

**ANALISIS FRAKTUR MATERIAL GYPSUM BERBENTUK
CAKRAM PADA TAKIK V DENGAN LUBANG DI UJUNGNYA
AKIBAT BEBAN DINAMIS**

SKRIPSI

OLEH:

JHON CHANDRA SITINJAK

208130073



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2025

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 9/3/26

Access From (repository.uma.ac.id)9/3/26

ANALISIS FRAKTUR MATERIAL GYPSUM BERBENTUK CAKRAM PADA TAKIK V DENGAN LUBANG DI UJUNGNYA AKIBAT BEBAN DINAMIS

SKRIPSI

Dianjukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh

Gelar Sarjana di Fakultas Teknik

Universitas Medan Area

Oleh:

Jhon Chandra Sitinjak

208130073

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2025

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Proposal : Analisis Fraktur Material Gypsum Berbentuk
Cakram pada Takik V dengan Lubang di
Ujungnya Akibat Beban Dinamis
Nama Mahasiswa : Jhon Chandra Sitinjak
NIM : 208130073
Fakultas : Teknik Mesin

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing


Muhammad Yusuf Rahmansyah Siahaan S.T., M.T
Pembimbing



Dr. Eng. Supriatno S.T., M.T
Dekan



Dr. Iswandi S.T., M.T
Ka. Prodi/ WD I

Tanggal Lulus : 9 Juli 2025

HALAMAN PERYATAAN

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

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

Medan, 9 Juli 2025



Jhon Chandra Sitinjak

208130073

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

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

Nama : Jhon Chandra Sitinjak
Npm : 208130073
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 Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul: Analisis Fraktur Material Gypsum Berbentuk Cakram Pada Takik V Dengan Lubang Di Ujungnya Akibat Beban Dinamis.

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, merawat, mempublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan
Pada tanggal : 9 Juli 2025
Yang Menyatakan

()

ABSTRAK

Gypsum adalah bahan yang sangat serbaguna dalam dunia industri dan manufaktur, karena sifatnya yang ringan, mudah dibentuk, tahan api, dan ekonomis. Di dunia industri manufaktur, gypsum digunakan dalam pembuatan Plafon dan Dinding Interior pada kapal. Gypsum sering digunakan untuk membangun partisi atau dinding pembatas di ruang interior kapal, seperti kabin, ruang makan, dan lorong. Retaknya Plafon dan Dinding Interior pada kapal merupakan kondisi serius, keretakan terjadi akibat beban dinamis, yang berasal dari getaran mesin atau guncangan, maka memerlukan pemahaman tentang mekanisme fraktur material Gypsum untuk membantu pengembangan material baru dengan ketahanan lebih baik terhadap beban dinamis. Tujuan penelitian ini membuat spesimen berbentuk cakram dengan material gypsum untuk pengujian terhadap beban dinamis. Serta menganalisis fraktur yang terjadi pada material akibat beban dinamis. Metode yang digunakan yaitu metode eksperimental dan setiap tindakan yang dilakukan bertujuan untuk menganalisis fraktur yang terjadi pada spesimen. Pengujian dilakukan untuk mengamati pola retak, mekanisme propagasi retak, serta karakteristik kegagalan material. Spesimen berbentuk cakram dengan material gypsum yang memiliki takik V dengan variasi lubang 1 mm, 2 mm, dan 4 mm yang diuji dengan beban dinamis untuk menentukan pengaruh tegangan di sekitar konsentrasi takik terhadap inisiasi dan propagasi retak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fraktur terjadi pada daerah sekitar lubang dengan pola retak yang dimulai dari ujung lubang dan pola retak sangat bergantung pada tingkat beban dan sifat mekanik material.

Kata kunci : fraktur, material gypsum, beban dinamis

ABSTRACT

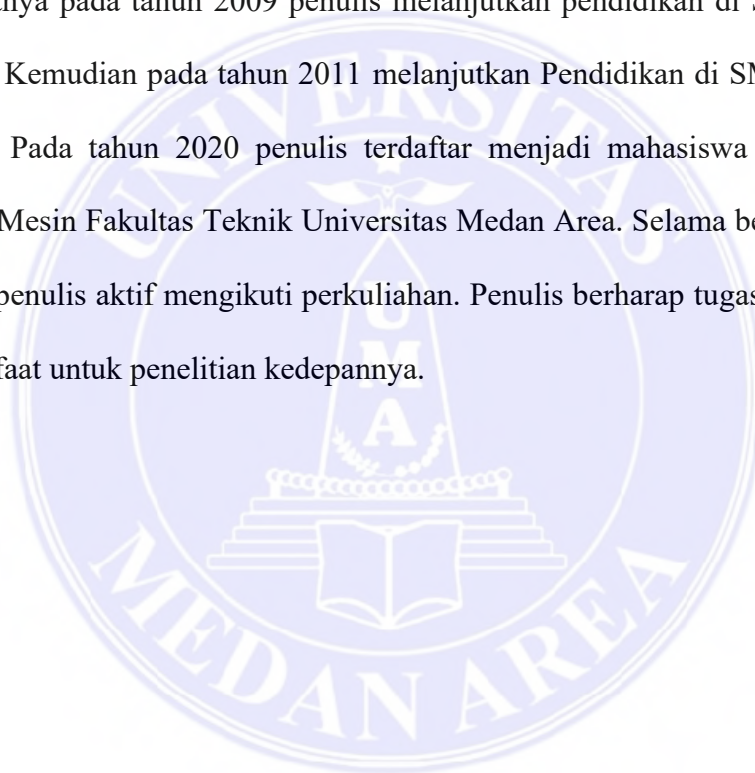
Gypsum is a highly versatile material in the industrial and manufacturing world due to its lightweight nature, ease of shaping, fire resistance, and cost-effectiveness. In the manufacturing industry, gypsum is used in the construction of ceilings and interior walls on ships. It is often utilized to build partitions or dividing walls in the ship's interior spaces, such as cabins, dining areas, and corridors. Cracking of ceilings and interior walls on ships is a serious condition. These cracks occur due to dynamic loads, which originate from engine vibrations or shocks. Therefore, understanding the fracture mechanism of gypsum material is necessary to aid in the development of new materials with better resistance to dynamic loads. The objective of this study is to create disc-shaped specimens made of gypsum material to test against dynamic loads, and to analyze the fractures that occur in the material as a result of these loads. The method used is an experimental approach, and each action taken aims to analyze the fractures in the specimens. The tests were conducted to observe crack patterns, crack propagation mechanisms, and the failure characteristics of the material. The disc-shaped gypsum specimens featured V-notches with varying hole sizes of 1 mm, 2 mm, and 4 mm, and were tested under dynamic loads to determine the effect of stress around the notch concentration on crack initiation and propagation. The results of the study indicate that fractures occurred in the area around the holes, with crack patterns beginning at the hole edges. The crack patterns were highly dependent on the load level and the mechanical properties of the material.

Keywords: *fracture, gypsum material, dynamic load*

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Medan, pada tanggal 20 November 1996 dari pasangan Bapak Bisker Sitinjak dan Ibu Lestina Silaban. Penulis merupakan anak ketiga dari 3 bersaudara. Penulis bertempat tinggal di Jl Riwayat 2 Gg. Seroja 2 , Kecamatan Patumbak kampung, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara.

Pada tahun 2003 penulis memulai pendidikan formal di SD Yaperi Medan. Selanjutnya pada tahun 2009 penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 21 Medan. Kemudian pada tahun 2011 melanjutkan Pendidikan di SMK TI Raksana Medan. Pada tahun 2020 penulis terdaftar menjadi mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Selama berada di bangku kuliah, penulis aktif mengikuti perkuliahan. Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk penelitian kedepannya.



KATA PEGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala karuniaNya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah Teknologi Manufaktur dengan judul Analisa Fraktur Material Gypsum Berbentuk Cakram Pada Takik V Dengan Lubang Di Ujungnya Akibat Beban Dinamis. Terima kasih saya sampaikan Kepada

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, Bisker Sitinjak dan Ibu Lestina Silaban yang selalu memberi dukungan, berupa moral dan materi serta doa yang tak pernah putus kepada penulis dalam melakukan penulisan skripsi ini.

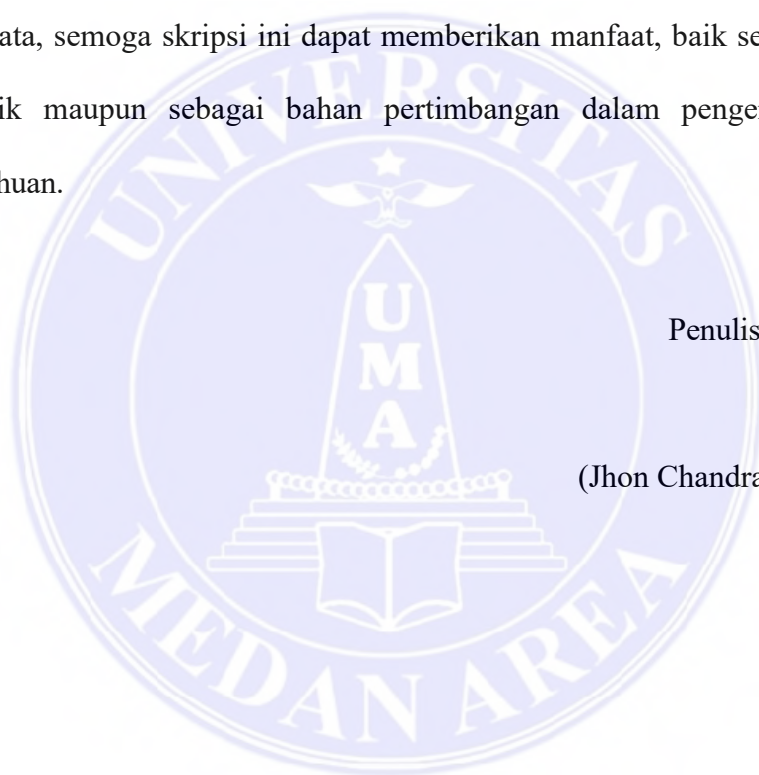
8. Teman-teman seperjuangan di Fakultas Teknik Mesin, khususnya Angkatan tahun 2020 kampus 2, yang telah menjadi bagian dari perjalanan akademik ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa mendatang.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat, baik sebagai referensi akademik maupun sebagai bahan pertimbangan dalam pengembangan ilmu pengetahuan.

Penulis

(Jhon Chandra Sitinjak)



DAFTAR ISI

ANALISIS FRAKTUR MATERIAL GYPSUM BERBENTUK CAKRAM PADA TAKIK V DENGAN LUBANG DI UJUNGNYA AKIBAT BEBAN DINAMIS.....	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERYATAAN	iii
HALAMAN PERYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN	iv
AKADEMIS.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vi
RIWAYAT HIDUP.....	vii
KATA PEGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Hipotesis Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Material.....	4
2.2. Gypsum.....	35
2.3. Uji impak	39
2.4. Analisis Fraktur Material	48
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	51
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	51
3.2. Alat dan Bahan.....	52
3.3. Metode Penelitian	56
3.4. Populasi dan Sampel.....	57
3.5. Prosedur Kerja	59
BAB IV HASIL & PEMBAHASAN	61
4.1. Hasil Pembuatan Spesimen Material Gypsum.....	61
4.2. Hasil Pengujian Spesimen Dengan Mesin Uji Tekan Statis	62
4.3. Hasil Pengujian Dengan Mesin Hopkinson	72
BAB V KESIMPULAN & SARAN	80
5.1. Kesimpulan	80
5.2. Saran	80
DAFTAR PUSTAKA	81

DAFTAR TABEL

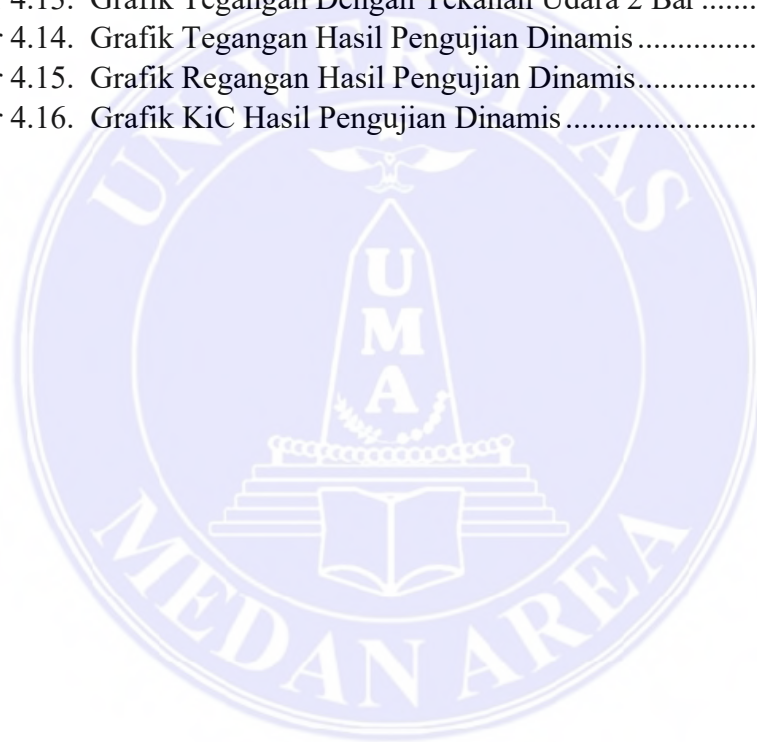
Table 3.1. Jadwal waktu dan kegiatan.....	51
Table 3.2. Jumlah Spesimen yang akan di uji	57
Table 4.1. Hasil pengujian dinamis	74
Table 4.2. Hasil Analisis	79



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Klasifikasi Material	4
Gambar 2.2.	Logam.....	6
Gambar 2.3.	Alumunium.....	8
Gambar 2.4.	Timah.....	9
Gambar 2.5.	Seng, Zicum (Zn).....	10
Gambar 2.6.	Tembaga	11
Gambar 2.7.	Kuningan	12
Gambar 2.8.	Baja Steel.....	14
Gambar 2.9.	Baja karbon rendah.....	14
Gambar 2.10.	Baja karbon sedang.....	15
Gambar 2.11.	Baja karbon tinggi	16
Gambar 2.12.	Gambar Baja Paduan	16
Gambar 2.13.	Besi Tuang (Cast Iron)	17
Gambar 2.14.	Besi (Iron).....	18
Gambar 2.15.	Disk rem mobil	21
Gambar 2.16.	Kaca Amorf BIPV Panel Tenaga Surya	23
Gambar 2.17.	Ban mobil	28
Gambar 2.18.	Karet alam	28
Gambar 2.19.	Sulfur	28
Gambar 2.20.	Karet Vulkanisir	28
Gambar 2.21.	Polietena	29
Gambar 2.22.	Styrofoam box	29
Gambar 2.23.	Serbuk gypsum	37
Gambar 2.24.	Metode Charpy dan Metode Izod	40
Gambar 2.25.	Ilustrasi Skematis Pengujian Impak	41
Gambar 2.26.	Ilustrasi pergerakan pendulum	41
Gambar 2.27.	Uji impak jatuh bebas	44
Gambar 2.28.	Tiga konsep perancangan alat uji impak anak panah jatuh bebas.	45
Gambar 2.29.	Uji impak anak panah	45
Gambar 2.30.	Split Hopkinson Pressure Bar.....	46
Gambar 2.31.	Sketsa Vertikal Split Hopkinson Pressure Bar	48
Gambar 2.32.	Patahan Getas	50
Gambar 2.33.	Patahan ulet	50
Gambar 3.1.	Mesin uji tekan statis	52
Gambar 3.2.	Mesin hopkinson.....	53
Gambar 3.3.	Cetakan	53
Gambar 3.4.	Mixer	54
Gambar 3.5.	Wadah plastik	54
Gambar 3.6.	Timbangan	55
Gambar 3.7.	Bubuk gypsum.....	55
Gambar 3.8.	Gambar teknik spesimen	58
Gambar 3.9.	Diagram alir pembuatan spesimen	59
Gambar 3.10.	Diagram alir pengujian	59

Gambar 3.11. Diagram alir penelitian	60
Gambar 4.1. Spesimen yang siap uji	62
Gambar 4.2. Hasil Pengujian Spesimen	63
Gambar 4.3. Grafik hasil pengujian pada takik V dengan lubang 1,mm	63
Gambar 4.4. Grafik hasil pengujian pada takik V dengan lubang 2 mm	64
Gambar 4.5. Grafik hasil pengujian pada takik V dengan lubang 4 mm	64
Gambar 4.6. Grafik tegangan uji tekan statis	66
Gambar 4.7. Grafik regangan uji tekan statis	68
Gambar 4.8. Grafik Kic uji tekan statis	70
Gambar 4.9. Grafik Modulus elastisitas uji statis	71
Gambar 4.10. Spesiemen Setelah Diuji Dinamis	72
Gambar 4.11. Grafik Tegangan Dengan Tekanan Udara 3 Bar	73
Gambar 4.12. Grafik Tegangan Dengan Tekanan Udara 2,5 Bar	73
Gambar 4.13. Grafik Tegangan Dengan Tekanan Udara 2 Bar	74
Gambar 4.14. Grafik Tegangan Hasil Pengujian Dinamis	77
Gambar 4.15. Grafik Regangan Hasil Pengujian Dinamis	77
Gambar 4.16. Grafik KiC Hasil Pengujian Dinamis	78



DAFTAR NOTASI

σ	= Tegangan	()
A	= Luas penampang	(mm ²)
F	= Gaya (beban)	(Kgf)
ε	= Regangan	
l_0	= Panjang awal	(mm)
l_i	= Panjang akhir	(mm)
ΔL	= Pertambahan panjang	(mm)
E	= Modulus elastisitas	(Mpa)
t	= Waktu	(μ s)
A_s	= Luas penampang spesimen	(mm ²)
l_o	= Panjang awal spesimen	(mm)
e_0	= Output voltage baterai	(v)
E	= Baterai	(v)
Ks	= Gage factor pada strain gauge	
ε_0	= Regangan	

BAB I

PENDAHULAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Pada perkembangan era sekarang penggunaan akan material gypsum sangatlah dibutuhkan di dalam dunia perindustrian dibidang kesehatan, pertanian, konstruksi, dan lain-lain. Gypsum adalah salah satu mineral dengan kadar kalsium yang mendominasi pada mineralnya. Gypsum yang paling umum ditemukan adalah jenis kalsium sulfat dihidrat. Gypsum memiliki 23% kalsium dan 18% sulfur dan kelarutannya adalah 150 kali dari batu kapur, karena itu merupakan sumber alami nutrisi tanaman. Gypsum ditambang dan dibuat menjadi berbagai produk seperti untuk konstruksi, pertanian, dan industri.

Salah satu contohnya yaitu material gypsum yang merupakan salah satu kebutuhan yang paling mendasar dibidang konstruksi dan kesehatan. Berdasarkan dari segi penggunaannya yang begitu banyak, tentu sebuah material tersebut harus di uji terlebih dahulu dari berbagai macam kebutuhan sifat mekanik yang dibutuhkan sebelum digunakan secara luas. Sifat mekanik tersebut meliputi kekerasan, keuletan, kekuatan, ketangguhan, dan lain-lain. Berdasarkan dari permasalahan tersebut, tentu harus diadakan sebuah penelitian mengenai hal tersebut yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik-karakteristik dan sifat-sifat dari material logam tersebut dan dapat mengaplikasikannya sesuai dengan yang dibutuhkan. Sifat pada masing-masing material tentulah berbeda, maka banyak metode yang dapat digunakan untuk menguji sifat yang dimiliki oleh suatu material tersebut. Uji impak salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui kekuatan, kekerasan, serta keuletan dari material gypsum tersebut.

1.2. Perumusan Masalah

- a. Fraktur pada material gypsum umumnya memiliki sifat getas, dan kehadiran takik seperti takik V berpotensi menjadi lokasi awal retakan. Penting untuk memahami pola fraktur yang dihasilkan serta bagaimana takik V mempengaruhi konsentrasi tegangan yang memicu terjadinya fraktur di bawah beban dinamis.
- b. Beban dinamis yang berubah-ubah dapat mempengaruhi laju propagasi retak serta memicu inisiasi retak pada tingkat tegangan yang berbeda dibandingkan dengan beban statis. Hal ini membutuhkan analisis lebih lanjut untuk menentukan apakah beban dinamis meningkatkan kecepatan propagasi retak atau memperpendek umur material.

1.3. Tujuan Penelitian

- a. Membuat spesimen uji impak batang material Gypsum berbentuk cakram pada takik V akibat beban dinamis.
- b. Menguji spesimen uji impak batang material Gypsum berbentuk cakram pada takik V akibat beban dinamis.
- c. Analisis fraktur material Gypsum berbentuk cakram pada takik V akibat beban dinamis.

1.4. Hipotesis Penelitian

Material gypsum berbentuk cakram dengan takik V yang diuji menggunakan mesin Hopkinson akan menunjukkan karakteristik fraktur di bawah beban dinamis. Material gypsum akan menunjukkan ketahanan yang lebih rendah terhadap fraktur, dengan retakan yang lebih cepat berkembang dari takik V.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini berkenaan memberikan

UNIVERSITAS MEDAN AREA
manfaat ilmiah dan manfaat praktis. Yakni:

© 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 9/3/26

1.5.1. Manfaat ilmiah

- a. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan pengetahuan kepada pembaca tentang uji impak terhadap material gypsum berbentuk cakram pada takik V akibat beban dinamis.
- b. Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan pengetahuan kepada pembaca mengenai bagaimana material gypsum bereaksi terhadap beban dinamis dapat membantu dalam pengembangan material yang lebih kuat dan tahan lama.
- c. Penelitian ini memberikan kontribusi penting terhadap ilmu material dan mekanika fraktur. Hasil dan temuan penelitian dapat digunakan sebagai referensi dalam pendidikan tinggi, membantu siswa dan peneliti lain memahami fenomena kompleks yang terkait dengan fraktur material gypsum

1.5.2. Manfaat Praktis

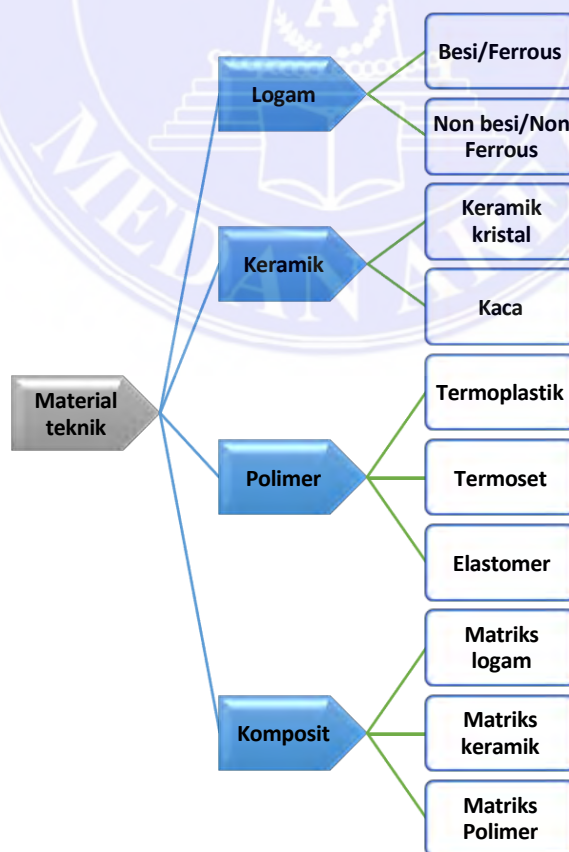
- a. Penelitian ini dapat digunakan untuk mengembangkan komponen yang lebih handal dan efisien, seperti sensor, komponen mesin, dan pelindung termal. Dengan memahami mekanisme fraktur, industri dapat memproduksi komponen yang lebih tahan terhadap kondisi ekstrem, meningkatkan keselamatan dan umur pakai produk.
- b. Hasil Penelitian ini dapat memberikan wawasan tentang bagaimana proses manufaktur, seperti sintering, mempengaruhi sifat mekanik material gypsum.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Material

Material selalu menjadi tonggak dari sejarah peradaban manusia, di mana kita mengenal adanya Zaman Batu, Zaman Perunggu, dan Zaman Besi. Saat ini, material pun memainkan peranan yang sangat penting dalam perkembangan teknologi. Dalam bidang apa pun, seorang insinyur (engineer) tidak dapat membuat barang baru tanpa memperhitungkan sifat material yang akan digunakan. Bahan / material merupakan kebutuhan bagi manusia mulai zaman dahulu sampai sekarang. Kehidupan manusia selalu berhubungan dengan kebutuhan bahan seperti pada transportasi, rumah, pakaian, komunikasi, rekreasi, produk makanan dll.(Daryus, 2019) Berikut klasifikasi material dapat dilihat pada gambar 2.1



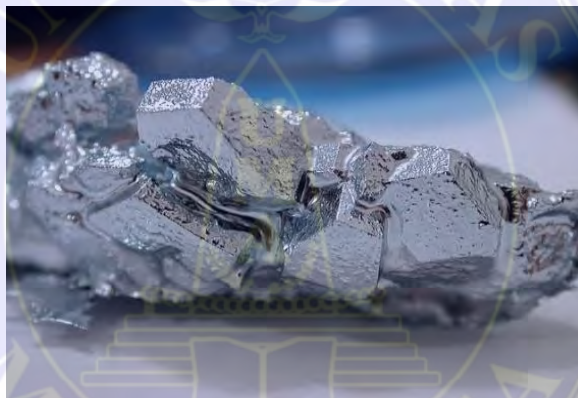
Pada dasarnya, disiplin ilmu "Teknik Material" mempelajari hubungan antara struktur, sifat pemrosesan, dan kinerja material, serta mengeksplorasi hubungan tersebut sehingga dapat menghasilkan Suatu produk yang memiliki sifat yang sesuai dengan desain Dengan mempelajari hal tersebut, kita dapat memilih dan mendesain material yang paling tepat untuk setiap aplikasi, serta dapat menentukan teknik pemrosesan yang paling tepat

Secara singkat, "struktur" dari sebuah material umumnya berhubungan dengan susunan dari komponen-komponen dalam suatu material. Struktur suatu material dalam skala atom terdiri atas atom, elektron, atau molekul. Struktur ini sering disebut sebagai struktur nano (*nano structures*), Struktur nano mengalami perkembangan yang sangat pesat pada dekade terakhir ini, yang mana dipercaya akan menjadi pemegang kunci perkembangan teknologi pada abad ke-21. Dalam skala yang lebih besar, struktur material terdiri atas gabungan kelompok - kelompok atom, umumnya disebut sebagai struktur mikroskopik (*microscopic structures*), yang berarti dapat dilihat dengan bantuan mikroskop. Terakhir, struktur mikroskopik akan bergabung menjadi sesuatu yang dapat dilihat oleh mata telanjang, yang disebut sebagai struktur makroskopik (*macroscopic structures*).

Jarak antar partikel yang renggang dan bentuknya dapat berubah-ubah menyesuaikan tempat atau wadahnya. Contoh material teknik berwujud Cair adalah air, Oli, minyak, bensin, solar, air raksa, maupun bahan kimia lain. Berbeda dengan material teknik yang berwujud padat dan Cair, material teknik berwujud gas memiliki jarak antar partikel yang sangat renggang sehingga dapat bergerak sangat bebas. Contoh material teknik berwujud gas adalah Oksigen, Asetilin, Karbondioksida, dan lain sebagainya. (Sulis Dri Handono dan, 2020)

2.1.1. Logam

Kata logam itu sendiri berasal kata yang berasal dari bahasa Yunani yaitu *metallon*, yang berarti bahwa suatu unsur kimia yang siap bergabung menjadi ion. Kemudian, memiliki suatu ikatan logam dan dianggap sebuah logam mirip dengan kaiton yang ada di bawah elektron (BAADILLA, 2019). Logam adalah unsur kimia yang memiliki sifat kuat, keras, liat, merupakan penghantar panas dan listrik, serta mempunyai titik lebur tinggi benda logam pada awalnya dibuat dari bijih logam, dimana bijih logam dapat diperoleh dengan cara menambang baik yang berupa bijih logam murni maupun yang bercampur dengan materi lain. Untuk gambar logam dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Logam

Proses pembuatan logam dari bijih logam adalah rangkaian langkah yang kompleks dan memerlukan teknologi tinggi untuk mengubah bahan mentah alami menjadi logam murni yang siap digunakan dalam berbagai industri. Tahapan utama dalam proses ini mencakup ekstraksi, peleburan, pemurnian, dan pembentukan logam. Setiap tahap memegang peranan penting dalam menghasilkan logam berkualitas tinggi yang dapat digunakan dalam aplikasi industri, konstruksi, otomotif, hingga elektronik. Logam pada awalnya dibuat dari bijih logam, dimana bijih logam dapat diperoleh dengan cara menambang baik yang berupa bijih logam murni. Logam berdasarkan

keberadaan besi dan karbon yang dalam paduan mereka dibedakan menjadi dua kategori, yaitu :

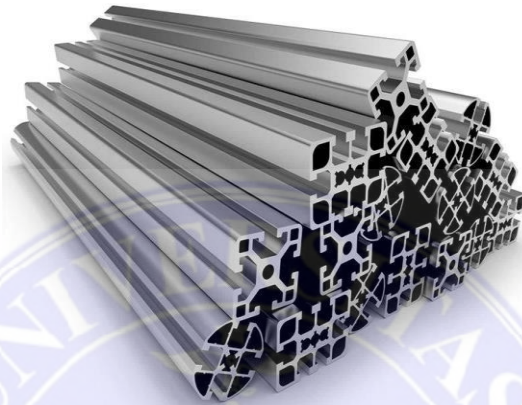
1. Logam Non Ferro

Logam non ferro merupakan logam yang tidak mengandung besi (Fe) dan karbon (C) dalam susunan unsur-unsur dasarnya, jenis-jenis logam non ferro yang umum adalah aluminium (AL), magnesium (Mg), tembaga (Cu), seng (Zn), nikel (Ni), timah hitam (Pb), timah putih (Sn) dan logam-logam mulia. Logam non-ferro adalah jenis logam yang tidak mengandung besi sebagai komponen utamanya. Logam non-ferro memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda dengan logam ferro, dan oleh karena itu, mereka digunakan dalam berbagai aplikasi yang berbeda. Contoh umum dari logam non-ferro termasuk aluminium, tembaga, timah, nikel, seng, dan logam mulia seperti emas dan perak. Setiap jenis logam non-ferro memiliki properti yang unik, seperti konduktivitas listrik dan termal yang baik (dalam kasus tembaga), ringan dan tahan korosi (seperti aluminium), atau nilai tinggi dan konduktivitas listrik yang luar biasa (seperti emas dan perak).

Sejarah penggunaan logam non-ferro juga mencakup berbagai peradaban dan era, dengan beberapa dari logam ini (seperti emas dan perak) yang digunakan sejak ribuan tahun lalu. Penggunaan logam non-ferro telah berkembang seiring dengan perkembangan teknologi dan industri, dengan penemuan baru dan metode pemrosesan yang lebih efisien. Logam non-ferro memainkan peran penting dalam banyak industri, termasuk konstruksi, elektronik, otomotif, dan banyak lagi. Mereka memiliki sifat yang unik termasuk konstruksi, elektronik, otomotif, dan banyak lagi. seperti ringan, tahan korosi, atau konduktivitas listrik yang baik, membuat mereka sangat berharga dalam banyak aplikasi, berikut Bahan non logam :ringan, tahan korosi :

a) Aluminium

Aluminium ialah logam yang berwarna putih terang dan sangat mengkilap dengan titik cair 6600C sangat tahan terhadap pengaruh Atmosphere juga bersifat electrical dan Thermal Conductor dengan koefisien yang sangat tinggi. Chromium bersifat non magnetic. Dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Alumunium

Secara komersial Aluminium memiliki tingkat kemurnian hingga 99,9 % , dan Aluminium non paduan kekuatannya ialah 60 N/mm² dan dikembangkan melalui proses pengerjaan dingin dapat ditingkatkan sesuai dengan kebutuhannya hingga 140 N/mm². Uraian lebih luas tentang Aluminium dapat dilihat pada uraian tentang Aluminium dan paduannya.

b. Timah

Timah putih, Tin, Stannum (Sn) ialah logam yang berwarna putih mengkilap, sangat lembek dengan titik cair yang rendah yakni 2320C. Logam ini memiliki sifat ketahanan korosi yang tinggi banyak digunakan sebagai bahan pelapis pada plat baja, digunakan sebagai kemasan pada berbagai produk makanan karena Timah putih ini sangat tahan terhadap asam luncursertasebagai unsur paduan pada bahan-bahan yang memiliki titik cair rendah. Timah putih, Tin, Stannum (Sn) paling banyak digunakan sebagai timah pateri serta paduan pada logam-logam bantalan seperti Bronzes dan

UNIVERSITAS MEDAN AREA ditambahkan sedikit pada paduan Tembaga Seng (Kuningan, Brasses)

untuk memperoleh ketahanan korosi. Timah putih, Tin, Stannum (Sn) diproses dari bijih timah (Tinstone), ekstraksinya dilakukan melalui pencairan dengan temperature tinggi sehingga timah dapat mengalir keluar dari berbagai unsur pengikatnya.

Paling banyak digunakan sebagai timah pateri serta paduan pada logam-logam bantalan seperti Bronzes dan gunmetal atau ditambahkan sedikit pada paduan Tembaga Seng (Kuningan, Brasses) untuk memperoleh ketahanan korosi. Timah putih, Tin, Stannum (Sn) diproses dari bijih timah (Tinstone), ekstraksinya dilakukan melalui pencairan dengan temperature tinggi sehingga timah dapat mengalir keluar dari berbagai unsur pengikatnya. Berikut dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Timah

c. Seng

Seng, Zincum (Zn) ialah logam yang berwarna putih kebiruan memiliki titik cair 4190°C , sangat lunak dan lembek tetapi akan menjadi rapuh ketika dilakukan pembentukan dengan temperature pengerjaan antara 1000°C sampai 1500°C tetapi sampai temperature ini masih baik dan mudah untuk dikerjakan. Seng memiliki sifat tahan terhadap korosi sehingga banyak digunakan dalam pelapisan plat baja sebagai pelindung baja tersebut dari pengaruh gangguan korosi, selain itu Seng juga digunakan sebagai unsur paduan dan sebagai bahan dasar paduan logam yang dibentuk melalui pengecoran. Sekalipun Seng merupakan bahan yang lembek akan tetapi peranannya

UNIVERSITAS MEDAN AREA sangat penting sekali sebagai salah satu bahan Teknik yang memiliki berbagai

keunggulan, baik digunakan sebagai bahan pelapis pada baja yang tahan terhadap korosi, Dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Seng, Zicum (Zn)

Seng memiliki sifat tahan terhadap korosi sehingga banyak digunakan dalam pelapisan plat baja sebagai pelindung baja tersebut dari pengaruh gangguan korosi, selain itu Seng juga digunakan sebagai unsur paduan dan sebagai bahan dasar paduan logam yang dibentuk melalui pengecoran. Sekalipun Seng merupakan bahan yang lembek akan tetapi peranannya sangat penting sekali sebagai salah satu bahan Teknik yang memiliki berbagai keunggulan, baik digunakan sebagai bahan pelapis pada baja yang tahan terhadap korosi, misalnya untuk atap bangunan, dinding serta container yang juga harus tahan terhadap pengaruh air dan udara serta serangga dan binatang. Seng juga merupakan unsur paduan untuk bahan pengecoran. Bahan baku Seng adalah Sulfida Carbonate, biasanya berada berdekatan dengan Lead atau Timah Hitam atau kadang-kadang juga dengan Silver. Konsentrat biasanya dilakukan dengan Grafitasi atau pengapungan. Proses produksi awal dilakukan dengan mengurangi kadar Asam sulfat yang terkandung pada Oxide Seng melalui penggarangan. Langkah selanjutnya ialah menggunakan satu Thermal untuk menghasilkan penguapan serta kondensat, dari proses ini akan diperoleh 1 hingga 2 % Lead yang diketahui sebagai Spelter atau Seng kasar dengan 99,99 % yang akan diproses lanjut dengan cara elektrolisa serta proses

UNIVERSITAS MEDAN AREA dan melalui proses ini bijih Seng akan melarut didalam Asam Sulphuric

sesuai dengan kebutuhannya. Proses berikutnya ialah penggarangan agar unsur Carbon bercampur didalam Briket sebelum pemanasan melalui pengolperasian didalam retor Vertical secara Continyu.

d. Tembaga

Tembaga adalah logam non-ferrous yang memiliki konduktivitas listrik dan panas yang sangat baik, menjadikannya bahan utama dalam kabel listrik dan sistem pemanas. Tembaga juga digunakan dalam pembuatan pipa dan peralatan industri berkat ketahanannya terhadap korosi. Logam ini ditemukan dalam bentuk murni di alam dan pertama kali digunakan oleh manusia purba untuk membuat alat, senjata, serta perhiasan. Dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. Tembaga

Seiring dengan perkembangan teknologi, tembaga semakin penting dalam berbagai sektor, terutama karena sifat-sifat fisiknya yang unik. Sebagai salah satu logam dengan konduktivitas listrik dan panas terbaik, tembaga menjadi material yang sangat dibutuhkan dalam industri kelistrikan dan elektronik, serta berbagai aplikasi teknologi modern lainnya. Salah satu keunggulan utama tembaga adalah konduktivitas listriknya yang sangat tinggi, hanya dikalahkan oleh perak. Karena sifat ini, tembaga digunakan secara luas dalam pembuatan kabel listrik, motor, generator, dan perangkat elektronik lainnya. Di bidang kelistrikan, kabel tembaga sangat diandalkan karena

hilang dalam bentuk panas. Tembaga juga memiliki sifat mekanis yang baik, seperti ketahanan terhadap korosi dan fleksibilitas, yang memungkinkan kabel dan komponen tembaga bertahan lama dalam berbagai kondisi lingkungan.

e. Kuningan

Kuningan adalah paduan tembaga dan seng yang memiliki kekuatan mekanik yang baik dan ketahanan terhadap korosi. Kuningan sering digunakan dalam pembuatan komponen mesin, kunci, dan alat musik. Warna kuning keemasan yang khas juga menjadikannya populer dalam dekorasi dan perhiasan. Dalam dunia arsitektur dan dekorasi, kuningan sering dipilih karena warna keemasan yang hangat dan cemerlang, yang dapat memberikan nuansa mewah dan elegan pada berbagai produk, mulai dari peralatan rumah tangga, hiasan, hingga karya seni. Berikut dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7. Kuningan

Permukaannya yang halus dan mudah dipoles membuatnya cocok untuk pembuatan barang-barang hiasan, seperti patung, pegangan pintu, dan ornamen. Selain keindahannya, kuningan juga memiliki sifat yang sangat praktis. Kuningan tahan terhadap korosi, sehingga banyak digunakan dalam pembuatan alat-alat yang sering terpapar oleh kelembapan atau elemen-elemen keras, seperti pipa, katup, dan fitting. Sifat antibakterinya juga membuat kuningan populer dalam pembuatan gagang pintu

dan perlengkapan sanitasi, karena logam ini mampu mengurangi pertumbuhan bakteri

di permukaannya. Singkatnya, kuningan bukan hanya dihargai karena keindahan estetikanya, tetapi juga karena daya tahannya dan aplikasinya yang luas dalam kehidupan sehari-hari, dari produk-produk dekoratif hingga penggunaan industri.

2. Logam Ferro

Logam ferro adalah kelompok logam yang mengandung besi (Fe) sebagai unsur utama dan biasanya memiliki sifat ferromagnetik. Mereka sering digunakan dalam berbagai aplikasi teknik dan industri karena kekuatan dan daya tahannya. Untuk informasi panduan penting dalam pembuatan, perancangan, dan modifikasi sifat baja dan besi Logam ferro merupakan logam yang mengandung besi (Fe) dan karbon (C) sebagai unsur dasarnya. Selain itu terdapat unsur-unsur lain seperti mangan (Mn), phosphor (P), sulfur (S) dan silisium (Si). Yang termasuk dalam logam ferro adalah baja karbon. Logam ferrous sering dipadukan dengan elemen lain untuk meningkatkan sifat-sifatnya, dapat dilihat sebagai berikut :

a) Baja (*Steel*)

Baja adalah paduan utama yang mengandung besi dan karbon, dengan rasio karbon yang bervariasi untuk mencapai berbagai sifat mekanik. Baja karbon rendah, misalnya, memiliki daya tarik dalam konstruksi dan otomotif karena kekuatan dan ketahanannya. Baja tahan karat, yang ditambahkan kromium dan nikel, digunakan dalam aplikasi yang memerlukan ketahanan terhadap korosi, seperti dalam peralatan dapur dan komponen industri. Industri konstruksi adalah salah satu pengguna terbesar baja, di mana material ini digunakan dalam pembuatan kerangka bangunan, jembatan, terowongan, dan infrastruktur besar lainnya.

Industri manufaktur dan alat berat juga sangat bergantung pada baja. Alat-alat berat, seperti mesin pertambangan, peralatan konstruksi, dan alat pengolahan, sering dibuat dari baja karena sifatnya yang tahan terhadap keausan dan tekanan tinggi. Baja memiliki daya tahan yang luar biasa terhadap benturan dan gesekan, sehingga mampu

bertahan dalam kondisi operasional yang keras tanpa kehilangan kekuatannya. Berikut dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. Baja Steel

Baja merupakan logam yang paling banyak digunakan dalam bidang teknik. Baja dalam pencetakannya biasanya berbentuk plat, lembaran, batangan, pipa, profil, dan sebagainya. Baja karbon dapat diklasifikasikan berdasarkan kandungan karbonnya. Baja karbon terdiri atas tiga macam yaitu :

1) Baja karbon rendah (*Low Carbon Steel*)

Baja karbon rendah merupakan baja dengan kandungan unsur karbon dalam struktur baja kurang dari 0,3% C. Baja karbon rendah ini memiliki ketangguhan dan keuletan tinggi akan tetapi memiliki sifat kekerasan dan ketahanan aus yang rendah. Pada umumnya baja jenis ini digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan komponen struktur bangunan, pipa gedung, jembatan, bodi mobil, dan lain-lainya.

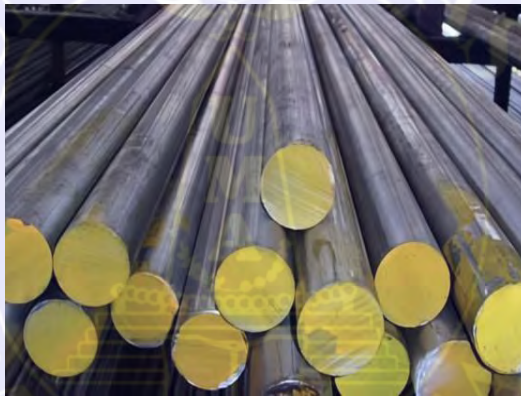
Berikut dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9. Baja karbon rendah

2) Baja karbon sedang (*Medium Carbon Steel*)

Baja karbon sedang merupakan baja karbon dengan persentase kandungan karbon pada besi sebesar 0,3% C – 0,59% C. Baja karbon ini memiliki kelebihan bila dibandingkan dengan baja karbon rendah, baja karbon sedang memiliki sifat mekanis yang lebih kuat dengan tingkat kekerasan yang lebih tinggi dari pada baja karbon rendah. Besarnya kandungan karbon yang terdapat dalam besi memungkinkan baja untuk dapat dikeraskan dengan memberikan perlakuan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Baja karbon sedang biasanya digunakan untuk pembuatan poros, rel kereta api, roda gigi, baut, pegas, dan komponen mesin lainnya. Berikut dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10. Baja karbon sedang

3) Baja karbon tinggi (*High Carbon Steel*)

Baja karbon tinggi adalah baja karbon yang memiliki kandungan karbon sebesar 0,6% C – 1,4% C. Baja karbon tinggi memiliki sifat tahan panas, kekerasan serta kekuatan tarik yang sangat tinggi akan tetapi memiliki keuletan yang lebih rendah sehingga baja karbon ini menjadi lebih getas. Baja karbon tinggi ini sulit diberi perlakuan panas untuk meningkatkan sifat kekerasannya, hal ini dikarenakan baja karbon tinggi memiliki jumlah martensit yang cukup tinggi sehingga tidak akan memberikan hasil yang optimal pada saat dilakukan proses pengerasan permukaan.

UNIVERSITAS MEDAN AREA Dalam penerapannya baja karbon tinggi banyak digunakan dalam pembuatan alat-

alat perkakas seperti palu, gergaji, pembuatan kikir, pisau cukur, dan sebagainya.

Berikut dapat dilihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.11. Baja karbon tinggi

b) Baja Paduan

Selain karbon, baja paduan mengandung elemen tambahan seperti kromium, nikel, atau tungsten yang memberikan sifat khusus. Misalnya, baja paduan kromium digunakan dalam pembuatan alat pemotong dan komponen yang memerlukan ketahanan aus. Berikut dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12. Gambar Baja Paduan

Dalam industri penerbangan, baja paduan memainkan peran penting dalam pembuatan komponen pesawat yang memerlukan kekuatan luar biasa namun tetap ringan. Baja paduan dengan kandungan nikel dan kromium sering digunakan untuk membuat bagian struktural pesawat, seperti kerangka, sayap, dan komponen mesin jet.

Sifat-sifat seperti ketahanan terhadap korosi dan suhu ekstrem membuat baja paduan

UNIVERSITAS MEDAN AREA Media untuk aplikasi yang harus bekerja dalam kondisi lingkungan yang keras,

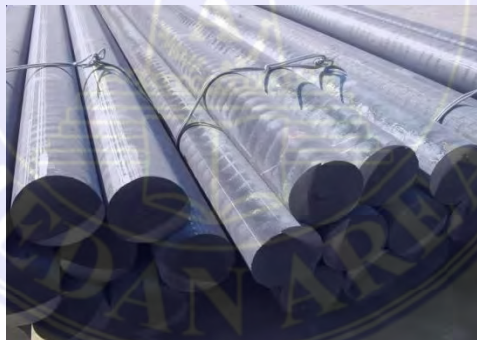
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 9/3/26

termasuk di ketinggian atau saat mengalami perubahan suhu yang drastis. Namun, meskipun baja paduan menawarkan keunggulan luar biasa dalam hal kinerja dan daya tahan, biaya produksinya cenderung lebih tinggi dibandingkan baja karbon biasa. Proses pembuatan baja paduan memerlukan penambahan elemen-elemen khusus dan sering kali melibatkan proses perlakuan panas yang lebih rumit. Namun, meskipun baja paduan menawarkan keunggulan luar biasa dalam hal kinerja dan daya tahan, biaya produksinya cenderung lebih tinggi dibandingkan baja karbon biasa. Proses pembuatan baja paduan memerlukan penambahan elemen-elemen khusus dan sering kali melibatkan proses perlakuan panas yang lebih rumit.

c) Besi Tuang (*Cast Iron*)

Besi tuang adalah bentuk besi yang dipadu dengan karbon dalam konsentrasi tinggi. Ini digunakan dalam pembuatan benda-benda berat seperti mesin, pipa, dan komponen kendaraan. berikut dapat dilihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13. Besi Tuang (*Cast Iron*)

Sifatnya yang mudah dicetak dan ketahanannya terhadap aus membuatnya ideal untuk aplikasi ini. (Nasmi Herlina Sari, 2018).

d) Besi (*Iron*)

Sebagai logam dasar dalam kategori ferrous, besi digunakan dalam berbagai aplikasi industri. Besi murni, meskipun tidak sering digunakan secara langsung karena kekerasannya yang rendah, merupakan bahan baku penting dalam pembuatan baja.

Dalam bentuknya yang murni, besi lebih rentan terhadap korosi, sehingga sering

digunakan dalam bentuk paduan. Logam ini telah digunakan selama ribuan tahun dan menjadi fondasi bagi banyak kemajuan teknologi, mulai dari alat-alat dasar di zaman kuno hingga pembangunan infrastruktur modern. Besi ditemukan dalam berbagai bentuk dan senyawa di alam, tetapi yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah besi yang telah diolah dan dipadukan dengan elemen lain untuk meningkatkan kekuatannya, seperti dalam baja. Berikut dapat dilihat pada gambar 2.14.



Gambar 2.14. Besi (Iron)

Besi murni relatif lunak, namun ketika dipadukan dengan karbon dalam jumlah kecil, ia membentuk baja, yang jauh lebih kuat dan tahan lama. Inilah mengapa besi dan baja menjadi material utama dalam konstruksi bangunan, jembatan, jalan raya, dan berbagai infrastruktur lainnya. Baja dapat disesuaikan sifatnya dengan menambahkan berbagai elemen lain, seperti krom, nikel, dan mangan, untuk menghasilkan berbagai jenis baja dengan sifat yang berbeda-beda, seperti baja tahan karat yang banyak digunakan dalam peralatan dapur dan perangkat medis. Besi memiliki sifat yang sangat bermanfaat dalam berbagai industri. Salah satu keunggulannya adalah kekuatan tekan yang sangat tinggi, yang memungkinkan logam ini menahan beban berat tanpa mengalami deformasi. Ini menjadikannya bahan yang ideal untuk membangun gedung pencakar langit, jembatan, dan berbagai struktur lainnya yang membutuhkan kekuatan dan daya tahan yang besar. Selain itu, besi juga memiliki sifat magnetik, yang

dan transformator. Namun, meskipun besi memiliki banyak kelebihan, logam ini juga rentan terhadap korosi, terutama dalam bentuk karat yang terjadi ketika besi terpapar air dan oksigen. Proses ini disebut oksidasi, di mana besi bereaksi dengan oksigen di udara dan membentuk besi oksida, atau karat. Korosi ini dapat melemahkan struktur besi, sehingga diperlukan perlindungan tambahan, seperti pengecatan atau galvanisasi (pelapisan dengan seng) untuk memperpanjang umur pakainya. Dari alat-alat dasar hingga struktur modern yang megah, besi telah menunjukkan kemampuannya untuk beradaptasi dan berinovasi, menjadikannya bahan yang mungkin tak tergantikan dalam aspek tertentu di kehidupan kita.

2.1.2. Keramik

Keramik berasal dari bahasa Yunani —keramikos” yaitu suatu bentuk dari tanah liat yang telah mengalami proses pembakaran. Clay (tanah liat) merupakan bahan dasar pembuatan keramik (Hamzah, 2017), bahan tersebut memiliki kegunaan yang sangat menguntungkan bagi masyarakat karena selain bahannya yang mudah didapat, hasil olahannya juga sangat banyak dan ramah lingkungan. Sekitar 70% sampai 80% dari kulit bumi adalah batuan yang merupakan sumber clay (Ariwahjoedi, 2003).

Keramik memiliki kelebihan yaitu lebih stabil dalam lingkungan termal dan kimia daripada elemennya. Bahan baku keramik yang umum digunakan adalah feldspar, ball clay, kwarsa, kaolin dan air (Sidabutar, 2017). Keramik memiliki sifat yang ditentukan oleh struktur Kristal, komposisi kimia, dan mineral bawaannya. Oleh sebab itu, sifat keramik juga tergantung pada lingkungan geologi dimana bahan didapatkan. Keramik mempunyai sifat rapuh, keras, dan kaku dan secara umum mempunyai kekuatan tekan lebih baik dibanding kekuatan tariknya (Akbar & Prastawa, 2019). Keramik merupakan material yang sering digunakan untuk berbagai

aplikasi teknik karena sifat-sifatnya yang unik, seperti kekerasan tinggi, ketahanan

terhadap panas, dan ketahanan terhadap korosi. Akan tetapi, sifat keramik yang rapuh membuatnya sangat rentan terhadap fraktur. (Szabó & Czigány, 2002)

Merujuk pada berbagai jenis bahan yang dihasilkan dari pengembangan atau modifikasi material keramik dasar. Keramik adalah material non-logam, anorganik yang dibentuk melalui proses pemanasan pada suhu tinggi. Keramik melibatkan berbagai bahan yang dan dengan variasi tertentu dalam struktur atau sifat-sifatnya untuk mengoptimalkan kinerja dalam aplikasi tertentu. Klasifikasi bahan keramik dapat dibedakan menjadi 2, yaitu keramik kristal dan keramik amorf (kaca).

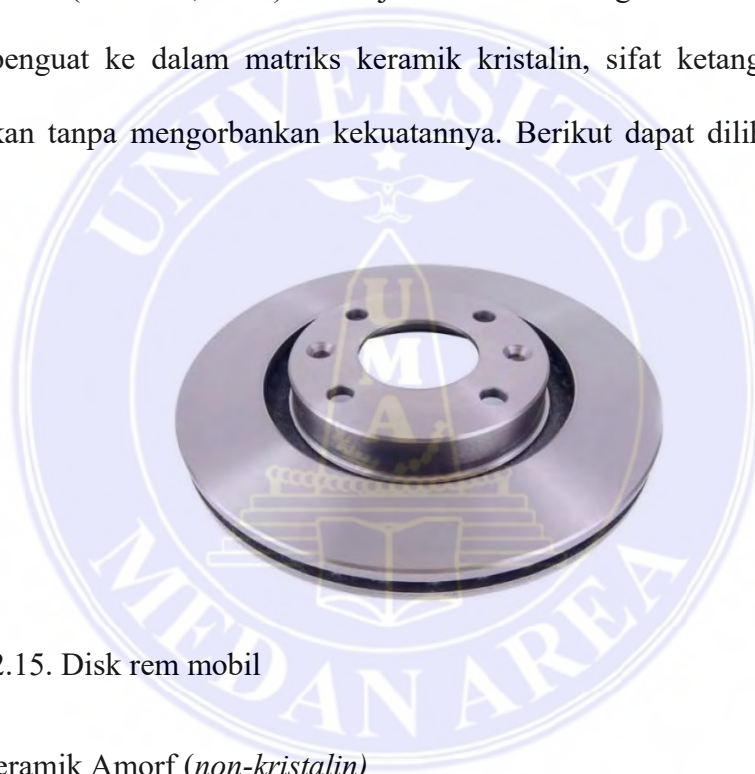
A. Keramik Kristalin

Keramik jenis ini dibuat untuk mendapatkan jenis keramik tertentu. Proses pembuatan jenis keramik ini menggunakan reaksi-in-situ dengan membentuknya melalui tekanan. Bahkan, agar keramik terbentuk dengan bentuk yang diinginkan, keramik dimasukkan pada proses sintering untuk mendapatkan struktur solid. Keramik kristalin telah lama menjadi material yang sangat penting dalam bidang teknik mesin, terutama dalam aplikasi yang memerlukan sifat mekanis dan termal yang luar biasa. Keramik kristalin memiliki struktur atom yang teratur, membentuk pola kristal berulang yang memberikan sifat-sifat unik seperti kekuatan tinggi, kekerasan ekstrem, dan ketahanan terhadap suhu tinggi. Beberapa keramik kristalin yang paling umum digunakan dalam teknik mesin meliputi alumina (Al_2O_3), zirkonia (ZrO_2), silika (SiO_2), dan berbagai jenis nitrida serta karbida.

Penggunaan keramik kristalin dalam teknik mesin sangat luas, terutama di sektor-sektor yang membutuhkan material dengan ketahanan suhu tinggi dan kekuatan yang stabil pada lingkungan yang keras. Dalam industri otomotif, keramik kristalin digunakan untuk komponen seperti disk rem dan lapisan pelindung mesin, di mana ketahanan terhadap panas dan aus sangat penting (Thirumalai et al, 2008). Di sektor

dirgantara, keramik kristalin, khususnya alumina dan zirkonia, digunakan dalam mesin

turbin dan pelindung termal untuk pesawat terbang. (Smith et al, 2011) menunjukkan bahwa komposit berbasis zirkonia telah meningkatkan efisiensi bahan bakar pada mesin jet modern karena sifatnya yang dapat mempertahankan kekuatan struktural pada suhu tinggi sambil mengurangi berat total komponen mesin. Walaupun keramik kristalin menawarkan banyak keunggulan, ada tantangan dalam penggunaannya di teknik mesin, terutama terkait kerapuhan. Penelitian terbaru terus berusaha meningkatkan ketangguhan keramik melalui pengembangan material komposit dan nano-keramik. (Lee et al, 2020) menunjukkan bahwa dengan memasukkan serat atau partikel penguat ke dalam matriks keramik kristalin, sifat ketangguhannya dapat ditingkatkan tanpa mengorbankan kekuatannya. Berikut dapat dilihat pada gambar 2.15.



Gambar 2.15. Disk rem mobil

B. Keramik Amorf (*non-kristalin*)

Keramik amorf, sering kali dikenal sebagai kaca, merupakan kategori unik dari material keramik yang tidak memiliki struktur kristal teratur. Berbeda dengan keramik kristalin yang memiliki pola atom yang teratur, keramik amorf ditandai dengan distribusi atom yang acak. Hal ini memberikan keramik amorf karakteristik fisik dan mekanis yang berbeda, menjadikannya sangat relevan dalam berbagai aplikasi teknik mesin. Salah satu sifat paling menonjol dari keramik amorf adalah transparansi.

(Bunshah, 2005) mencatat bahwa keramik amorf, seperti silika gel dan borosilikat,

ideal untuk aplikasi optik. Namun, sifat ini tidak hanya terbatas pada transparansi; keramik amorf juga memiliki kekuatan mekanis yang baik dan tahan terhadap korosi, membuatnya cocok untuk lingkungan yang keras.

Sifat termal keramik amorf sangat menarik. (Yuan et al, 2007) mengemukakan bahwa keramik amorf dapat memiliki koefisien ekspansi termal yang lebih rendah dibandingkan dengan keramik kristalin, yang menjadikannya lebih stabil secara dimensi pada fluktuasi suhu. Kekuatan tinggi dan ketahanan terhadap keausan menjadikannya ideal untuk berbagai aplikasi teknik mesin, terutama di sektor otomotif dan dirgantara. Keramik amorf banyak digunakan dalam industri teknik mesin, terutama dalam aplikasi yang memerlukan ketahanan terhadap suhu tinggi dan korosi. Di sektor otomotif, keramik amorf digunakan untuk komponen seperti pelindung panas dan material rem. Menurut (Thompson dan Dorey, 2010), penggunaan keramik amorf dalam sistem rem cakram telah menunjukkan peningkatan kinerja dalam hal tahan lama dan efisiensi.

Dalam aplikasi dirgantara, keramik amorf digunakan dalam komponen seperti pelapis thermal untuk mesin jet. (Yuan et al, 2009) melaporkan bahwa pelapis berbasis keramik amorf memberikan perlindungan yang sangat baik terhadap panas ekstrem, meningkatkan efisiensi dan umur panjang komponen mesin. Sementara keramik amorf menawarkan berbagai keunggulan, tantangan terkait dengan sifat kerapuhan tetap ada. Penelitian terbaru berfokus pada pengembangan material komposit berbasis keramik amorf untuk meningkatkan ketahanan dan fleksibilitas. (Wang et al, 2018) menunjukkan bahwa dengan menambahkan serat penguat ke dalam matriks keramik amorf, kekuatan dan ketangguhan material dapat ditingkatkan secara signifikan. Keramik amorf adalah material yang sangat berharga dalam teknik mesin, dengan sifat-sifat unik yang menjadikannya cocok untuk berbagai aplikasi. Meskipun

tantangan kerapuhan masih ada, penelitian terus dilakukan untuk meningkatkan sifat-

sifat keramik amorf, memastikan material ini tetap relevan dalam inovasi teknik mesin yang berkelanjutan. Berikut dapat dilihat pada gambar 2.16.



Gambar 2.16. Kaca Amorf BIPV Panel Tenaga Surya

Keramik memiliki karakteristik yang memungkinkannya digunakan untuk berbagai aplikasi seperti kapasitas panas yang baik dan konduktivitas panas yang rendah, tahan korosi, keras, kuat meskipun rapuh. Berikut beberapa jenis penggolongan keramik yaitu :

1) Keramik kasar

Keramik kasar terbuat dari tanah liat (pasir kuarsa, tanah pekat termasuk abu tertentu) yang dibakar pada suhu 1000-1400 derajat celcius. Bila dibutuhkan glasir, keramik kasar dilapisi dengan campuran feldspar, kuarsa, kaolin, kapurspar, dan dolomit yang diaduk dengan air. Pada proses pembakaran glasir ini terjadinya lapisan seperti kaca tipis. Keramik kasar ini digunakan untuk :

- a) Pipa keramik kasar (seperti pipa saluran air kotor)
- b) Bata klinker (seperti dinding batu merah yang terbuka terhadap udara)
- c) Ubin tanah liat (seperti ubin lantai yang agak alamiah)

2) Keramik halus (Pembakaran tunggal)

Keramik halus terbuat dari tanah liat yang sangat halus dicampurkan dengan jerami yang digiling (tembikar merah) atau dengan tambahan kaolin, feldspar, kuarsa atau bubuk magnesium-silika yang dibakar pada suhu 1260-1330 derajat celcius. Keramik

halus ini banyak dilapisi glasir (tembikar), dan keramik halus ini banyak digunakan

untuk perlengkapan saniter (wastafel, kloset, urinoir, dan lain-lain). Proses pembuatan keramik halus dimulai dengan mencampurkan bahan seperti tanah pekat halus dan kaolin, tepung kuarsa dan feldspar serta air, lalu dicampur hingga menjadi seperti bubur kemudian dituang ke dalam cetakan.(dari gips atau bahan sintetik) lalu dikeringkan dan terakhir dilapisi glasir (tembikar).

3) Keramik pelapis dinding (feyence)

Keramik ini terbuat dari tanah pekat yang sangat halus dan memiliki kandungan kaolin, felspar, kuarsa atau bubuk magnesium silikat sehingga warnanya putih. Proses pembuatan keramik foyence, sebagai berikut:

- a) Pencampuran bahan : tanah pekat halus dan kaolin, tepung kuarsa dan felspar, serta kapur tulis (bubuk magesium-silika), dan air dicampur hingga menjadi bubur.
- b) Bubur tersebut dicetak dan dikeringkan sebelum pembakaran pertama pada suhu 800-900 derajat celcius.
- c) Lalu bahan fayence dilapisi glasir
- d) Pembakaran kedua dilakukan dalam terowongan bakar pada suhu 1100 derajat celcius.
- e) Pengontrolan kualiatas sebelum dipasarkan.

4) Porselen

Porselen terbuat dari 50% kaolin, 25% felspar dan 25% kuarsa. Setelah dicetak porselen dibakar pada suhu 1200-1300 derajat celcius, ditunggu hingga dingin lalu diberi glasir halus (tembikar putih) dan dibakar untuk kedua kali pada suhu 1380-1450 derajat celcius selama 24 jam sehingga menjadi lapisan berupa kaca tipis. Warna porselen pada umumnya putih dan jika pewarnaan diperlukan dapat dilakukan dengan menggunakan krom – oksid (hijau) atau kobalt – oksid (biru) sebagai lapisan bawah

glasir atau dengan cara memberikan motif. Material keramik adalah bahan anorganik,

non-logam, dan padat yang terbentuk melalui proses pemanasan pada suhu tinggi dan pendinginan secara bertahap. Penggunaannya telah dikenal sejak zaman prasejarah dalam bentuk barang-barang tembikar dan alat rumah tangga, namun kini keramik modern telah berkembang menjadi material canggih yang digunakan dalam berbagai industri dan teknologi tinggi. Adapun sifat sifat keramik dapat kita lihat sebagai berikut :

a) Tahan panas

Salah satu keunggulan utama material keramik adalah kemampuannya untuk bertahan pada suhu sangat tinggi tanpa mengalami deformasi atau meleleh. Hal ini menjadikannya ideal untuk digunakan dalam aplikasi yang memerlukan ketahanan suhu ekstrem, seperti komponen mesin turbin dan pelapis tungku.

b) Kekerasan

Keramik sangat keras, menjadikannya tahan terhadap goresan dan aus. Namun, kekerasan ini juga disertai dengan kerapuhan, sehingga material keramik dapat mudah retak atau pecah di bawah beban kejut atau tekanan yang berlebihan.

c) Tahan Korosi dan Bahan Kimia

Keramik memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap korosi dan bahan kimia agresif. Ini membuatnya ideal untuk digunakan dalam lingkungan yang memerlukan ketahanan terhadap reaksi kimia, seperti dalam reaktor kimia atau peralatan laboratorium.

2.1.3. Polimer

Salah satunya yang tidak dapat dipungkiri dari perkembangan teknologi baru ialah material-material baru yang ikut menunjang perkembangan teknologi tersebut (Sampurno, 2006). Sebagian orang mempunyai persepsi bahwa bila berbicara mengenai polimer maka akan mengacu pada produk Plastik. Hal itu tidak Salah, namun juga tidak seluruhnya benar. Plastik, baik dalam bentuk Plastik pembungkus

makanan, tas "kresek", maupun Pipa pralon misalnya adalah produk polimer. Sebagian besar produk polimer memang berbasis plastik. Akan tetapi, tidak semua produk polimer adalah plastik. Beberapa produk polimer, baik polimer sintetis (buatan) maupun polimer alam, ada Yang bukan termasuk plastik Kita ambil contoh ban sepeda motor Yang merupakan produk polimer. Contoh lain lem, hinder (bahan pengikat) cat tembok juga termasuk produk polimer nonplastik.

Demikian Pula Protein dengan kandungan asam amino atau nasi dengan kandungan karbohidratnya merupakan contoh polimer alam, selain karet alam dan jelas bukan produk plastik . Namun demikian, diakui bahwa perkembangan teknologi polimer nonalami yang paling variatif adalah pada produk plastik. Polimer sebagai suatu produk kimia dengan aplikasi komersial di berbagai sektor kebutuhan manusia ternyata mempunyai perkembangan sejarah Yang lumayan panjang. Sekitar tahun 1500 diketahui bahwa orang-orang Indian penduduk asli Amerika telah menyadap pohon karet untuk dibuat semacam bola_ Teknologi vulkanisasi mengalami perkembangan Yang berarti setelah Charles Goodyear (USA) mengembangkan teknik vulkanisasi karetalam pada 1839 Yang selanjutnya disempurnakan Oleh Thomas Hancock. Demikian seterusnya teknologi polimer berkembang sedemikian sehingga menghasilkan produk-produk Yang semakin bervariasi dengan aplikasi Yang semakin luas. Teknologi polimer pada milenium ketiga ini telah mengarah pada "perkawinan" dengan senyawa lain seperti logam (metal).

Mobil keluaran tahun 2000 ke atas beberapa di antaranya sudah menggunakan bahan "polimet" yaitu berupa komposit polimer dan metal pada bodinya. Badan pesawat komersial generasi terbaru sekarang menggunakan komposit polimer sehingga bobotnya berkurang dan menghemat bahan bakar. Selain dari penemuan polimer dalam bentuk "produk nyata" hal lain yang perlu dicatat adalah pengembangan

konsep atau teori seputar polimerisasi di antaranya adalah konsep makro molekul oleh

Hermann Staudinger tahun 1920, teori termodinamika untuk polimer larutan pada 1942. Kemudian, antara tahun 1949-1956 teori kristal cair dikreasikan oleh Lars Onsager dan Paul Flory. Pada kurun waktu yang kurang lebih sama, Michel Szwarc dari Amerika mengembangkan teori anionik polimerisasi. Pada 1971, fisikawan Prancis Pierre-Gilles deGennes mengungkapkan model pengulangan difusi rantai molekul dalam bentuk matriks pada polimer yang akhirnya mendapat penghargaan nobel pada 1992.

Selanjutnya, mengenai perkembangan morfologi polimer nama yang patut disebut adalah Richard Boyd. Dengan perkembangan teknologi nano yang begitu pesat maka sekarang dan seterusnya akan banyak rekayasa produk polimer canggih dan bervariasi yang terwujud pada produk-produk sehari-hari maupun produk untuk keperluan khusus. Matrik Polimer bisa berbentuk amorf atau semi-kristal sesuai dengan strukturnya karena polimer yang memiliki sejumlah besar radikal terkait dengan rantai utama tidak mampu memiliki molekul yang dapat ditumpuk sedekat mungkin dan tersusun secara teratur.

Polimer dengan rantai linier dan kelompok-kelompok kecil digabungkan dalam bentuk yang lebih berorientasi untuk membentuk kristal. Sebagai konsekuensi dari bentuk struktur polimer maka terdapat ada dua jenis polimer: termoplastik dan termoset. Polimer termoplastik dapat bentuk secara mekanis beberapa kali melalui pemanasan kembali untuk mengembalikan pergeseran antarmolekul. Umumnya, polimer struktur linear dan bercabang adalah termoplastik dan polimer struktur jaringan berbentuk termoset. Polimer termoset tidak melunak walaupun dipanaskan karena ada ikatan silang dalam struktur 3D. Oleh karena itu, polimer termoset tidak dapat didaur ulang. Matrik polimer dapat digolongkan menjadi :

1. Polimer Alam

Polimer alam merupakan polimer yang terbentuk melalui proses alamiah. Beberapa contoh dari polimer alam anorganik antara lain silika, pasir, clay, siloksan, sedangkan contoh polimer alam organik antara lain selulosa dan karet alam yang berasal dari tumbuhan, sutera dan wol yang diproduksi oleh hewan serta asbes yang diperoleh dari mineral. Berikut dapat dilihat gambar 2.17. dan 2.18.



Gambar 2.18. Karet alam



Gambar 2.17. Ban mobil

2. Polimer Semi Sintetik

Polimer Semi Sintetik adalah polimer yang diperoleh dari hasil gabungan atau modifikasi polimer alam dan bahan kimia. Contohnya yaitu karet vulkanisir yakni karet alam yang dimodifikasi dengan sulfur melalui proses vulkanisasi untuk meningkatkan elastisitas dan daya tahannya terhadap panas dan tekanan. Berikut dapat dilihat gambar 2.19 dan 2.20.



Gambar 2.19. Sulfur



Gambar 2.20. Karet Vulkanisir

Polimer buatan terdapat dalam bentuk sebagai polimer sintetis dan polimer regenerasi. Polimer sintetis dibuat dari bahan baku kimia yaitu dari molekul sederhana (monomer) dibentuk menjadi molekul berantai melalui suatu reaksi polimerisasi. Polimer sintetis pertama kali yang ditemukan oleh Leo Baekeland (kimiawan Belgia, 1907) dengan nama bakelit. Bakelit merupakan hasil kondensasi formaldehida dengan fenol dan salah satu jenis dari produk-produk konsumsi yang digunakan secara luas. Contoh polimer sintetis antara lain polipropilen, polietena, nilon, poli vinil klorida (PVC), kantong plastik, poliester, pita karet, botol, dan masih banyak produk lain.

3. Polimer Sintetis

Polimer Sintetis adalah 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). Berikut dapat dilihat pada gambar 2.21. dan 2.22.



Gambar 2.22. Styrofoam box



Gambar 2.21. Polietena

A. Termoplastik

Termoplasik adalah salah satu kategori utama polimer yang memiliki

karena kemampuannya untuk meleleh ketika dipanaskan dan mengeras kembali saat didinginkan, tanpa mengalami perubahan kimia pada strukturnya. Proses ini, yang bisa diulang berulang kali, memberikan termoplastik fleksibilitas dan kemudahan dalam berbagai aplikasi industri. Termoplastik memiliki kemampuan untuk dipanaskan hingga mencapai keadaan cair, memungkinkan material ini untuk dibentuk dalam berbagai bentuk menggunakan metode pemrosesan seperti injeksi, ekstrusi, dan blow molding. Setelah pemrosesan, material ini mendingin dan mengeras, mempertahankan bentuk barunya. Ketika dipanaskan lagi, termoplastik dapat meleleh kembali, memungkinkan pemrosesan ulang dan perbaikan produk jika diperlukan.

Kemampuan ini tidak hanya memungkinkan pembuatan produk dengan desain kompleks, tetapi juga mendukung daur ulang material. Termoplastik yang sudah digunakan dapat diproses ulang menjadi produk baru, berkontribusi pada upaya pengurangan limbah dan peningkatan keberlanjutan lingkungan. Terdapat beberapa jenis termoplastik yang digunakan dalam aplikasi yang berbeda, antara lain:

- 1) Polietilena (PE), tahan terhadap kelembapan dan kimia, digunakan dalam kantong plastik dan kemasan.
- 2) Polipropilena (PP), memiliki kekuatan tarik yang baik dan tahan terhadap suhu tinggi, digunakan dalam wadah makanan dan bagian otomotif.
- 3) Polivinil Klorida (PVC), tahan terhadap bahan kimia dan air, digunakan dalam pipa dan jendela plastik.
- 4) Polistirena (PS), ringan dan mudah dibentuk, sering digunakan dalam kemasan makanan dan isolasi. Termoplastik merupakan salah satu jenis polimer yang menonjol karena

B. Termoset

Termoset adalah sejenis bahan polimer yang memiliki karakteristik unik dalam proses pembentukannya. Berbeda dengan termoplastik, termoset tidak dapat

dilelehkan kembali setelah proses pemanasan awal. Proses pembuatan termoset melibatkan reaksi kimia yang terjadi selama pemanasan, di mana polimerisasi mengubah bahan menjadi jaringan yang keras dan stabil secara permanen. Setelah termoset didinginkan dan mengeras, bahan ini menjadi sangat kuat dan tahan terhadap suhu tinggi, bahan kimia, serta deformasi. Sifat-sifat ini membuat termoset ideal untuk digunakan dalam berbagai aplikasi seperti komponen otomotif, peralatan elektronik, dan bahan bangunan. Contoh umum dari termoset adalah epoxy, phenolic, dan melamine. Meskipun proses pembuatan termoset lebih rumit dan memerlukan suhu tinggi, keunggulan dari segi kekuatan dan ketahanan membuatnya sangat berharga dalam industri material.

C. Elastomer

Elastomer adalah jenis bahan polimer yang dikenal karena kemampuannya untuk kembali ke bentuk semula setelah mengalami deformasi. Bahan ini memiliki elastisitas tinggi, yang berarti dapat diregangkan atau dip compress secara signifikan tanpa mengalami kerusakan permanen. Elastomer merupakan hasil dari polimerisasi yang menghasilkan struktur rantai yang fleksibel, memungkinkan material ini untuk mengalami perubahan bentuk yang besar dan kembali ke bentuk asli dengan cepat. Karakteristik elastomer membuatnya sangat berguna dalam berbagai aplikasi, seperti dalam pembuatan seal, gasket, ban, dan komponen yang memerlukan fleksibilitas dan ketahanan terhadap perubahan suhu. Beberapa jenis elastomer yang umum digunakan termasuk karet alami (natural rubber), karet sintetis seperti butadiena-styrene (SBR), dan silikon. Keunggulan elastomer terletak pada kemampuannya untuk menyerap dan mengurangi getaran, serta daya tahannya terhadap stres mekanis dan lingkungan. Ini menjadikannya bahan pilihan yang sangat baik untuk aplikasi di berbagai industri, dari otomotif hingga teknologi medis. Berikut beberapa jenis elastomer, yaitu :

- 1) Karet Alam (Natural Rubber), diperoleh dari getah pohon karet. Memiliki ketahanan tinggi terhadap aus dan fleksibilitas yang baik, sering digunakan dalam ban kendaraan dan produk karet lainnya.
- 2) Karet Sintetis, dibuat melalui polimerisasi bahan kimia. Contoh utamanya Butadiena-Styrene (SBR), Nitrile Rubber (NBR).
- 3) Karet Silikon, memiliki ketahanan tinggi terhadap suhu ekstrem dan oksidasi, digunakan dalam aplikasi medis dan elektronik.
- 4) Elastomer Termoplastik, kombinasi antara sifat elastomer dan termoplastik. TPE dapat diproses seperti termoplastik tetapi memiliki sifat elastis seperti elastomer. Contoh termasuk Styrene-Butadiene-Styrene (SBS) dan Thermoplastic Polyurethane (TPU).

2.1.4. Komposit

Komposit merupakan bahan yang terbuat dari beberapa elemen penyusun yang tetap terpisah (heterogen) dan berbeda level makroskopik selagi membentuk komponen tunggal untuk menghasilkan material komposit yang memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda dari bahan pembentuknya. Bahan penyusun komposit memiliki sifat yang berbeda beda dan ketika digabungkan terbentuklah sifat sifat baru sesuai dengan kebutuhan tertentu (Nurhidayat et al., 2022).

Komposit dalam dunia industri merupakan campuran antara polimer. Bahan materialnya terdiri dari dua bahan penyusun, yaitu bahan utama sebagai pengikat dan bahan pendukung sebagai penguat. Bahan penguat seperti serat, partikel, serpihan atau bentuk yang lain. Material komposit terdiri dari lebih dari satu tipe material lalu dirancang untuk menghasilkan kombinasi karakteristik terbaik dari setiap komponen penyusunnya. Bahan komposit memiliki banyak keunggulan, diantaranya kekuatan yang dapat diatur, lebih ringan, kekuatan dan ketahanan dapat diatur, tahan korosi dan

keausan (Ritonga, 2018)

Secara umum proses pembuatan melalui dicampurkannya homogen agar kita dapat merencanakan kekuatan material komposit yang kita butuhkan dengan mengatur komposisi dari material pembentuknya. Komposit merupakan kombinasi antara bahan matriks atau pengikat dengan penguat.

A. Penguat (*Reinforcement*)

Reinforcement (penguat) merupakan salah satu bagian utama dari komposit yang memiliki peran untuk menahan beban yang diterima dari material komposit sehingga kekuatan komposit tersebut sangat tergantung dari penguat yang digunakan. Penguat komposit biasanya berupa serat atau partikel, yang memiliki peran penting dalam pembentukan material komposit. Berikut beberapa penguat komposit yang biasanya berupa serat atau partikel, yaitu :

1. Serat Karbon

Serat karbon adalah salah satu jenis penguat yang paling populer dalam material komposit. Dikenal karena kekuatan tarik yang sangat tinggi dan berat yang ringan, serat karbon digunakan dalam aplikasi yang memerlukan kekuatan dan ketahanan yang luar biasa, seperti dalam industri penerbangan, otomotif, dan olahraga. Material ini menggabungkan kekuatan tinggi dan berat rendah, menjadikannya ideal untuk komponen struktural dan performa tinggi.

2. Serat Aramid

Serat aramid, seperti Kevlar, terkenal karena kekuatan dan ketahanan terhadap benturan. Penggunaan serat aramid sering ditemukan dalam pelindung tubuh, jaket pelindung, dan aplikasi lain yang memerlukan perlindungan ekstra terhadap dampak dan abrasivitas. Selain itu, serat aramid juga digunakan dalam komponen kendaraan dan struktur bangunan yang memerlukan ketahanan ekstra terhadap tekanan dan beban.

3. Serat Kaca (Fiberglass)

Serat kaca adalah penguat komposit yang terbuat dari serat kaca yang dipintal menjadi benang. Ini adalah salah satu jenis penguat komposit yang paling banyak digunakan karena biaya yang lebih rendah dan sifatnya yang baik dalam hal kekuatan dan ketahanan terhadap korosi. Fiberglass sering digunakan dalam aplikasi seperti perahu, panel insulasi, dan struktur bangunan.

4. Partikel Penguat

Selain serat, partikel penguat seperti alumina, silicon carbide, dan boron carbide juga digunakan dalam material komposit. Partikel ini biasanya digunakan untuk meningkatkan kekuatan geser dan ketahanan terhadap abrasi. Komposit dengan partikel penguat sering digunakan dalam industri otomotif dan alat potong.

5. Kombinasi Penguat

Dalam beberapa aplikasi, kombinasi dari berbagai jenis penguat digunakan untuk mendapatkan manfaat maksimal. Misalnya, komposit dengan serat karbon dan partikel penguat dapat menawarkan kombinasi kekuatan tinggi dan ketahanan terhadap keausan, membuatnya cocok untuk aplikasi yang memerlukan performa ekstrim.

Secara keseluruhan, penguat komposit merupakan elemen kunci dalam pembuatan material komposit yang kuat, ringan, dan tahan lama. Dengan memilih jenis penguat yang tepat dan menggabungkannya dengan matriks yang sesuai, desainer dan insinyur dapat menciptakan material yang memenuhi berbagai kebutuhan teknis dan performa.

B. Matriks

Matriks merupakan bagian dalam struktur komposit yang berasal dari bahan polimer atau logam. Matriks dalam susunan komposit memiliki tugas melindungi dan mengikat serat agar berfungsi dengan baik. Matriks juga berfungsi untuk melapisi serat, dan pada umumnya bahan yang terdapat pada matriks yakni dari bahan yang lunak dan

liat. Kombinasi dari matriks dan serat menghasilkan komposit yang memiliki kekuatan dan kekakuan yang lebih tinggi. Matriks memiliki beberapa jenis, dapat dilihat sebagai berikut :

1. Matriks Polimer

Matriks ini merupakan salah satu jenis yang paling umum digunakan dalam komposit. Matriks polimer ringan, mudah dibentuk, dan memiliki sifat isolasi yang baik. Polimer termoplastik dan termoset adalah dua jenis utama yang sering digunakan. Contoh komposit berbasis matriks polimer termasuk fiberglass dan komposit serat karbon yang sering digunakan dalam aplikasi otomotif, penerbangan.

2. Matriks Logam

Matriks logam digunakan dalam komposit yang membutuhkan kekuatan dan ketahanan suhu tinggi. Matriks ini terbuat dari logam seperti aluminium, magnesium, atau titanium, dan sering digunakan dalam aplikasi berat seperti komponen pesawat terbang dan bagian mesin. Matriks logam membantu komposit mempertahankan stabilitas dan kekuatannya pada suhu ekstrem.

3. Matriks Keramik

Matriks keramik digunakan untuk komposit yang memerlukan ketahanan terhadap panas yang sangat tinggi dan korosi. Komposit berbasis matriks keramik sering ditemukan dalam aplikasi seperti pelapis turbin gas, suku cadang mesin, dan pelindung panas luar angkasa. Meskipun sangat tahan panas, keramik umumnya memiliki kekakuan yang tinggi dan rentan terhadap retak, sehingga sering dikombinasikan dengan serat yang fleksibel untuk meningkatkan kinerjanya.

2.2. Gypsum

Gypsum merupakan salah satu mineral non logam, gypsum terdiri dari calcium sulphate dihydrate ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Gypsum adalah salah satu contoh mineral dengan

kadar kalsium yang mendominasi pada mineralnya. Gypsum yang paling umum

ditemukan adalah jenis hidrat kalsium sulfat dengan rumus kimia $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Arikan & Sobolev, 2002). Gypsum adalah salah satu mineral dengan kadar kalsium yang mendominasi pada mineralnya. Gypsum yang paling umum ditemukan adalah jenis kalsium sulfat dihidrat. Gypsum memiliki 23% kalsium dan 18% sulfur dan kelarutannya adalah 150 kali dari batu kapur, karena itu merupakan sumber alami nutrisi tanaman. Gypsum ditambang dan dibuat menjadi berbagai produk seperti untuk konstruksi, pertanian, dan industri. (Aini et al., 2016).

Karena gypsum merupakan mineral yang tidak larut dalam air dalam waktu yang lama, sehingga gypsum jarang ditemukan dalam bentuk butiran atau pasir, kecuali yang ditemukan di White Sands National Monument di New Mexico AS terdapat 710 km² pasir gypsum putih yang cukup sebagai bahan baku untuk industri dry wall selama 1000 tahun. Gypsum banyak ditemukan diberbagai daerah di dunia yaitu, Jamaika, Iran, Thailand, Spanyol (Penghasil gypsum terbesar di Eropa). Jerman, Italia, Inggris, Irlandia, Ontario, Canada, New York, Michigan, Indiana, Texas, Iowa, Kansas, Oklahoma, Arizona, New Mexico, Colorado, Utah, Nevada, Paris, California, New South Wales Kalimantan dan Jawa Barat. (Johaidin, 2011). Gypsum diekstraksi dengan tambang terbuka atau dengan penambangan bawah tanah. Openpit penggalian lebih umum dan biasanya lebih hemat energi dan sumber daya. Untuk penambangan gypsum bawah tanah, karena peletakan mineral secara horizontal, sebuah ruangan dan metode penambangan pilar digunakan. Operasi mekanis primer meliputi pengeboran, peledakan, penggalian, penghancuran dan penyaringan primer.

Telah dikembangkan di luar negeri gypsum yang digunakan dalam produksi harus memiliki tidak kurang dari 80% dari $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (atau $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4$). Produk gypsum sintetis (limbah industri yang mengandung kalsium dalam jumlah besar) diterapkan sebagai pengganti total atau sebagian untuk gypsum alami.

Jumlah total komponen kalsium sulfat bervariasi dalam kisaran 80-98% bobot. Gypsum sintetis juga dapat mengandung zat-zat dari bahan baku (bijih, asam) awal, silika dan komponen lainnya. Gypsum sintetis membutuhkan pengangkatan atau netralisasi kotoran. Terkadang tidak mungkin untuk menghilangkan semua kotoran berbahaya, karena mereka bisa berada di dalam kristal kalsium sulfat. Beberapa gypsum yang mengandung limbah industri, seperti phosphogypsum, memiliki tingkat radioaktivitas yang agak tinggi. Dalam banyak proses pembuatan, sintetis gypsum dipisahkan dalam bentuk lumpur air dari partikel berbutir halus. Mereka punya untuk dikeringkan dan di briket untuk transportasi, yang membutuhkan energi tambahan. (Lushnikova.2016). Gypsum juga merupakan bahan yang sangat mudah didapatkan di alam. Komposisi kimia dari gypsum Kalsium (Ca), Hidrogen (H), Kalsium Oksida (CaO), Air (H₂O), Sulfur (S). berikut dapat dilihat pada gambar 2.23.



Gambar 2.23. Serbuk gypsum

Berdasarkan proses terbentuknya gypsum dibagi menjadi dua jenis yaitu :

- a) Gypsum alam, yaitu merupakan mineral hidrous sulfat yang mengandung dua molekul air dengan rumus kimia $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, dimana jenis batuanannya adalah satinspar, alabaster, gypsite dan selenit, dengan warna bervariasi mulai dari putih, kekuning - kuning sampai abu - abu.
- b) Gypsum sintetis, yaitu gypsum yang diperoleh dengan memproses air laut dan

kalsium kedalamnya dan sumber lainnya adalah gypsum sebagai produk sampingan pembuatan asam fosfat, asam sulfat dan asam sitrat.

Gypsum seperti pada Gambar merupakan bahan yang sering digunakan oleh masyarakat akhir-akhir ini selain harganya murah gypsum juga mudah dibentuk menjadi berbagai macam barang - barang rumah tangga. Gypsum merupakan serbuk berwarna putih yang mempunyai kegunaan sebagai berikut :

a) Kontruksi

Gypsum adalah bahan yang sangat penting dalam industri konstruksii. Salah satu aplikasi utamanya adalah dalam pembuatan papan gypsum atau drywall. Papan gypsum digunakan untuk membangun dinding dan plafon di hampir setiap jenis bangunan, dari rumah pribadi hingga gedung perkantoran. Produk ini mudah dipasang, memberikan permukaan yang halus, dan juga memiliki sifat tahan api yang meningkatkan keselamatan bangunan.

b) Semen

Dalam industri semen, gypsum digunakan sebagai bahan tambahan yang dikenal sebagai retarder. Fungsi utamanya adalah untuk mengatur waktu pengerasan semen, memungkinkan para pekerja memiliki waktu yang cukup untuk mengaduk dan menerapkan semen sebelum mulai mengeras.

c) Pertanian

Gypsum juga memiliki peran penting dalam pertanian sebagai soil conditioner. Ia membantu memperbaiki struktur tanah, meningkatkan drainase, dan mengurangi kekasaran tanah. Selainitu, gypsum menambah kalsium dan sulfur yang esensial bagi pertumbuhan tanaman, meningkatkan kualitas dan hasil panen.

d) Industri dan kerajinan

Dalam kerajinan, gypsum digunakan untuk membuat cetakan dan patung.

Plaster gypsum yang telah dikalsinasi, yang dikenal sebagai "plaster of Paris,"

digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pembuatan model, dekorasi, dan bahkan dalam industri medis untuk plester gips yang digunakan untuk fiksasi tulang yang patah.

2.3. Uji impak

Informasi tentang sifat-sifat bahan teknik, baik logam maupun non logam, penting dalam industri teknik mesin. Baja merupakan material teknik yang masih mendominasi penggunaannya dalam dunia permesinan. Bahan ini sering digunakan sebagai penguat untuk struktur mesin. Sifat mekanik antara satu bahan dengan bahan lainnya berbeda. Sifat mekanik meliputi kekuatan, kekerasan, keuletan, ketangguhan dan kemampuan las. Sifat-sifat material yang berbeda membuat perlu dilakukannya beberapa metode pengujian untuk mendapatkan sifat-sifat material tersebut. Uji impak merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui kekuatan dan ketangguhan suatu material akibat beban yang diterapkan dengan kecepatan tinggi (Fikar, 2018). Uji impak banyak digunakan dalam bidang pengujian dinamik bahan. Tentunya saat pengujian harus diperhatikan langkah-langkah tertentu, seperti sudut awal dan akhir, letak material, dan suhu benda yang diuji. Pengujian impak digunakan untuk mengetahui kecenderungan suatu material menjadi getas atau lunak akibat gerak suatu benda berdasarkan sifat uletnya. Uji ini berguna untuk melihat perbedaan yang tidak diperoleh dari uji tegangan regangan statik. Pengujian impak juga tidak dapat secara langsung membaca kondisi patahan batang uji, karena tidak dapat mengukur secara langsung komponen-komponen gaya tegangan tiga dimensi yang terjadi pada batang uji.

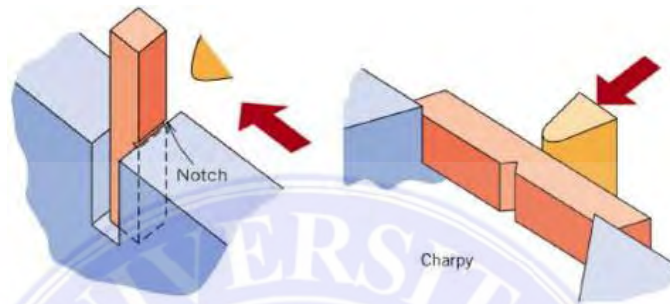
Hasil uji impak ini hanya perubahan tinggi dan sudut akhir akibat ayunan lengan pendulum. Uji impak adalah pengujian yang dilakukan untuk menguji ketangguhan suatu benda uji saat mengalami beban mendadak saat tumbukan.

Ketangguhan adalah ukuran energi yang diperlukan untuk mematahkan atau merusak

suatu material, diukur sebagai area di bawah kurva tegangan-regangan. Bahan apa pun dapat memiliki kekuatan tarik tinggi tetapi tidak memenuhi syarat untuk beban impact.

2.2.1. Uji impact *charpy*

Uji impact digunakan dalam menentukan kecenderungan material untuk rapuh atau ulet berdasarkan sifat ketangguhannya. Berikut dapat dilihat pada gambar 2.24.



Gambar 2.24. Metode *Charpy* dan Metode *Izod*

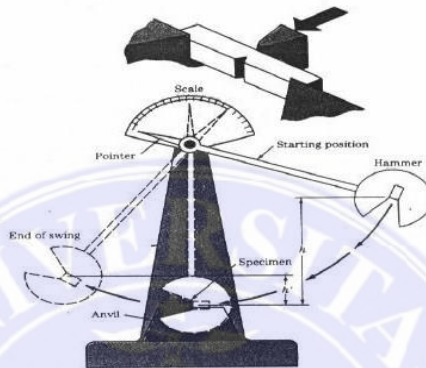
Hasil uji impact juga tidak dapat membaca secara langsung kondisi perpatahan batang uji, sebab tidak dapat mengukur komponen gaya-gaya tegangan tiga dimensi yang terjadi pada batang uji. Hasil yang diperoleh dari pengujian impact ini, juga tidak ada persetujuan secara umum mengenai interpretasi atau pemanfaatannya. Sejumlah uji impact batang uji bertakik dengan berbagai desain telah dilakukan dalam menentukan perpatahan rapuh pada logam. Metode yang telah menjadi standar untuk uji impact ini ada 2, yaitu uji impact metode Charpy dan metode Izod (Suryana et al., 2018).

Metode charpy banyak digunakan di Amerika Serikat, sedangkan metode izod lebih sering digunakan di sebagian besar dataran Eropa. Batang uji metode charpy memiliki spesifikasi, luas penampang 10 mm x 10 mm, takik berbentuk V. Proses pembebanan uji impact pada metode charpy dan metode izod dengan sudut 45°, kedalaman takik 2 mm dengan radius pusat 0.25 mm.

Batang uji charpy kemudian diletakkan horizontal pada batang penumpu dan diberi beban secara tiba-tiba di belakang sisi takik oleh pendulum berat berayun

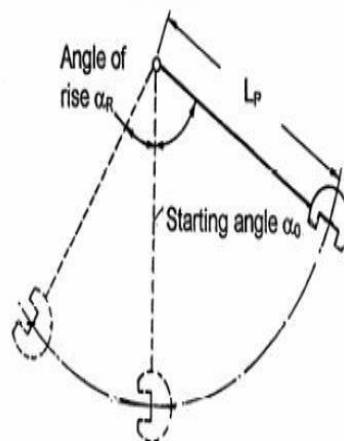
(kecepatan pembebanan ± 5 m/s). Batang uji diberi energi untuk melengkung sampai

kemudian patah pada laju regangan yang tinggi hingga orde 10^{-3} s. Batang uji izod, lebih banyak dipergunakan saat ini, memiliki luas penampang berbeda dan takik berbentuk v yang lebih dekat pada ujung batang. Dua metode ini juga memiliki perbedaan pada proses pembebanan. Secara skematik kita dapat melihat alatuji impact charpy pada gambar 2.25. di bawah ini :



Gambar 2.25. Ilustrasi Skematis Pengujian Impak

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 tumbukkan serta massa dari palu pendulum itu sendiri. Pergerakan palu pendulum pada alat uji impact charpy dapat dilihat pada gambar 2.26.



Gambar 2.26. Ilustrasi pergerakan pendulum

Energi yang diserap dapat dihitung menggunakan rumus berikut (Material & Energi, 2023)

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

Dimana :

W = Energi (J)

m_p = Massa pendulum (Kg)

g = Gravitasi (9,81 m/s²)

L_p = Panjang Lengan Pendulum (m)

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.

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

Dimana:

a_{cN} = Kekuatan impak (J/mm²)

W_c = Energi (J)

$b \cdot n$ = Lebar benda uji (mm)

h = Tinggi benda uji (mm)

2.2.2. Uji impak izod

Uji impak izod merupakan pengujian impak dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi dan arah pembenbanan 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

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 (Saragi et al., 2023). 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 berlekkuk berdiri dijepit dalam posisi vertikal dan pendulum membentur spesimen yang dijepit diujung (Harijono & Purwanto, 2017). Menurut ASTM D256 spesimen plastik memiliki dimensi panjang, kedalaman, dan takik standar, tetapi pengujian dilakukan dengan lebar spesimen yang berbeda. 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 dari material (spesimen) dan panjang lengan pendulum telah ditentukan pada menurut standar ASTM.

2.2.3. Uji impak jatuh bebas

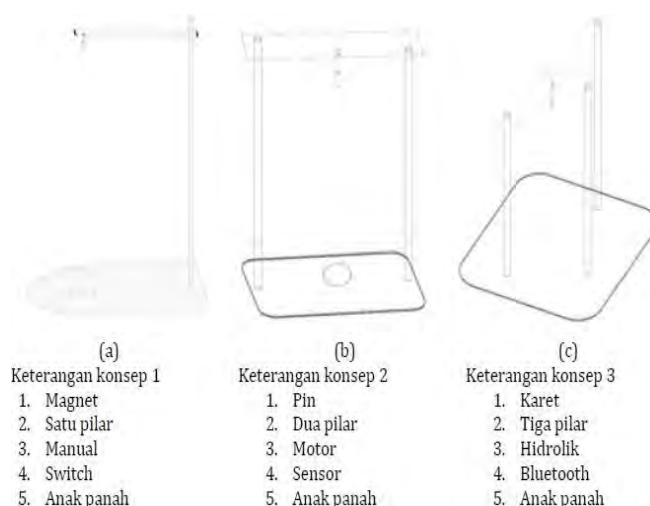
Walau uji impak charpy dan izod yang paling sering digunakan, uji impak yang satu ini tak kalah penting perannya dalam sebuah penelitian. Ujiimpak jatuh bebas merupakan suatu pengujian untuk mensimulasikan kondisi operasi material yang sering ditemu dimana beban tidak selamanya terjadi secara perlahan-lahan melainkan datang secara tiba-tiba. Alat uji impak jatuh bebas ini memanfaatkan massa benda serta gaya gravitasi. Prosedur yang dilakukan dalam penelitian yang menggunakan alat uji impak jatuh bebas ini meliputi pengujian dan pengambilan data untuk mengetahui

energi yang diserap, harga impak, momentum, impuls, dan ketangguhan pada materiial saat diberi beban kejut. Alat uji impak jatuh bebas terlihat pada gambar 2.27. berikut



Gambar 2.27. Uji impak jatuh bebas (Sumber: Pakpahan, G. 2022)

Salah satu penelitian mengenai alat uji impak jatuh bebas dibahas pada jurnal teknik mesin yang ditulis oleh Goodman Pakpahan, Muhammad Yusuf R.Siahaan, Rakhmad Arief Siregar dengan judul Perancangan alat uji impak anak panah jatuh bebas untuk mengujii lembaran plastik dengan kapasitas 120 gr. satu penelitian mengenai alat uji impak jatuh bebas dibahas pada jurnal teknik mesin yang dituliis oleh Goodman Pakpahan, Muhammad Yusuf R.Siahaan, Rakhmad Arief Siregar dengan judul Perancangan alat uji impak anak panah jatuh bebas untuk menguji lembaran plastik dengan kapasitas 120gr. Pengujian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh pembebanan iimpak jatuh bebas pada plastik yang dijatuhkan dari ketinggian 0.66 m. langkah yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujiian dan pengambilan data untuk mengetahui energi yang diserap, harga impak, momentum, impuls, dan ketangguhan pada material baja struktur saat diberii beban kejut. Pada pengujian impak jatuh bebas ini, mempunyai jarak dan berat beban yaitu pada beban (m) = 30, 45, 60 gr dengan jarak ketinggian (h) = 0.66 m. berikut dapat dilihat pada gambar 2.28.



Gambar 2.28. Tiga konsep perancangan alat uji impak anak panah jatuh bebas

2.2.4. Uji impak anak panah

Uji impak jatuh bebas merupakan suatu alat uji ketahanan pada suatu benda kerja dengan menjatuhkan benda, sehingga benda kerja tersebut mengalami benturan. Berikut dapat dilihat pada gambar 2.29.



Gambar 2.29. Uji impak anak panah

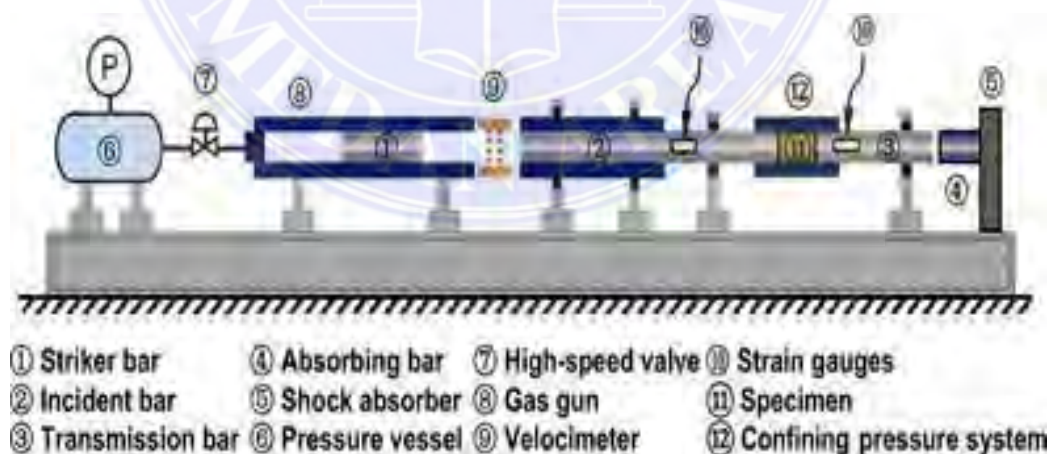
Hal ini berarti bahwa percepatan kebawah benda bertambah dengan nilai yang

sama dan jika sebuah benda tersebut ditambah keatas kecepatannya berkurang dengan

nilai yang sama setiap detik dengan pertambahan kebawahnya seragam. Pada alat uji jatuh bebas benda yang mengantam benda kerja yaitu benda yang berbentuk anak panah bila dijatuhkan tanpa kecepatan awal dari ketinggian dan waktu ditentukan maka percepatan yang dialami oleh benda tersebut adalah sama dengan percepatan gravitasi bumi yang besarnya $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. Gerak jatuh bebas adalah gerak jatuh benda pada arah vertikal dari ketinggian tertentu tanpa kecepatan awal ($V_0 = 0$) jadi gerak benda hanya dipengaruhi oleh gravitasi bumi. Pada gerak jatuh bebas waktu jatuh benda bebas hanya dipengaruhi oleh dua faktor saja yaitu ketinggian (h) dan gravitasi bumi (g) jadi berat dari besaran-besaran lain tidak mempengaruhi waktu jatuh. (Pakpahan et al., 2023)

2.2.5. Split Hopkinson pressure bar

SHPB, atau *Split Hopkinson Pressure Bar* adalah salah satu teknik eksperimental paling canggih dalam dunia ilmu material untuk menguji respon material terhadap tekanan dinamis (Miao et al., 2015). Berikut dapat dilihat pada gambar 2.30



Gambar 2.30. Split Hopkinson Pressure Bar

Teknik ini dirancang untuk memahami bagaimana suatu material bereaksi ketika dikenai beban atau tekanan yang sangat tinggi, seperti yang terjadi pada tabrakan kendaraan, ledakan, atau kondisi ekstrem lainnya. Dalam pengujian ini,

material akan ditempatkan di antara dua batang logam panjang yang dikenal sebagai

"bar penggerak" dan "bar transmisi". Proses dimulai ketika gelombang tekanan tinggi dihasilkan melalui bar penggerak dan dihantarkan ke material uji. Sebagian gelombang tersebut akan dipantulkan, sementara sebagian lainnya diteruskan ke bar transmisi. Melalui analisis gelombang pantulan dan transmisi ini para peneliti dapat menghitung tegangan dan regangan yang dialami material dalam hitungan mikrodetik.

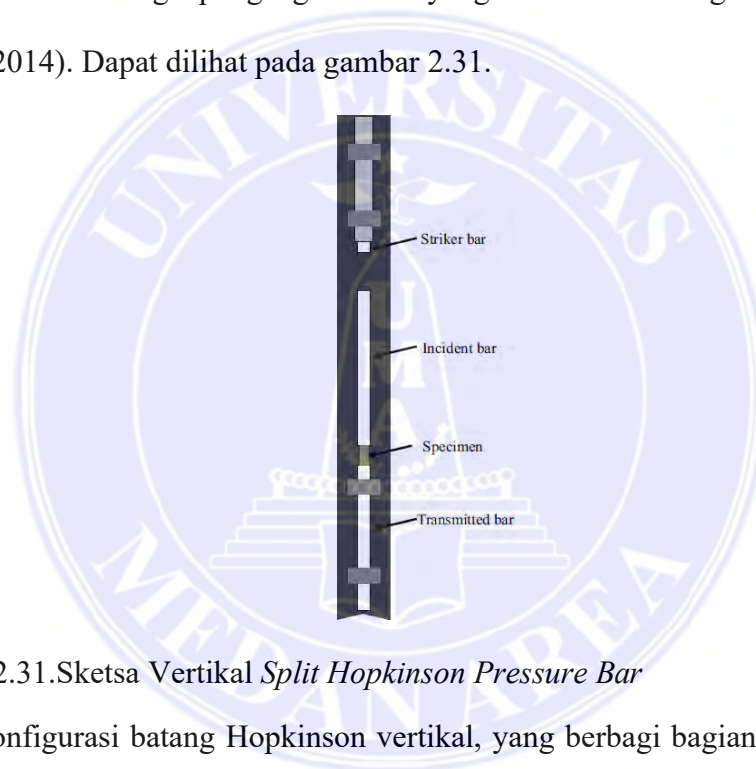
Selanjutnya, Split Hopkinson Pressure Bar pertama kali diperkenalkan oleh Bertram Hopkinson 1914. Hopkinson menggunakan prinsip tersebut untuk mengukur tekanan yang dikembangkan di sebuah bar saat ledakan terjadi di salah satu ujungnya, sebuah bar ditanggguhkan dengan satu ujung yang melekat pada mekanisme peledakan dan ujung satunya dalam kontak magnetik dengan potongan waktu. Ketika ledakan terjadi di satu sisi, sebuah denyut nadi bergerak melalui batang yang tersuspensi dan berdampak pada potongan waktu. Pada ujung bebas dari antarmuka potongan-batang waktu, potongan waktu memisahkan dari bar dan terbang ke dalam mekanisme perangkap momentum. Energi yang dicatat oleh perangkap momentum sesuai dengan energi dua kali panjang gelombang pulsa tekanan pada potongan waktu.

Selama beberapa dekade, banyak peneliti yang telah mengembangkan SPHB untuk mengukur sifat mekanik yang dinamis dari banyak bahan yang berbeda. Terutama, teknik ini berguna untuk memeriksa respon dinamis dari bahan padat. Meskipun beberapa peneliti telah menguji berbagai sampel, itu tidak sepenuhnya dipahami bagaimana sampel dimensi. Dengan demikian, penting untuk memahami efek dari sampel relatif terhadap SPHB diameter dan rasio L / D sampel pada respon mekanik dinamis, karena dua parameter ini dapat mempengaruhi perilaku elastis bahan. (Eunhye kim, 2015). Bar tekanan Hopkinson split terdiri dari dua batang panjang elastis yang menutupi spesimen di antara keduanya. Biasanya bar striker didorong menuju bar kejadian. Saat terjadi benturan, gelombang tekan elastis

dihasilkan, di dalam bar kejadian dan ketegangan tergantung waktu di bar tekanan

diukur pada titik tengah kejadian bar. Pada tampilan bar / spesimen, gelombang sebagian tercermin dan sebagian ditransmisikan ke dalam contoh.

Split-Hopkinson Pressure Bar (SHPB) adalah alat konvensional untuk menguji respon tegangan-regangan dinamis bahan. Yang terdiri dari proyektil, bar input, output bar dan perangkat buffering. Selama pengujian, proyektil serangan pada bar input akan menghasilkan stres dinamis dalam alat tersebut. Gelombang menyebar melalui bar input, maka deformasi spesimen dan akhirnya dikirim ke output bar. input dan output bar menangkap regangan aksial yang disebabkan oleh gelombang, tekanan. (X.Guo, 2014). Dapat dilihat pada gambar 2.31.



Gambar 2.31. Sketsa Vertikal *Split Hopkinson Pressure Bar*

konfigurasi batang Hopkinson vertikal, yang berbagi bagian komponen yang sama dengan bar Hopkinson tradisional aparat. Besi sudut dengan panjang 4,5 m dipasang vertikal ke arah lantai dan bilah yang ditransmisikan ke bagian bawah dengan 2 berbentuk cincin. Spesimen itu diletakkan di atas muka dari batang yang ditransmisikan, dan batang kejadian vertikal berada di bagian atas spesimen tanpa ada kontak dengan besi sudut. sketsa vertikal split hopkinson pressure bar.

2.4. Analisis Fraktur Material

Fraktur atau kegagalan suatu material adalah salah satu fenomena yang paling

penting untuk dianalisis dalam bidang rekayasa material. Beban dinamis—seperti

benturan, getaran, atau perubahan beban secara cepat—dapat mempercepat kegagalan material melalui fraktur yang disebabkan oleh tegangan yang melebihi batas ketahanan material (Fakri & Juhan, 2019). Setiap jenis material, baik logam, non-logam, polimer, maupun keramik, memiliki perilaku yang unik saat mengalami fraktur di bawah pengaruh beban dinamis (Internasional et al., 2015)

Untuk menganalisis fraktur menggunakan mesin Hopkinson yang menggunakan gelombang pendek, prinsip-prinsip yang digunakan adalah perhitungan tegangan dan regangan berdasarkan propagasi gelombang melalui spesimen batang uji (Meyers, 1994). Berikut beberapa rumus kunci yang digunakan

1. Regangan Dinamis

$$\epsilon_o = e_o / (E \cdot K_s) \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana : e_o = Output Voltase (Volt)

E = Voltase USB (5 Volt)

K_s = Faktor Koreksi (1,2)

ϵ_o = Regangan

2. Tegangan Dinamis

$$\sigma = E \cdot \epsilon_o \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana : σ = Tegangan (Mpa)

E = Modulus Elastisitas Batang (Mpa)

ϵ_o = Output Tegangan (Volt)

3. Ketanguhan Patah (KiC)

$$KiC = \frac{\sqrt{2\pi \cdot \rho^{1-\lambda}} (1 + \lambda + \phi_1(\gamma) \cdot \sigma_{max})}{g_1 + g_2 + g_3 + g_4} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana : ρ = Diameter lubang

λ = Parameter eksponen

$\phi_1(\gamma)$ = Faktor koreksi

2.4.1. Jenis-jenis perpatahan

Patahan material merupakan fenomena ketika suatu bahan atau material mengalami kerusakan atau retakan akibat tegangan atau tekanan yang melebihi batas kekuatan material tersebut. Perpatahan impak digolongkan menjadi 3 jenis, sebagai berikut :

1) 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. Patah getas memiliki ciri yang berbeda dengan perpatahan ulet, pada saat akan patah tidak mengalami perubahan bentuk plastis atau pengecilan penampang., dapat dilihat pada gambar 2.32.



Gambar 2.32. Patahan Getas

2) Perpatahan ulet, berserat (*Ductile Fracture*)

adalah 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. Patah ulet terjadi apabila material logam pada saat akan patah mengalami deformasi plastis yang cukup besar, penampang melintang di daerah patahan biasanya berkurang karena penipisan (*necking*), terjadi patahan retak berjalan lambat. Dapat kita lihat pada gambar 2.33.



Gambar 2.33. Patahan ulet

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1 Tempat

Adapun pengujian eksperimen dilaksanakan di Labolatorium Manufaktur Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.

3.1.2 Waktu

Adapun waktu penelitian diawali sejak tanggal dikeluarkannya Surat keputusan tugas akhir dan penentuan dosen pembimbing dengan detail jadwal tugas akhir seperti Table 3.1. Jadwal waktu dan kegiatan pada table 3.1 sebagai berikut :

Aktivitas	Tahun 2024				Tahun 2025			
	Ags	Nov	Des	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul
Pengajuan judul								
Penulisan Proposal								
Seminar Proposal								
Proses Penelitian								
Pengolahan data								
Penyelesaian laporan								
Seminar hasil								
Evaluasi dan								
persiapan								
Sidang sarjana								

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1. Alat

1. Mesin Uji Tekan Statis

Alat ini berperan penting dalam pengujian sifat mekanik berbagai material untuk menemukan kekuatan tekan, modulus elastisitas, serta perilaku deformasi material saat menerima beban. Mesin yang digunakan pada penelitian ini memiliki kapasitas load cell 100 kg, dapat dilihat seperti pada gambar 3.1.

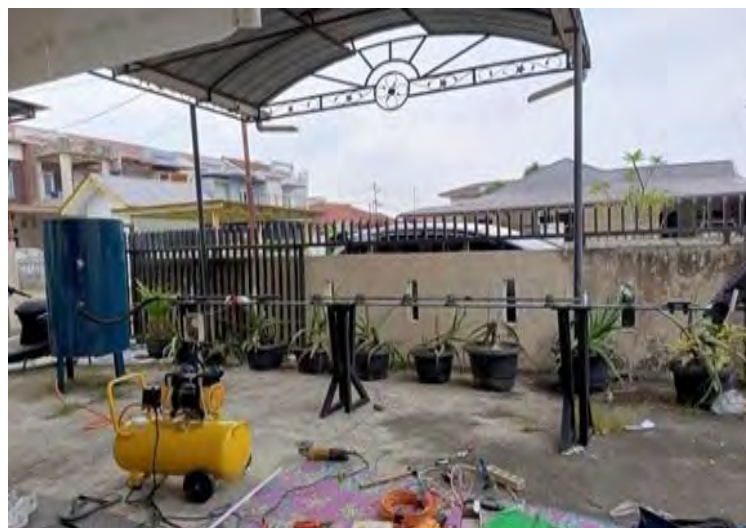


Gambar 3.1. Mesin uji tekan statis

2. Mesin Hopkinson

Split Hopkinson Pressure Bar (SHPB) adalah alat yang digunakan untuk mengukur sifat material pada kecepatan regangan tinggi, mesin ini bekerja dengan prinsip gelombang tegangan yang merambat melalui batang panjang saat material uji terkena benturan. Selama proses ini, strain gauge yang dipasang pada batang penghantam dan batang penerima mengukur perubahan regangan akibat gelombang tekanan, yang kemudian digunakan untuk menghitung tegangan dan regangan yang

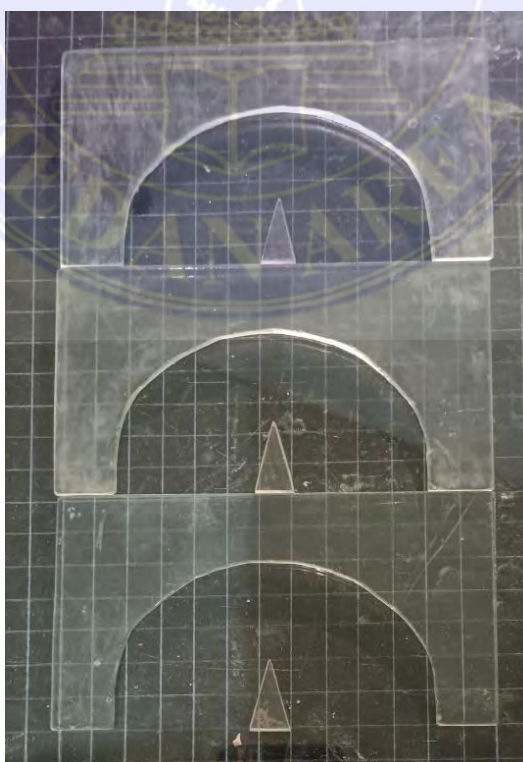
dialami material. Berikut dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Mesin *Hopkinson*

3. Cetakan

Alat yang digunakan Alat yang digunakan dalam pembentukan material Gypsum untuk membuat spesimen berbentuk cakram atau piringan. Cetakan cakram ini terbuat dari kaca dengan ukuran 36 cm x 36 cm dengan ketebalan 3 mm. berikut gambar cetakan dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3. Cetakan

4. Mixer

Mixer adalah alat yang digunakan untuk mencampurkan bahan-bahan agar tercampur rata atau memiliki konsistensi yang diinginkan. berikut spesifikasi mixer yang digunakan *Hyperlite stand mixer TSM 1501* dengan daya 150 Watt (220-240V / 50HZ) untuk Putaran motor 1000-1400RPM. Berikut dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4. *Mixer*

5. Baskom Plastik

Baskom plastik adalah wadah berbentuk cekung yang terbuat dari bahan plastik, Disini Wadah berbentuk cekung yang terbuat dari bahan plastik, yang digunakan sebagai media untuk melakukan pencampuran bahan-bahan pembuatan gypsum. Berikut dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5. Wadah plastik

6. Timbangan digital

Menggunakan sensor elektronik untuk menugukur berat atau massa dan menampilkan hasilnya secara digital, alat ini digunakan untuk mengukur komposisi bahan yang akan digunakan untuk membuat Gypsum. Berikut dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6. Timbangan

7. Gypsum

Bahan yang digunakan dalam pengujian ini adalah Gypsum. Untuk spesifikasi bubuk gypsum yang akan digunakan merek A plus, untuk komposisi batu gypsum yang dihaluskan, waktu kering 10 – 15 menit dan kemasan 1 sak 18 kg. Berikut dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7. Bubuk gypsum

3.3. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental. Metode eksperimental adalah pendekatan dalam penelitian yang digunakan untuk menguji hipotesis melalui pengamatan langsung dan pengendalian variabel. Metode ini bertujuan untuk menentukan hubungan sebab akibat dengan cara mengatur dan mengatur kondisi tertentu agar hasilnya dapat diprediksi dengan akurasi tinggi. (Sahir, 2021)

3.3.1. Sistematika Pengujian

Pengujian eksperimental merupakan suatu metode ilmiah yang digunakan untuk menguji hipotesis, memverifikasi teori atau memahami fenomena tertentu melalui serangkaian percobaan yang terkendali. Adapun sistematika pada studi eksperimental analisis fraktur material gypsum berbentuk cakram pada takik V akibat beban dinamis adalah sebagai berikut :

1. Studi literatur untuk mencari sumber penelitian yang berkaitan dengan judul studi eksperimental analisis fraktur material gypsum berbentuk cakram pada takik V akibat beban dinamis seperti jurnal nasional, jurnal internasional dan buku yang berkaitan.
2. Observasi lapangan yang dilakukan yaitu dalam dunia industri terdapat beberapa bahan gypsum yang digunakan terhadap suatu alat atau benda. Dengan memahami dan menganalisis fraktur material gypsum di bawah kondisi dinamis, dapat mengembangkan material yang lebih baik dan lebih aman, serta meningkatkan desain dan kinerja komponen yang menggunakannya. Maka berangkat dari hal tersebut saya memilih judul studi eksperimental analisis fraktur material gypsum berbentuk cakram pada takik V akibat beban dinamis untuk menjadi tugas akhir saya.

3. Melakukan perhitungan terhadap material gypsum yang dibuat dengan spesifikasi tertentu lalu dilakukan uji impak dengan mesin Split Hopkinson Pressure Bar.
4. Menganalisa hasil yang didapatkan dan membandingkan hasil dari masing masing material gypsum yang diuji menggunakan mesin Split Hopkinson Pressure Bar untuk mengetahui kekuatan bahan gypsum.
5. Menarik kesimpulan dari hasil pengujian.

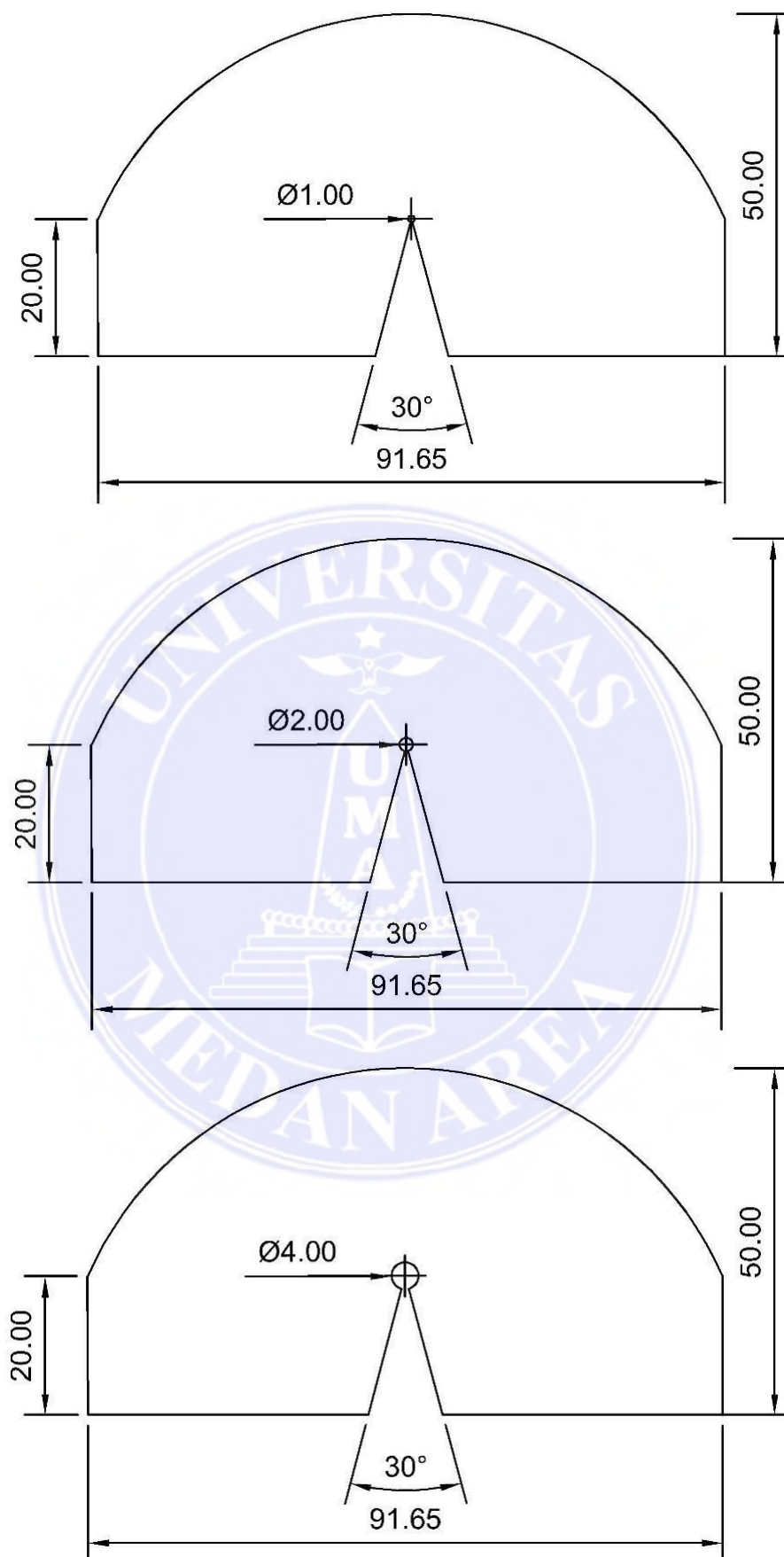
3.4. Populasi dan Sampel

Takik V merupakan jenis takik yang memiliki bentuk seperti huruf "V" dan biasanya digunakan dalam pengujian mekanik untuk menilai sifat-sifat material, seperti ketahanan terhadap retak dan kelelahan. Takik ini dirancang untuk menciptakan konsentrasi tegangan di area tertentu, Berikut dapat dilihat pada table 3.2. dan gambar 3.8.

Table 3.2. Jumlah Spesimen yang akan di uji

No	Material	Diameter Spesimen (mm)	Tebal (mm)	Sudut Takik (°)	Diameter Lubang (mm)	Jumlah Spesimen
1	Gypsum	91,65	3	30	1	3
2	Gypsum	91,65	3	30	2	3
3	Gypsum	91,65	3	30	4	3

Pada table diatas menunjukkan bahwa material yang digunakan adalah gypsum. dengan diameter spesimen, tebal, sudut takik dan jumlah spesimen yang sama. Tetapi memiliki variasi yang berbeda-beda, yaitu diameter lubang 1 mm, 2 mm, dan 4 mm.



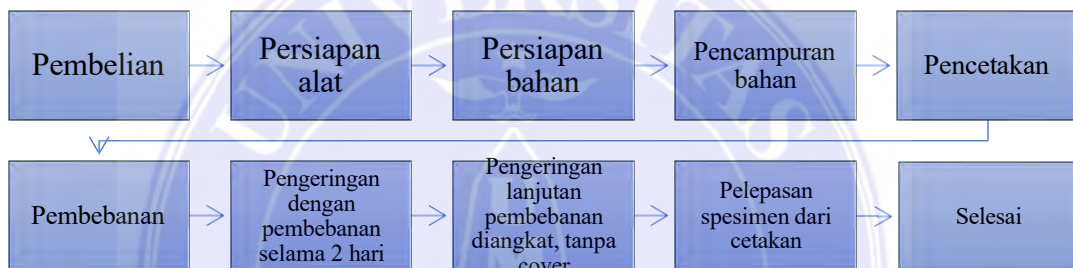
Gambar 3.8. Gambar teknik spesimen

3.5. Prosedur Kerja

Prosedur kerja penelitian dimulai dari mempersiapkan bahan-bahan untuk membuat material lalu dibentuk sesuai kebutuhan serta dilakukan pengujian terhadap material tersebut, dapat dilihat sebagai berikut :

3.5.1. Prosedur pembuatan spesimen

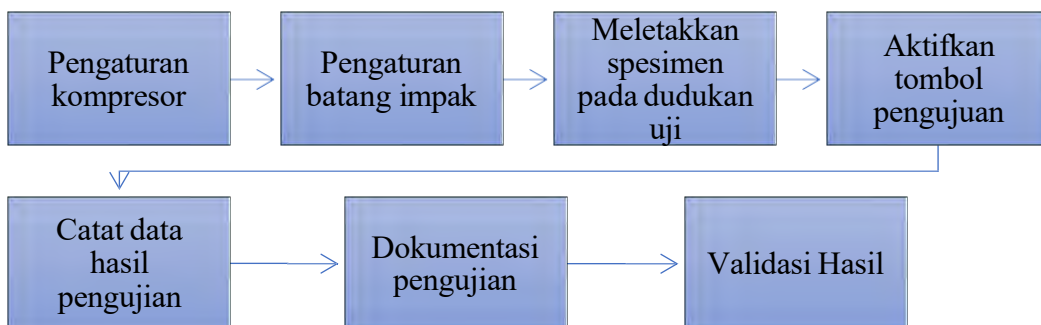
Prosedur pembuatan spesimen Pembuatan spesimen dilakukan dengan beberapa tahapan, dimulai dari persiapan bahan bahan pembuatan material sampai terbentuk menjadi spesimen sesuai dengan dibutuhkan. Dapat dilihat gambar 3.9.



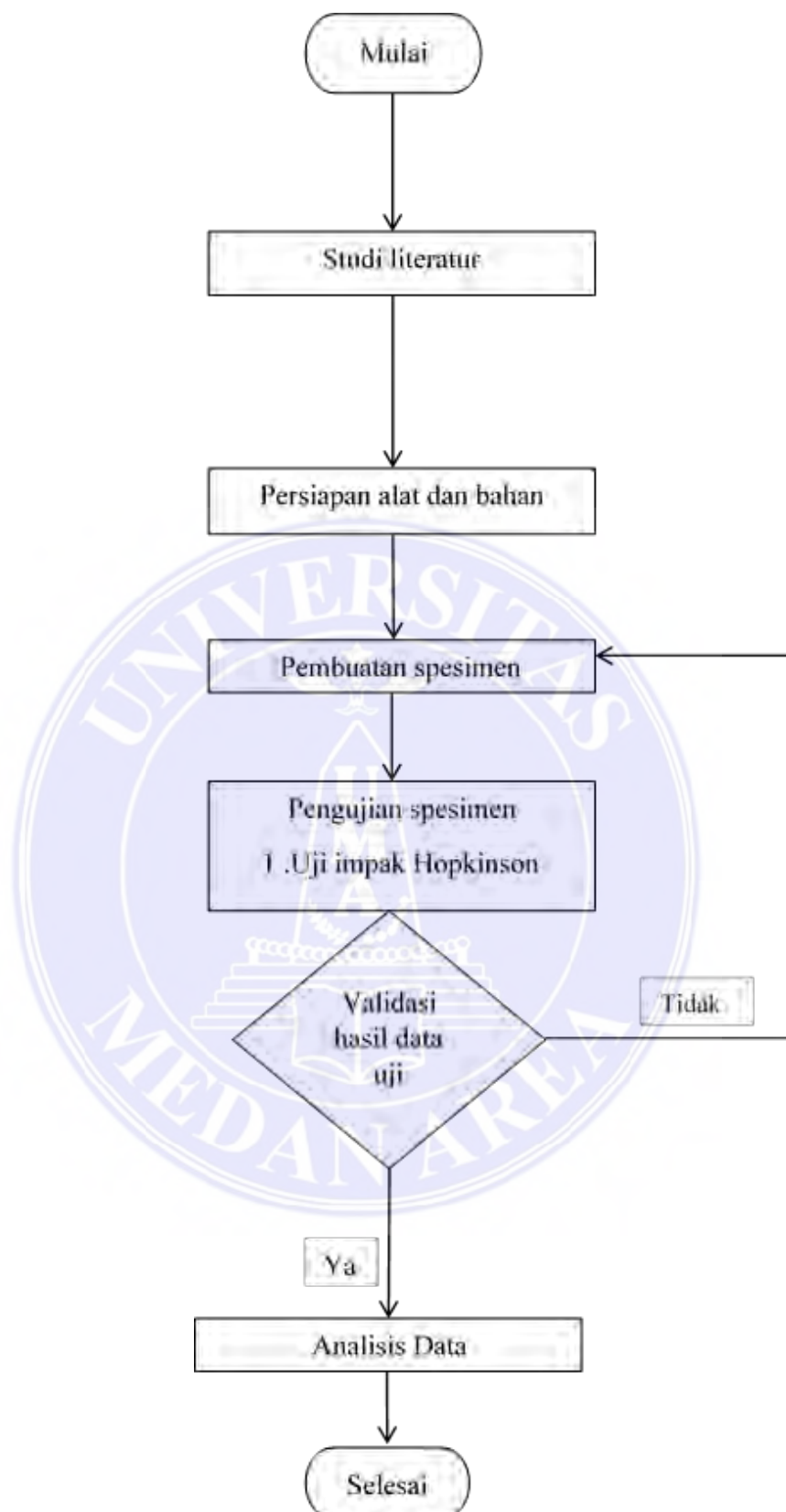
Gambar 3.9. Diagram alir pembuatan spesimen

3.5.2. Prosedur pengujian Uji Impak

Dalam proses pengujian spesimen dengan tujuan untuk menganalisis fraktur yang terjadi, dimulai dari mempersiapkan spesimen yang akan diuji sampai memvalidasi hasil. Berikut dapat dilihat diagram pada gambar 3.10.



Gambar 3.10. Diagram alir pengujian



Gambar 3.11. Diagram alir penelitian

BAB V

KESIMPULAN & SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Pembuatan spesimen telah berhasil diselesaikan, dengan jumlah tiga buah spesimen untuk setiap jenis variasi takik yang digunakan dalam pengujian.
2. Lubang pada ujung takik V meningkatkan konsentrasi tegangan dan mempercepat inisiasi retak.
3. Retak utama merambat dari ujung takik dan akik yang lebih lebih dalam menghasilkan tegangan yang lebih tinggi di sekitar ujung takik, mempercepat kegagalan fraktur.
4. Diameter lubang yang optimal dapat memperlambat terjadinya fraktur, namun jika terlalu besar justru dapat memperlemah struktur secara keseluruhan. Ini menunjukkan perlunya keseimbangan antara pengurangan tegangan dan kekuatan residual.

5.2. Saran

1. Penelitian selanjutnya dapat mengeksplorasi pengaruh variasi bentuk takik (misalnya takik berbentuk V) serta ukuran dan posisi lubang terhadap pola fraktur dan konsentrasi tegangan.
2. Disarankan untuk menguji material lain dengan sifat mekanik yang berbeda, seperti material komposit atau yang lain, untuk memahami perbedaan pola fraktur dan ketahanan terhadap beban dinamis.
3. Diperlukan lebih banyak data eksperimental untuk memvalidasi hasil, terutama dalam variasi dimensi takik dan lubang, serta pengaruh kecepatan pembebanan terhadap pola fraktur.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, S., Budi Sediawan, W., & Sumardi, P. (2016). [Type the document title] [Pick the date] Kinetika Reaksi Dehidrasi Gypsum Bekas Pembalut Patah Tulang menjadi Gypsum Hemihidrat (Gips). *Jurnal Rekayasa Teknologi Industri Hijau*, 2(1), 1–13.
- Arikan, M., & Sobolev, K. (2002). The optimization of a gypsum-based composite material. *Cement and Concrete Research*, 32(11), 1725–1728. [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(02\)00858-X](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(02)00858-X)
- BAADILLA, A. (2019). *Makalah bahan logam*. April, 1–43.
- Berto, F. A., Indonesia, P. L. A., B, T. A., Teknik, M., Padova, U., Nicola, S. S., Kelelahan, P., Keunggulan, P., Padat, M., & Mesin, F. T. (2013). *Fraktur getas pada takik V tajam dan tumpul pada grafit isostatik di bawah beban kompresi murni*. 3. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2013.06.045>
- Daryus, A. (2019). Diktat Kuliah Material Teknik. *Teknik Mesin UNSADA*, 156.
- Fakri, Z., & Juhan, N. B. B. (2019). Analisa pengaruh kuat arus pengelasan GMAW terhadap ketangguhan sambungan baja AISI 1050 (Analysis of the effect of the GMAW welding current on the toughness of the AISI 1050 material welding joints). *Journal of Arc Welding*, 1(1), 5–10.
- Fikar, Z. (2018). Perancangan Alat Uji Impak Charpy Sederhana Untuk Material Logam Baja St 30. *Journal of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials and Energy*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.31289/jmemme.v1i1.1189>
- Hamzah, M. S. (2017). Kekuatan impak komposit clay dan alumina untuk aplikasi FIRE BRICK. *Jurnal Mekanikal*, 8(1), 716–720.
- Harijono, & Purwanto, H. (2017). Analisis Keakuratan hasil Uji Impact dengan Metode Izod dan Charpy. *Seminar Nasional Hasil Penelitian*, 130–135.
- Internasional, J., Firoozabadi, M. B., Ayatollahi, T., & Indonesia, B. (2015). *Analisis patah getas pada takik V tumpul akibat kompresi*. 68, 219–230. <https://doi.org/10.1016/j.ijsolstr.2015.04.022>
- Meyers, M. A. (1994). *Dynamic Behavior of Materials*. John Wiley & Sons.
- Miao, Y. G., Li, Y. L., Deng, Q., Tang, Z. Bin, Hu, H. T., & Suo, T. (2015). Investigation on experimental method of low-impedance materials using modified Hopkinson pressure bar. *Journal of Beijing Institute of Technology (English Edition)*, 24(2), 269–276. <https://doi.org/10.15918/j.jbit1004-0579.201524.0220>
- Nasmi Herlina Sari. (2018). *Material Teknik*. CV. BUDI UTAMA.
- Nurhidayat, A., Wijoyo, W., & Irnawan, D. (2022). Kajian Fraksi Volume Serat Komposit Tangkai Ilalang Terhadap Sifat Mekanik. *Jurnal Teknosains Kodepena*, 2(2 SE-Articles), 20–26.
- Pakpahan, G., Siahaan, M. Y., & Siregar, R. A. (2023). Perancangan Alat Uji Impak Anak Panah Jatuh Bebas untuk Menguji Lembaran Plastik dengan Kapasitas 120 gr. *JMEMME (Journal of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials and Energy)*, 7(1), 95–103. <https://doi.org/10.31289/jmemme.v7i1.6295>
- Ritonga, D. A. A. (2018). Karakteristik komposit serbuk kenaf terhadap pengujian impak. *J. Wahana Inovasi*, 7(1), 1–11.
- Sampurno, R. B. (2006). Aplikasi Polimer dalam Industri Kemasan. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 15–22.
- Saragi, J. F. H., Bahri Pratama, A., Putra Dairi Boangmanalu, E., Al Qadry, & Taruyun Hudeardo Sinaga, F. (2023). Pengaruh Temperatur terhadap Kekuatan Impak pada Material Besi Nako 10 mm. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, 4(1). <https://doi.org/10.53695/jm.v4i1.886>

- Sulis Dri Handono dan, B. (2020). *Pengujian Material*. CV. LADUNY ALIFATAMA.
- Suryana, D., Junaidi, A., & Rizki, M. (2018). Pengaruh Komposisi Komposit Serat-Serat Eceng Gondok Dan Pasir Silika Terhadap Uji Impact Dan Uji Tarik Untuk Point Panjat Dinding. *Jurnal Austenit*, 10(2), 56–60.
- Szabó, J. S., & Czigány, T. (2002). Investigation of static and dynamic fracture toughness of short ceramic fiber reinforced composites. *Journal of Macromolecular Science - Physics*, 41 B(4–6), 1191–1204. <https://doi.org/10.1081/MB-120013091>

