

# **ANALISIS FRAKTUR MATERIAL MORTAR BERBENTUK CAKRAM PADA TAKIK U AKIBAT BEBAN DINAMIS**

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**SYAFRIL ANUGRAH**

**208130055**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**MEDAN**

**2025**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 30/4/26

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

Access From (repositori.uma.ac.id)30/4/26

## HALAMAN JUDUL

# ANALISIS FRAKTUR MATERIAL MORTAR BERBENTUK CAKRAM PADA TAKIK U AKIBAT BEBAN DINAMIS

## SKRIPSI

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

Oleh:

**SYAFRIL ANUGRAH**

**208130055**

**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 30/4/26

i


Access From (repositori.uma.ac.id)30/4/26

## HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI


Judul Proposal : Analisis Fraktur Material Mortar Berbentuk  
Cakram pada Takik U Akibat Beban Dinamis  
Nama Mahasiswa : Syafril Anugrah  
NPM : 208130055  
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 1

Tanggal Lulus : 5 Agustus 2025

## HALAMAN PERNYATAAN

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

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

Medan, 5 Agustus 2025



Syafril Anugrah

208130055



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

---

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

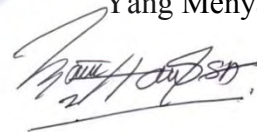
Nama : Syafril Anugrah  
Npm : 208130055  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

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 Mortar Berbentuk Cakram Pada Takik U Akibat Beban Dinamis.

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, merawat, mempublikasikan tugas skripsi 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 : 5 Agustus 2025  
Yang Menyatakan



(Syafril Anugrah)

## ABSTRAK

Analisis fraktur material mortar berbentuk cakram dengan takik U akibat beban dinamis memiliki relevansi yang cukup penting dalam bidang teknik mesin, terutama dalam memahami ketahanan material terhadap beban siklik yang sering terjadi pada komponen mekanis. Tujuan penelitian ini untuk membuat spesimen material mortar berbentuk cakram untuk dilakukan uji impact batang dan menganalisis mekanisme propagasi retak dan karakteristik kegagalan yang dapat mempengaruhi performa material dalam aplikasi teknik, seperti bantalan, rotor, dan struktur berulang yang mengalami tegangan fluktuatif.

Metode yang digunakan adalah metode eksperimental, semua tindakan yang dilakukan bertujuan untuk menganalisis fraktur yang terjadi pada material mortar berbentuk cakram pada takik U dengan 3 variasi panjang takik yaitu 15 mm, 17,5 mm dan 20 mm akibat beban dinamis. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa material mortar memiliki sifat rapuh (*brittle*), peningkatan laju beban meningkatkan energi fraktur karena material tidak memiliki waktu untuk meredam tegangan secara perlahan. dan efek konsentrasi tegangan takik U menjadi titik lemah yang signifikan, menyebabkan fraktur dimulai dari lokasi tersebut.

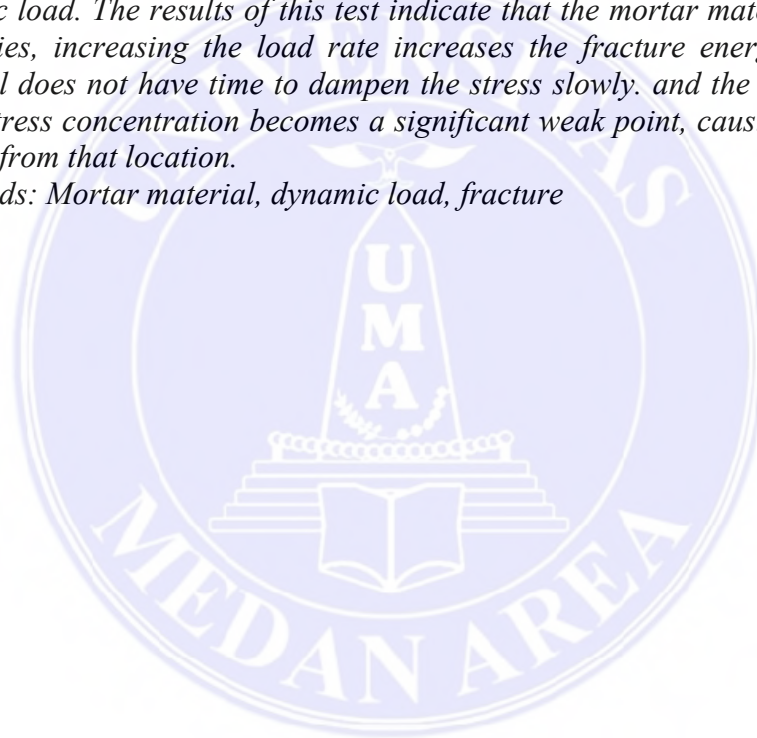
Kata Kunci : Material mortar, beban dinamis, fraktur

## **ABSTRACT**

*Fracture analysis of disc-shaped mortar material with U-notch due to dynamic load has quite important relevance in the field of mechanical engineering, especially in understanding the resistance of materials to cyclic loads that often occur in mechanical components. The purpose of this study was to create disc-shaped mortar material specimens for rod impact testing and to analyze the crack propagation mechanism and failure characteristics that can affect material performance in engineering applications, such as bearings, rotors, and repetitive structures that experience fluctuating stress.*

*The method used is an experimental method, all actions taken are aimed at analyzing the fracture that occurs in disc-shaped mortar material at the U-notch with 3 variations of notch length, namely 15 mm, 17.5 mm and 20 mm due to dynamic load. The results of this test indicate that the mortar material has brittle properties, increasing the load rate increases the fracture energy because the material does not have time to dampen the stress slowly. and the effect of the U-notch stress concentration becomes a significant weak point, causing the fracture to start from that location.*

*Keywords: Mortar material, dynamic load, fracture*



## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Medan, pada 30 April 2002 dari pasangan Bapak Rudy Hartono dan Ibu Asharani Nun Asmara Nasution. Penulis merupakan anak keempat dari 4 bersaudara. Penulis bertempat tinggal di Jalan Garu VI Gang Seriti Nomor 58A Medan.

Pada tahun 2007 penulis memulai pendidikan di TK Fatimah Azahra Medan, selanjutnya pada tahun 2008 penulis melanjutkan pendidikan di SD Taman Pendidikan Islam, kemudian pada tahun 2014 penulis melanjutkan pendidikannya di MTS Ex-PGA, pada tahun 2017 penulis melanjutkan pendidikannya di SMK Multi Karya, kemudian pada tahun 2020 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area. Selama berada dibangku kuliah, penulis aktif melakukan kegiatan perkuliahan. Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk penelitian kedepannya.



## KATA PENGANTAR

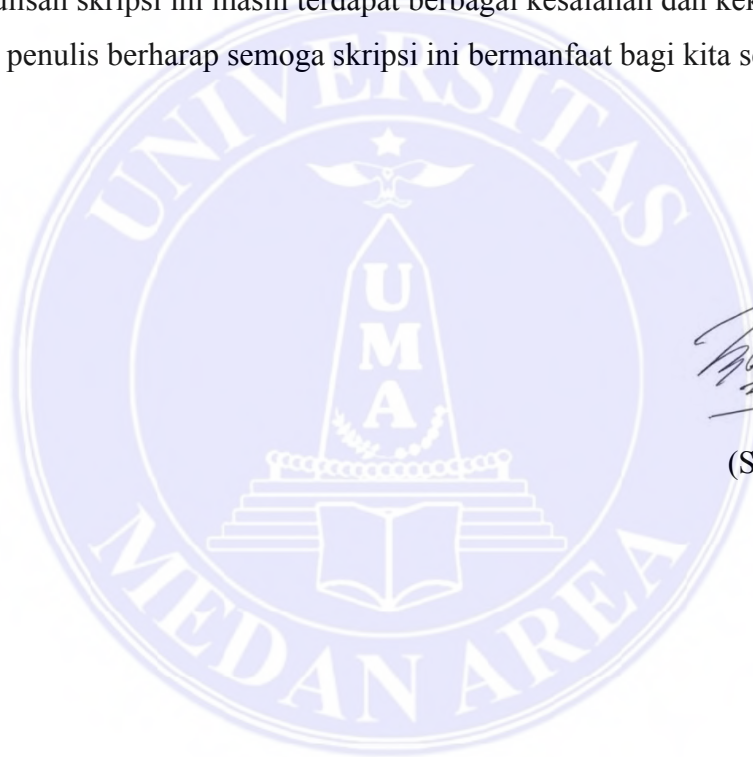
Segala puji dan syukur yang penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT dengan rahmat, karunia, serta taufik dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan diberi kelancaran oleh-Nya meskipun sangat banyak kekurangan di dalamnya. Shalawat beriring salam kita panjatkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW, semoga dengan kita bershalawat kepada Nabi Muhammad SAW kita mendapatkan Syafaat di Yaumul Qiyamah Aamiin Ya Rabbal Alamin. Adapun judul yang penulis buat ini adalah “Analisis Fraktur Material Mortar Berbentuk Cakram Pada Takik U Akibat Beban Dinamis”.

Dalam Penulisan skripsi ini banyak kendala yang penulis alami, namun berkat bantuan moral dan material dari berbagai pihak, maka penulisan proposal ini dapat terselesaikan, untuk itu penulis mengucapkan ribuan terima kasih 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. Ayahanda tersayang Rudy Hartono & Ibunda tercinta Asharani Nun Asmara Nasution S,Sos atas jerih payah berupa moral dan materi, maupun doa yang selalu dipanjatkan.

8. Khairina Fitri yang selalu menemani saya untuk mengerjakan naskah skripsi saya, dan selalu mensupport saya.
9. Teman-teman Teknik Mesin Angkatan 20 kampus 2 yang senantiasa membantu serta mendukung penulis dalam mengerjakan skripsi ini.

Penulis sangat menyadari bahwa dalam penulisan serta penyusunan skripsi ini masih sangat jauh dari kata yang sempurna. Maka dari itu, penulis sangat bersedia menerima segala kritikan dan saran yang sifatnya memberikan pengajaran demi kesempurnaan penulisan skripsi ini. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis meminta maaf yang sebesar-besarnya jika dalam penulisan skripsi ini masih terdapat berbagai kesalahan dan kekurangan. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.



Penulis

(Syafril Anugrah)

## DAFTAR ISI

|   |      |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL .....   | i    |
| HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI .....  | ii   |
| HALAMAN PERNYATAAN.....   | iii  |
| HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS<br>AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS..... | iv   |
| ABSTRAK.....  | v    |
| <i>ABSTRACT</i> .....   | vi   |
| RIWAYAT HIDUP .....   | vii  |
| KATA PENGANTAR.....   | 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 .....   | 3    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....  | 4    |
| 2.1 Material.....   | 4    |
| 2.2. Mortar.....  | 36   |
| 2.3. Uji Impak.....   | 41   |
| 2.4. Analisis Fraktur Material.....   | 48   |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....  | 52   |
| 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....   | 52   |
| 3.2. Alat dan Bahan.....  | 53   |
| 3.3. Metode Penelitian.....   | 57   |
| 3.4. Populasi dan Sampel.....   | 58   |
| 3.5. Prosedur Kerja.....  | 60   |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....  | 62   |
| 4.1. Hasil Pembuatan Spesimen Material Mortar.....  | 62   |
| 4.2. Hasil Pengujian Spesimen Dengan Mesin Uji Tekan Statis.....                                      | 64   |
| 4.3. Hasil Pengujian Dengan Mesin Hopkinson.....  | 74   |
| BAB V KESIMPULAN & SARAN.....   | 83   |
| 5.1. Kesimpulan.....  | 83   |
| 5.2. Saran.....   | 83   |
| DAFTAR PUSTAKA.....   | 84   |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 3.1. Jadwal waktu dan kegiatan.....        | 52 |
| Tabel 3.2. Jumlah Spesimen yang akan di uji..... | 58 |
| Tabel 4.1. Hasil Pengujian Dinamis.....          | 78 |
| Tabel 4.2. Hasil Tegangan.....                   | 80 |
| Tabel 4.3. Hasil Analisis.....                   | 82 |



## DAFTAR GAMBAR

|              |   |    |
|--------------|---|----|
| Gambar 2.1.  | Klasifikasi Material.....   | 4  |
| Gambar 2.2.  | Logam.....  | 6  |
| Gambar 2.3.  | Baja Karbon Tinggi pada AISI 1050.....                              | 8  |
| Gambar 2.4.  | Baja Karbon Sedang pada AISI 1040.....                              | 9  |
| Gambar 2.5.  | Baja Karbon Rendah pada Plat ST 37.....                             | 9  |
| Gambar 2.6.  | Aplikasi Baja Paduan pada Bucket Excavator.....                     | 10 |
| Gambar 2.7.  | Aplikasi Besi Tuang pada Blok Mobil.....                            | 11 |
| Gambar 2.8.  | Aluminium.....  | 12 |
| Gambar 2.9.  | Tembaga.....  | 13 |
| Gambar 2.10. | Aplikasi Nikel pada Kunci Shock.....                                | 14 |
| Gambar 2.11. | Aplikasi Timah pada Peluru Senjata Api.....                         | 15 |
| Gambar 2.12. | Kuningan.....   | 16 |
| Gambar 2.13. | Aplikasi Polimer Alam pada Conveyor Belt.....                       | 17 |
| Gambar 2.14. | Aplikasi Polimer Semi Sintetik pada Body Board.....                 | 18 |
| Gambar 2.15. | Aplikasi Polimer Sintetik pada Body Motor.....                      | 19 |
| Gambar 2.16. | Aplikasi Bahan Polietilena pada Tangki Penyimpanan Bahan Kimia..... | 20 |
| Gambar 2.17. | Aplikasi Bahan Polipropilena pada Bumper Mobil.....                 | 21 |
| Gambar 2.18. | Aplikasi Termoset pada Bakelite (Bahan Pengikat).....               | 22 |
| Gambar 2.19. | Aplikasi Karet Alam pada Seal.....                                  | 23 |
| Gambar 2.20. | Aplikasi Karet Sintetis pada Ban Mobil.....                         | 23 |
| Gambar 2.21. | Aplikasi Bahan Karet Silikon pada Selang.....                       | 24 |
| Gambar 2.22. | Aplikasi Elastomer-Termoplastik pada Bushing Oksigen.....           | 24 |
| Gambar 2.23. | Aplikasi Keramik Armorf pada Panel Tenaga Surya.....                | 28 |
| Gambar 2.24. | Aplikasi Keramik Kristalin pada Baling-Baling Turbin.....           | 29 |
| Gambar 2.25. | Aplikasi Komposit pada Sayap Pesawat.....                           | 30 |
| Gambar 2.26. | Diagram Pembentukan Mortar.....                                     | 36 |
| Gambar 2.27. | Bahan Konstruksi untuk Rendering.....                               | 37 |
| Gambar 2.28. | Semen.....  | 38 |
| Gambar 2.29. | Pasir.....  | 39 |
| Gambar 2.30. | Air.....  | 41 |
| Gambar 2.31. | Uji Impak Charpy.....   | 42 |
| Gambar 2.32. | Gambar Uji Impak Izod.....  | 45 |
| Gambar 2.33. | Uji impak jatuh bebas.....  | 46 |
| Gambar 2.34. | Uji impak anak panah.....   | 47 |
| Gambar 2.35. | SHPB.....   | 48 |
| Gambar 2.36. | Patah ulet.....   | 50 |
| Gambar 2.37. | Patah getas.....  | 51 |
| Gambar 3.1.  | Mesin uji tekan statis.....   | 53 |
| Gambar 3.2.  | Mesin hopkinson.....  | 54 |

|              |  |    |
|--------------|--|----|
| Gambar 3.3.  | Cetakan.....   | 54 |
| Gambar 3.4.  | Wadah plastik.....   | 55 |
| Gambar 3.5.  | Timbangan.....   | 55 |
| Gambar 3.6.  | Semen tiga roda.....   | 56 |
| Gambar 3.7.  | Pasir Sungai.....  | 56 |
| Gambar 3.8.  | Air.....   | 57 |
| Gambar 3.9.  | Gambar spesimen.....   | 59 |
| Gambar 3.10. | Gambar diagram pembuatan specimen.....                           | 60 |
| Gambar 3.11. | Gambar diagram pengujian spesimen.....                           | 61 |
| Gambar 3.12. | Diagram alir penelitian.....                                     | 61 |
| Gambar 4.1.  | Spesimen yang siap uji.....                                      | 63 |
| Gambar 4.2.  | Hasil Pengujian Spesimen.....                                    | 64 |
| Gambar 4.3.  | Grafik hasil pengujian Spesimen dengan Takik U 15 mm.....        | 65 |
| Gambar 4.4.  | Grafik hasil pengujian Spesimen dengan Takik U 17,5 mm.....      | 65 |
| Gambar 4.5.  | Grafik hasil pengujian Spesimen dengan Takik U 20 mm.....        | 66 |
| Gambar 4.6.  | Grafik tegangan uji tekan statis.....                            | 67 |
| Gambar 4.7.  | Grafik regangan uji tekan statis.....                            | 69 |
| Gambar 4.8.  | Grafik Kic uji tekan statis.....                                 | 70 |
| Gambar 4.9.  | Grafik Modulus Elastisitas uji statis.....                       | 72 |
| Gambar 4.10. | Spesimen Setelah diuji Dinamis.....                              | 74 |
| Gambar 4.11. | Grafik Tegangan Terhadap Waktu dengan Tekanan Udara 2,5 Bar..... | 75 |
| Gambar 4.12. | Grafik Tegangan Terhadap Waktu dengan Tekanan Udara 2 Bar.....   | 76 |
| Gambar 4.13. | Grafik Tegangan Terhadap Waktu dengan Tekanan Udara 1 Bar.....   | 77 |
| Gambar 4.14. | Grafik Regangan Hasil Pengujian Dinamis.....                     | 78 |
| Gambar 4.15. | Grafik Tegangan Hasil Pengujian Dinamis.....                     | 79 |
| Gambar 4.16. | Grafik KiC Hasil Pengujian Dinamis.....                          | 80 |

## DAFTAR NOTASI

|                 |                                 |                     |
|-----------------|---------------------------------|---------------------|
| $\sigma$        | = Tegangan                      |                     |
| $A$             | = Luas penampang                | ( mm <sup>2</sup> ) |
| $F$             | = Gaya (beban)                  | ( Kgf )             |
| $\varepsilon$   | = Regangan                      |                     |
| $l_0$           | = Panjang awal                  | ( mm )              |
| $l_i$           | = Panjang akhir                 | ( mm )              |
| $\Delta L$      | = Pertambahan panjang           | ( mm )              |
| $E$             | = Modulus elastisitas           | ( Mpa )             |
| $t$             | = Waktu                         | ( $\mu$ s )         |
| $A_s$           | = Luas penampang spesimen       | ( mm <sup>2</sup> ) |
| $l_o$           | = Panjang awal spesimen         | ( mm )              |
| $e_0$           | = Output voltage baterai        | ( v )               |
| $E$             | = Baterai                       | ( v )               |
| $K_s$           | = Gage factor pada strain gauge |                     |
| $\varepsilon_0$ | = Regangan                      |                     |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Mortar adalah material konstruksi yang terdiri dari campuran agregat halus, bahan perekat, dan air dengan perbandingan tertentu. Mortar banyak digunakan sebagai plesteran dan perekat pasangan dinding bata. Mortar memiliki sifat plastis sehingga mudah dibentuk dan mudah dikerjakan, akan tetapi mortar juga bersifat rawan keruntuhan akibat beban dinamis. Mortar memiliki sifat mekanis yang berbeda dengan material logam atau polimer.

Mortar harus tahan terhadap penyerapan air serta kekuatan gesernya dapat memikul gaya-gaya yang bekerja pada mortar tersebut. Jika terjadi penyerapan air pada mortar dengan cepat maupun dengan jumlah yang besar, maka mortar akan mengeras dan akan kehilangan ikatan adhesinya.

Membuat mortar sebenarnya tidaklah sederhana hanya sekedar mencampurkan bahan-bahan dasarnya untuk membentuk campuran yang plastis sebagaimana sering terlihat pada pembuatan bangunan sederhana. Tetapi jika ingin membuat campuran mortar yang baik, dalam arti memenuhi persyaratan yang lebih ketat karena tuntutan yang lebih tinggi, maka harus diperhitungkan dengan seksama cara-cara memperoleh adukan mortar segar yang baik sehingga menghasilkan konstruksi yang kuat pula. Campuran mortar segar yang baik ialah campuran segar yang dapat diaduk, dapat diangkut, dapat dituang, dapat dipadatkan, tidak ada kecenderungan untuk terjadi pemisahan pasir dari adukan maupun pemisahan air dan semen dari adukan. Sebuah campuran mortar dapat dikatakan baik bila

campuran tersebut membentuk Beton atau konstruksi keras yang yang kuat, tahan lama, kedap air, tahan aus, dan kembang susutnya.

### **1.2. Perumusan Masalah**

- a. Fraktur pada material mortar umumnya memiliki sifat getas, dan kehadiran takik U berpotensi menjadi lokasi awal retakan. Penting untuk memahami pola fraktur yang dihasilkan serta bagaimana takik U mempengaruhi konsentrasi tegangan yang memicu terjadinya fraktur di bawah beban dinamis.
- b. Untuk memahami secara mendalam perilaku fraktur material mortar dengan cacat takik U di bawah beban dinamis, sehingga dapat dikembangkan strategi mitigasi atau perbaikan yang tepat dalam aplikasi teknik, khususnya pada struktur yang terpapar getaran atau benturan.

### **1.3. Tujuan Penelitian**

- a. Membuat spesimen uji impact batang material Mortar berbentuk takik U akibat beban dinamis.
- b. Menguji spesimen uji impact batang material Mortar berbentuk cakram pada takik U akibat beban dinamis.
- c. Menganalisis fraktur material Mortar berbentuk cakram pada takik U akibat beban dinamis.

### **1.4. Hipotesis Penelitian**

Material mortar berbentuk cakram dengan takik U yang akan diuji menggunakan mesin impact Hopkinson dengan diberikannya beban dinamis pada material mortar akan mempercepat terbentuknya retakan dan memperburuk

mekanisme fraktur dibandingkan dengan beban statis, terutama pada area takik U dengan kelemahan struktural atau ketidaksempurnaan material.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

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

#### **1.5.1. Manfaat ilmiah**

- a. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan pengetahuan kepada pembaca tentang uji impak terhadap material mortar berbentuk cakram pada takik U akibat beban dinamis.
- b. Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan pengetahuan kepada pembaca mengenai bagaimana material mortar 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 mortar

#### **1.5.2. Manfaat Praktis**

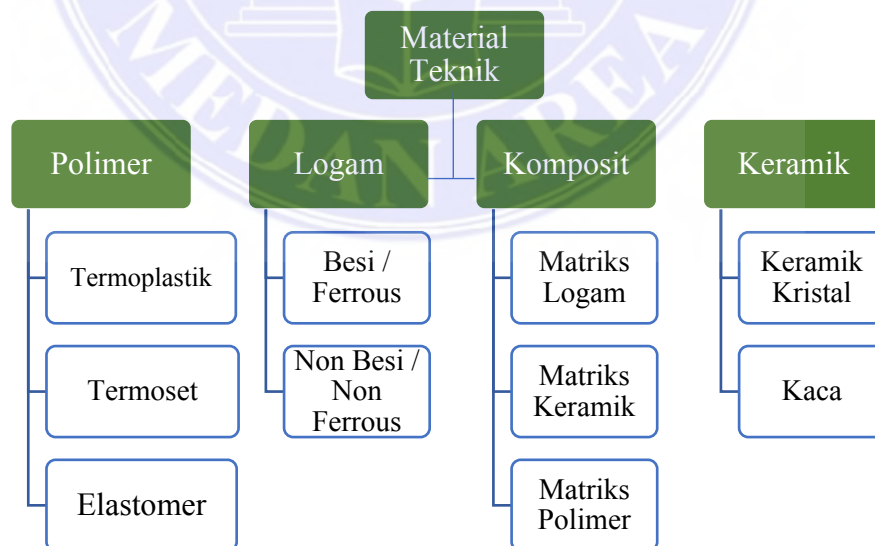
- a. Penelitian ini membantu memahami bagaimana material mortar bentuk takik U sebagai titik lemah yang bereaksi ketika diberikan beban mendadak, sehingga memudahkan peneliti memprediksi kegagalan material.
- b. Mengetahui bagaimana fraktur terjadi pada area yang memiliki takik atau cacat struktural.
- c. Mengevaluasi titik lemah pada takik U akibat beban dinamis.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Material

Material ialah jenis bahan yang digunakan untuk membuat atau menghasilkan suatu produk, bangunan, atau karya dibidang industri maupun manufaktur. Dalam konteks konstruksi, material mencakup berbagai komponen yang berperan penting dalam membentuk struktur. Material memiliki sifat fisik, mekanik, dan kimia yang mempengaruhi fungsinya. Pada dasarnya material dapat diartikan sebagai zat atau benda yang digunakan untuk membentuk atau membuat sesuatu, baik itu benda sederhana seperti alat sehari-hari, hingga benda yang kompleks dan canggih seperti mesin, infrastruktur, atau bahkan sistem teknologi tinggi yang digunakan dalam berbagai bidang manufaktur. Berikut klasifikasi material dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1. Klasifikasi Material

Material teknik merupakan material yang dapat digunakan langsung maupun melalui proses perlakuan dan menjadi materi buku sebuah produk yang bermanfaat. Kebutuhan manusia akan sebuah produk dengan kualitas maupun kuantitas yang baik membutuhkan pula keragaman dari material-material teknik sebagai material bakunya. Walaupun, semua material diperoleh dari alam tetapi untuk memudahkan dalam pemilihannya, maka material teknik ini digolongkan berdasarkan pemakaiannya sebagai produk jadi maupun sebagai material baku. Material-material ini dapat dipakai secara langsung dan dipilih disesuaikan dengan sifat dan karakteristik dari material tersebut, material ini yang kita sebut sebagai material alam, namun ada juga material yang diolah terlebih dahulu agar memiliki sifat dan karakteristik secara spesifik atau menyerupai sifat dan karakteristik material-material alam tertentu sehingga memenuhi syarat kebutuhan sifat dan disesuaikan dengan sifat sifat yang ada pada material tersebut (Rahmad, 2019).

#### 2.1.1. Logam

Material logam merupakan material teknik yang seringkali diaplikasikan diberbagai bidang. Dalam aplikasi teknik atau rekayasa, logam merupakan material yang paling mendominasi pemakaiannya bila dibandingkan dengan material teknik lainnya terutama sebagai material utama dalam perancangan mesin (M. Ari, 2016). Berikut gambar logam dapat dilihat digambar 2.2.



Gambar 2.2. Logam

Logam ialah jenis material yang memiliki sifat khas seperti kekuatan tinggi, kemampuan menghantarkan panas dan listrik, serta dapat ditempa dan di bentuk tanpa mudah retak. Secara umum, logam dapat dikategorikan menjadi dua kelompok besar, yaitu logam ferrous dan logam non-ferrous. Material ini berspektrum luas dan mempunyai kemampuan berdeformasi secara permanen yang merupakan model penting dalam menentukan harga tegangan tubuh pada berbagai beban. Logam juga yang sering dijumpai dalam bidang teknik ialah besi, tembaga, dan aluminium.

Pembuatan logam melibatkan beberapa tahapan utama yang dimulai dari penambangan bijih logam, kemudian di proses pemurnian untuk memisahkan logam murni dari mineral atau senyawa lainnya. Salah satu metode umum yang digunakan adalah peleburan bijih logam yang akan dipanaskan pada suhu tinggi untuk mencairkan logam sehingga dapat dipisahkan dari sisa-sisa zat pengotor. Setelah logam murni diperoleh, proses selanjutnya adalah pengecoran, dimana logam cair dicetak kedalam cetakan yang berbentuk sesuai kebutuhan. Tahap terakhir adalah perlakuan terhadap permukaan, seperti pelapisan atau pengecatan, untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi atau memperbaiki penampilan.

Logam dapat dikategorikan menjadi dua kelompok besar, yaitu :

### 1. Logam ferro

Logam ferro ialah jenis logam yang mengandung unsur besi sebagai komponen utama, biasanya dikombinasikan dengan karbon dan elemen lain yang membentuk paduan seperti baja dan besi tuang. Logam ferro ini dikenal juga sebagai logam dengan kekuatan yang tinggi, daya tahan terhadap tekanan, dan kemampuannya untuk digunakan dalam berbagai aplikasi struktural, terutama dalam industri konstruksi, otomotif, dan permesinan.

Meskipun logam ferro memiliki banyak kelebihan, seperti kekuatan dan kelenturan, mereka juga memiliki kelemahan terhadap korosi atau karat ketika terpapar air dan udara. Logam ferro ini mempunyai paduan yang terdiri dari paduan unsur karbon (C) dan besi (Fe). Logam ferro sering dipadukan dengan elemen lain untuk meningkatkan sifat-sifatnya sebagai berikut:

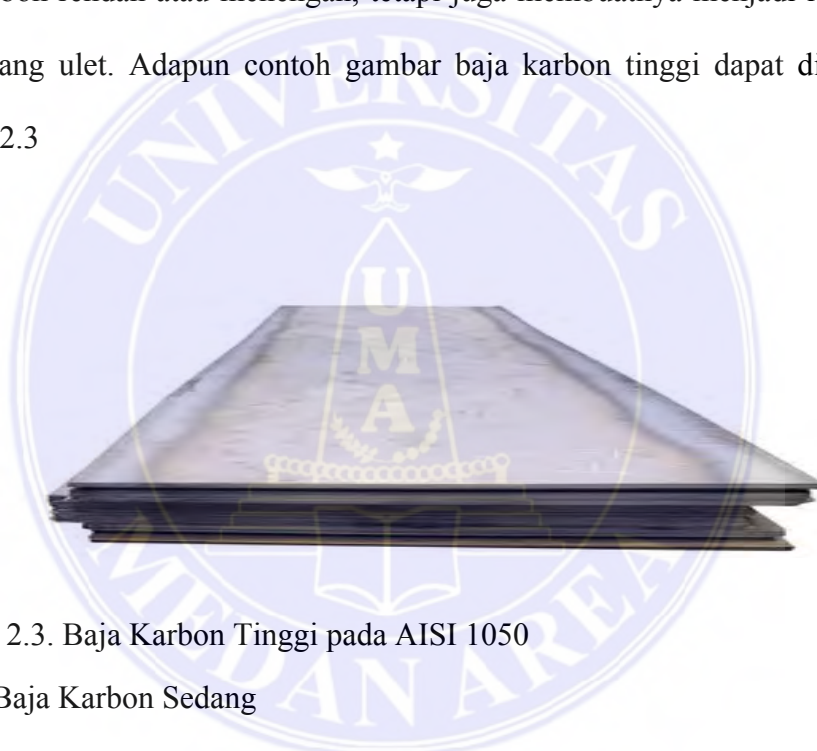
#### a. Baja (*Steel*)

Baja (*Steel*) adalah material logam yang merupakan hasil campuran dari besi dengan karbon dan elemen lain dalam jumlah yang kecil. Secara umum, baja memiliki kekuatan yang lebih tinggi dan ketahanan yang lebih baik terhadap korosi dibandingkan dengan besi murni, berkat penambahan karbon. Kandungan karbon dalam baja steel biasanya mempengaruhi kekerasan, kekuatan, dan kemampuannya untuk ditempa. Baja digunakan untuk membuat berbagai macam komponen alat yang di perlukan dalam proses produksi, seperti pembuatan gear, poros, dan bantalan yang memerlukan kekuatan dan ketahanan tinggi terhadap beban dan keausan. Dengan sifatnya yang keras dan kuat baja dapat disesuaikan melalui

berbagai teknik perlakuan panas dan paduan, serta memberikan fleksibilitas dan efisiensi yang sangat diperlukan dalam industri manufaktur. Adapun berbagai macam jenis baja terbagi menjadi tiga, yaitu :

b. Baja Karbon Tinggi

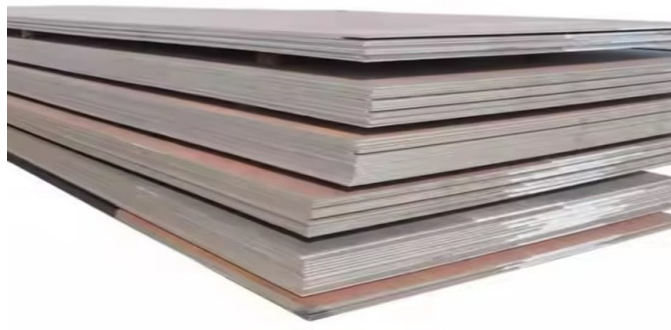
Baja karbon tinggi jenis baja yang memiliki kandungan karbon yang sangat tinggi memberikan baja kekerasan dan kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan baja karbon rendah atau menengah, tetapi juga membuatnya menjadi lebih rapuh dan kurang ulet. Adapun contoh gambar baja karbon tinggi dapat dilihat pada gambar 2.3



Gambar 2.3. Baja Karbon Tinggi pada AISI 1050

c. Baja Karbon Sedang

Baja karbon sedang ini memiliki karbon yang sangat sedang menjadikannya sebagai material yang mempunyai keseimbangan antara kekuatan dan kelenturan, lebih kuat dari pada baja karbon rendah namun tetap memiliki sifat ulet, meskipun tidak sekuat baja karbon tinggi. Adapun contoh gambar baja karbon sedang dapat dilihat pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Baja Karbon Sedang pada AISI 1040.

d. Baja karbon rendah

Baja karbon rendah ini mempunyai sifat yang sangat lunak, dan sangat mudah di bentuk dibandingkan baja karbon menengah atau tinggi. Baja ini juga memiliki sifat yang ulet namun tidak mudah pecah, sehingga sangat cocok untuk pengaplikasian yang membutuhkan fleksibilitas dan kemudahan dalam pengerjaan. Adapun contoh gambar baja karbon rendah dapat dilihat pada gambar 2.5

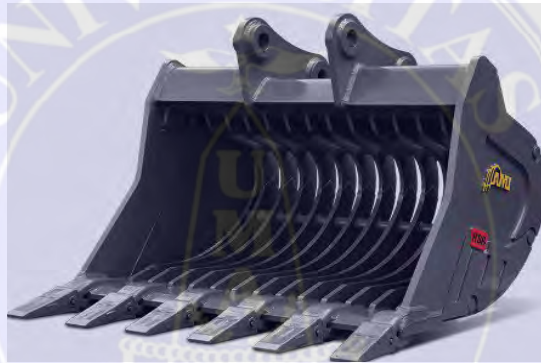


Gambar 2.5. Baja Karbon Rendah pada Plat ST 37

e. Baja paduan

Baja paduan ini dapat diartikan baja yang mengandung unsur-unsur tambahan selain besi dan karbon, seperti kromium, nikel, molibdenum, vanadium, atau mangan, untuk sifat-sifat tertentu. Baja paduan sering digunakan dalam aplikasi khusus, seperti di industri otomotif, penerbangan, alat berat, dan dalam

konstruksi yang memerlukan material dengan ketahanan tinggi terhadap kondisi ekstrem. Baja paduan seperti baja paduan krom-nikel sering digunakan untuk membuat alat potong, seperti mata bor dan pahat, kerana ketahanan terhadap keausan dan korosi yang ditawarkannya. Komponen mesin seperti poros, gigi tranmisi, dan bantalan juga sering dibuat dari baja paduan, karena elemen paduan dapat meningkatkan kekuatan tarik dan ketahanan terhadap beban tinggi, memastikan umur pakai yang lebih panjang dan keandalan yang lebih besar. Adapun contoh aplikasi baja paduan dapat dilihat pada gambar 2.6.



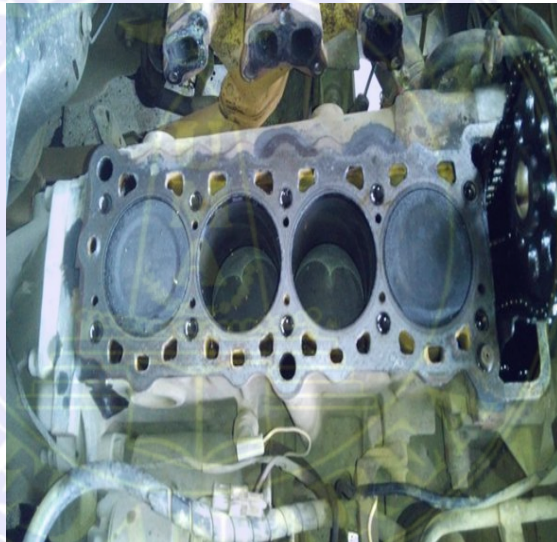
Gambar 2.6. Aplikasi Baja Paduan pada Bucket Excavator

f. Besi Tuang (*Cast Iron*)

Besi tuang, atau yang diketahui sebagai *cast iron*, ialah jenis logam yang terbuat dari paduan besi dan karbon dengan kandungan karbon yang tinggi. Kandungan karbon yang tinggi membuat besi tuang lebih rapuh dibandingkan baja, tetapi memberikan kelebihan dalam kemampuan cetaknya, sehingga sangat mudah dibentuk menjadi berbagai bentuk yang sangat kompleks. Besi tuang ini memiliki sifat yang sangat keras dan tahan terhadap tekanan serta suhu tinggi, namun besi tuang ini kurang lentur dan cenderung retak jika terkena benturan keras, karena sifat-

sifatnya, besi tuang banyak digunakan dalam pembuatan mesin, pipa, komponen kendaraan, serta alat masak seperti panci dan wajan.

Dalam dunia industri, besi tuang ini digunakan secara luas karena sifatnya yang memungkinkan pembuatan komponen dengan desain yang kompleks dan ketahanan terhadap beban berat. Jenis besi tuang ini memiliki aplikasi khusus yang menyesuaikan dengan kebutuhan kekuatan, ketahanan aus, dan ketahanan terhadap benturan. Pemilihan jenis besi tuang yang tetap membantu memastikan performa dan daya tahan produk akhir sesuai dengan aplikasi yang diinginkan. Adapun contoh aplikasi besi tuang dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7. Aplikasi Besi Tuang pada Blok Mobil

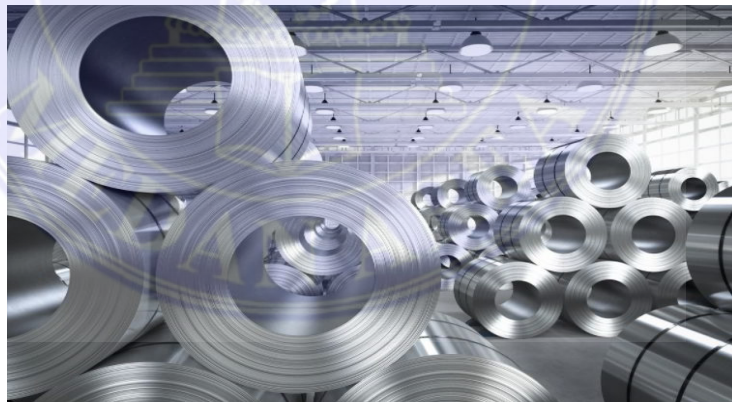
## 2. Logam Non-Ferro

Logam non-ferro ialah yang tidak mengandung besi (Fe) dalam komposisinya atau hanya mengandungnya dalam jumlah kandungan yang sangat kecil. Secara umum logam ini memiliki karakteristik khusus yang berbeda dengan logam besi, seperti ketahanan terhadap karat dan korosi yang lebih baik, bobot yang lebih ringan, dan sifat konduktivitas listrik serta panas yang tinggi. Kelebihan utama logam non-ferro adalah fleksibilitas, dan daya hantar listrik serta panas yang

sangat baik. Karena itu logam non-ferro sering digunakan dalam berbagai aplikasi industri karena kelebihanannya tersebut. Beberapa contoh dan aplikasi teknis logam non-ferro:

a. Aluminium

Aluminium adalah logam ringan yang sangat berguna dan banyak digunakan diberbagai industri. Meskipun aluminium ini sangat ringan ia juga memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, sehingga sering menjadi bahan pilihan dalam konteks yang memerlukan material kuat namun ringan, seperti dalam industri penerbangan, otomotif, konstruksi, dan kemasan. Kelebihan utama aluminium ini ialah tahan terhadap karat, konduktivitas listrik dan panas yang baik, serta dapat didaur ulang tanpa kehilangan sifat aslinya. Aluminium murni yang digunakan dalam industri memiliki tingkat kemurnian sekitar 99% maupun lebih. Adapun contoh aplikasi aluminium dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. Aluminium

b. Tembaga

Tembaga dikenal sebagai penghantar listrik dan panas yang tinggi. Tembaga cukup lunak dan tahan terhadap korosi, terutama dalam bentuk paduan seperti kuningan (campuran tembaga dan seng) atau perunggu (campuran tembaga

dan timah). Logam ini juga dapat didaur ulang tanpa merungangi kualitas, yang membuatnya sangat berharga dalam konteks lingkungan. Adapun contoh aplikasi tembaga dapat dilihat pada gambar 2.9



Gambar 2.9. Tembaga

Sifat tembaga ini menjadi bahan utama dalam pembuatan kabel listrik, elektronik, dan komponen listrik lainnya. Logam ini banyak digunakan dalam dunia industri energi, karena efisiensinya dalam mentransfer energi. Selain itu, tembaga juga memiliki sifat antimikroba alami, yang menjadikannya berguna dalam konteks kesehatan dan sanitasi. Secara keseluruhan, tembaga ialah salah satu logam esensial yang berperan penting dalam infrastruktur modern.

#### c. Nikel

Nikel dikenal karena ketahannya terhadap korosi dan kemampuannya untuk menahan suhu tinggi. Selain itu nikel juga mempunyai sifat magnetik yang berguna dalam industri elektronik dan elektromagnetik. Sifat-sifatnya ini menjadikannya sangat penting dalam dunia industri, terutama dalam pengolahan baja anti karat dan berbagai paduan logam lainnya. Nikel juga digunakan untuk meningkatkan ketahanan aus, kekuatan, dan stabilitas termal bahan lain, sehingga sangat ideal di lingkungan ekstrem seperti turbin gas, reaktor nuklir, dan mesin jet. Di dunia industri otomotif dan energi, nikel banyak digunakan dalam pembuatan baterai,

karena sifatnya yang mendukung peningkatan daya tahan dan efisiensi energi. Serta kemampuannya yang dapat didaur ulang menjadikannya barang yang berharga dan bernilai tinggi. Adapun contoh aplikasi pada nikel dapat dilihat pada gambar 2.10



Gambar 2.10. Aplikasi Nikel pada Kunci Shock

Di dunia industri otomotif dan energi, nikel banyak digunakan dalam pembuatan baterai, karena sifatnya yang mendukung peningkatan daya tahan dan efisiensi energi. Serta kemampuannya yang dapat didaur ulang menjadikannya barang yang berharga dan bernilai tinggi.

d. Timah

Timah logam lunak yang sering digunakan karena tahan terhadap korosi dan mudah dibentuk. Timah dapat ditemukan dalam bentuk paduan dan pelapis, terutama untuk melindungi logam lain dari karat dan korosi. Salah satu bagian yang paling umum dalam penggunaan timah dapat kita temukan pada kemasan makanan maupun minuman kaleng untuk mencegah korosi serta menjaga kesegaran makanan ataupun minuman. Adapun contoh pada timah dapat dilihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.11. Aplikasi Timah pada Peluru Senjata Api

Timah juga sering dicampur dengan logam lain untuk membuat perunggu (campuran timah dan tembaga), yang digunakan dalam kesenian, peralatan music, dan komponen industri. Dalam dunia industri timah tidak banyak digunakan seperti logam lainnya, walaupun begitu timah tetap memiliki peran penting dalam berbagai industri, karena ketahanannya terhadap oksidasi dan stabilitas kimia yang membuatnya sangat berguna sebagai pelapis dan paduan.

e. Kuningan

Kuningan termasuk logam campuran yang banyak digunakan dalam dunia teknik untuk pembuatan komponen yang memerlukan sifat ketahanan terhadap korosi dan keausan. Dalam dunia teknik khusus-nya teknik mesin kuningan digunakan untuk pembuatan bushing, fitting, dan katup, karena selain tahan terhadap korosi, kuningan juga memiliki sifat mudah dikerjakan dan mudah dilubangi. Adapun contoh kuningan dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12. Kuningan

### 2.1.2. Polimer

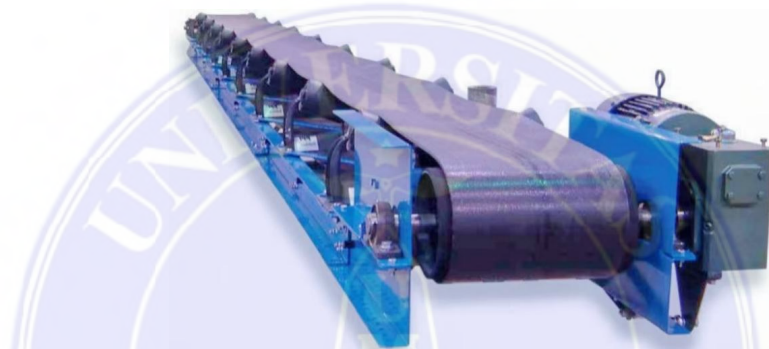
Perkembangan ilmu pengetahuan umat manusia mengakibatkan lahirnya teknologi-teknologi yang baru. Pemikiran yang terus berkembang seiring dengan berkembangnya zaman memberikan dampak yang begitu positif bagi kemudahan umat manusia dalam kehidupan. Salah satunya yang tidak dapat dipungkiri dari perkembangan teknologi baru ialah material-material baru yang ikut menunjang perkembangan teknologi tersebut. (A Zainal Abidin et al., 2012).

Manusia pada zaman purba pertama kali memanfaatkan material berupa batu, contoh produk peninggalan dari zaman itu yakni berbagai perkakas yang membantu mereka berburu dan berbagai ragam monumen yang terbuat dari batu. Pada abad pertengahan atau yang bisa disebut zaman logam, manusia sudah bisa membuat peralatan rumah tangga dan perkakas dari logam. Polimer juga diklasifikasikan menjadi beberapa bagian. Berikut klasifikasi polimer berdasarkan sumbernya yaitu :

#### 1. Polimer Alam

Polimer alam sangat menarik perhatian dalam dunia teknik mesin karena sebagai alternatif material yang lebih ramah lingkungan. Polimer alam seperti karet alami, mempunyai sifat unik yang dapat diadaptasi berbagai aplikasi teknis,

misalnya sifat elastis, dan daya tahan yang baik, sehingga sering sekali digunakan untuk membuat seal, gasket, belt, conveyor belt, dan bantalan pada mesin yang sangat membutuhkan fleksibilitas serta ketahanan terhadap tekanan dan getaran. Selain itu ada juga bahan serat alami dari tumbuhan yaitu selulosa yang sering digunakan pada berbagai produk teknik mesin seperti komposit interior mobil, isolasi panas serta suara, filter udara, dan lain sebagainya. Adapun contoh aplikasi polimer alam dapat dilihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13. Aplikasi Polimer Alam pada Conveyor Belt

## 2. Polimer Semi Sintetik

Polimer Semi Sintetik adalah polimer yang diperoleh dari hasil gabungan atau modifikasi polimer alam dan bahan kimia untuk mendapatkan sifat yang diinginkan. Dalam proses pembuatannya, polimer semi sintetik ini memanfaatkan bahan dasar seperti karet atau selulosa yang kemudian dicampur dengan reaksi kimia tertentu. Pada proses tersebut dilakukan untuk meningkatkan sifat seperti kekuatan, tahan terhadap air, dan tahan terhadap daya tarik.

Dengan adanya pengembangan polimer jenis ini, industri dapat memanfaatkan sumber daya alam yang secara efektif, menghasilkan material yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan polimer sintetik sepenuhnya. Adapun contoh polimer sintetik dapat dilihat pada gambar 2.14.



Gambar 2.14. Aplikasi Polimer Semi Sintetik pada Body Board

### 3. Polimer Sintesis

Polimer Sintetis adalah polimer yang dibuat melalui polimerisasi dari monomer-monomer polimer. 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).

Polimer sintetis ini dibuat melalui proses kimia di laboratorium atau pabrik, yang menggunakan bahan dasar berasal dari minyak bumi atau gas alam. Polimer sintetik mempunyai sifat khusus seperti ketahanan terhadap panas, kekuatan, elastilitas, dan tahan terhadap bahan kimia.

Didalam dunia teknik mesin polimer jenis ini digunakan untuk membuat komponen seperti bantalan, segel, body sepeda motor, dan penutup mesin yang membutuhkan daya tahan serta presisi yang tinggi. Adapun contoh polimer sintetik dapat dilihat pada gambar 2.15.



Gambar 2.15. Aplikasi Polimer Sintetik pada Body Motor

#### A. Termoplastik

Termoplastik adalah salah satu kategori utama polimer yang memiliki karakteristik unik dan fungsionalitas luas berkat sifat termalnya. Polimer ini dikenal 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. Termoplastik merupakan salah satu jenis polimer yang menonjol karena memiliki kemampuan untuk meleleh dan mengeras kembali tanpa perubahan kimia, yang memberikan keunggulan dalam pemrosesan dan daur ulang. Kelebihan yang dimiliki oleh termoplastik ini membuatnya ideal untuk berbagai aplikasi, dari kemasan plastik hingga komponen otomotif dan elektronik. Fleksibilitas dalam desain dan kemudahan dalam proses pembuatan menjadikan termoplastik sebagai pilihan utama dalam banyak industri, karena mampu memfasilitasi pembuatan produk yang efisien dan berkelanjutan.

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. Adapun contoh termoplastik polietilena dapat dilihat pada gambar 2.16.



Gambar 2.16. Aplikasi Bahan Polietilena pada Tangki Penyimpanan Bahan Kimia

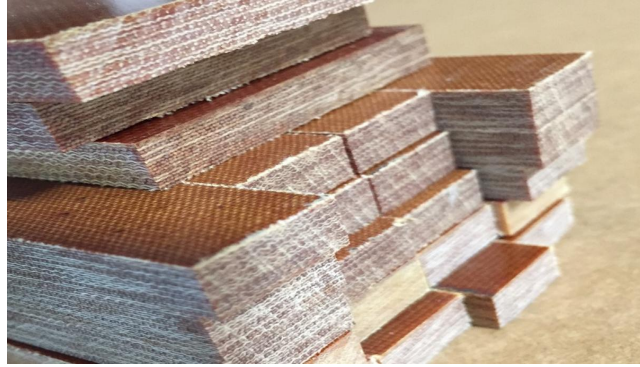
2. Polipropilena (PP), memiliki kekuatan tarik yang baik dan tahan terhadap suhu tinggi, digunakan dalam wadah makanan dan bagian otomotif. Adapun contoh aplikasi termoplastik polipropilena dapat dilihat pada gambar 2.17



Gambar 2.17. Aplikasi Bahan Polipropilena pada Bumper Mobil

#### 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. Adapun contoh termoset dapat dilihat pada gambar 2.18



Gambar 2.18. Aplikasi Termoset pada Bakelite (Bahan Pengikat)

### 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 sintesis 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. Adapun contoh elastomer karet alam dapat dilihat pada gambar 2.19.



Gambar 2.19. Aplikasi Karet Alam pada Seal

2. Karet Sintetis, dibuat melalui polimerisasi bahan kimia. Karet sintetis ini juga sering digunakan karena sifatnya yang fleksibel, tahan terhadap panas, dan tahan apabila terkena cairan kimia. Contoh utamanya *Butadiena-Styrene (SBR)*, *Nitrile Rubber (NBR)*. Adapun contoh aplikasi elastomer karet sintetis dapat dilihat pada gambar 2.20



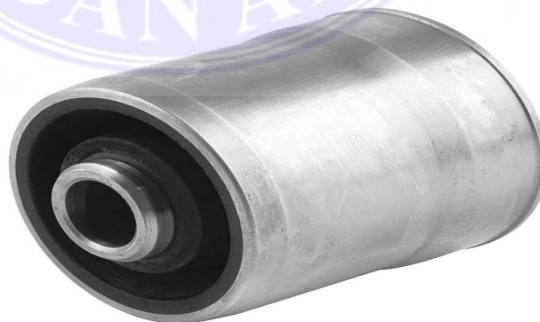
Gambar 2.20. Aplikasi Karet Sintetis pada Ban Mobil

3. Karet Silikon, memiliki ketahanan tinggi terhadap suhu ekstrem dan oksidasi, digunakan dalam aplikasi medis dan elektronik. Karet silikon ini sering digunakan karena memiliki daya tahan panas, tahan cuaca, dan fleksibilitasnya pada suhu yang sangat tinggi maupun suhu rendah. Adapun contoh aplikasi elastomer karet silikon dapat dilihat pada gambar 2.21



Gambar 2.21. Aplikasi Bahan Karet Silikon pada Selang

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)*. Adapun contoh aplikasi ini dapat dilihat pada gambar 2.22



Gambar 2.22. Aplikasi Elastomer-Termoplastik pada Bushing Oksigen

### 2.1.3. 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, 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, terutama ketika terkena beban dinamis. Studi tentang fraktur pada material keramik menjadi sangat penting untuk memahami mekanisme kegagalan yang mungkin terjadi, seperti cakram dengan takik berbentuk U (Internasional et al., 2015).

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 amorf

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, memiliki kemampuan untuk mentransmisikan cahaya yang tinggi, menjadikannya 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. Adapun contoh aplikasi keramik amorf dapat dilihat pada gambar 2.23.



Gambar 2.23. Aplikasi Keramik Armorf pada Panel Tenaga Surya

### B. Keramik kristalin

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 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), zirkonia ( $\text{ZrO}_2$ ), silika ( $\text{SiO}_2$ ), 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. Adapun contoh aplikasi keramik kristalin dapat dilihat pada gambar 2.24.



Gambar 2.24. Aplikasi Keramik Kristalin pada Baling-Baling Turbin

#### 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).

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 (Dwipayana & Widi, 2020). Secara umum proses pembuatan melalui dicampurnya homogen agar kita dapat merencanakan kekuatan material komposit yang kita butuhkan dengan mengatur komposisi dari material pembentuknya. Komposit juga merupakan suatu struktur yang tersusun atas beberapa bahan pembentuk tunggal yang digabungkan menjadi struktur baru dengan sifat yang lebih baik dibandingkan dengan masing-masing bahan pembentuknya (Kekuatan et al., 2021). Adapun contoh aplikasi komposit dapat dilihat pada gambar 2.25.



Gambar 2.25. Aplikasi Komposit pada Sayap Pesawat

#### 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. 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 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.

#### 3. 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.

#### 4. 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.

## 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 Logam

Komposit matriks logam (*Metal Matrix Composites/MMC*) adalah salah satu material yang berkembang pesat di dunia teknik mesin karena sifat mekanisnya yang unggul. *MMC* terdiri dari logam sebagai fase matriks yang diperkuat dengan bahan penguat, seperti serat atau partikel keramik, untuk meningkatkan sifat mekanisnya. Kombinasi ini memungkinkan *MMC* memiliki kekuatan, kekakuan, ketahanan terhadap korosi, dan ketahanan panas yang lebih baik daripada logam murni. *MMC* banyak digunakan dalam berbagai aplikasi teknik tinggi, seperti di industri otomotif, dirgantara, dan alat berat, karena mampu menahan kondisi ekstrem dan beban mekanis yang besar.

Komposit matriks logam menggabungkan sifat unggul dari logam dan bahan penguat. Matriks logam, seperti aluminium, magnesium, dan titanium,

berfungsi sebagai media pengikat yang mentransfer beban antar partikel atau serat penguat. Dalam *MMC*, penguat berupa partikel keramik (seperti SiC, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) atau serat (seperti serat karbon atau serat keramik) ditambahkan untuk meningkatkan kekuatan, ketahanan aus, serta kemampuan menahan suhu tinggi. *MMC* menawarkan berbagai keunggulan, termasuk rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, ketahanan aus, dan kemampuan untuk bekerja pada suhu tinggi tanpa kehilangan sifat mekanisnya. Ini membuat *MMC* sangat diminati dalam aplikasi di mana kondisi operasi ekstrem dan penghematan energi menjadi faktor kunci.

Namun, *MMC* juga menghadapi tantangan, terutama dalam hal biaya produksi yang relatif tinggi dibandingkan dengan logam konvensional. Proses manufaktur *MMC* sering kali lebih kompleks dan memerlukan teknologi canggih untuk memastikan distribusi seragam penguat dalam matriks logam. Selain itu, pengembangan metode daur ulang *MMC* juga menjadi fokus penelitian, mengingat komposit ini sulit didaur ulang dibandingkan dengan logam murni.

Komposit matriks logam merupakan material yang menjanjikan dalam dunia teknik mesin, dengan kemampuan untuk memenuhi tuntutan aplikasi yang memerlukan performa tinggi dan daya tahan dalam kondisi ekstrem. Meskipun masih menghadapi beberapa tantangan dalam produksi dan keberlanjutan, inovasi teknologi terus mendorong pengembangan *MMC* sebagai material unggul dalam berbagai industri.

## 2. Matriks Keramik

Komposit matriks keramik (*Ceramic Matrix Composites/CMC*) merupakan material yang semakin banyak digunakan dalam berbagai aplikasi teknik mesin karena memiliki sifat mekanis yang unggul, khususnya dalam hal ketahanan

terhadap suhu tinggi, keausan, dan korosi. Dibandingkan dengan komposit berbasis logam atau polimer, *CMC* menonjol karena kemampuannya mempertahankan kekuatan pada suhu yang ekstrem dan di lingkungan yang agresif. Komposit ini biasanya digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan ketahanan termal tinggi, seperti di industri kedirgantaraan, otomotif, energi, dan pembangkit listrik, di mana logam atau polimer konvensional akan mengalami degradasi.

Namun, keramik pada dasarnya adalah bahan yang getas (*brittle*), yang menjadi salah satu kelemahan utamanya. Dalam komposit matriks keramik, serat penguat ditambahkan untuk meningkatkan ketangguhan (*toughness*) dan mengurangi risiko retak. Serat penguat yang umum digunakan termasuk serat silikon karbida (SiC) atau serat karbon yang dapat menyebarkan energi yang disebabkan oleh beban mekanis, sehingga mencegah atau menunda perambatan retakan.

*CMC* telah menemukan berbagai aplikasi dalam bidang teknik mesin, terutama dalam industri kedirgantaraan. Komponen-komponen mesin turbin, seperti bilah turbin dan pelapis ruang pembakaran, kini banyak menggunakan *CMC* karena kemampuan material ini untuk bertahan dalam suhu ekstrem sambil mengurangi bobot dan meningkatkan efisiensi bahan bakar.

Komposit matriks keramik adalah salah satu material canggih yang memiliki potensi besar dalam aplikasi teknik mesin, terutama di bidang yang membutuhkan ketahanan pada suhu tinggi, keausan, dan korosi. Sifat-sifat uniknya menjadikan *CMC* sebagai kandidat kuat untuk menggantikan material konvensional dalam aplikasi yang ekstrim. Namun, tantangan dalam proses manufaktur dan sifat

getasnya masih menjadi fokus penelitian dan pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan performa dan menekan biaya produksi.

### 3. Matriks Polimer

Komposit matriks polimer (*Polymer Matrix Composites/PMC*) adalah salah satu jenis komposit yang paling sering digunakan dalam berbagai aplikasi teknik mesin. Material ini terdiri dari polimer sebagai fase matriks yang berfungsi mengikat bahan penguat, seperti serat kaca, serat karbon, atau partikel keramik. *PMC* diminati karena kombinasi sifat mekanis yang baik, seperti kekuatan tinggi, ringan, ketahanan korosi, dan kemampuan untuk dibentuk menjadi berbagai bentuk kompleks. Aplikasi *PMC* meluas ke industri otomotif, dirgantara, konstruksi, dan olahraga, di mana pengurangan berat dan peningkatan efisiensi adalah prioritas utama.

Komposit matriks polimer banyak digunakan dalam berbagai industri karena memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, ketahanan korosi, dan fleksibilitas desain. Di industri otomotif, penggunaan *PMC* untuk komponen seperti bodi kendaraan, bumper, dan interior mobil memungkinkan pengurangan bobot yang signifikan, yang pada gilirannya meningkatkan efisiensi bahan bakar dan mengurangi emisi gas buang.

Matriks polimer adalah material yang sangat penting dalam dunia teknik mesin modern. Dengan kombinasi sifat mekanis yang unggul, fleksibilitas desain, dan kemudahan fabrikasi, *PMC* menawarkan banyak keunggulan dibandingkan material konvensional seperti logam. Namun, masih terdapat tantangan yang perlu diatasi, seperti keterbatasan sifat termal dan tantangan dalam daur ulang. Oleh

karena itu, penelitian terus dilakukan untuk mengembangkan polimer yang lebih ramah lingkungan dan memperluas aplikasi *PMC* dalam berbagai industri.

## 2.2. Mortar

Mortar adalah adukan yang terdiri dari pasir, bahan perekat dan air. Bahan perekat berupa tanah liat, kapur, maupun semen. Adapun fungsi utama dari mortar



Gambar 2.26. Diagram Pembentukan Mortar

adalah menambah rekatan dan ketahanan ikatan dengan bagian-bagian penyusun suatu konstruksi kekuatan mortar tergantung pada kohesi pasta semen terhadap partikel agregat halus. Mortar mempunyai nilai penyusun yang relatif kecil. (Hastono Budi, Pengaruh Variasi Komposisi Campuran, 2018) Adapun karakteristik mortar yang sangat penting dalam konstruksi karena digunakan sebagai perekat antara batu bata, batu, atau bahan bangunan yang lain. Selain itu, mortar juga mempunyai kemampuan dalam kondisi lembab karena air dapat membantu proses hidrasi semen, yang pada akhirnya memperkuat campuran. Setiap jenis mortar memiliki sifat dan kegunaan yang berbeda tergantung pada komposisi serta tujuan penggunaannya. Berikut adalah jenis-jenis mortar berdasarkan komposisi dan penggunaannya. Adapun contoh aplikasi mortar dapat dilihat pada gambar 2.27.



Gambar 2.27. Bahan Konstruksi untuk Rendering

### 2.2.1. Semen

Semen adalah salah satu material utama dalam industri konstruksi yang berperan penting dalam pembangunan infrastruktur. Dari sudut pandang teknik mesin, semen memiliki keterkaitan erat dengan teknologi proses manufaktur dan aplikasi di lapangan. Proses pembuatan semen dimulai dari ekstraksi bahan baku seperti batu kapur, tanah liat, dan pasir silika. Batu kapur dihancurkan menggunakan crusher, mesin penghancur yang beroperasi dengan prinsip tekanan dan benturan. Mesin ini memiliki kapasitas besar dan dirancang untuk memproses batuan keras menjadi partikel yang lebih kecil, siap untuk diolah lebih lanjut. Selanjutnya, bahan baku yang telah dihancurkan dimasukkan ke dalam raw mill, sebuah mesin penggilingan yang berfungsi mencampur dan menggiling bahan hingga menjadi serbuk halus. Pada tahap ini, teknik pengendalian mekanik dan otomatisasi mesin sangat penting untuk memastikan homogenitas campuran bahan. Kualitas dari campuran ini akan mempengaruhi kualitas akhir dari semen.

Serbuk bahan baku tersebut kemudian dipanaskan dalam kiln, sebuah tanur putar berukuran besar yang berfungsi untuk proses kalsinasi dan sintering. Kiln bekerja dengan suhu yang sangat tinggi (hingga  $1450^{\circ}\text{C}$ ), di mana batu kapur

mengalami dekomposisi menjadi kalsium oksida (CaO), yang kemudian bereaksi dengan komponen lain untuk membentuk klinker, bahan dasar semen. Pengontrolan suhu yang presisi di dalam kiln sangat penting untuk memastikan pembentukan klinker yang optimal. Setelah proses ini, klinker didinginkan dan digiling kembali dalam finish mill bersama dengan gypsum untuk menghasilkan semen siap pakai. Mesin penggiling ini menggunakan prinsip kerja ball mill atau vertical roller mill, yang dirancang untuk menghasilkan serbuk semen yang sangat halus dengan distribusi ukuran partikel yang merata. Kualitas partikel ini mempengaruhi sifat fisik semen, seperti kekuatan tekan, waktu pengikatan, dan durabilitas. Adapun contoh aplikasi semen dapat dilihat pada gambar 2.28.



Gambar 2.28. Semen

### 2.2.2. Pasir

Pasir adalah komponen utama dalam campuran mortar yang memegang peran krusial dalam menentukan kekuatan, stabilitas, dan durabilitas material akhir. Sebagai agregat halus, pasir membantu mengisi celah antar partikel semen, memberikan struktur yang lebih kompak, dan mendukung distribusi tegangan yang merata dalam material. Penggunaan pasir dalam mortar telah menjadi objek

penelitian mendalam dalam bidang teknik mesin, terutama untuk memahami pengaruh karakteristik pasir terhadap sifat mekanis mortar.

Pasir yang digunakan dalam mortar biasanya berasal dari sumber alam, seperti sungai, laut, atau hasil pemecahan batu. Menurut penelitian ilmiah, ukuran butir, bentuk, dan kebersihan pasir sangat mempengaruhi kinerja mortar. Pasir dengan butir yang seragam dan tajam memberikan ikatan yang lebih baik dengan semen, sementara pasir yang bulat atau mengandung banyak material organik dapat melemahkan kekuatan mortar. Oleh karena itu, pemilihan pasir yang sesuai, berdasarkan ukuran partikel dan kebersihannya, merupakan faktor penting untuk mendapatkan kualitas mortar yang optimal. Adapun contoh aplikasi pada pasir dapat dilihat pada gambar 2.29.



Gambar 2.29. Pasir

### 2.2.3. Air

Air adalah komponen kunci dalam campuran mortar, berfungsi tidak hanya sebagai pelarut untuk semen, tetapi juga sebagai penggerak reaksi kimia yang membentuk kekuatan akhir material. Menurut jurnal-jurnal ilmiah, proporsi air yang tepat sangat penting untuk mencapai sifat mekanis yang optimal pada mortar.

Air yang berlebihan atau kurang dapat berdampak negatif pada kekuatan,

durabilitas, dan keawetan material. Dalam bidang teknik mesin, memahami peran air dalam mortar adalah hal yang krusial untuk merancang campuran yang efisien dan tahan lama. Fungsi utama air dalam mortar adalah memfasilitasi proses hidrasi semen. Hidrasi adalah reaksi kimia di mana semen bereaksi dengan air untuk membentuk produk hidrasi, seperti kalsium silikat hidrat (CSH), yang bertanggung jawab atas kekuatan dan kekompakan mortar. Penelitian ilmiah menunjukkan bahwa air dalam jumlah yang cukup sangat penting untuk memastikan reaksi hidrasi terjadi secara optimal. Kekurangan air akan menghambat proses hidrasi, sehingga mengurangi kekuatan mortar, sedangkan kelebihan air akan meningkatkan porositas, yang pada akhirnya menurunkan kekuatan tekan dan daya tahan mortar.

Rasio air-semen (*water-cement ratio* atau *w/c ratio*) adalah salah satu faktor terpenting yang mempengaruhi sifat mekanik mortar. Menurut penelitian, rasio w/c yang ideal berkisar antara 0,4 hingga 0,6, tergantung pada jenis aplikasi dan sifat mortar yang diinginkan. Rasio w/c yang rendah menghasilkan mortar yang lebih kuat dan padat, karena jumlah air yang terbatas mengurangi porositas dan meningkatkan ikatan antar partikel. Namun, jika rasio w/c terlalu rendah, campuran mortar dapat menjadi kaku dan sulit untuk diaplikasikan. Sebaliknya, rasio w/c yang terlalu tinggi akan menghasilkan mortar dengan kekuatan rendah, karena peningkatan air menciptakan pori-pori yang besar dalam struktur akhir.

Air juga memainkan peran penting dalam menentukan konsistensi dan *workability* (kemudahan dalam pengerjaan) mortar. *Workability* mengacu pada kemampuan campuran mortar untuk dibentuk, diaplikasikan, dan dikerjakan selama proses konstruksi. Mortar yang terlalu kental karena kurangnya air akan sulit untuk diaplikasikan secara merata dan bisa menyebabkan retak pada material saat

pengeringan. Di sisi lain, terlalu banyak air akan membuat mortar terlalu cair, yang dapat menyebabkan segregasi partikel dan menghasilkan mortar yang lemah. Adapun contoh aplikasi air dapat dilihat pada gambar 2.30.



Gambar 2.30. Air

### 2.3. Uji Impak

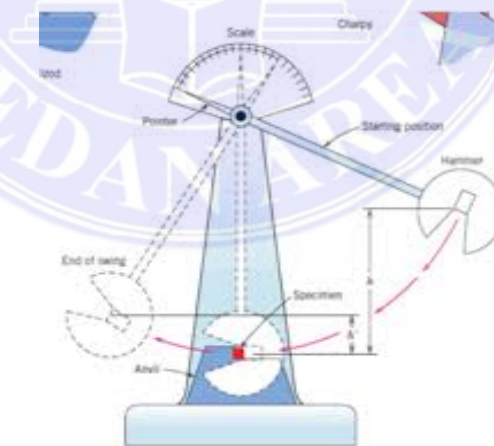
Dalam bidang konstruksi dan elemen mesin, penggunaan logam selalu mengacu pada jenis beban dan kondisi lingkungan. Baik material logam maupun plastik ataupun bahan lainnya akan mengalami berbagai macam kerusakan bergantung pada tipe dari beban yang mengenainya berupa tarikan, tekanan, bengkokan, dan gaya putar. Uji impak digunakan dalam menentukan kecenderungan material untuk kerapuhan ataupun keuletan berdasarkan sifat ketangguhannya.

Sejumlah uji impak batang bertakik dengan berbagai desain telah dilakukan dalam menentukan perpatahan rapuh pada logam maupun bahan lainnya. Adapun metode yang telah menjadi standart untuk uji impak terbagi menjadi dua, yaitu impak charpy dan impak izod. Impak charpy ini banyak digunakan di negara Amerika Serikat, sedangkan impak izod lebih sering digunakan di Sebagian besar daratan Eropa. Salah satu letak perbedaan kedua metode uji impak ini terlihat pada

peletakan spesimen uji, letak spesimen uji impact charpy spesimen mendapatkan pembebanan dari atas, sedangkan pada uji impact izod pembebanan spesimen berasal dari depan (Yopi Handoyo, 2018).

### 2.3.1. Uji impact Charpy

Uji Impact Charpy atau disebut uji v-score Charpy adalah uji laju regangan tinggi standar yang memutuskan berapa banyak energi yang dikonsumsi oleh material selama terjadinya bagian patahan (3Sehono, 2022). Alat uji impact charpy ini dirancang untuk menguji kecenderungan material dari kerapuhan ataupun keuletan yang berdasarkan sifat ketangguhannya. Hasil dari uji impact ini tidak dapat dibaca secara langsung bagaimana kondisi perpatahan batang uji, karena tidak dapat diukur komponen gaya tegangan tiga dimensi yang terjadi pada batang uji. Hasil uji impact ini tidak dapat di persetujuan secara umum karena mengenai pemanfaatan atau interpretasi. Adapun contoh aplikasi dapat dilihat pada gambar 2.31.



Gambar 2.31. Uji Impact Charpy

Batang uji impact charpy mempunyai spesifikasi, luas penampang 10 mm x 10 mm, bertakik V. Batang uji ini diletakkan horizontal pada batang penumpu dan diberi beban secara tiba-tiba di belakang sisi takik oleh pendulum berat berayun dengan

kecepatan pembenan  $\pm 5$  m/s. Batang uji diberikan energi untuk melengkung sampai kemudian patah pada laju regangan yang tinggi hingga orde  $10^3-10^4$  s.

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

$$W = mp \cdot g \cdot Lp (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_0) \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

- W = Energi (J)
- mp = Massa pendulun (Kg)
- g = Gravitasi ( $9,81 \text{ m/s}^2$ )
- Lp = Panjang Lengan Pendulun (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.

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

Dimana :

- $a_{cN}$  = Kekuatan impak ( $\text{J/mm}^2$ )
- $W_c$  = Energi (J)
- $bn$  = Lebar benda uji (mm)
- $h$  = Tinggi benda uji (mm)

### 2.3.2. Uji impak izod

Uji impak izod merupakan pengujian dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan posisi dan arah pembenan searah dengan arah takik. Energi impak ini berasal energi potensial pendulum diubah menjadi energi kinetik. Besarnya energi yang dilepas oleh pendulum, jarak titik ayun dengan titik takik dan berat pendulum. Uji impak izod sering digunakan untuk mengukur ketahanan benda yang terbuat dari pahan plastik. Spesimen uji hampir mirip dengan spesimen uji impak charpy yang sering digunakan untuk menguji kerapuhan maupun keuletan pada baja struktural, namun dalam uji metode izod spesimen berlekuk berdiri dijepit dalam posisi vertikal dan pendulum membentur spesimen yang dijepit diujung. Adapun factor material lebih mendominasi dalam mempengaruhi hasil pengujian dibandingkan dengan Panjang lengan pendulum dan beban pendulum. Namun dalam perancangan alat uji impak ini harus diperhatikan adalah pengaruh berat beban terhadap hasil pengujian, hal ini dikarenakan spesifikasi dimensi dari material dan Panjang lengan pendulum telah ditentukan menurut standart ASTM. Adapun gambar uji impak izod dapat dilihat pada gambar 2.32.



Gambar 2.32. Gambar Uji Impak Izod

### 2.3.3. Uji impak jatuh bebas

Uji impak jatuh bebas salah satu metode pengujian material yang digunakan untuk evaluasi ketahanan material terhadap beban dinamis atau tumbukan. Teknik ini sangat penting dalam dunia teknik mesin karena ingin mendapatkan informasi kritis tentang perilaku material saat mengalami beban impak yang secara tiba-tiba, yang sering terjadi dalam aplikasi praktis otomotif, penerbangan, dan infrastruktur. Uji impak ini sangat penting perannya dalam sebuah penelitian, walaupun uji impak charpy dan izod lebih banyak digunakan. Uji impak jatuh bebas merupakan suatu pengujian untuk simulasi kondisi operasi material yang sering ditemukan dimana beban tidak selamanya terjadi secara perlahan-lahan melainkan datang secara tiba-tiba, dan alat uji impak ini memanfaatkan gaya gravitasi serta massa benda. Alat uji impak jatuh bebas terlihat pada gambar 2.33.



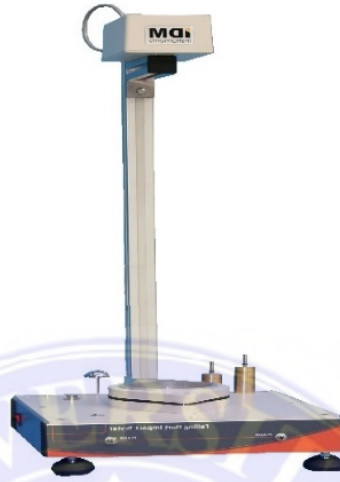
Gambar 2.33. Uji impak jatuh bebas

Adapun prosedur yang dilakukan dalam meneliti yang menggunakan alat uji impak jatuh bebas ini meliputi pengujian dan pengambilan data untuk mengetahui energi yang diserap, impuls, serta ketangguhan pada material saat diberi beban kejut.

#### 2.3.4. Uji impak anak panah

Uji impak anak panah merupakan suatu alat uji ketahanan pada suatu benda kerja dengan menjatuhkan benda, sehingga benda kerja tersebut mengalami benturan. Benda yang terjatuh tanpa kecepatan awal  $V_0=0$  semakin kebawah pergerakan benda tersebut maka akan semakin cepat, kecepatan yang dialami benda jatuh bebas tersebut selalu sama dengan percepatan gravitasi bumi yaitu besar  $g=9,8 \text{ m/s}^2$  jika benda jatuh kebumi dari ketinggian tertentu relatif lebih kecil dibandingkan dengan jari-jari bumi maka benda akan mengalami pertambahan kecepatan dengan nilai yang sama setiap detik. Berarti benda yang jatuh kebawah bertambah nilainya sama dengan nilai yang sama dan jika sebuah benda tersebut ditambah keatas kecepatannya berkurang dengan nilai yang sama setiap detik

dengan penambahan kebawahnya seragam. Adapun contoh aplikasi dapat dilihat pada gambar 2.34.



Gambar 2.34. Uji impak anak panah

Impak anak panah ini bila dijatuhkan tanpa kecepatan awal dari ketinggian dan waktu ditentukan maka percepatan yang dialami benda tersebut sama dengan percepatan gravitasi bumi yang besarnya  $g=9,81$  m/s. Sementara gerak jatuh bebas, gerak jatuh benda pada arah vertikal dari ketinggian tertentu tanpa percepatan awal ( $V_0=0$ ). Jadi gerak jatuh bebas sewaktu jatuh benda bebas hanya dipengaruhi oleh dua faktor saja yaitu ketinggian ( $h$ ) dan gravitasi bumi ( $g$ ) jadi berat dari besaran lain tidak mempengaruhi waktu jatuh.

### 2.3.5. Split Hopkinson Pressure Bar

*Split Hopkinson Pressure Bar (SHPB)*, salah satu teknik eksperimental material yang canggih dalam dunia ilmu material untuk mneuji respon material terhadap tekanan material. *SHPB* sengaja dirancang untuk memahami bagaimana suatu material bereaksi ketika dikenai beban atau tekanan yang sangat tinggi. Dalam pengujian ini, material akan ditempatkan diantara bar penggerak dan bar

transmisi. Proses ini dimulai ketika gelombang tekanan tinggi dihasilkan melalui bar penggerak dan dihantarkan ke uji material. Hopkinson menggunakan prinsip tersebut untuk mengukur tekanan yang dikembangkan disebuah bar saat ledakan terjadi di salah satu ujung yang melekat pada mekanisme peledakan dan ujung satunya dalam kontak magnetik dengan potongan waktu. Adapun sketsa vertikal *SHPB*, dapat dilihat pada gambar 2.35.



Gambar 2.35. SHPB

#### 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 (Berto et al., 2013). 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). Ketangguhan patah adalah kemampuan material untuk menahan penyebaran cacat di bawah tekanan. Ketangguhan patah dapat diukur dengan melakukan pengujian *fracture*

*toughness* ( $K_{1c}$ ). Pengujian *fracture toughness* ( $K_{1c}$ ) bertujuan untuk mengetahui ketangguhan terhadap retak pada specimen. Nilai *fracture toughness* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.3.

$$K_{1c} = \sqrt{2\pi} \cdot \frac{\sigma \times \rho^{1-\lambda_1}}{1+\omega_1} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

$\lambda_1$  = Geometri Takik

$\sigma$  = Tegangan ( N/m<sup>2</sup> )

$\rho$  = Panjang Takik (m)

$\omega_1$  = Aspek Rasio

a Tegangan

Nilai tegangan dapat dihitung dengan persamaan 2.4.

$$\sigma_{max} = F_{max} / A \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan:

$\sigma_{max}$  = Tegangan (MPa)

$F_{max}$  = Beban/ Gaya (N)

A = Luas Penampang (m<sup>2</sup>)

b Regangan

Nilai regangan dapat dihitung dengan persamaan 2.5.

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan:

$\epsilon$  = Regangan (%)

$\Delta L$  = Pertambahan panjang (mm)

$L_0$  = Panjang mula- mula (mm)

c Modulus Elastisitas

Nilai modulus elastis dapat dihitung pada persamaan 2.6.

$$E = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan

$E$  = Modulus elastisitas (MPa)

$\sigma$  = Tegangan (MPa)

$\varepsilon$  = Regangan (%)

#### 2.4.1. Jenis-jenis patahan

Patahan material adalah 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, yaitu :

##### 1. Perpatahan ulet (*Ductile Fracture*)

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 2.36.



Gambar 2.36. Patah ulet

## 2. Perpatahan getas (*Granular Fracture*)

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. Adapun contoh aplikasi perpatahan getas dapat dilihat pada gambar 2.37.



Gambar 2.37. Patah getas

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

##### 3.1.1 Waktu

Waktu penelitian diawali sejak tanggal dikeluarkannya Surat keputusan tugas akhir dan penentuan dosen pembimbing dengan detail jadwal tugas akhir sebagai berikut :

Tabel 3.1. Jadwal waktu dan kegiatan

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

### 3.1.2 Tempat

Adapun pengujian eksperimen dilaksanakan di Labolatorium Teknik Mesin Universitas Medan Area, Kampus I, Jalan Kolam.

## 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

Sangat diperlukan dalam membentuk material mortar untuk membuat spesimen yang berbentuk cakram. Cetakan ini berbahan dasar kaca yang berukuran diameter 91,65 dan tinggi 50 mm dengan ketebalan 3 mm. Berikut gambar cetakan dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3. Cetakan

#### 4. 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 mortar. Berikut dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4. Wadah plastik

#### 5. Timbangan digital

Menggunakan sensor elektronik untuk mengukur berat atau massa dan menampilkan hasilnya secara digital, alat ini digunakan untuk mengukur komposisi bahan yang akan digunakan untuk membuat mortar. Berikut dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5. Timbangan

## 6. Semen tiga roda

Semen adalah bahan perekat kimia yang digunakan untuk merekatkan batu, bata, batako, dan bahan bangunan lainnya. Semen memiliki sifat *adhesive* dan *cohesive*, sehingga dapat digunakan sebagai bahan pengikat (*bonding material*) bersama pasir dan batu kerikil.



Gambar 3.6. Semen tiga roda

## 7. Pasir sungai

Salah satu istilah yang terkait dengan silika adalah pasir karena terdapat kandungan yang tinggi didalamnya meliputi kandungan silika. Adapun contoh pasir dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7. Pasir Sungai

## 8. Air

Air adalah komponen kunci dalam campuran mortar, berfungsi tidak hanya sebagai pelarut untuk semen, tetapi juga sebagai penggerak reaksi kimia yang membentuk kekuatan akhir material. Adapun contoh aplikasi air dapat dilihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8. Air

### 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 Mortar berbentuk cakram pada takik U akibat beban dinamis adalah sebagai berikut :

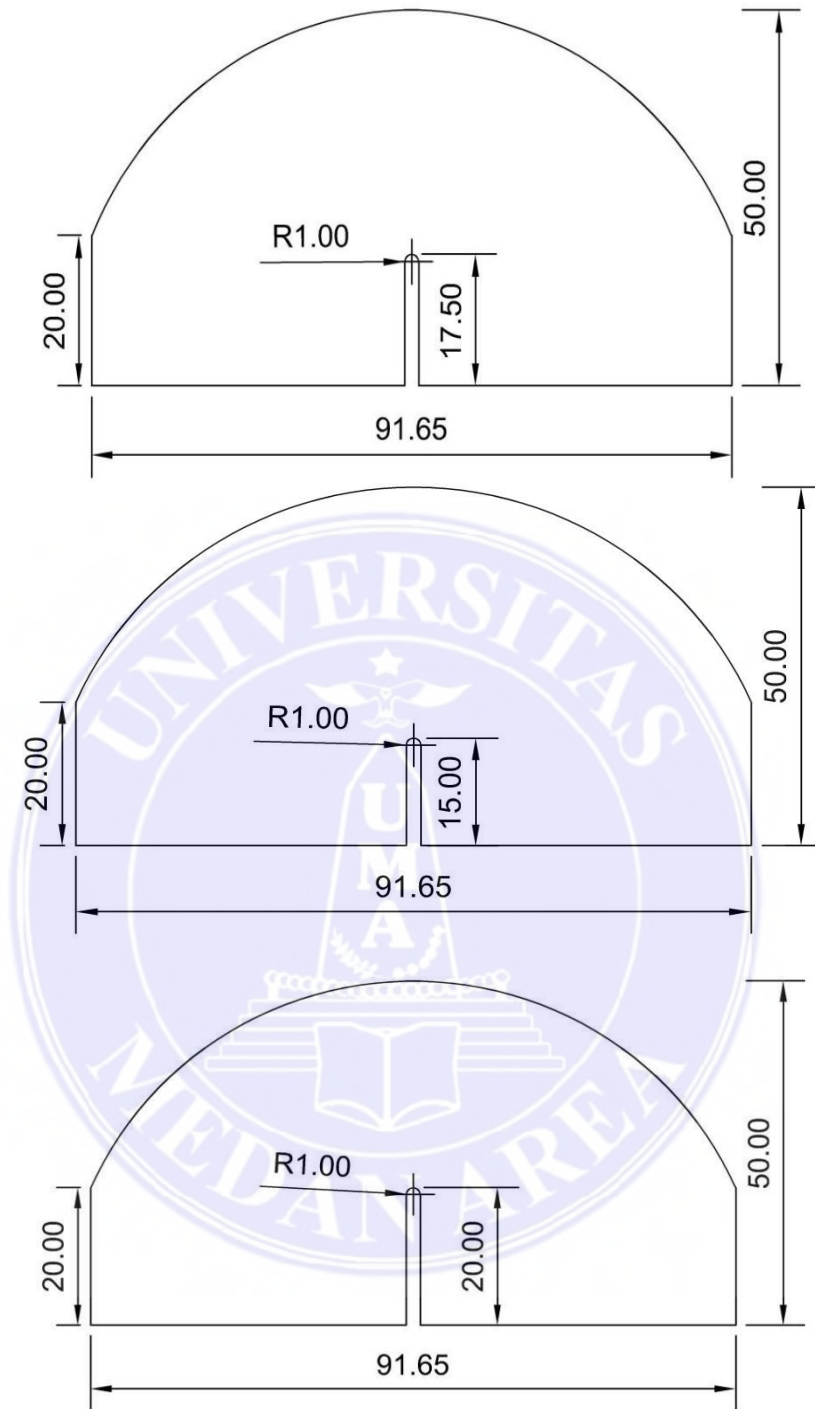
- 1) Studi literatur untuk mencari sumber sumber penelitian yang berkaitan dengan judul studi eksperimental analisis fraktur material Mortar berbentuk cakram pada takik U akibat beban dinamis seperti jurnal nasional, jurnal internasional dan buku yang berkaitan.
- 2) Melakukan perhitungan terhadap material Mortar yang dibuat dengan spesifikasi tertentu lalu dilakukan uji impak dengan mesin *Split Hopkinson Pressure Bar*.
- 3) Menganalisa hasil yang didapatkan dan membandingkan hasil dari masing masing material Mortar yang diuji menggunakan mesin *Split Hopkinson Pressure Bar* untuk mengetahui kekuatan bahan mortar.
- 4) Menarik kesimpulan dari hasil pengujian.

### 3.4. Populasi dan Sampel

Takik U merupakan bentuk lekukan atau celah yang sering kali diterapkan pada berbagai komponen struktural atau material untuk mempengaruhi distribusi tegangan. Dalam rekayasa material dan mekanika fraktur, takik U digunakan untuk mengkaji bagaimana struktur material bereaksi terhadap beban atau tegangan, terutama dalam kondisi ekstrem. Berikut dapat dilihat pada table 3.2. dan gambar 3.9.

Tabel 3.2. Jumlah Spesimen yang akan di uji

| No | Tebal (mm) | Diameter Takik (mm) | Diameter Spesimen (mm) | Panjang Takik (mm) | Jumlah Spesimen |
|----|------------|---------------------|------------------------|--------------------|-----------------|
| 1  | 3          | 2                   | 91,65                  | 15                 | 3               |
| 2  | 3          | 2                   | 91,65                  | 17,5               | 3               |
| 3  | 3          | 2                   | 91,65                  | 20                 | 3               |



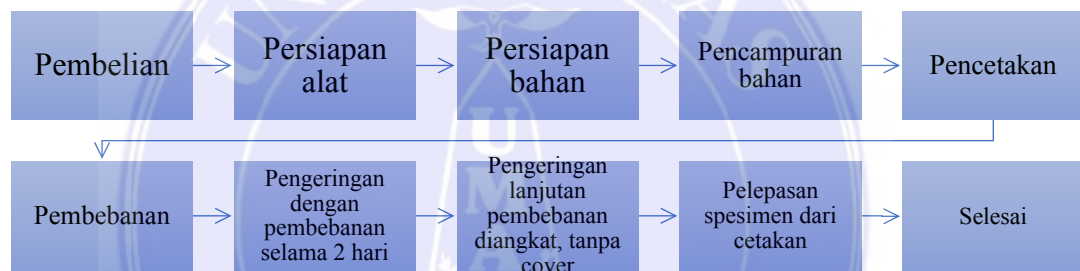
Gambar 3.9. Gambar spesimen

### 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

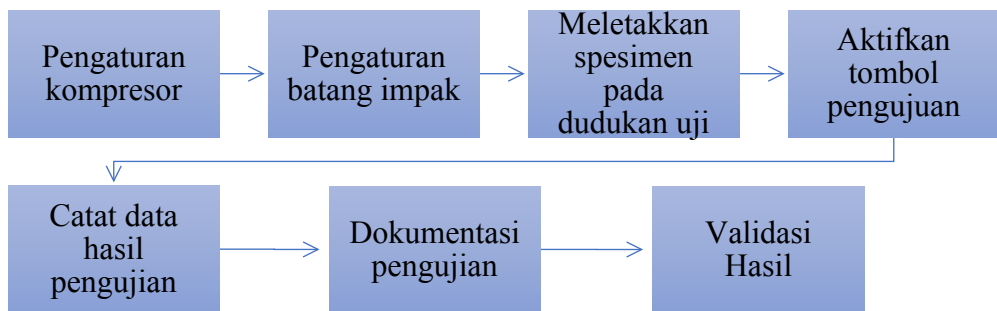
Prosedur pembuatan spesimen Pembuatan spesimen dilakukan dengan beberapa tahapan, dimulai dari persiapan bahan bahan pembuatan material sampai terbentuk menjadi spesimen sesuai dengan dibutuhkan. Dapat dilihat gambar 3.10.



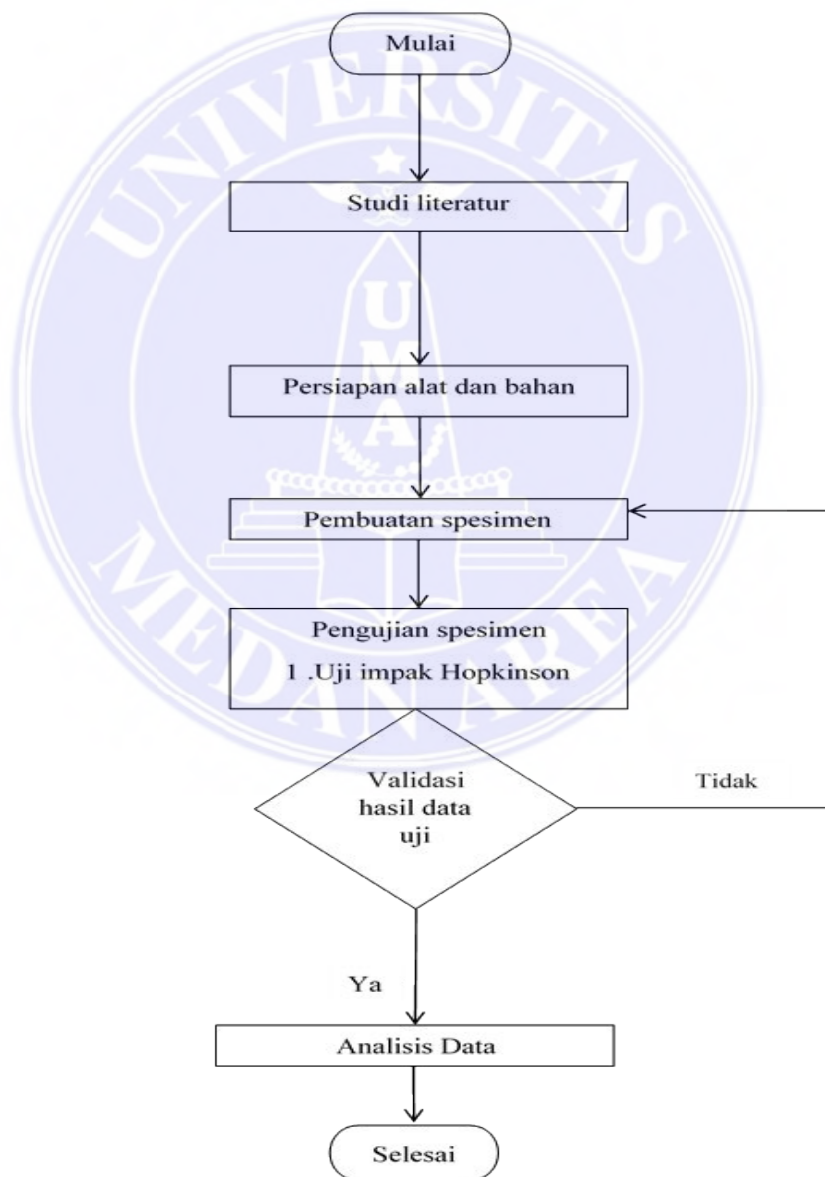
Gambar 3.10. Gambar diagram pembuatan specimen

#### 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 3.11.



Gambar 3.11. Gambar diagram pengujian spesimen



Gambar 3.12. Diagram alir penelitian

## BAB V

### KESIMPULAN & SARAN

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

#### 5.1. Kesimpulan

1. Spesimen yang telah dikerjakan adalah takik dengan kedalaman 15 mm, 17,5 mm dan 20 mm.
2. Hasil uji statis nilai tegangan ( $\sigma$ ) takik dengan kedalam 15 mm sebesar 0,97 MPa, takik dengan kedalam 17,5 mm sebesar 1,09 MPa dan takik dengan kedalam 20 mm sebesar 1.29 MPa.
3. Hasil uji mesin hopkipson nilai tegangan ( $\sigma$ ) takik dengan kedalam 15 mm sebesar 140.000 MPa, takik dengan kedalam 17,5 mm sebesar 132.000 MPa dan takik dengan kedalam 20 mm sebesar 120.000 MPa.
4. Peningkatan beban dinamis mempercepat retak. Kecepatan pembebanan yang lebih tinggi mengurangi waktu bagi material untuk mendistribusikan tegangan, sehingga kegagalan terjadi lebih cepat dibandingkan beban statis.

#### 5.2. Saran

1. Pada pengujian berikutnya hendaknya mesin alat uji impak batang ini sudah menggunakan standart keselamatan dan perlindungan lontaran spesimen yang di uji.

2. Pada penelitian tahun berikutnya hendaknya alat uji impak batang ini sudah mengimplementasikan system kecepatan batang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Sehono, W. 2. (2022). Eksperimen Kekuatan Material Komposit dengan Matrix. Komposit, Polypropylene, Impak, Serat Daun Nanas.
- Galuh Yuliani, M. (2009). Gambaran Umum tentang Polimer. ✦ PEKI4423/MODUL 1.
- Hastono Budi, Z. S. (2018). Pengaruh Variasi Komposisi Campuran. kuat tekan, resapan, variasi komposisi campuran.
- M. Ari, d. N. (2016). Analisis Sifat Mekanik Komposit Al 2075. Aluminium 2075, Abu dasar batubara, Komposit, Elektrodes, Uji kekerasan, Uji.
- Rajali, S. B. (2019). Mechanical Properties Komposit Limbah Plastik. komposit, serat plasti, uji tekan.
- Bayuseno, A. P. (2019). Pengembangan dan Karakterisasi Material Keramik untuk Dinding. Alumina komposit; Ketahanan kejut; refraktori.
- Yopi Handoyo. (2018). Perancangan Alat Uji Impak Metode Charpy Kapasitas 100 Joule. *Jurnal Imiah Teknik Mesin*, 1(2), 17–25.
5. A Zainal Abidin, G. Susanto, N M T Sastra, & T. Puspasari. (2012). Sintesis dan Karakterisasi Polimer Superabsorban dari Akrilamida. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 11(2), 87–93.
- Akbar, T., & Prastawa, W. (2019). Karakteristik Dan Implementasi Tanah Liat Di Lubuk Alung Sebagai Bahan Baku Pembuatan Keramik Hias. *JADECS (Jurnal of Art, Design, Art Education & Cultural Studies)*, 3(2), 67. <https://doi.org/10.17977/um037v3i2p67-73>
- Area, U. M. (2015). *Menggunakan Alat Uji Impak Skripsi Oleh : Imam Mesakh Purba Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area.*
- Astuti, A. (2013). Pengaruh Penambahan Tembaga (Cu) terhadap Sifat Listrik Polianilin (PANi). *Jurnal Ilmu Fisika | Universitas Andalas*, 5(1), 31–37. <https://doi.org/10.25077/jif.5.1.31-37.2013>
- 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>

- Dwipayana, I. M. ., & Widi, I. K. . (2020). Analisa Uji Tarik Dan Uji Impak Komposit Penguat Karbon, Campuran Epoxy-Karet Silikon 30%, 40%, 50%, Rami, Kenaf Matrik Epoxy. *Made Agung Dwipayana, I.*
- Gary, G., & ZHAO, H. (1996). On the use of SHPB technique to determine the dynamic of materials in the range of small strains. *International Journal of Solids and Structures*, 33(23), 3363–3375.
- Grafika, J., & Yogyakarta, N. (2017). *Fluiditas Paduan Perunggu Timah Melalui Investment Casting* . 655–660.
- Harijono, & Purwanto, H. (2017). Analisis Keakuratan hasil Uji Impact dengan Metode Izod dan Charpy. *Seminar Nasional Hasil Penelitian*, 130–135.
- Hogantara Sowiyk, P., & Bayuseno, A. P. (2016). Pengaruh Penambahan Unsur Timah (Sn) terhadap Sifat Fisis dan Mekanis pada Material Bearing Berbahan Dasar Aluminium (Al) Hasil Pengecoran HPDC. *Jurnal Teknik Mesin S-1*, 4(3), 290–298.
- 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.ijstr.2015.04.022>
- Juprastanta Randy. (2018). *Pengaruh Laju Regangan pada Bahan Terhadap Kekuatan Tarik Dinamik*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Kekuatan, A., Material, M., Berserat, K., Spakbor, P., Motor, S., Manufacture, T., & Fenders, M. (2021). *Agrotekma Jurnal Agroteknologi dan Ilmu Pertanian Analisis Kekuatan Mekanik Material Komposit Berserat Sabut Kelapa yang Berpeluang Diaplikasikan pada Pembuatan Spakbor Sepeda Motor Analysis of Mechanical Strength Coconut Fiber Fibrous Composite Material* . 6(1), 27–33. <https://doi.org/10.31289/agr.v6i1.6212>
- Material, J. R., & Energi, M. (2023). *Baterai – Solar Panel FT-UMSU Jurnal Rekayasa Material , Manufaktur dan Energi FT-UMSU*. 6(1), 48–53.
- Meyers, M. A. (1994). *Dynamic Behavior of Materials*. John Wiley & Sons.
- 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. <https://www.jtk.kodepena.org/index.php/jtk/article/view/43>
- Pakpahan, G. (2022). *Perancangan Alat Uji Impact Anak Panah Jatuh Bebas Untuk Menguji Lembaran Plastik Dengan Kapasitas 120 Gr*. Universitas Medan Area.
- Pakpahan, G., Studi, P., Mesin, T., Teknik, F., Area, U. M., & Area, U. M. (2022). *Bebas untuk Menguji Lembaran Plastik dengan Kapasitas 120 Gr*. Universitas Medan Area
- Rahmad, D. (2019). Pemilihan Material dan Proses Pengerjaannya. *Teknik Mesin*, 3 (2), 1–226. <https://jazirahkomputer.blogspot.com/2019/03/makalah-pemilihan-material-dan-proses.html>
- Rahmawati, D. I., & Nuraliyah, A. (2024). Pengaruh ketahanan korosi logam

- aluminium terhadap variasi pada larutan asam klorida 0,1 M dan 0,5 M. *Dynamics in Engineering Systems: Innovations and Applications*, 1(1), 15–27. <https://doi.org/10.61511/dynames.v1i1.738>
- Sahir, S. H. (2021). *Metodologi Penelitian*. Penerbit KBM Indonesia.
- Sari, N. H. (2018). *Material Teknik*. CV Budi Utama.
- Setiawan, H. (2013). C. Kekerasan material adalah 35,4 HRB dengan tegangan tarik maksimum (. *Jurnal SIMETRIS*, 3(1), 71–79.
- Sidabutar, T. E. (2017). Pembuatan Dan Karakterisasi Keramik Magnesium Alumina Silika Dari Abu Vulkanik Gunung Sinabung. *Jurnal Teknik Mesin*, 6(1), 28. <https://doi.org/10.22441/jtm.v6i1.1203>
- 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>
- Wahyu, M., & Irwan, A. (2020). *Analisa Uji Impak Baja Carbon Steel 1045 dengan Menggunakan Metode Charpy*. 5035, 82–86.

