dipanaskan.
  - d. Akan mengeras jika didinginkan.

- e. Mudah untuk diregangkan.
- f. Fleksibel atau elastis.
- g. Titik leleh rendah.
- h. Dapat didaur ulang.
- i. Mudah larut pada larutan yang sesuai.
- j. Memiliki struktur molekul linier atau bercabang.

Contoh plastik termoplastik dijabarkan sebagai berikut.

- a. *Polietilena* (PE) yaitu botol plastik, mainan anak-anak, bahan cetakan, ember, drum, pipa saluran, isolasi kawat dan kabel, kantong plastik, dan jas hujan.
  - b. *Polivinilklorida* (PVC) yaitu pipa air, pipa plastik, pipa kabel listrik, kulit sintetis, ubin plastik, piringan hitam, bungkus makanan, sol sepatu, sarung tangan, dan botol detergen.
  - c. *Polipropena* (PP) yaitu karung, tali, serat, bak air, insulator, kursi plastik, meja plastik, alat-alat rumah sakit, komponen mesin cuci, dan pembungkus tekstil.
  - d. *Polistirena* (PS) yaitu insulator, sol sepatu, penggaris, dan gantungan baju.
2. Plastik termosetting merupakan lawan atau kebalikan dari plastik termoplastik. Yaitu polimer yang mempunyai sifat tahan terhadap panas. Jika polimer ini diberi energi panas atau dipanaskan, maka tidak dapat mencair ataupun meleleh. Sehingga tidak dapat didaur ulang dan tidak dapat larut karena pengikatan silang yang menyebabkan kenaikan berat molekul yang besar. Susunan polimer ini bersifat permanen pada bentuk cetak

pertama kali . bila polimer ini rusak atau pecah, maka tidak dapat disambung lagi. Hal yang membuat polimer ini menjadi kaku dan keras disebabkan polimer *thermosetting* ini memiliki ikatan-ikatan silang yang mudah dibentuk pada waktu dipanaskan. Semakin banyak ikatan silang pada polimer ini, maka semakin kaku dan mudah patah pula. Akibat dari polimer ini dipanaskan untuk kedua kalinya maka akan menyebabkan lepasnya ikatan silang antar rantai polimer.

Polimer *thermosetting* memiliki beberapa sifat yang perlu diketahui. Sifat polimer *thermosetting* sebagai berikut.

- a. Tidak fleksibel dan elastis (keras serta kaku)
- b. Akan mengeras jika dipanaskan
- c. Tidak dapat dibentuk ulang
- d. Tidak dapat larut dalam larutan apapun itu.
- e. Jika dipanaskan akan meleleh.
- f. Tahan terhadap asam dan basa.
- g. Mempunyai ikatan silang antar rantai molekul.

Setelah mengamati beberapa sifat dari polimer *thermosetting* diatas, maka dapat ditemukan beberapa contoh produk hasil dari plastik *thermosetting* tersebut.

Berikut merupakan contoh polimer *thermosetting*.

1. Bakelit yaitu asbak rokok, fitting lampu listrik, dan steker listrik.
2. Melamine seperti piring, gelas, mangkok, dan sendok.
3. Teflon.

### 2.1.3 Klasifikasi Polimer Berdasarkan Aplikasinya

Tak jarang terlihat pengaplikasian polimer ditemukan dikehidupan sehari-

hari. Contoh yang paling simpelnya dapat dilihat pada sebuah kemasan. Sebuah produk dapat dipasarkan menggunakan kemasan yang berbeda-beda sesuai dengan strategi pemasaran yang bersangkutan. Seperti untuk kemasan minyak goreng dan mentega diperlukan kemasan yang fleksibel. Kemasan fleksibel ini menggunakan bahan-bahan fleksibel seperti kertas dan film. Keunggulan dari kemasan fleksibel ini salah satunya yaitu bisa dijadikan bidang cetak yang lebar dan kemasan fleksibel terlihat lebih menarik perhatian mata konsumen. Suatu produk Berdasarkan aplikasinya polimer dibagi menjadi 3 kelompok yaitu:

1. Polimer teknik, yaitu polimer yang memiliki sifat unggul tetapi harganya mahal. Konsumsi plastik teknik kimia hingga akhir tahun 1980-an mencapai kira-kira  $1,5 \times 10^9$  kg/tahun diantaranya *poliamida*, *polikarbonat*, *asetal*, *polifenilena oksida*, dan *poliester* yang mewakili 99% dari pemasaran.
2. Polimer dengan tujuan khusus, yakni polimer yang memiliki sifat spesifik yang unggul dan dibuat untuk keperluan khusus. Contohnya yaitu alat-alat kesehatan seperti termometer atau timbangan.
3. Polimer komersial, yaitu polimer yang disintesis dengan biaya murah dan diproduksi secara besar-besaran. Pada prinsipnya polimer komersial ini terdiri dari 4 jenis polimer utama yakni: *polietilena*, *polipropilena*, *polivinil klorida*, dan *polisterena* (Arnata, B.A 2015). Contoh plastik - plastik komoditi dalam penggunaannya dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1. Contoh plastik-plastik komoditi dan penggunaannya

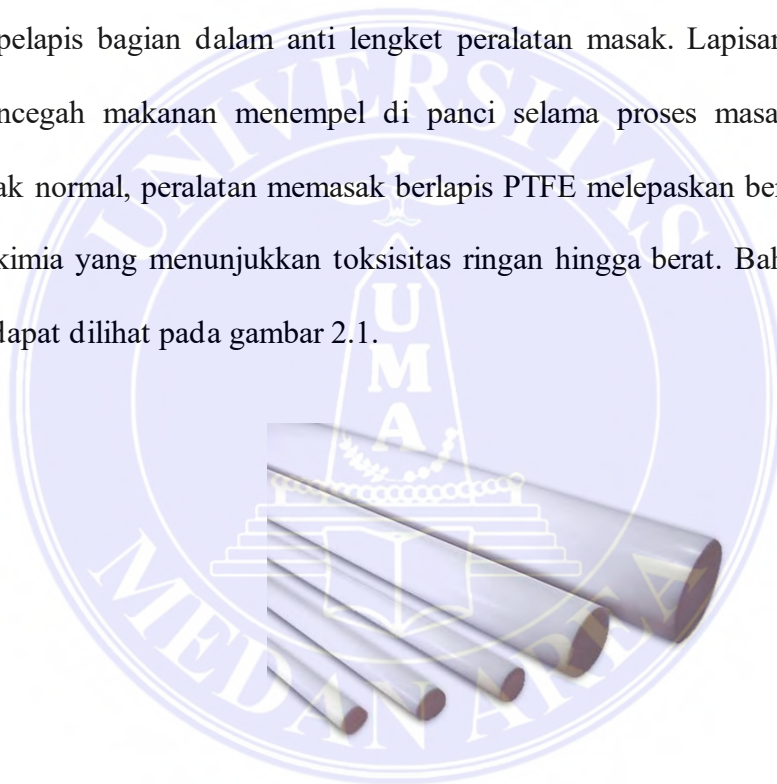
Tipe	Singkatan	Kegunaan utama
<i>Polietilena</i> massa jenis rendah	LDPE	Lapisan pengemas, isolasi kawat dan kabel, botol elastis atau fleksibel, dan wadah makanan.
<i>Polietilena</i> massa jenis tinggi	HDPE	Drum, pipa, saluran, lembaran film, isolasi, kawat, kemasan susu, dan tanki bahan bakar.
<i>Polipropilena</i>	PP	Bagian-bagian mobil dan perkakas, karpet, pengeras suara, dan peralatan laboratorium.
<i>Polivinil klorida</i>	PVC	Bahan bangunan, bahan pembuat jaket, mantel, dan tas.
<i>Polistirena</i>	PS	Bahan pengemas (busa dan film), perabotan rumah, dan barang mainan.

## 2.2 Teflon

Sebagian masyarakat awam mungkin hanya mengetahui bahwa teflon merupakan alat masak anti lengket yang biasa ditemukan di dapur. Padahal teflon merupakan nama atau merek dagang dari *polytetrafluoroethylene* (PTFE) . PTFE adalah salah satu kelas dari plastik yang dikenal juga dengan *fluoropolymers*. Teflon sangat baik untuk melapisi bagian atau komponen mesin yang terkena panas, pakaian, dan gesekan, untuk laboratorium yang harus tahan korosif bahan kimia dan sebagai lapisan untuk peralatan masak dan peralatan lainnya. Selain itu teflon juga dimanfaatkan sebagai bahan penyekat dan cincin geser (sifat geseran

dapat diperbaiki dengan bagian-bagian alat dari teflon menambahkan *graft* kedalamnya). Teflon digunakan juga untuk cincin O, untuk *gasket*, konsentrik dengan diberi bahan lunak (sebab teflon tidak begitu elastis), alat-alat yang kecil, pipa, dan selang selubung pipa (Rikson A.F. Siburian 2017).

*Polytetrafluoroethylene* saat ini semakin meningkat daya gunanya dalam segel mekanis kinerja tinggi karena sifat uniknya yaitu resistivitas kimia tinggi, rendah koefisien gesekan, dan stabilitas suhu tinggi. PTFE digunakan sebagai bahan pelapis bagian dalam anti lengket peralatan masak. Lapisan polimer unik ini mencegah makanan menempel di panci selama proses masak. Pada suhu memasak normal, peralatan memasak berlapis PTFE melepaskan berbagai gas dan bahan kimia yang menunjukkan toksisitas ringan hingga berat. Bahan PTFE atau teflon dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Profil material Teflon

Resin PTFE atau teflon pada dasarnya berwarna buram putih susu, berkilin, dan bahan yang cukup halus. Secara luas digunakan dalam banyak aplikasi industri dan rumah tangga seperti pembuatan bantalan dan gasket. Meskipun dalam bentuk polimernya, PTFE dianggap tidak beracun dan lambam secara fisiologis, dengan kenaikan suhu lebih besar dari 260°C. Gas pirolitik yang



dilepaskan dari teflon diketahui penyebab asal gangguan pernapasan seperti sesak napas, nyeri dada, dan batuk pada buruh pekerja teflon (Brubaker 1977; Tsai et al. 2000). Pada tanggal 13 september 1995, terjadi insiden yang tidak disengaja paparan gas beracun mempengaruhi tiga pekerja teflon di sebuah pabrik plastik yang mengakibatkan kematian satu orang dan dua lainnya rawat inap karena edema paru-paru yang parah. Studi yang menggambarkan toksisitas PTFE hanya sedikit jumlahnya dan hasilnya tidak menyajikan kesimpulan substansial.

### 2.2.1 Sifat dan Kegunaan Teflon

Teflon merupakan bahan sintetik yang sangat kuat, teflon tahan terhadap panas sampai kira-kira 250°C, dan di atas 250°C teflon mulai melunak, di dalam api akan meleleh dan sulit menjadi arang. Berat jenisnya kira-kira 2,2 g/cm<sup>3</sup>. Teflon tidak tahan terhadap larutan *alkali hidroksida*. Serta kurang tahan terhadap hidrokarbon yang mengandung *khlor*. Sifat dan kegunaan teflon antara lain:

1. Kekuatan dan ketangguhan
  - a. Sifat sintetisnya sangat kuat.
  - b. Teflon memiliki titik leleh 342°C.
  - c. Tahan akan gesekan.
  - d. Teflon tahan oleh uap air dan bersifat hidrofobik (tidak suka air).
  - e. Tahan terhadap banyak bahan kimia, termasuk *ozone, chlorine, acetic acid, ammonia, sulfuric acid, dan hydrochloric acid*. Satu-satunya bahan kimia yang bisa merusak lapisan teflon adalah lelehan logam alkali.
  - f. Anti radiasi ultra violet dan tahan segala cuaca.
2. Memiliki resistivitas atau hambatan listrik yang besar.

3. Memiliki kekerasan (*thougness*) yang tinggi.
4. Memiliki elastisitas yang rendah (Khatira, A 2012).

Berikut ini dilampirkan pada tabel 2.2 dan 2.3 komposisi dari bahan teflon.

Tabel 2.2. Tabel komposisi material teflon

<i>Material Properties Table</i>	
<i>Specific Weight</i>	1.15 g/cm <sup>3</sup>
<i>Yield Strength</i>	85 N/mm <sup>2</sup>
<i>Allowable mean pressure deformation 1%</i>	26.00 N/mm <sup>2</sup>
<i>Allowable mean pressure deformation 2%</i>	51.00 N/mm <sup>2</sup>
<i>Allowable mean pressure deformation 5%</i>	92.00 N/mm <sup>2</sup>
<i>p.v dry limit</i>	0.13 Mpa. m/s
<i>Flexural Strength</i>	140 N/mm <sup>2</sup>
<i>Tensibility</i>	40 %
<i>Flexural Modulus</i>	3 200 N/mm <sup>2</sup>
<i>Tensile Modulus</i>	3 500 N/mm <sup>2</sup>
<i>Impact Toughness</i>	Bez zlomu
<i>Notched Toughness</i>	>4 kJ/m <sup>2</sup>
<i>Ball Hardness</i>	165 N/mm <sup>2</sup>
<i>Friction Coefficient</i>	0.35
<i>Sliding Wear</i>	0.10 um/km
<i>Abrasive Wear</i>	150
<i>Antistatic Material</i>	No

Tabel 2.3. Tabel komposisi material teflon

<i>Material Properties Table</i>	
<i>Permittivity</i>	3.60
<i>Electrical Strength</i>	25 kV/mm
<i>Specific Internal Resistance</i>	$10^{(13)}\Omega$
<i>Specific Surface Resistance</i>	$10^{(12)}\Omega.cm$
<i>Melting Point</i>	220 ° C
<i>Thermal Expansion</i>	$8 \cdot 10^{(-5)}/K$
<i>Thermal Conductivity</i>	0.29 W/(K.m)
<i>Permanent Use Temperature</i>	-40 ; 105 ° C
<i>Transient Temperature of Use</i>	-40 ; 170 ° C
<i>Absorbability</i>	2.2 %
<i>Water Absorption</i>	6.5 %
<i>Resistance – oils</i>	<i>Resistance</i>
<i>Acid Resistance</i>	<i>Conditionally</i>
	<i>Resistance</i>
<i>Durability – Alcali</i>	<i>Resistance</i>
<i>Food Contact</i>	<i>No</i>

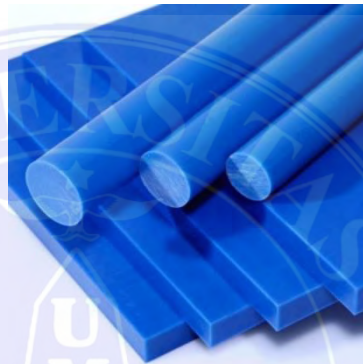
Berdasarkan tabel 2.2 dan 2.3 dapat dilihat bahwa komposisi dari bahan teflon terdata secara terperinci dan cukup jelas.

### 2.3 Mcblue

*Mcblue* merupakan sejenis resin industri yang terbuat dari monomer *nylon-6* yang diinjeksi dengan caprolactam ke dalam bentuk cetakan dan terjadi polimerisasi dengan menggunakan ion atau gugus yang memiliki muatan negatif. *Mcblue* juga dapat dikatakan *poliamida* yang dihasilkan melalui proses pengecoran dan memiliki properti yang lebih baik daripada *nylon* yang dihasilkan dengan metode yang lain karena proses ini memungkinkan produksi material bebas dari *internal stress*. *Poliamida* (PA) adalah plastik bahan teknik yang memiliki sifat termoplastik, yaitu jika dipanaskan akan meleleh dan akan mengeras jika didinginkan. Berbanding terbalik dengan teflon yang merupakan *termosetting*. *Poliamida* terdiri dari segmen *polietilen* (CH<sub>2</sub>) dan dipisahkan oleh satuan gugus amida (NH<sub>2</sub>). Biasanya *poliamida* dihasilkan dari kondensasi *diacid* dan sebuah *diamina*, tetapi mereka juga dapat disintesis dari *asam amino* atau *asam laktat* yang sesuai (Joziel Aparecido da Cruz, G. M. 2022).

*Poliamida* (PA) juga termasuk termoplastik penting dengan ikatan amida (NHC=O) dalam tulang punggung polimer. *Poliamida* diklasifikasikan ke dalam berbagai kategori tergantung pada susunan dan sifat kimia monomer. *Aromatik*, *sikloalifatik*, dan *poliamida alifatik* merupakan jenis *poliamida* yang penting. *Poliamida 6,6* (PA 66) dan *poliamida 6* (PA 6) juga jenis *poliamida* yang penting karena mereka *alifatik poliamida*. Dikenal juga sebagai *nylon* (Steingruber, 2000 ; Marchildon, 2011). *Nylon 6* dan *nylon 66* ini terdiri dari sekitar 50% konsumsi *poliamida* industri. *Poliamida aromatik* atau *aramik* adalah *poliamida* yang terdiri dari prekursor monomer yang mengandung cincin aromatik pada strukturnya. *Poliamida aromatik-alifatik* memiliki sifat aromatik dan karakteristik alifatik

karena adanya rantai alifatik bersama dengan aromatik cincin. Bentuk lain dari *poliamida aromatik* terdiri dari cincin aromatik yang dipisahkan oleh gugus metilen. Kelompok ini juga disebut sebagai *poliarilamida* (Saotome dan Komoto, 1966). Matriks epoksi juga telah banyak digunakan untuk penguatan tanah liat smektit yang dimodifikasi secara organik dalam nanokomposit (Park and Jan, 2003). Bahan *mcblue* ini ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Profil material *Mcblue*

### 2.3.1 Sifat dan Kegunaan *Mcblue*

Plastik yang memiliki sifat termoplastik ini memiliki beragam sifat dan kegunaan yang begitu penting. Berikut ini akan disebutkan sifat-sifat dan kegunaan dari *mcblue*.

1. Sifat geser yang sangat tinggi.
2. Kekuatan mekanik yang tinggi.
3. Ketahanan aus yang sangat baik
4. Digunakan untuk bahan komposit dan isolasi listrik.
5. Ketahanan lelah yang baik.
6. Menyerap kelembaban sehingga tidak bisa berada di bawah air.

7. Kekuatan dan ketangguhan benturan tinggi.
8. Ketahanan aus yang tinggi (Kausar, A 2017).

Berikut ini dilampirkan pada tabel 2.4 *grade* dari beberapa jenis *mcbblue* dan tujuan material tersebut.

Tabel 2.4. Tabel *grade* dari beberapa jenis *mcbblue*

<i>Grade</i>	Modifikasi	Tujuan
<i>Nylon 6G – (PA6G)</i>	Tidak ada. Standar warnanya alami (putih pucat). Hitam juga tersedia.	Bahan dasar untuk umum mekanis rekayasa aplikasi. Peningkatan keausan
<i>Nylon 6G+Mos<sup>2</sup> (Molybdenum disulphide) – (PA6GMO)</i>	Penambahan pelumas cair. Warna: hitam	Peningkatan keausan resistensi, bagus sifat geser & UV yang sangat bagus perlawanan.
<i>Nylon 6G+OIL – (PA6G+Oil)</i>	Penambahan pelumas cair. Warna: kuning adalah standar, lainnya dalam permintaan	Gesekan yang lebih rendah dan lebih sedikit ‘ <i>stick-slip.</i> ’ Untuk beban rendah, tinggi kecepatan aplikasi
<i>Sustaglide</i>	Dengan spesial pelumas padat. Warna: hijau adalah standar, lainnya dalam permintaan	Peningkatan geser beban dan lebih tinggi Pengoperasian suhu adalah mungkin.

Berdasarkan tabel 2.4 dapat dilihat bahwa *grade* bahan *mcbblue* terdiri dari 4 jenis. Masing-masing dari jenis bahan tersebut memiliki ciri khas tersendiri seperti warna material. Tujuan dari setiap *grade* bahan tersebut juga berbeda-beda. Setelah diatas dijelaskan beberapa *grade* dari material *mcbblue*, selanjutnya komposisi dari beberapa *grade* bahan *mcbblue* dapat dilihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5. Tabel komposisi dari beberapa bahan *mcblue*

	Nylon 6G, Natural or Black	Nylon 6G+MoS <sub>2</sub> , Black	Nylon 6G+Oil	Sustaglide	
<i>Mechanical Properties</i>					
<i>Density at 2°C</i>	1.15	1.15	1.14	1.14	g/cm <sup>3</sup>
<i>Tensile Strength at yield</i>	75	82	70	75	MPa
<i>Elongation at break</i>	45	35	50	>35	%
<i>Tensile Modulus of Elasticity</i>	3,400	3,500	3,300	3,400	MPa
<i>Notched Impact Strength (Charpy)</i>	>3.0	>2.5	>4.0	>3.5	Kj/m <sup>2</sup>
<i>Ball Indentation Hardness</i>	180	185	165	170	N/mm <sup>2</sup>
<i>Hardness (Shore D)</i>	83	83	82	81	Scale D
<i>Electrical Properties</i>					
<i>Volume Resistivity</i>	10 <sup>15</sup>	-	10 <sup>15</sup>	10 <sup>15</sup>	Ohm Cm
<i>Surface Resistivity</i>	10 <sup>13</sup>	-	10 <sup>13</sup>	10 <sup>13</sup>	Ohm
<i>Dielectric Constant, 50 Hz</i>	3.7	-	3.7	3.7	-
<i>Dielectric Dissipation factor, 50 Hz</i>	0.02	-	18	18	-
<i>Dielectric Strength Comparative</i>	20	-	18	18	Kv/mm
<i>Tracing Index (CTI), Solution 'A'</i>	600	-	600	600	-
<i>Thermal Properties</i>					
<i>Melting Temperature</i>	216	216	213	215	°C
<i>Heat Deflection Temperature – Method A, 1.8 MPa</i>	95	95	90	90	°C
<i>Coefficient of thermal expansion</i>	80	80	80	80	10 <sup>-6</sup> . K <sup>-1</sup>
<i>Specific Thermal capacity at 100°C</i>	1.70	1.70	1.70	1.70	kJ/(kg-K)
<i>Thermal conductivity at 20°C</i>	-40 to +100	-40 to +100	-40 to +100	-40 to +100	°C
<i>Service</i>	+170	+170	+170	+160	

## 2.4 Uji Impak

Dalam bidang konstruksi dan elemen mesin, penggunaan logam selalu mengacu pada jenis beban dan kondisi lingkungan. Baik material logam maupun plastik atau bahan lainnya akan mengalami berbagai macam kerusakan bergantung pada tipe dari beban yang mengenainya yaitu berupa tarikan, tekan, bengkokan, gaya putar (Porawati, H 2018).

Menurut Dieter, George E (1988) uji impak digunakan dalam menentukan kecenderungan material untuk rapuh atau ulet berdasarkan sifat ketangguhannya. Hasil uji impak tidak dapat dibaca secara langsung kondisi perpatahan batang uji, sebab tidak dapat mengukur komponen gaya-gaya tegangan tida dimensi yang terjadi pada batang uji. Hasil yang diperoleh dari pengujian impak ini , juga tidak ada persetujuan secara umum mengenai interpretasi atau pemanfaatannya. Sejumlah uji impak batang uji bertakik dengan berbagai desain telah dilakukan dalam menentukan perpatahan rapuh pada logam maupun bahan lainnya. Metode yang telah menjadi standar untuk uji impak ini ada 2, yaitu uji impak *charpy* dan *izod*. Metode *charpy* banyak digunakan di Amerika Serikat, sedangkan metode impak *izod* lebih sering digunakan di sebagian besar daratan eropa (Handoyo, Y. 2013).

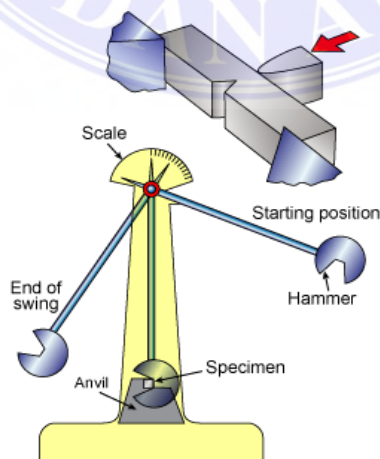
Salah satu letak perbedaan kedua metode uji impak ini terlihat pada peletakan spesimen uji, pada uji impak *charpy* spesimen mendapatkan pembebanan dari atas, sedangkan pada uji impak *izod* pembebanan spesimen berasal dari depan. Prinsip kerja alat uji impak adalah memberi pembebanan yang cepat sehingga terjadi penyerapan energi yang besar ketika beban menumbuk beban uji, adanya penerapan energi ini kemudian menyebabkan terjadinya



kerusakan material berupa patah atau bengkok. Dengan mengacu pada jenis kerusakan yang terjadi maka kita dapat mendefinisikan ketahanan material tersebut (Dhilif Kumar, A. S. 2017).

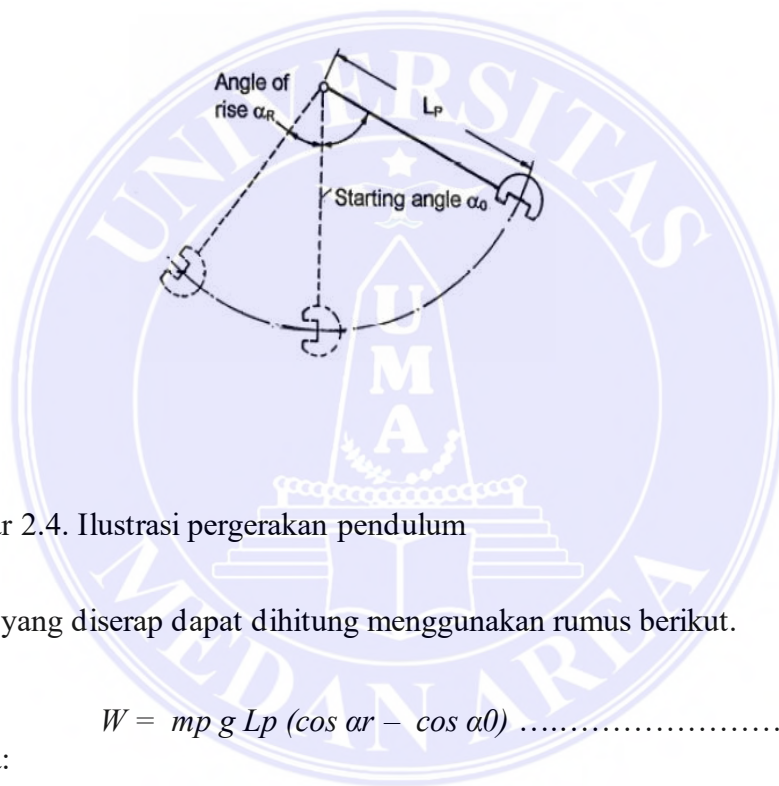
#### 2.4.1 Uji impak *charpy*

Pengujian impak *charpy* merupakan pengujian yang umumnya dilakukan dalam skala kecil. Pengujian ini dipilih karena lebih aman dan sederhana pada prosedur pengujiannya. Ketangguhan suatu material terhadap patah getas adalah masalah yang harus diperhatikan terutama pada material berbahan polimer. Jika patah getas ini terjadi pada bahan polimer dengan daya tahan rendah, patahan tersebut nantinya dapat merambat dengan cepat dan dapat menyebabkan kerusakan dalam waktu yang singkat. Pada pengujian impak *charpy*, beban diayun dari ketinggian tertentu untuk memukul benda uji, yang kemudian diukur energi yang diserap oleh perpatahannya. Batang uji *charpy* kemudian diletakkan horizontal pada batang penumpu dan diberi beban secara tiba-tiba di belakang sisi takik oleh pendulum berat berayun (kecepatan pembebanan  $\pm 5$  m/s). Ilustrasi pengujian impak metode *charpy* diperlihatkan pada gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3. Ilustrasi pengujian impak metode *charpy*

Ketika suatu pengujian dilakukan, energi yang diserap oleh suatu benda uji (atau lebih tepatnya energi yang dilepaskan oleh pendulum selama tumbukan) dihitung dari selisih antara tinggi palu pendulum terhadap benda uji sebelum dan sesudah tumbukan serta massa dari palu pendulum itu sendiri. Pergerakan palu pendulum pada alat uji impak *charpy* dapat dilihat pada gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.4. Ilustrasi pergerakan pendulum

Energi yang diserap dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

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

dimana:

$W$  = Energi (J)

$m_p$  = Massa pendulum (Kg)

$g$  = Ketetapan Gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)

$L_p$  = Panjang lengan pendulum (m)

$\cos \alpha_0$  = Sudut Awal (147°)

$\cos \alpha_r$  = Sudut Akhir atau sudut setelah menghantam spesimen

Untuk mengukur kekuatan impak *charpy* maupun *izod*, spesimen berlekuk diposisikan secara terpusat pada penopang dan takik pada permukaan tarikannya. Oleh karena itu tumbukan terjadi pada sisi takik yang berlawanan (sisi takik dalam uji izod). Kekuatan takik *charpy*  $a_{cN}$ , dihitung dari energi yang diserap selama tumbukan  $W_c$  dalam kaitannya dengan luas penampang awal terkecil dari spesimen di dasar takikan.

$$a_{cN} = \frac{W_c}{bn.h} \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana:

- $a_{cN}$  = Kekuatan impak (J/mm<sup>2</sup>)
- $W_c$  = Energi (J)
- $bn$  = Lebar benda uji (mm)
- $h$  = Tinggi benda uji (mm)

Alat uji impak *charpy* memiliki begitu banyak keunggulan sehingga banyak digunakan daripada alat uji impak *izod* dan lainnya. Berikut ini merupakan keunggulan uji impak metode *charpy*, antara lain:

1. Hasil pengujian lebih akurat.
2. Pengerjaan lebih mudah dipahami dan dilakukan.
3. Menghasilkan tegangan lebih seragam disepanjang penampang
4. Harga alat lebih murah
5. Waktu pengujian terbilang singkat.

Walaupun memiliki keunggulan yang begitu mumpuni, uji impak metode *charpy* juga memiliki kelemahan atau kekurangan, yaitu:

1. Hanya dapat dipasang pada posisi horizontal saja.
2. Spesimen tidak dicekam, mengakibatkan spesimen dapat bergeser.
3. Hanya bisa dilakukan pada spesimen yang kecil.
4. Hasil pengujian kurang tepat dimanfaatkan dalam perancangan karena level tegangan yang diberikan tidak rata.

Hasrin, pada tahun 2010, menganalisis perpatahan baja ST60 yang dikenai beban impak *charpy*. Pengujian yang dilakukan untuk memperkirakan ketangguhan suatu bahan dapat juga dilakukan dengan mengamati bentuk permukaan patah, dimana semakin besar persentase perpatahan berserat menandakan bahan tersebut semakin ulet yang berarti semakin tangguh pula suatu material. Sebaliknya jika semakin halus dan datar permukaan patahannya, maka material tersebut semakin getas dan rapuh pula. Material yang getas dapat juga ditandai dengan permukaan patah berbentuk kristalin yang menghasilkan pantulan cahaya atau sering disebut mekanisme pembelahan.

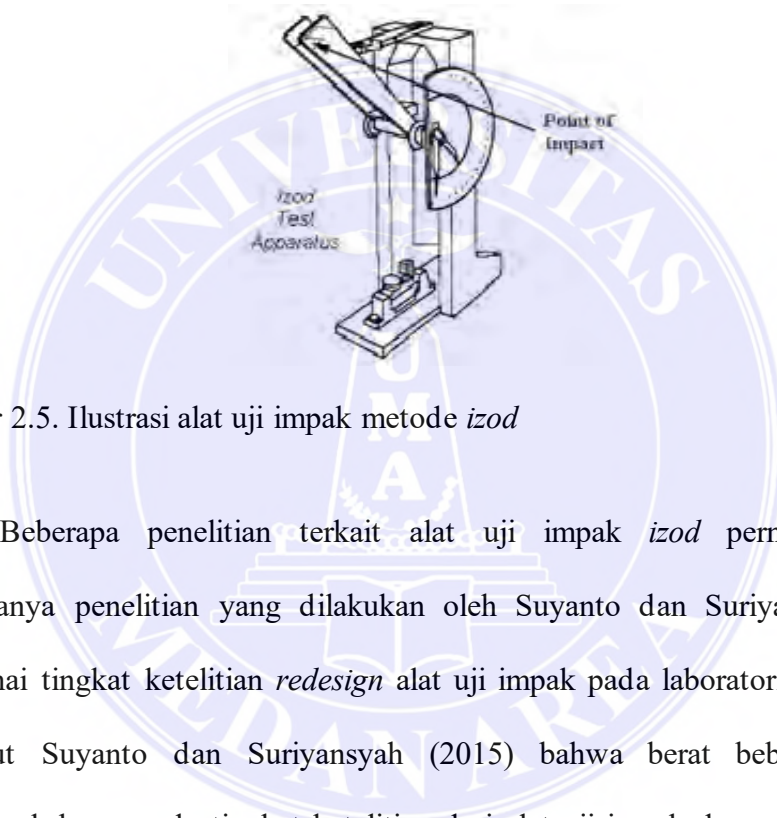
#### 2.4.2 Uji impak *izod*

Uji impak *izod* merupakan pengujian impak dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi dan arah pembebanan searah dengan arah takikan. Energi impak berasal dari energi potensial pendulum diubah menjadi energi kinetik (gerak). Besarnya energi yang dilepas oleh pendulum dapat diketahui dari ketinggian awal dan akhir kedudukan pendulum, jarak titik ayun dengan titik takik dan berat pendulum. Jika jarak titik ayun dengan titik takik dan berat pendulum tetap maka energi impak sepenuhnya bergantung pada kedudukan awal dan akhir pendulum. Keakuratan nilai pengujian bergantung pada jenis material, jarak titik ayun dengan titik takik (lengan pendulum) dan berat

pendulum. Uji impak *izod* dikembangkan oleh Edwin Gilbert Izod (1876-1946).

Uji impak metode *izod* sering digunakan untuk mengukur ketahanan plastik. Spesimen uji agak mirip dengan spesimen pada uji impak *charpy* yang sering digunakan untuk menguji transisi rapuh-ulet pada baja struktural, tetapi dalam uji metode *izod* spesimen berlekuk berdiri dijepit dalam posisi vertikal dan pendulum membentur spesimen yang dijepit diujung. Menurut ASTM D256 spesimen plastik memiliki dimensi panjang, kedalaman, dan takik standar, tetapi pengujian dilakukan dengan lebar spesimen yang berbeda. Contoh dari penggunaan uji impak metode *izod* dilakukan oleh Argon dan Cohen (2003) dalam diskusi penerapan partikel karet atau partikel kaku untuk menghindari transisi ulet ke kaku dalam polimer semi-kristal. Ketika polimer dikompresi atau diregangkan menjadi regangan besar, regangan plastis biasanya dimulai pada puncak tagangan dan selanjutnya tingkat tegangan menurun selama regangan besar hingga peningkatan kekakuan jaringan memberikan tegangan yang sangat tinggi, karena penguncian jaringan pada dasarnya menghentikan deformasi plastik. Untuk logam, prediksi uji *charpy* telah dianalisis secara mendetail. Dengan demikian, Ritchie (1978) telah membandingkan prediksi pengujian dengan prediksi uji retak tajam, *Tvergaard* dan *Needleman* (1986, 1988), telah menganalisis transisi mode kegagalan uji impak *charpy*, *Benzerge et al* (2002) telah mempelajari efek ukuran dan juga analisis 3D lengkap telah dilakukan *Mathur et al* (1994), *Tvergaard* dan *Needleman* (2004). Berdasarkan penelitian ini serta penelitian lainnya, dapat dipahami dengan seksama bahwa uji impak *charpy* tergantung terutama pada sensitivitas laju regangan material dan pada ketergantungan suhu dari tegangan luluh (V. Tvergaard, A. N. 2008).

Faktor jenis material lebih dominan dalam mempengaruhi hasil pengujian dibandingkan dengan panjang lengan pendulum dan beban pendulum. Namun dalam merancang alat uji impak yang harus diperhatikan adalah pengaruh berat beban terhadap hasil pengujian, hal ini dikarenakan spesifikasi dimensi material (spesimen) dan panjang lengan pendulum telah ditentukan pada menurut standar ASTM. Ilustrasi alat uji impak metode *izod* ditampilkan pada gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.5. Ilustrasi alat uji impak metode *izod*

Beberapa penelitian terkait alat uji impak *izod* pernah dilakukan diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Suyanto dan Suriyansyah (2015) mengenai tingkat ketelitian *redesign* alat uji impak pada laboratorium metalurgi. Menurut Suyanto dan Suriyansyah (2015) bahwa berat beban pendulum berdampak besar pada tingkat ketelitian dari alat uji impak dengan selisih harga impak dua kali lebih besar sebelum dilakukan *redesign* (Handoyo, Y. 2013).

#### 2.4.3 Uji impak jatuh bebas

Walau uji impak *charpy* dan *izod* yang paling sering digunakan, uji impak yang satu ini tak kalah penting perannya dalam sebuah penelitian. Uji impak jatuh bebas merupakan suatu pengujian untuk mensimulasikan kondisi operasi material yang sering ditemui dimana beban tidak selamanya terjadi secara perlahan-lahan

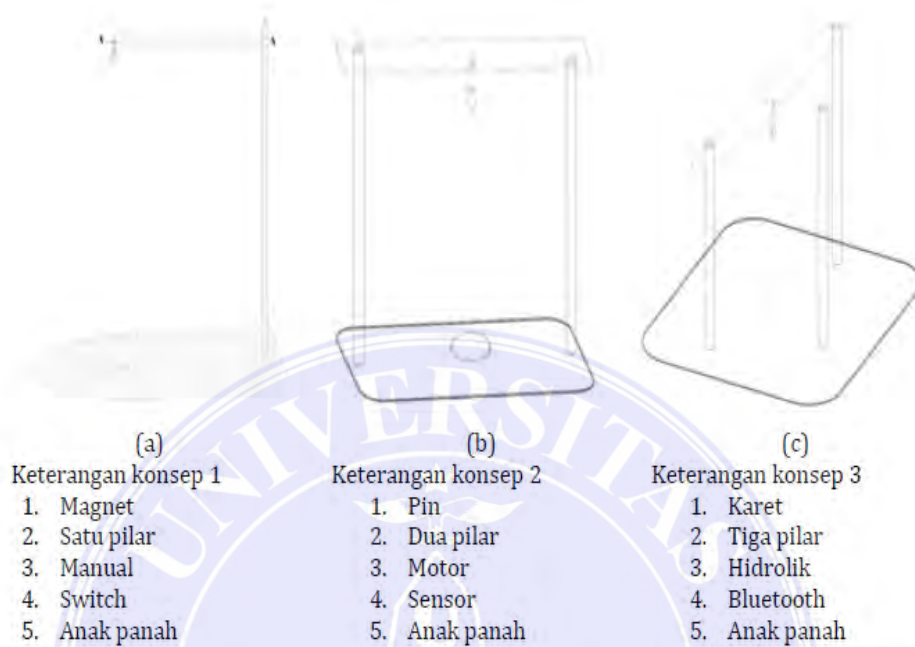
melainkan datang secara tiba-tiba. Alat uji impact jatuh bebas ini memanfaatkan massa benda serta gaya gravitasi. Prosedur yang dilakukan dalam penelitian yang menggunakan alat uji impact jatuh bebas ini meliputi pengujian dan pengambilan data untuk mengetahui energi yang diserap, harga impact, momentum, *impuls*, dan ketangguhan pada material saat diberi beban kejut (Dailami, Hamdami, Samsul Bahri 2020). Alat uji impact jatuh bebas terlihat pada gambar 2.6 berikut.



Gambar 2.6. Alat uji impact jatuh bebas

Salah satu penelitian mengenai alat uji impact jatuh bebas dibahas pada jurnal teknik mesin yang ditulis oleh Goodman Pakpahan, Muhammad Yusuf R.Siahaan, Rakhmad Arief Siregar dengan judul Perancangan alat uji impact anak panah jatuh bebas untuk menguji lembaran plastik dengan kapasitas 120 gr. Pengujian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh pembebanan impact jatuh bebas pada plastik yang dijatuhkan dari ketinggian 0.66 m. langkah yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian dan pengambilan data untuk mengetahui energi yang diserap, harga impact, momentum, *impuls*, dan ketangguhan pada material baja struktur saat diberi beban kejut. Pada pengujian impact jatuh bebas ini, mempunyai jarak dan berat beban yaitu pada beban (m) =

30, 45, 60 gr dengan jarak ketinggian ( $h$ ) = 0.66 m (Goodman Pakpahan, Muhammad Yusuf R. Siahaan, Rakhmad Arief Siregar, 2023).



Gambar 2.7. Tiga konsep perancangan alat uji impak anak panah jatuh bebas

Berkembangnya teknologi material dengan sangat pesat tak luput dibersamai dengan kegagalan pada suatu komponen mesin yang tidak dapat dihindari sedikitpun. Akan tetapi, hal ini terus diupayakan untuk meminimalkan melalui beragam penelitian. Faktor lingkungan (*inviromen*) dengan mengaturnya pada berbagai kondisi temperatur, perlu mendapat perhatian tersendiri yang tak kalah pentingnya. Perpatahan pada suatu material dimulai dengan adanya inisiasi retak kemudian diteruskan oleh menjalarnya retak sampai akhirnya material tersebut patah.

Menurut Akhmad, H. W, perpatahan impak digolongkan menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Perpatahan ulet, berserat (*fibrous fracture*) merupakan patahan yang



melibatkan mekanisme pergeseran bidang-bidang kristal didalam bahan yang ulet. Hal ini ditandai dengan permukaan patahan berserat yang berbentuk dimpel yang menyerap cahaya dan memiliki tampilan buram.

2. Perpatahan getas, *granular/kristalin*, merupakan jenis patahan yang dihasilkan oleh mekanisme pembelahan (*cleavage*) pada butir-butir dari bahan yang rapuh. Hal ini ditandai dengan permukaan patahan yang datar dan mampu memberikan daya pantul cahaya yang tinggi.
3. Perpatahan campuran (berserat dan *granular*), sesuai dengan nama jenis patahannya, ini merupakan jenis patahan kombinasi antara patahan ulet dan getas (Hasrin, 2013).

Agar lebih memahami tentang materi jenis perpatahan pada suatu material akibat beban dari pengujian impak maka dapat dilihat dari jurnal berikut. Jurnal berjudul Analisa uji impak baja *carbon steel* 1045 dengan menggunakan metode *charpy* ini ditulis oleh Muhammad Wahyu, Junaidi, Ade Irwan. Perancangan dan pengujian impak *charpy* merupakan suatu penelitian bahan material untuk mengetahui seberapa kuat dan tahan bahan tersebut terhadap beban yang mendadak. Dengan memanaskan material baja *carbon steel* 1045 menggunakan metode *hardening* menggunakan media air untuk mengetahui sifat kegetasan pada baja *carbon steel* setelah diberi panas. Hasil yang didapatkan setelah melakukan pengujian adalah nilai energi impak yang diperoleh dari spesimen 1 lebih besar dengan nilai 125, 739 *joule*, sedangkan untuk spesimen 2 (117,5603 *joule*) dan spesimen 3 (103,833 *joule*). Nilai harga impak yang diperoleh spesimen 1 lebih besar dengan nilai 0,235  $\text{j/mm}^2$  untuk spesimen 1 sedangkan 0,213  $\text{j/mm}^2$  untuk spesimen 2 dan 0,188  $\text{j/mm}^2$  untuk spesimen 3. Semakin rendah nilai impak yang

diperoleh maka semakin ulet perpatahan yang terjadi pada spesimen.

Material 1 memiliki luas penampang sebesar  $550 \text{ mm}^2$  dan memiliki suhu sebesar  $600^\circ\text{C}$ , serta menghasilkan energi impact  $125,579 \text{ J}$ , harga impact yang terjadi diperoleh melalui perhitungan sebesar  $0,235 \text{ J/mm}^2$ . Material 2 memiliki luas penampang sebesar  $550 \text{ mm}^2$  dan memiliki suhu sebesar  $700^\circ\text{C}$  serta menghasilkan energi impact  $117,5603 \text{ J}$ , harga impact yang terjadi diperoleh melalui perhitungan sebesar  $0,213 \text{ J/mm}^2$ . Material 3 memiliki luas penampang sebesar  $550 \text{ mm}^2$  dan memiliki suhu sebesar  $800^\circ\text{C}$ , serta menghasilkan energi impact  $103,833 \text{ J}$ , harga impact yang terjadi diperoleh melalui perhitungan sebesar  $0,188 \text{ J/mm}^2$ .



Gambar 2.8. Spesimen 1 sebelum dan sesudah pengujian

Melalui data yang kita dapat diatas bisa kita amati dari spesimen yang telah beri suhu tertentu akan berpengaruh terhadap harga impact. Pada spesimen 1 dengan suhu  $600^\circ\text{C}$ , maka harga impact yang didapat akan cukup besar, menurut hasil perbandingan antara dua spesimen yang lain, spesimen ini memiliki harga impact paling besar. Bisa kita lihat melalui gambar sebelum dan sesudah pengujian dibawah, dapat kita perhatikan patahan yang terjadi pada spesimen tersebut berupa patahan getas. Dapat disimpulkan baja aisi 1045 spesimen yang digunakan bersifat getas.



Gambar 2.9. Spesimen 2 sebelum dan sesudah pengujian

Pada spesimen 2 melakukan pengujian spesimen dengan menggunakan suhu  $700^{\circ}\text{C}$ , maka dari itu spesimen tersebut memiliki patahan yang sama, setelah beberapa waktu melakukan pengujian impact maka harga impact yang diperoleh lebih kecil dibandingkan dengan spesimen 1. Pada gambar dibawah bisa kita perhatikan patahan yang terjadi pada spesimen 2 terlihat lebih getas dibandingkan dengan spesimen 1. Hal ini membuktikan dengan tingginya suhu dapat mempengaruhi kegetasan pada baja, maka apa bila logam memiliki suhu yang tinggi sifat logam tersebut akan semakin getas bila terkena beban impact.



Gambar 2.10. Spesimen 3 sebelum dan sesudah pengujian

Sedangkan untuk spesimen 3 dilakukan percobaan spesimen bersuhu lebih tinggi dibandingkan spesimen 1 dan 2, sehingga spesimen dipanaskan terlebih dahulu dalam mesin pemanas hingga mencapai suhu  $800^{\circ}\text{C}$ . Setelah dilakukan pengujian diperoleh harga impact yang lebih rendah dari pada kedua spesimen lainnya dan pada gambar diatas dapat diamati patahan yang terjadi berupa patahan

ulet. Spesimen tidak terlihat patah melainkan melengkung. Ini dikarenakan semakin tinggi suhu spesimen membuat spesimen memiliki sifat yang lebih ulet.

Temperatur yang diberikan terhadap spesimen pengujian memberikan pengaruh yang cukup membuat spesimen uji menjadi lebih getas dan bila temperatur yang diberikan kepada spesimen uji semakin tinggi maka spesimen uji tersebut semakin ulet sesuai dengan temperatur yang diberikan dengan spesimen uji.

## 2.6 Suhu

Suhu merupakan derajat (tingkat) panas suatu benda atau ukuran panas dinginnya suatu benda. Suhu juga sering disebut dengan *temperature*. Karena suhu dapat diukur dan dirasakan, maka suhu termasuk besaran. Satuan internasional (SI) yang digunakan untuk suhu adalah kelvin (K) sedangkan, simbol untuk melambangkan suhu adalah T (Huruf Kapital). *Termometer* merupakan alat yang biasa digunakan untuk mengukur suhu. Secara fisika, suhu dianggap sama dengan *temperature*. Sedangkan secara bahasa keduanya dianggap sedikit berbeda. Menurut KBBI (Kamus Besar Bahasa Indonesia), suhu adalah ukuran kuantitatif terhadap panas dinginnya sesuatu yang diukur termometer, sedangkan *temperature* adalah panas dinginnya badan atau hawa.

Menurut Ir.sarsinta: 2008 pengertian suhu adalah suatu ukuran dingin atau panasnya keadaan atau sesuatu yang lainnya. Satuan ukur yang banyak digunakan di Indonesia adalah Derajat *celcius*. Sementara satuan ukur yang banyak digunakan di luar negeri adalah derajat *Fahrenheit*.

Menurut wirastuti dkk: 2008, suhu adalah panas atau dinginnya suatu

udara. Perubahan suatu udara disebabkan oleh adanya kombinasi kerja antara udara, perbedaan kecepatan proses pendinginan dan pemanasan suatu daerah dan jumlah kadar air dan permukaan bumi.

Panas atau kalor merupakan energi yang berpindah akibat perbedaan suhu. Satuan SI untuk panas adalah *joule*. Panas bergerak dari daerah bersuhu tinggi ke daerah suhu rendah. Setiap benda memiliki energi dalam yang berhubungan dengan gerak acak dari atom-atom atau molekul penyusunnya. Energi dalam ini berbanding lurus terhadap suhu benda. Ketika dua benda dengan suhu berbeda bergandengan, mereka akan bertukar energi internal sampai suhu kedua benda tersebut menjadi seimbang. Jumlah energi yang disalurkan adalah jumlah energi yang tertukar. (Purwadi, 2001)

#### 2.6.1 Prinsip pengukuran suhu dengan termometer

Pembuatan Termometer dipelopori oleh Galileo Galilei pada tahun 1595. Ia menggunakan labu kosong yang didalamnya dilengkapi dengan pipa panjang dimana ujung pipanya terbuka. Prinsip kerja alat ini didasarkan pada perubahan volume gas di dalam labu yang memanfaatkan sifat pemuaian zat cair. Untuk menilai suhu, labu tersebut dimasukkan ke dalam cairan, dengan ini udara yang ada di dalam labu menyusut, zat cair akan masuk ke dalam pipa tetapi tidak sampai ke dalam labu. Tinggi atau jauhnya zat cair yang masuk ke dalam pipa akan berbeda sesuai dengan suhunya, inilah yang dijadikan nilai dasar dalam pengukuran suhu. Tetapi, pada masa sekarang, termometer sering dilengkapi cairan yang berupa raksa dan alkohol.

#### 2.6.2 Satuan atau skala suhu atau temperatur dan konvensi suhu

Seperti yang telah kami jelaskan di atas, satuan internasional untuk suhu adalah kelvin, tetapi untuk memudahkan pengukuran, banyak satuan lainnya yang digunakan sebagai satuan suhu. Perbedaan suhu ini juga dipakai untuk membuat jenis termometer (alat pengukur suhu) yang berbeda-beda. Beberapa Skala Suhu yang paling sering dipakai antara lain adalah :

#### 1. Satuan atau Skala *Celsius* ( $^{\circ}\text{C}$ )

Skala *Celsius* merupakan skala suhu yang didesain dengan titik beku air adalah  $0^{\circ}\text{C}$  dan titik didih air pada  $100^{\circ}\text{C}$  pada tekanan atmosfer standari. Skala ini diperkenalkan oleh Anders Celsius pada tahun 1742. Meski angka-angka yang ditunjukkan oleh skala *celsius* sudah lumayan tepat, namun secara lebih spesifik masih ada beberapa ketidaktepatan sehingga tidak bisa dijadikan sebagai standar formal atau satuan internasional. Definisi baku dari 1 derajat celsius adalah  $1/273,16$  dari perbedaan antara *triple point air* dan nol *absolut*, berdasarkan pengertian tersebut dapat diketahui bahwa satu derajat *celsius* mempresentasikan perbedaan suhu yang sama dengan satu kelvin.

#### 2. Satuan atau Skala *Fahrenheit* ( $^{\circ}\text{F}$ )

Skala *Fahrenheit* adalah skala suhu yang didesain dengan titik beku air adalah  $32^{\circ}\text{F}$  dan titik didih air adalah  $212^{\circ}\text{F}$ , dengan demikian perbedaan titik lebur dan titik didih pada skala ini adalah 180 derajat. Skala ini diperkenalkan oleh ilmuwan Jerman yang bernama *Gabriel Fahrenheit* pada tahun 1724.

#### 3. Satuan atau Skala *Reaumur* ( $^{\circ}\text{R}$ )

Skala *Reaumur* adalah skala suhu yang didesain dengan titik beku air adalah  $0^{\circ}\text{R}$  dan titik didihnya  $80^{\circ}\text{R}$ , artinya terdapat perbedaan sebesar  $80^{\circ}$  antara titik beku dan titik didih. Skala ini diperkenalkan oleh *Rene Antoine Ferchault de Reaumur* pada tahun 1731.

#### 4. Satuan atau Skala *Kelvin* ( $^{\circ}\text{K}$ )

Skala *Kelvin* adalah skala suhu yang didesain dengan titik beku air adalah  $273^{\circ}\text{K}$  dan titik didihnya adalah  $373^{\circ}\text{K}$ . Jadi perbedaan antara titik beku dan titik didihnya adalah 100 derajat. Sampai saat ini *Kelvin* merupakan Satuan Internasional untuk suhu karena dinilai paling akurat. Ilmuwan yang memperkenalkannya adalah *William Thomson* atau yang juga disebut *Lord Kelvin*.



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

#### 3.1.1 Waktu

Waktu Penelitian dilaksanakan bersamaan dengan keluarnya surat keputusan tugas akhir dengan jadwal tugas akhir seperti terlihat pada tabel 3.1 sebagai berikut :

Tabel 3. 1. Jadwal Tugas Akhir

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

#### 3.1.2 Tempat Penelitian

Tempat pelaksanaan Penelitian ini di lakukan di Bengkel Arya atau Bengkel bubut dan Las Sudarman di Jalan Mangan VIII Mabar Hilir, Kec. Medan Deli, Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara.



## 3.2 Bahan dan Alat

### 3.2.1 Bahan

Pada proses penelitian ini digunakan beberapa bahan uji yang dijabarkan sebagai berikut.

#### 1. Teflon (*Polytetrafluoroethylene*)

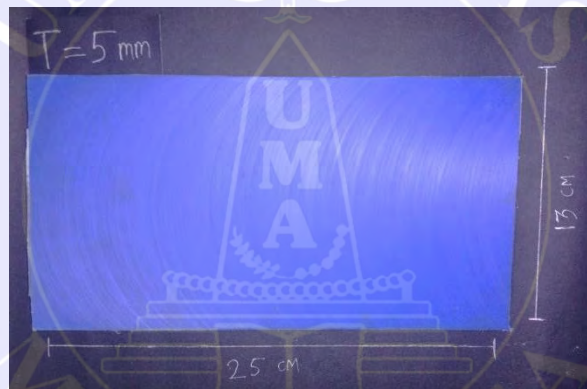
Teflon merupakan bahan yang sangat baik untuk komponen atau bagian-bagian yang terkena energi panas, pakaian, dan gesekan. Teflon ini salah satu kelas dari plastik yang dikenal sebagai *fluoropolymers*. Teflon juga dimanfaatkan sebagai bahan penyekat, misalnya untuk kotak penyekat (*stuffing box*). Pada penelitian ini bahan teflon yang digunakan memiliki ukuran 250mm L x 130mm W x 8 mm T. Bahan teflon dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1. Bahan Teflon

## 2. *Mcbblue*

*Mcbblue* merupakan bahan polimer yang menunjukkan sifat yang sangat stabil pada kisaran panas  $-40^{\circ}\text{C}$  sampai  $100^{\circ}\text{C}$  dalam kondisi terus menerus. *Mcbblue* umumnya berbentuk *round bar* tetapi ada yang berbentuk lembaran atau plat. *Mcbblue* biasa digunakan sebagai material peredam getaran dan suara. Selain itu *Mcbblue* telah banyak diaplikasikan pada bidang industri mesin yang rawan terhadap korosi dan berbagai bahan kimia lainnya. Pada penelitian ini bahan *mcbblue* yang digunakan memiliki ukuran 250mm L x 130mm W x 5 mm T. Bahan *mcbblue* dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3.2. Bahan *Mcbblue*

### 3.2.2 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam proses penelitian ini dijelaskan sebagai berikut.

#### 1. Alat uji impak metode *charpy*

Pengujian impak *charpy* merupakan standar pengujian laju regangan tinggi yang menentukan jumlah energi yang diserap oleh bahan selama terjadinya

patahan. Metode ini banyak ditemui pada industri keselamatan yang kritis karena mudah untuk dilakukan. Alat uji impact metode *charpy* dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut ini.



Gambar 3.3. Alat uji impact metode *charpy*

## 2. Tungku

Pada penelitian ini tungku berperan sebagai alat yang memiliki fungsi memanaskan spesimen sesuai suhu tertentu sebelum dilakukannya pengujian pada alat uji impact *charpy* dengan tujuan agar mengetahui pengaruh suhu terhadap impact *charpy*. Tungku dapat dilihat pada gambar 3.4 berikut ini.



Gambar 3.4. Tungku

### 3. *Thermo gun*

*Thermo gun* merupakan alat yang pada umumnya digunakan untuk mengukur suhu tubuh. *Thermo gun* merupakan jenis *thermometer* inframerah untuk mengukur temperatur suhu. *Thermo gun* diperlukan pada penelitian ini untuk mengukur suhu spesimen yang telah diberi pengaruh suhu.



Gambar 3.5. *Thermo Gun*

### 4. Lem *Dextone*

Lem *dextone* atau perekat berfungsi untuk menempelkan kedua bahan menjadi satu spesimen.



Gambar 3.6. Lem *dextone*

5. Jangka sorong *digital*

Jangka sorong *digital* digunakan pada penelitian ini untuk mengukur ukuran spesimen sesuai standar.



Gambar 3.7. Jangka sorong *digital*

6. Tang jepit kakatua

Tang jepit kakatua ini digunakan ketika memindahkan spesimen yang ada di dalam tungku ke kedudukan pada alat uji impak *charpy*.



Gambar 3.8. Tang jepit kakatua

7. Mesin *milling*

Mesin *milling* yang digunakan pada penelitian ini berfungsi untuk

mengurangi ketebalan pada bahan teflon serta untuk membuat spesimen teflon dan *mcbblue* presisi setelah dipotong menggunakan gergaji tangan.



Gambar 3.9. Mesin *Milling*

8. Mesin sekrap merupakan mesin yang digunakan untuk mengubah permukaan benda kerja menjadi permukaan rata baik bertingkat, menyudut serta alur. Pada penelitian ini mesin sekrap digunakan untuk membuat takik pada permukaan teflon spesimen uji.



Gambar 3.10. Mesin Sekrap

9. Gergaji tangan

Gergaji tangan digunakan pada penelitian ini untuk memotong bahan teflon dan *mcbblue*.



Gambar 3.11. Gergaji tangan

10. Plat baja st37 dengan ukuran 210 mm L x 120 mm W x 25 mm T memiliki berat 5 kg yang dapat dilihat pada gambar 3.12 Digunakan untuk memberikan beban atau menimpa spesimen saat direkatkan menggunakan lem.



Gambar 3.12. Plat Baja ST37

### 3.3 Metode Penelitian

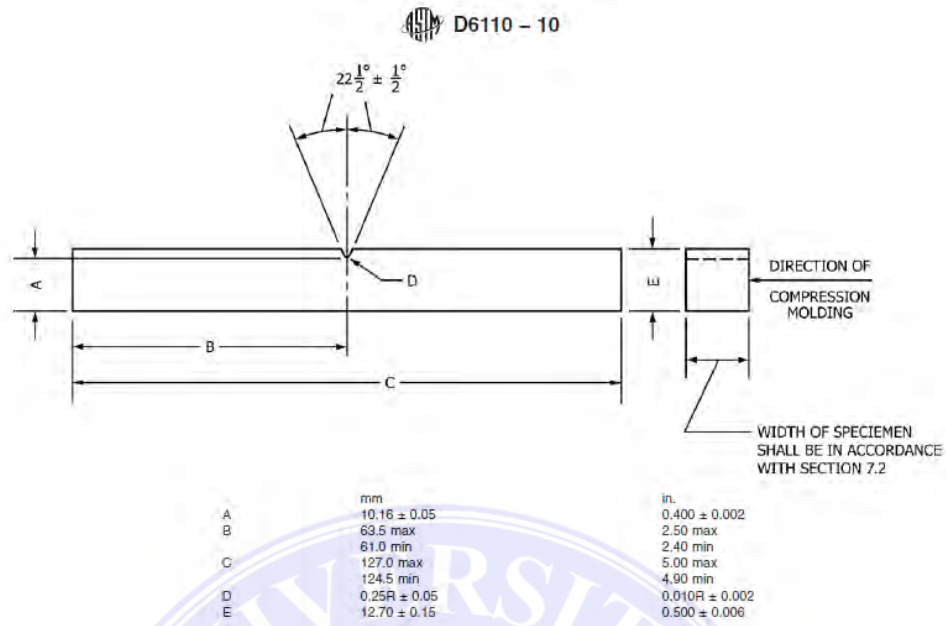
Pada penelitian ini, metode yang digunakan dalam menjalani penelitian ini dijabarkan sebagai berikut.

1. Meninjau secara cermat literatur yang berasal dari jurnal maupun buku.
2. Melakukan survei ketersediaan peralatan alat uji impak *charpy* di kota Medan.
3. Membeli spesimen atau bahan uji berupa bahan teflon dengan ukuran 250mm L x 130mm W x 8 mm T dan bahan *Mcblue* dengan ukuran 250mm L x 130mm W x 5 mm T di toko bahan kota Medan.
4. Membuat spesimen uji material sesuai standar ASTM D6610-10 menggunakan bahan teflon dan *mcblue* dengan kebutuhan variasi temperatur.
5. Melakukan pengujian pada spesimen material dengan adanya pengaruh suhu yang diberikan sebelum pengujian alat uji impak *charpy* di Bengkel Bubut dan Las Sudarman.
6. Mencatat serta menganalisis hasil dari pengujian pada alat uji impak metode *charpy* yang dilakukan di Bengkel Bubut dan Las Sudarman.
7. Melakukan analisis data hasil pengujian menggunakan persamaan:

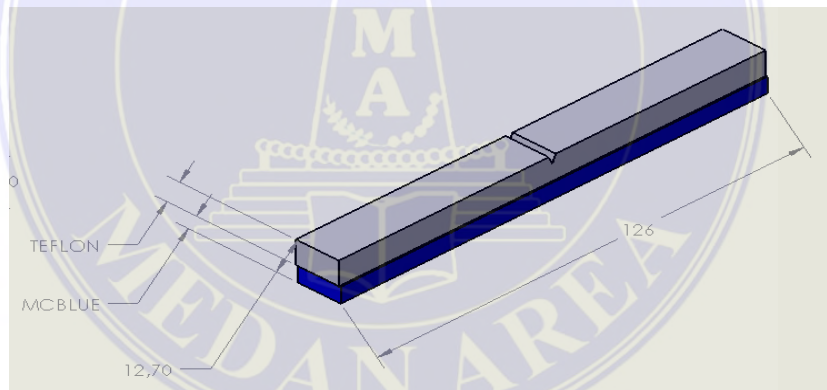
$$W = m p g L p (\cos \alpha r - \cos \alpha 0)$$

8. Membuat laporan naskah seminar hasil dan laporan naskah sidang sarjana.

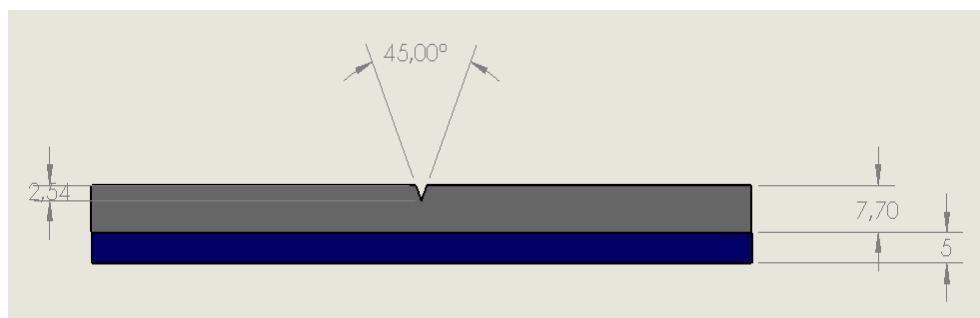




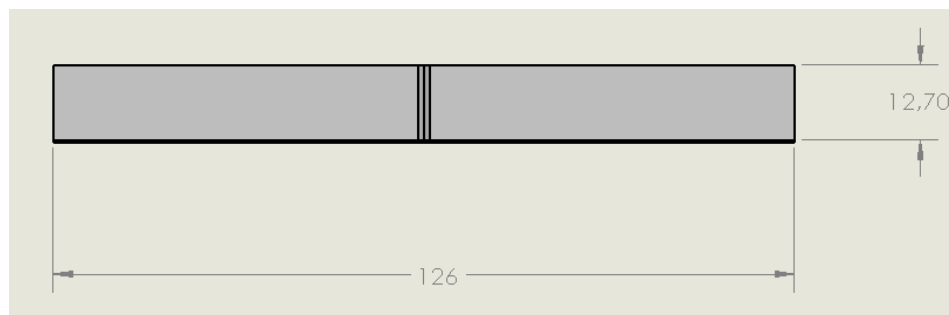
Gambar 3.13. Standard ASTM D6110 – 10



Gambar 3.14. Ukuran spesimen Teflon yang diperkuat *Mcblue*



Gambar 3.15. Spesimen uji tampak depan



Gambar 3.16. Spesimen uji tampak atas

### 3.4 Populasi dan Sampel

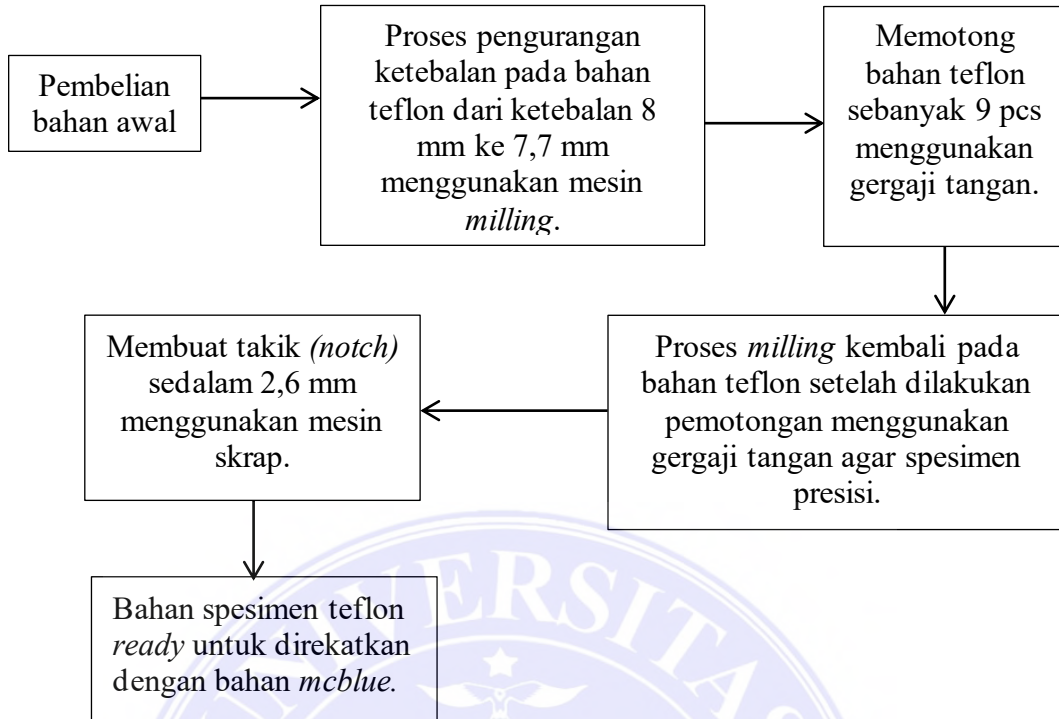
Pada penelitian ini untuk populasi dan sampel menggunakan bahan Teflon dengan ketebalan 8 mm dan *Mcblue* dengan variasi ketebalan 5 mm. Serta pengaruh suhu masing-masing variasi sebanyak 3 spesimen sehingga total spesimen yang digunakan pada pengujian ini sebanyak 9 pcs spesimen.

### 3.5 Prosedur Kerja

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

#### 3.5.1 Prosedur pembuatan spesimen teflon

Pembuatan spesimen dilakukan secara manual dengan beberapa tahapan, dimana pembelian material awal dengan ukuran 250mm L x 130mm W x 8 mm T untuk bahan Teflon sampai terbentuk spesimen sesuai dengan ukuran standar ASTM D6110-10 yang ditunjukkan pada gambar 3.17.



Gambar 3.17. Diagram alir prosedur pembuatan spesimen teflon

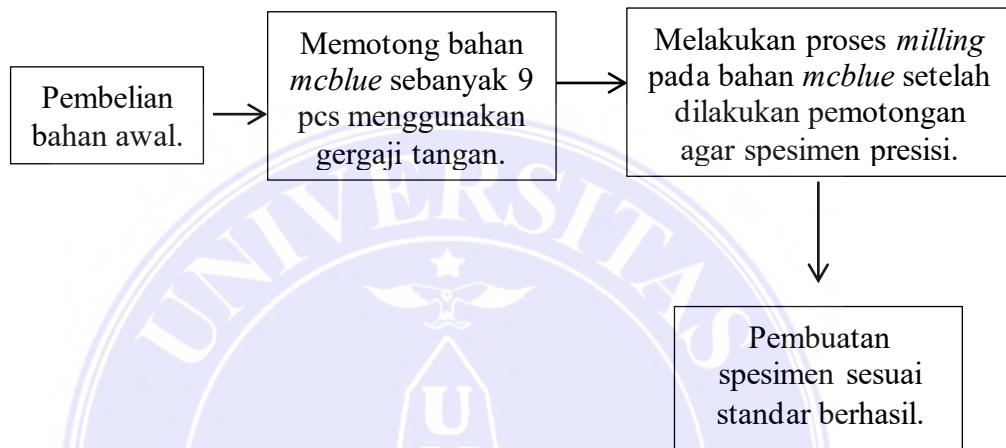
Pada pengujian ini takik (*notch*) dibuat menggunakan mesin sekrap dengan ukuran kedalaman takik 2,6 mm dari permukaan dan bentuk takik yaitu V. Proses pembuatan takik dapat dilihat pada gambar 3.18. Setelah proses pembuatan takik dilakukan, maka spesimen Teflon siap untuk direkatkan dengan *mcblue* menggunakan lem *dextone*.



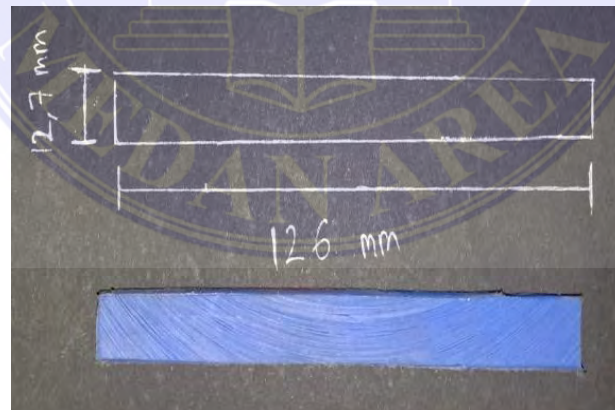
Gambar 3.18. Proses pembuatan takik pada bahan teflon

### 3.5.2 Prosedur pembuatan spesimen *mcbblue*

Pembuatan spesimen dilakukan secara manual dengan beberapa tahapan, dimana pembelian material awal dengan ukuran 250mm L x 130mm W x 5 mm T untuk bahan *mcbblue* sampai terbentuk spesimen sesuai dengan ukuran standar ASTM D6110-10 yang ditunjukkan pada gambar 3.19.



Gambar 3.19. Diagram alir Prosedur pembuatan spesimen *mcbblue*



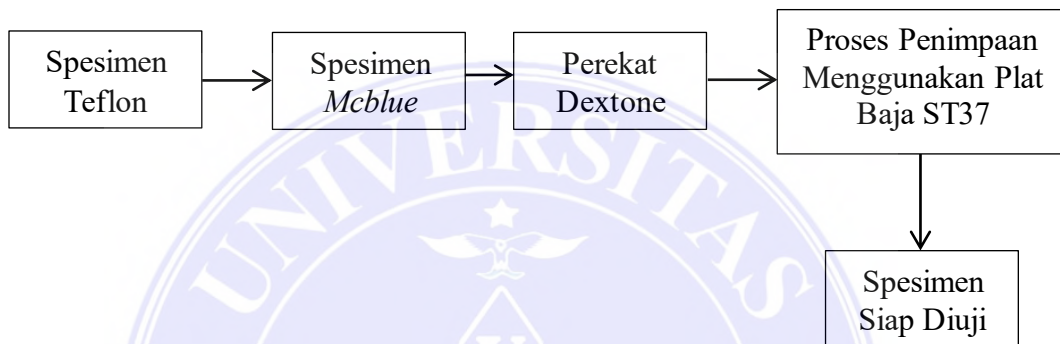
Gambar 3.20. Spesimen *mcbblue* yang sudah *ready joint*

Terjadi beberapa perbedaan dalam proses pembuatan spesimen Teflon dan *mcbblue*, salah satunya pada spesimen Teflon diberi takik (*notch*) sedangkan pada bahan *mcbblue* tidak diberi takik (*notch*). Perbedaan dalam proses pembuatan

antara Teflon dan *mcblue* lainnya dapat dilihat pada gambar 3.18 dan 3.20.

### 3.5.3 Prosedur Penggabungan Spesimen

Pembuatan Spesimen dilakukan secara manual dengan beberapa tahapan, proses ini bisa dimulai ketika bahan Teflon dan *Mcbblue* sudah selesai dijadikan Spesimen. Berikut ini akan dijelaskan prosedur penggabungan spesimen melalui diagram alir.

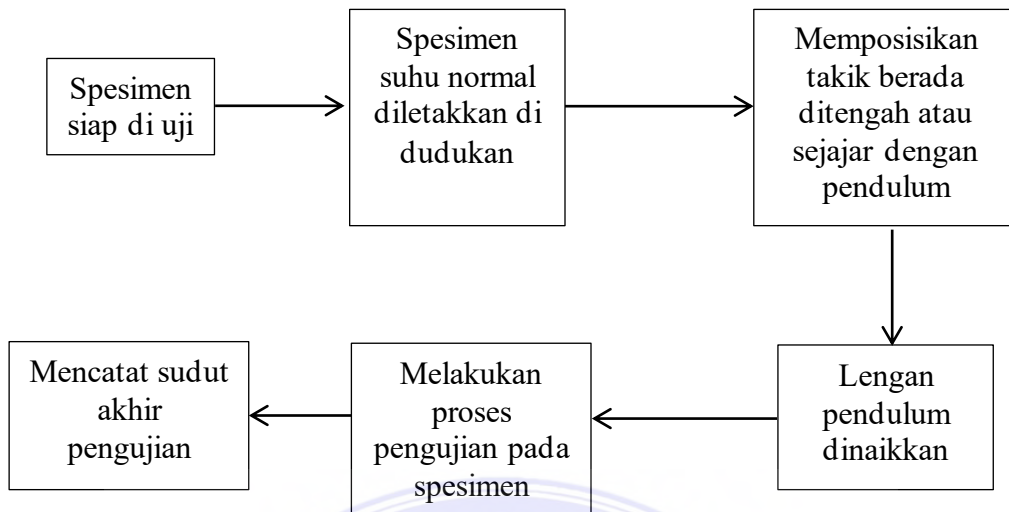


Gambar 3.21. Diagram alir prosedur penggabungan spesimen

Berdasarkan gambar 3.17, 3.19, dan 3.21 ditunjukkan berbagai proses sebelum dan sesudah pembuatan spesimen yang akan diuji dengan alat uji impak *charpy*. Setelah semua spesimen dibuat dan mencapai standar maka pengujian pada alat uji impak *charpy* dapat dilakukan.

### 3.5.4 Prosedur pengujian pada suhu normal

Dalam proses pengujian spesimen dengan tujuan mendapatkan sudut akhir pengujian, perlu diperhatikan prosedur pengujian yang ada seperti pada gambar 3.22. Setelah mendapatkan hasil sudut akhir maka perhitungan atau analisis untuk setiap variasi temperatur dapat dilakukan.

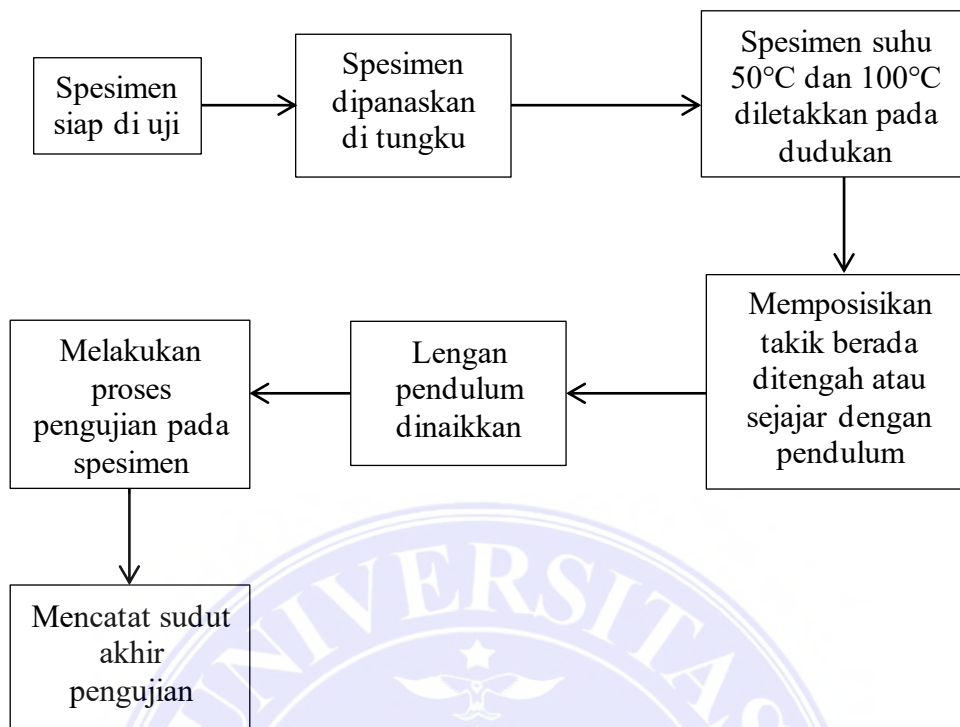


Gambar 3.22. Diagram alir proses pengujian pada suhu normal

Berdasarkan gambar 3.22 dijelaskan prosedur pengujian spesimen pada suhu normal melalui diagram alir. Spesimen untuk pengujian pada suhu normal yang telah selesai diuji kemudian didokumentasikan untuk keperluan naskah tugas akhir dan nilai sudut akhir pengujian dicatat untuk menghitung energi impak dan kekuatan impak yang terjadi selama proses pengujian pada spesimen uji dengan suhu normal pengujian.

### 3.5.5 Prosedur pengujian pada suhu 50°C dan 100°C

Proses pengujian spesimen pada suhu 50°C dan suhu 100°C dilakukan guna untuk mendapatkan sudut akhir pengujian, perlu diperhatikan prosedur pengujian yang ada seperti pada gambar 3.23. Setelah mendapatkan hasil sudut akhir maka perhitungan atau analisis untuk setiap variasi temperatur dapat dilakukan.



Gambar 3.23. Diagram alir proses pengujian pada suhu 50°C dan 100°C

Berdasarkan gambar 3.23 dijelaskan prosedur pengujian spesimen pada suhu 50°C dan 100°C melalui diagram alir. Spesimen untuk pengujian kedua suhu tersebut yang telah selesai diuji kemudian didokumentasikan untuk keperluan naskah tugas akhir.



Gambar 3.24. Spesimen dipanaskan di tungku



Gambar 3.25. Proses pemindahan spesimen ke dudukan alat uji

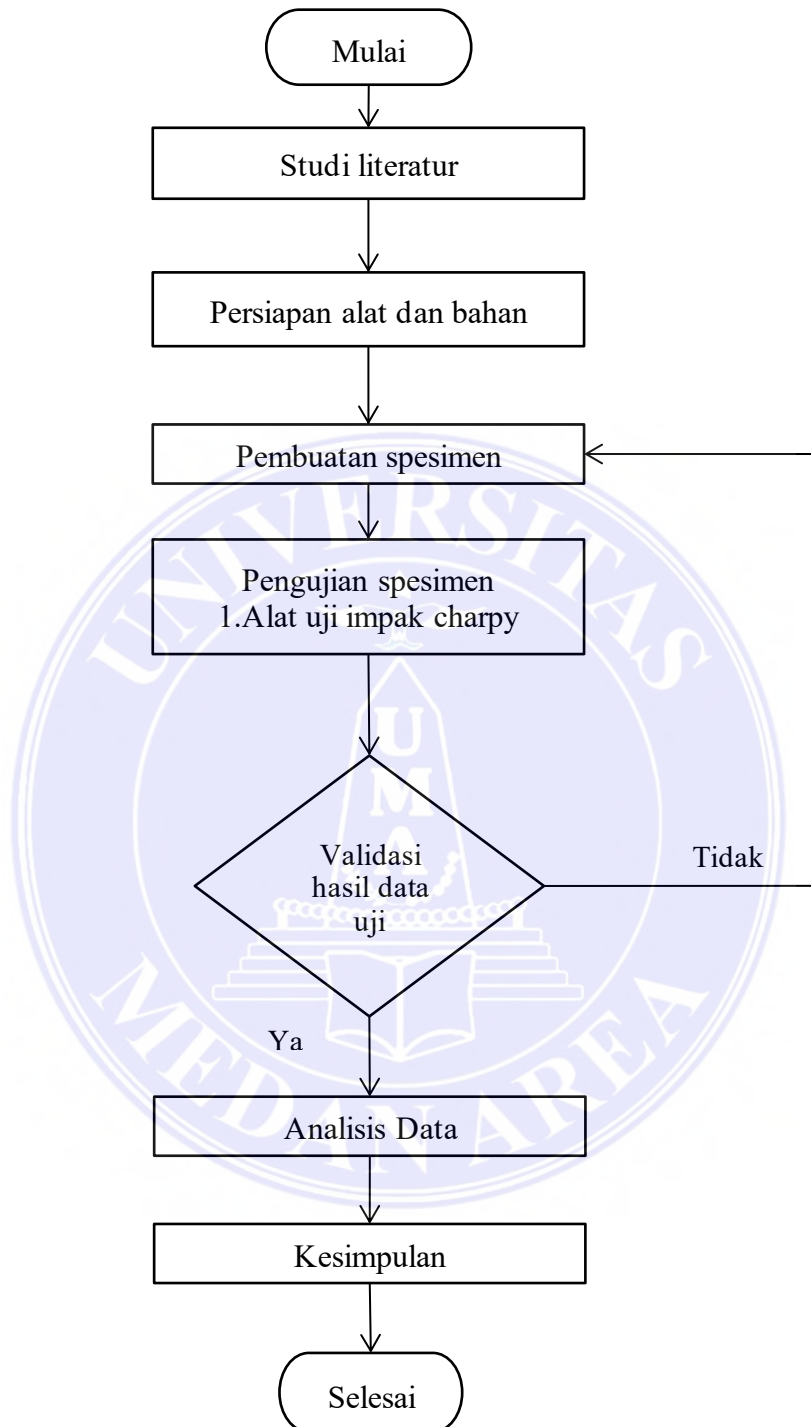
Untuk pengujian dengan pengaruh suhu  $50^{\circ}\text{C}$  dan  $100^{\circ}\text{C}$ , diperlukan tang jepit kakatua untuk memindahkan spesimen ke dudukan pada alat uji impak *charpy* seperti ditunjukkan pada gambar 3.25. Setelah spesimen berada di dudukan, maka cek suhu pada spesimen menggunakan *thermo gun*.



Gambar 3.26. Proses mensejajarkan takik dengan pendulum



### 3.5.6 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.27. Diagram Alir Penelitian

## BAB V

### SIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian serta hasil perhitungan yang telah dilakukan maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pembuatan spesimen berdasarkan standard ASTM D6110-10 Bahan Teflon yang diperkuat *mcblue* dengan ukuran 126 mm L × 12,7 mm W × 12,7 mm T dan posisi takik (*notch*) berada di tengah dan memiliki kedalaman takik 2,6 mm dari permukaan benda uji serta sudut takik 45 ° sebanyak 9 pcs berhasil dibuat.
2. Pengujian berhasil dilakukan dengan metode impak *charpy* bahwa sudut paling tinggi terdapat pada pengujian di suhu normal dengan sudut akhir 134° dan sudut paling rendah terdapat pada pengujian di suhu 100°C dengan sudut akhir 82°.
3. Analisis pengaruh variasi temperatur berhasil dihitung menggunakan persamaan 2.1 dan 2.2 bahwa nilai energi impak tertinggi yaitu 164,8 *Joule* terdapat pada pengujian di suhu 100°C dan nilai energi impak terendah yaitu 24,29 *Joule* terdapat pada pengujian di suhu normal. Sedangkan nilai kekuatan impak tertinggi yaitu 1,284 J/mm<sup>2</sup> terdapat pada pengujian di suhu 100°C dan nilai kekuatan impak terendah yaitu 0,189 J/mm<sup>2</sup> terdapat pada pengujian di suhu normal.

## 5.2 Saran

Pada pengujian ini spesimen sangat memegang peran penting didalamnya. Tidak hanya itu, semuanya saling berkoneksi, baik itu alat uji impact, alat pemberi pengaruh suhu (tungku), serta spesimen yang akan di uji. Konsentrasi saat melakukan pembuatan takik, karena takik memiliki peranan penting dalam sempurnanya spesimen uji sesuai standar. Saat melakukan pengujian selalu utamakan keselamatan, seperti hendak memindahkan spesimen yang panas dari tungku ke dudukan pada alat uji impact *charpy*. Gunakan sarung tangan serta tang penjepit untuk mengambil spesimen yang panas. Catat dan amati secara pelan dan teliti sudut akhir pengujian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arnata, B. A. (2015). *TEKNOLOGI POLIMER*. Bali.
- Dailami, H. S. (2020). Desain Alat Uji Impak Jatuh Bebas untuk Pengujian Baja Struktur. *VOCATIONAL EDUCATION AND TECHNOLOGY JOURNAL*, 28-36.
- Dhilif Kumar, A. S. (2017). Perancangan Alat Uji Impak Charpy Sederhana Untuk Material Logam Baja St 30. (*Journal of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials and Energy*), 2-8.
- Galuh Yuliani, M. (2016). *Gambaran Umum tentang Polimer*.
- Handoyo, Y. (2013). PERANCANGAN ALAT UJI IMPAK METODE CHARPY KAPASITAS 100 JOULE. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Vol 1, No 2, Agustus 2013, Universitas Islam 45 Bekasi*, 45-53.
- Hasrin. (n.d.). ANALISA PERPATAHAN BAJA ST 60 YANG DIKENAI BEBAN IMPAK CHARPY. [http://jurnal.pnl.ac.id/wpcontent/plugins/Flutter/files\\_flutter/1397527782ProsidingHasrinSnyube.pdf](http://jurnal.pnl.ac.id/wpcontent/plugins/Flutter/files_flutter/1397527782ProsidingHasrinSnyube.pdf), 1-4.
- Hendra Aryanta1, A. M. (2017). ANALISIS PENGARUH SERAT LIMBAH TEFLON TERHADAP SIFAT MEKANIK KOMPOSIT FIBER SEBAGAI MATERIAL PENGGANTI ALAS COR BETON. *Aryanta H., Jurnal ROTOR, Volume 10 Nomor 2, November 2017*, 10, 6-10.
- Joziel Aparecido da Cruz, G. M. (2022). Poliamida como material de engenharia. *Volume 8 - Ano 2022*, 1056-1062.
- Kausar, A. (2017). Physical properties of hybrid. *Hybrid Polymer Composite Materials: Properties and Characterisation*, 116-132.
- Khatira, A. (2012). Kegunaan dan sifat teflon. *Polsri journal vol 3, 2012*, 12-20.
- Nasution, R. S. (2015). BERBAGAI CARA PENANGGULANGAN LIMBAH PLASTIK. *Journal of Islamic Science and Technology Vol. 1, No.1, Juni 2015*, 1.
- Nisah, K. (2018). PEMBUATAN PLASTIK BIODEGRADABLE DARI POLIMER ALAM. *Volume 4, Nomor 2, Desember 2018*, 4, 65-76.
- Perancangan Alat Uji Impak Digital dengan Metode Charpy Untuk Mengukur Kekuatan Material Polimer. (2020). *Jurnal Amplifier November 2020 Vol 10 No 2, 10*, 15-19.
- Polsri. (2013). <http://eprints.polsri.ac.id/4103/3/BAB%20II.pdf>.
- Porawati, H. (2018). Analisis Alat Uji Impak Metode Izod pada Bengkel Politeknik Jambi. *Jurnal Inovator, Vol.1, No.1(2018) 1-5*, 1-5.
- prabasworo, A. (2018). ANALISIS PENGARUH MATERIAL PTFE (TEFLON) SEBAGAI PENGGANTI KUNINGAN PADA BEARING STERN TUBE KAPAL DITINJAU DARI SEGI TEKNIS. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VI 2018*, 493-498.
- Rikson A.F. Siburian, T. R. (2017). *Polimer: Ilmu material*. Medan: USU Press 2017.

- Shakiba, M. (2021). Nylon—A material introduction and overview for biomedical applications. *DOI: 10.1002/pat.5372*, 1-13.
- Supu, I., Usman, B., Basri, S., & Sunarmi. (2016, April). PENGARUH SUHU TERHADAP PERPINDAHAN PANAS PADA MATERIAL YANG BERBEDA. *Jurnal Dinamika*, 07 No.1, 62-73.
- V. Tvergaard, A. N. (2008). An analysis of thickness effects in the Izod test. *International Journal of Solids and Structures* 45 (2008) 3951–3966, 3952-3965.
- Muhammad Wahyu, (2020) ANALISA UJI IMPAK BAJA CARBON STEEL 1045 DENGAN MENGGUNAKAN METODE CHARPY. *Jurnal Simetri Rekayasa*, Vol 02, No 01. 82-86
- Goodman Pakpahan, Muhammad Yusuf R. Siahaan, Rakhmad Arief Siregar, (2023) Perancangan Alat Uji Impak Anak Panah Jatuh Bebas untuk Menguji Lembaran Plastik dengan Kapasitas 120 gr. *Journal of mechanical engineering , manufactures, materials and energy*. Vol 7 (1) 2023. 95-103

