

ANALISIS FRAKTUR MATERIAL KERAMIK BERBENTUK CAKRAM PADA TAKIK V AKIBAT BEBAN DINAMIS

SKRIPSI

OLEH:

**JUANDA ALI SAPUTRA
208130040**



**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 14/4/26

Access From (repository.uma.ac.id)14/4/26

ANALISIS FRAKTUR MATERIAL KERAMIK BERBENTUK CAKRAM PADA TAKIK V AKIBAT BEBAN DINAMIS

SKRIPSI

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

Oleh:

**JUANDA ALI SAPUTRA
208130040**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

ii

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 14/4/26

Access From (repository.uma.ac.id)14/4/26

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Proposal : Analisis Fraktur Material Keramik Berbentuk Cakram pada Takik V Akibat Beban Dinamis
Nama Mahasiswa : Juanda Ali Saputra
NIM : 208130040
Fakultas : Teknik

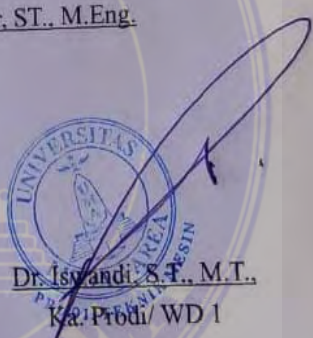
Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing



Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar, ST., M.Eng.
Pembimbing



Dr. Eng. Supriano, 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)



Juanda Ali Saputra

208130040

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

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

Nama : Juanda Ali Saputra

Npm : 208130048

Program studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

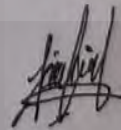
Jenis karya : Skripsi

demikian demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Royalti Nonesklusif (Non – exclusive Royalti – Free Right)** atas karya ilmiah yang berjudul : Analisis Fraktur Material Keramik Berbentuk Cakram pada Takik V Akibat Beban Dinamis.

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) dengan hak bebas royalti noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan 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

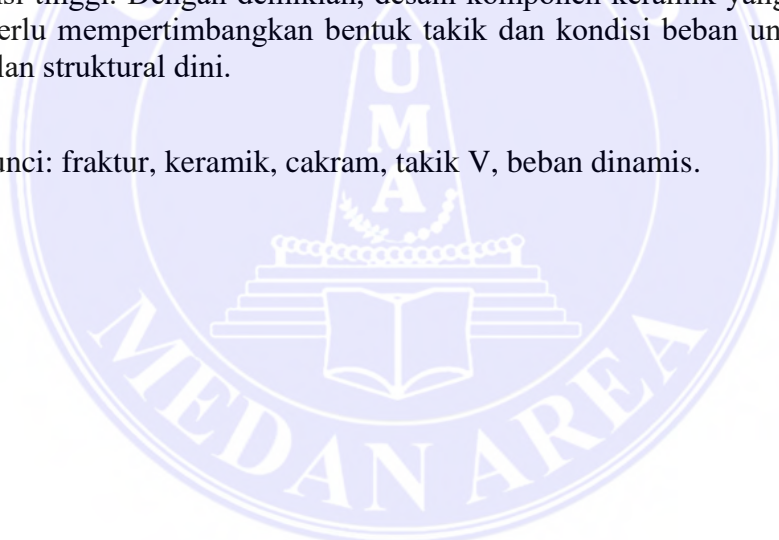


(Juanda Ali Saputra)

ABSTRAK

Penelitian ini berjudul Analisis Fraktur Material Keramik Berbentuk Cakram dengan Takik V Akibat Beban Dinamis. Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah bagaimana cara menganalisis fraktur material keramik berbentuk cakram pada takik V akibat beban dinamis. Latar belakang dari penelitian ini adalah sifat keramik yang cenderung getas dan rentan terhadap retak, terutama jika terdapat cacat geometris seperti takik. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat, menguji dan menganalisis fraktur material keramik berbentuk cakram pada takik V akibat beban dinamis. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental. Teknik analisis data dilakukan dengan mengevaluasi pola distribusi tegangan, konsentrasi tegangan di ujung takik, serta lintasan propagasi retak. Penelitian ini didasarkan pada teori mekanika fraktur linier elastik (Linear Elastic Fracture Mechanics/LEFM) untuk memprediksi titik awal dan perkembangan fraktur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa takik V menyebabkan peningkatan konsentrasi tegangan secara signifikan di ujung takik, yang menjadi titik kritis inisiasi retak. Semakin kecil sudut takik, semakin besar tegangan maksimum yang terjadi, sehingga retak lebih cepat terbentuk dan menyebar. Beban dinamis mempercepat propagasi retak dibandingkan beban statis, terutama pada frekuensi tinggi. Dengan demikian, desain komponen keramik yang mengandung takik perlu mempertimbangkan bentuk takik dan kondisi beban untuk mencegah kegagalan struktural dini.

Kata kunci: fraktur, keramik, cakram, takik V, beban dinamis.



ABSTRACT

This research is entitled Fracture Analysis of Disc-Shaped Ceramic Material with V-Notch Due to Dynamic Load. The main problem addressed in this study is how to analyze the fracture of disc-shaped ceramic materials with a V-notch under dynamic loading. The background of this research lies in the brittle nature of ceramics, which makes them prone to cracking, especially in the presence of geometric defects such as notches. The objective of this research is to create, test, and analyze the fracture behavior of disc-shaped ceramic materials with a V-notch under dynamic load. The method used in this research is the experimental method. Data analysis techniques were carried out by evaluating stress distribution patterns, stress concentration at the tip of the notch, and crack propagation paths. This research is based on the theory of Linear Elastic Fracture Mechanics (LEFM) to predict the initiation point and development of fractures. The results show that the V-notch significantly increases the stress concentration at the tip of the notch, which becomes the critical point of crack initiation. The smaller the notch angle, the greater the maximum stress, causing cracks to form and spread more quickly. Dynamic loads accelerate crack propagation compared to static loads, especially at high frequencies. Therefore, the design of ceramic components containing notches needs to consider the notch geometry and loading conditions to prevent premature structural failure.

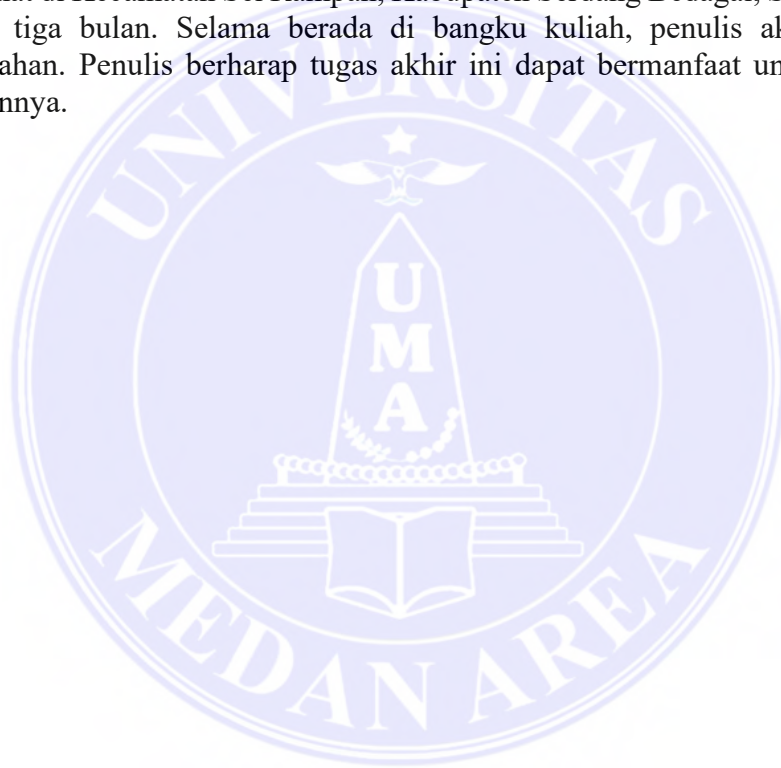
Keywords: fracture, ceramic, disc, V-notch,

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kabupaten Serdang Bedagai, pada tanggal 14 Juli 1999 dari pasangan Bapak Marlian dan Ibu Suharti. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis bertempat tinggal di Dusun VII, Desa Silau Rakyat, Kecamatan Sei Rampah, Kabupaten Serdang Bedagai, Sumatera Utara.

Pada tahun 2005 penulis memulai pendidikan formal di SD Negeri 105413 Pergulaan. Selanjutnya pada tahun 2011 penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 2 Sei Rampah. Kemudian pada tahun 2014 melanjutkan Pendidikan di SMK Negeri 2 Tebing Tinggi. Pada tahun 2020 penulis terdaftar menjadi mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Penulis melaksanakan program magang di CV. JAS GARAGE yang beralamat di Kecamatan Sei Rampah, Kabupaten Serdang Bedagai, Sumatera Utara selama tiga bulan. Selama berada di bangku kuliah, penulis aktif mengikuti perkuliahan. Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk penelitian kedepannya.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang memberikan kesehatan kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan penulisan skripsi ini. Penelitian ini merupakan Tugas Akhir guna memenuhi syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada Universitas Medan Area.

Dalam penulisan dan penelitian skripsi ini banyak kendala yang penulis alami, namun berkat bantuan moril dan material dari berbagai pihak, maka skripsi ini dapat diselesaikan, untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

- 1) Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area.
- 2) Bapak Dr. Eng. Supriatno, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area
- 3) Bapak Dr. Iswandi, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.
- 4) Bapak Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar, ST., M.Eng. selaku Dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing, memotivasi dan memberi saran kepada penulis dalam penulisan skripsi ini.
- 5) Seluruh Segenap Bapak / Ibu Dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.
- 6) Seluruh staff pegawai Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area
- 7) Bapak Marlian dan Ibu Suharti sebagai Orang tua saya, beserta keluarga yang memberikan dukungan dan doa untuk saya dalam penulisan skripsi ini.
- 8) Seluruh teman-teman Teknik Mesin yang senantiasa memberikan dukungan untuk saya dalam penulisan skripsi saya ini.

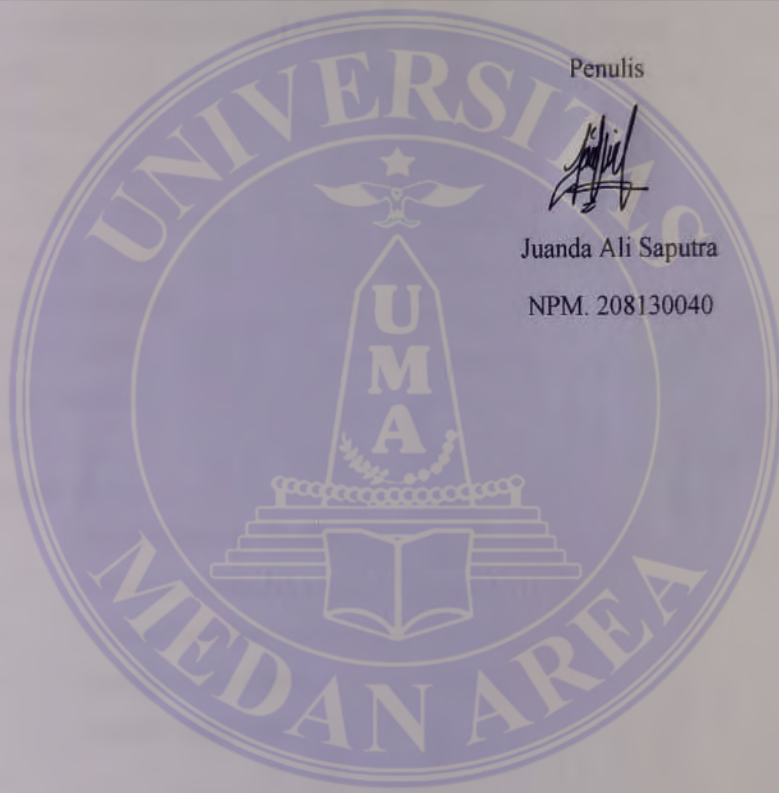
Penulis berusaha untuk memberikan yang terbaik, tetapi penulis menyadari sebagai seorang manusia tentunya tidak luput dari segala kesalahan. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis meminta maaf jika dalam skripsi ini masih terdapat berbagai kesalahan dan kekurangan. Akhir kata penulis berharap semoga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

Penulis



Juanda Ali Saputra

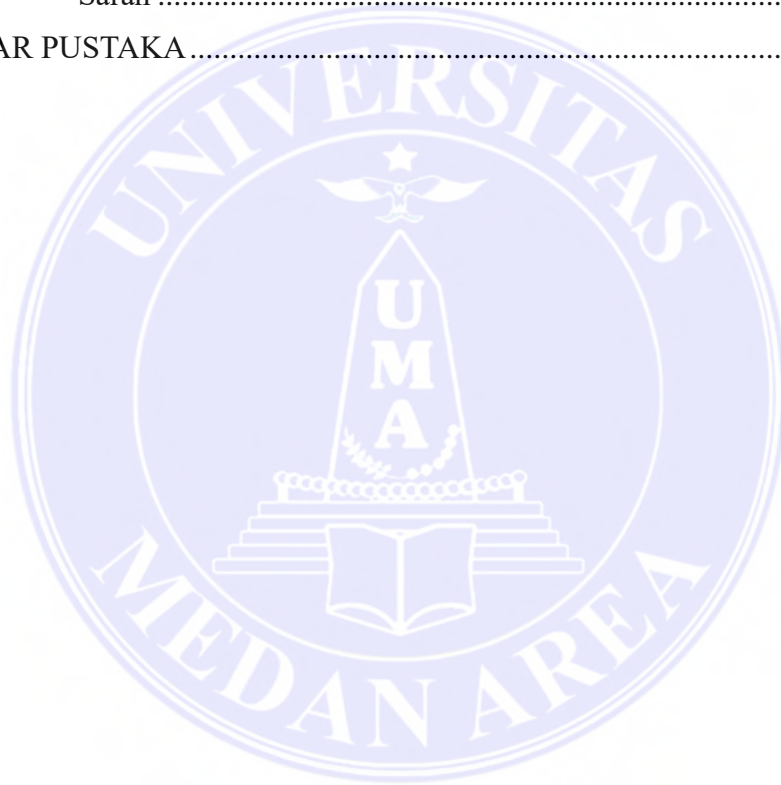
NPM. 208130040



DAFTAR ISI

ANALISIS FRAKTUR MATERIAL KERAMIK BERBENTUK CAKRAM PADA TAKIK V AKIBAT BEBAN DINAMIS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR NOTASI.....	xvi
BAB I	1
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.....	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Material Keramik	4
2.2 Uji Karakteristik Material	13
2.3 Bentuk Cakram	31
BAB III	43
METODOLOGI PENELITIAN.....	43
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	43
3.2 Alat dan Bahan.....	44
3.3 Metode Penelitian	48

3.4	Populasi dan Sampel	50
3.5	Prosedur Kerja	51
BAB IV		54
HASIL DAN PEMBAHASAN		54
4.1	Hasil	54
4.2	Pembahasan	58
BAB V		74
SIMPULAN DAN SARAN		74
5.1	Simpulan	74
5.2	Saran	74
DAFTAR PUSTAKA		75



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 keramik tradisional	8
Gambar 2. 2 keramik modern (silinder blok berbahan keramik)	8
Gambar 2. 3 keramik berpori	10
Gambar 2. 4 (a) fotografi mikro retakan dan (b) jenis retakan pada panel	16
Gambar 2. 5 uji tarik	21
Gambar 2. 6 uji kompresi	22
Gambar 2. 7 uji lentur	23
Gambar 2. 8 uji fatik	24
Gambar 2. 9 uji charpy	27
Gambar 2. 10 uji izod	28
Gambar 2. 11 uji drop weight	28
Gambar 2. 12 split hopkinson pressure bar	30
Gambar 2. 13 cakram rem	33
Gambar 2. 14 cakram abrasif	34
Gambar 2. 15 cakram keramik untuk rem	35
Gambar 2. 16 cakram keramik industri	36
Gambar 2. 17 cakram keramik elektronik (kapasitor)	37
Gambar 2. 18 cakram keramik hias	37
Gambar 2. 19 cakram keramik untuk filter	38
Gambar 2. 20 cakram keramik untuk alat potong	39
Gambar 3. 1 Alat Uji Statis	44
Gambar 3. 2 Split Hopkinson	45
Gambar 3. 3 Cetakan	46
Gambar 3. 4 Mixer	46
Gambar 3. 5 Wadah Plastik	47
Gambar 3. 6 Timbangan	47
Gambar 3. 7 Bubuk keramik DIY	48
Gambar 3. 8 Gambar teknik spesimen 2D 15 ⁰	50
Gambar 3. 9 Gambar Teknik Spesimen 2D 30 ⁰	51
Gambar 3. 10 Gambar Teknik Spesimen 2D 45 ⁰	51
Gambar 3. 11 Diagram alir pembuatan spesimen	52
Gambar 3. 12 Diagram Alir Pengujian	52
Gambar 3. 13 Diagram Alir Penelitian	54
Gambar 4. 1 Spesimen yang siap untuk diuji	55
Gambar 4. 2 Spesimen Setelah Diuji	56
Gambar 4. 3 Spesimen Setelah Pengujian Dinamis	57
Gambar 4. 4 Grafik pengujian dengan sudut takik V 15 ⁰	58
Gambar 4. 5 Grafik pengujian dengan sudut takik V 30 ⁰	58
Gambar 4. 6 Grafik pengujian dengan sudut takik V 45 ⁰	59
Gambar 4. 7 Grafik Tegangan	60
Gambar 4. 8 Grafik Regangan	61
Gambar 4. 9 Grafik Modulus Elastisitas	62
Gambar 4. 10 Grafik KIC (ketangguhan patah / retak)	64
Gambar 4. 11 Grafik Tegangan Terhadap Waktu Dengan Tekanan Udara 4.5 Bar66	

Gambar 4. 12 Grafik Tegangan Terhadap Waktu Dengan Tekanan Udara 4 Bar...66
Gambar 4. 13 Grafik Tegangan Terhadap Waktu Dengan Tekanan Udara 3.5 Bar67
Gambar 4. 14 Grafik Tegangan Pengujian Dinamis70
Gambar 4. 15 Grafik Kic Hasil Pengujian Dinamis.....71



DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Jadwal Waktu dan Kegiatan saat melakukan penelitian.....	43
Tabel 3. 2 Variasi spesimen yang akan diuji	50
Tabel 4. 1 Nilai Parameter Tambahan.....	64
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Dinamis	68
Tabel 4. 3 Hasil Analisis.....	72
Tabel 4. 4 Hasil Persentase.....	73



DAFTAR NOTASI

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

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Material keramik banyak digunakan dalam berbagai aplikasi teknik karena memiliki sifat mekanis yang unggul, seperti kekerasan tinggi, ketahanan aus yang baik, dan ketahanan terhadap suhu tinggi. Namun, keramik juga memiliki kelemahan, terutama dalam hal kerapuhannya yang menyebabkan rentan terhadap fraktur atau keretakan ketika mengalami beban mekanis, terutama beban dinamis. Fraktur pada material keramik dapat terjadi melalui berbagai mekanisme, salah satunya adalah fraktur yang disebabkan oleh adanya konsentrasi tegangan di sekitar takik atau cacat yang ada di dalam material.

Dalam penelitian ini, material keramik berbentuk cakram dengan takik V akan dianalisis untuk memahami perilaku frakturnya ketika dikenakan beban dinamis. Beban dinamis merupakan beban yang berubah-ubah secara cepat atau berulang kali dalam waktu singkat, yang sering kali dihadapi oleh material dalam aplikasi nyata seperti komponen mesin, turbin, dan struktur bangunan. Analisis fraktur pada material ini penting untuk mengidentifikasi mekanisme keretakan dan upaya mitigasi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan ketahanan fraktur dari material keramik tersebut.

Mesin Hopkinson, atau lebih dikenal sebagai *Split-Hopkinson Pressure Bar* (SHPB), adalah alat yang sangat efektif untuk mempelajari perilaku material di bawah beban dinamis. Mesin ini dapat menghasilkan gelombang stres berkecepatan tinggi yang diterapkan pada spesimen, memungkinkan analisis rinci tentang

bagaimana material merespons beban mendadak. Penggunaan SHPB dalam menguji fraktur material keramik berbentuk cakram dengan takik V menawarkan wawasan penting tentang ketahanan material terhadap fraktur dinamis, yang belum banyak dieksplorasi dalam literatur ilmiah.

1.2 Perumusan Masalah

Bagaimana cara menganalisis fraktur material keramik berbentuk cakram pada takik V akibat beban dinamis ?

1.3 Tujuan Penelitian

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

1.4 Hipotesis Penelitian

Material keramik berbentuk cakram dengan takik V yang diuji menggunakan mesin Hopkinson akan menunjukkan karakteristik fraktur yang berbeda di bawah beban dinamis dibandingkan dengan beban statis. Secara khusus, di bawah beban dinamis, material keramik akan menunjukkan ketahanan yang lebih rendah terhadap fraktur, dengan retakan yang lebih cepat berkembang dari takik V.

1.5 Manfaat Penelitian

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

- a. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan pengetahuan kepada pembaca tentang uji impak terhadap material keramik berbentuk cakram pada takik V akibat beban dinamis.
- b. Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan pengetahuan kepada pembaca mengenai bagaimana material keramik 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 mahasiswa dan peneliti lain memahami fenomena kompleks yang terkait dengan fraktur material keramik.
- d. penelitian ini dapat digunakan untuk mengembangkan komponen yang lebih handal dan efisien, seperti sensor, komponen mesin, dan pelindung termal. Dengan memahami mekanisme fraktur, industri dapat memproduksi komponen yang lebih tahan terhadap kondisi ekstrem, meningkatkan keselamatan dan umur pakai produk.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Material Keramik

Material keramik merupakan bahan non-logam dan anorganik yang tersusun dari unsur logam dan non-logam yang saling terikat secara kuat melalui ikatan ionik dan/atau kovalen. Komposisi kimianya beragam, mulai dari senyawa sederhana hingga campuran berbagai fase kompleks yang menyatu. Umumnya, keramik memiliki sifat keras namun rapuh, dengan tingkat ketangguhan dan keuletan yang rendah. Bahan ini memiliki titik leleh tinggi serta ketahanan kimia yang sangat baik, bahkan di lingkungan ekstrem, berkat kestabilan ikatan antar atomnya. Karena karakteristik tersebut, keramik menjadi material yang sangat penting dan sulit digantikan dalam dunia teknik maupun rekayasa desain.

Material keramik dikenal dengan sifat mekanisnya yang unggul, seperti kekerasan tinggi, ketahanan terhadap suhu, dan sifat isolator listrik yang baik (Sari, 2018). Namun, kelemahan utama material ini adalah sifat kerapuhannya, yang membuatnya rentan terhadap fraktur. Dalam aplikasi yang melibatkan beban dinamis atau berulang, seperti di industri otomotif, elektronik, dan aerospace, pemahaman yang mendalam tentang perilaku fraktur keramik sangat penting untuk memastikan keandalan dan umur panjang komponen.

Keramik merupakan salah satu jenis material yang diproduksi dari bahan dasar tanah liat yang dibentuk dan diproses melalui pembakaran pada suhu antara 600°C hingga lebih dari 1300°C. Proses termal ini menyebabkan terjadinya transformasi sifat tanah liat menjadi lebih keras dan kuat. Keberadaan keramik telah

diketahui sejak masa Neolitikum, ditunjukkan oleh penemuan artefak arkeologis seperti pecahan tembikar di situs bukit kulit kerang di wilayah Sumatera.

Pada awalnya, keramik digunakan secara terbatas sebagai bahan pembuat tembikar dan perlengkapan rumah tangga. Seiring perkembangan teknologi, penggunaannya semakin meluas melalui perpaduan antara unsur logam dan non-logam. Saat ini, keramik diaplikasikan secara luas, antara lain sebagai bahan busi, isolator listrik, dan komponen cetak industri. Material ini memiliki ketahanan terhadap temperatur tinggi, menjadikannya sangat berguna di lingkungan ekstrem.

Keramik secara umum diklasifikasikan menjadi dua kategori utama, yaitu keramik tradisional dan keramik teknik (industri). Dalam kehidupan sehari-hari, keramik tradisional digunakan untuk membuat cangkir, ubin, dinding, dan roda gerinda. Sementara itu, keramik industri dimanfaatkan dalam pembuatan turbin, komponen otomotif, serta peralatan kedirgantaraan. Bahan baku keramik tertua berasal dari lempung, sedangkan bahan baku keramik modern mencakup kaolin, rijang, dan felspar.

Istilah keramik berasal dari bahasa Yunani, yaitu *keramos*, yang merujuk pada benda pecah belah yang berasal dari tanah liat dan telah melalui proses pembakaran sehingga menjadi keras. Berdasarkan pengertian tersebut, segala bentuk objek yang dibuat dari tanah liat dan dibakar dapat digolongkan sebagai keramik. Menurut definisi dari Balai Besar Keramik Bandung, keramik merupakan produk yang berasal dari bahan galian anorganik non-logam yang telah diproses melalui pemanasan suhu tinggi, sehingga menghasilkan struktur kristalin, non-kristalin, atau kombinasi dari keduanya (Praptopo Sumitro, dkk., 1984:15).

Penggunaan tanah liat sebagai bahan dasar pembuatan benda telah dikenal sejak masa prasejarah, terutama ketika manusia mulai hidup menetap dan mengembangkan sistem pertanian. Temuan arkeologis berupa keramik, baik dalam kondisi utuh maupun pecahan, menjadi salah satu bukti keberadaan peradaban masa lampau. Penyebaran artefak keramik ini cukup luas dan dapat ditemukan di berbagai situs arkeologi di seluruh wilayah kepulauan Indonesia.

Karena keramik tersusun dari sedikitnya dua unsur, dan seringkali lebih, struktur kristalnya umumnya lebih kompleks dari pada logam. Ikatan atom dalam bahan – bahan ini berkisar dari ikatan ionik murni hingga ikatan kovalen total, banyak keramik menunjukkan kombinasi dari kedua jenis ikatan ini, tingkat karakter ionik bergantung pada elektronegatifitas atom (William D. Callister, Jr. 2007)

2.1.1 Jenis keramik berdasarkan bahan utamanya dan suhu pembakarannya terbagi menjadi 4 yaitu :

1) *Earthenware*

Keramik jenis *earthenware* merupakan jenis tanah liat yang mengalami proses pembakaran pada suhu antara 900°C hingga 1060°C. Material ini bersifat plastis sehingga mudah dibentuk secara manual, namun memiliki tingkat porositas tinggi saat dalam kondisi kering.

2) *Terracotta*

Terracotta adalah jenis tanah liat berwarna merah yang memiliki tingkat porositas lebih rendah dibandingkan dengan *earthenware*. Proses pembakarannya dilakukan pada suhu tinggi, yakni sekitar 1200°C hingga 1300°C (Nurhadi Rangkuti & Inge Pojoh, 2008: 1–2).

3) *Stoneware*

Stoneware adalah keramik dengan karakteristik menyerupai batu, memiliki tekstur yang padat, struktur kuat, dan permukaan keras. Suhu pembakarannya berkisar antara 1150°C hingga 1250°C. Jenis keramik ini umumnya memiliki tingkat porositas yang sangat rendah dan tampil dengan warna abu-abu hingga abu-abu tua.

4) *Porselen*

Porselen termasuk dalam kategori keramik dengan suhu pembakaran sangat tinggi, yakni antara 1250°C hingga 1450°C. Bahan bakunya berupa lempung murni berwarna putih susu, sehingga menghasilkan produk akhir yang memiliki tampilan halus dan kuat (Yusmaini Eriawati, 2012: 6).

Tetapi saat ini tidak semua keramik berasal dari tanah liat. Definisi pengertian keramik terbaru mencakup semua bahan bukan logam dan anorganik yang berbentuk padat. (Yusuf, 1998:2).

Umumnya senyawa keramik lebih stabil dalam lingkungan termal dan kimia dibandingkan elemennya. Bahan baku keramik yang umum dipakai adalah felspar, ball clay, kwarsa, kaolin, dan air. Sifat keramik sangat ditentukan oleh struktur kristal, komposisi kimia dan mineral bawaannya.

2.1.2 Klasifikasi keramik

Pada prinsipnya keramik terbagi atas 3 bagian:

1. Keramik tradisional

Keramik tradisional yaitu keramik yang dibuat dengan menggunakan bahan alam. Keramik tradisional tersusun atas 3 komponen dasar, yaitu lempung (tanah liat), feldspar, silika. Keramik ini menggunakan bahan-bahan amorf (tanpa diolah)..

Yang termasuk keramik ini adalah: barang pecah belah (peralatan makan dan minum, gelas, piring, dll.), keperluan rumah tangga (tegel, bata), dan untuk industri.



Gambar 2. 1 keramik tradisional

2. Keramik halus

Fine ceramics (keramik modern atau biasa disebut keramik teknik, *advanced ceramic, engineering ceramic, technical ceramic*) adalah keramik yang dibuat dengan menggunakan oksida-oksida logam atau logam, seperti: oksida logam (Al_2O_3 , ZrO_2 , MgO , dll). Penggunaannya: elemen pemanas, semikonduktor, komponen turbin, dan pada bidang medis. (Joelianingsih, 2004)



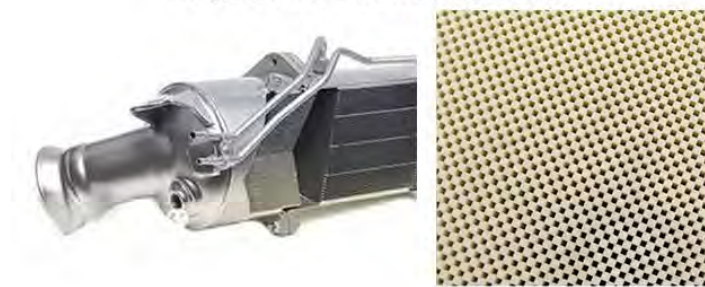
Gambar 2. 2 keramik modern (silinder blok berbahan keramik)

3. Keramik berpori

Keramik berpori telah berhasil dibuat dan dimanfaatkan sebagai filter dalam penuangan logam cair, sebagai katalisator yang biasa di tempatkan dalam system gas buang kendaraan bermotor. Keramik berpori merupakan keramik yang mempunyai pori-pori dengan distribusi ukuran tertentu dan porositas yang relatif tinggi, secara luas keramik berpori insulasi termal dan sebagai bahan bangunan. Material yang biasa digunakan sebagai bahan baku keramik berpori adalah lempung dan senyawa oksida seperti alumina (Al_2O_3), silika (SiO_2), titania(TiO_2), dan zirkonia (ZrO_2). Pada umumnya penggunaan keramik berpori dengan ukuran pori sekitar 10-800 nm sebagai filter, sedangkan keramik dengan ukuran pori hingga 0,1 nm sebagai membran menggunakan material dengan kandungan alumina yang tinggi karena 2 alumina mempunyai keunggulan pada kekuatan, kekerasan dan ketahanan terhadap tekanan, panas, maupun bahan kimia. Clay mengandung hidrated aluminium silica (Al_2O_3, SiO_2, H_2O) yang berfungsi mempermudah proses pembentukan keramik, mempunyai sifat plastis mudah dibentuk, mempunyai daya ikat bahan baku tidak plastis, dan juga dicampur dengan kuarsa yang merupakan bentuk lain dari silika yang bertujuan untuk mengurangi retak-retak dalam pengeringan. Zeolit merupakan batuan atau mineral alam yang secara kimiawi termasuk golongan mineral silika dan dinyatakan sebagai alumina silika terhidrasi berbentuk halus dan merupakan hasil produk sekunder yang stabil pada kondisi permukaan karena berasal dari proses sedimentasi, pelapukan maupun aktivasi hidrotermal. Zeolit telah banyak diaplikasikan sebagai absorben, penukar ion, dan sebagai katalis menurut (Chetam dalam Sinaga, 2012).

Diesel Particulate Filter

Cangzhou Sefu Ceramic New Materials Co., LTD.



Gambar 2. 3 keramik berpori

2.1.3 Bahan Pembuat Keramik

1. Lempung

Lempung adalah material yang memiliki ukuran diameter partikel lebih kecil dari $2 \mu\text{m}$ dan dapat ditemukan dekat permukaan bumi. Karakteristik umum dari lempung mencakup komposisi kimia, struktur lapisan kristal dan ukurannya (Qodari, 2010). Semua mineral lempung memiliki sifat plastis dan mudah dicetak untuk butir yang serta pada waktu basah, sifat plastisitas dan kemampuan kerja dari lempung kebanyakan dipengaruhi oleh kondisi fisik, kaku setelah dikeringkan, *vitreous* (bersifat kaca) setelah dipanaskan pada temperatur yang sesuai. Pada umumnya ada 2 jenis lempung, yaitu:

- a. *Ball clay*, ini digunakan pada keramik putih karena memiliki plastisitas tinggi dengan tegangan patah tinggi serta tidak pernah digunakan sendiri. Tanah jenis ini disebut tanah liat sedimen, memiliki butir halus dan berwarna abu-abu.
- b. *Fire clay*, jenis tanah ini biasanya berwarna terang ke abu-abu gelap menuju hitam. Fire clay diperoleh di alam dalam bentuk bongkahan yang

menggumpal dan padat. Tanah jenis ini tahan dibakar pada suhu tinggi tanpa mengubah bentuknya. Ada 3 jenis *fire clay*, yaitu *flin fire clay* yang memiliki struktur kuat, *plastic fire clay* yang memiliki kemampuan kerja yang baik, 10 serta high alumina clay yang sering digunakan sebagai refraktori dan bahan tahan api.

2. Pasir Kuarsa

Pasir kuarsa merupakan salah satu jenis bahan galian yang tersusun atas kristal-kristal silika (SiO_2) serta mengandung sejumlah senyawa pengotor yang terbawa selama proses sedimentasi alami. Komposisi kimia pasir kuarsa umumnya terdiri atas SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , TiO_2 , CaO , MgO , dan K_2O , dengan warna dominan putih bening, namun dapat bervariasi tergantung pada jenis dan kadar pengotornya.

Silika (SiO_2) dalam bentuk kuarsa banyak dimanfaatkan dalam berbagai sektor industri, terutama sebagai bahan baku keramik dan material anorganik non-logam (Asmuni, 2008). Di alam, pasir kuarsa dijumpai dalam rentang ukuran butiran yang luas, mulai dari fraksi halus sekitar 0,06 mm hingga butiran kasar mencapai 2 mm. Karakteristik fisik pasir kuarsa meliputi warna, tingkat kekerasan, berat jenis, dan beberapa sifat fisik lainnya.

2. Proses Sintering

Tahap sintering merupakan tahapan pembuatan keramik yang sangat penting dan menentukan sifat-sifat keramik yang dihasilkan. Sintering adalah proses pemadatan dari sekumpulan serbuk pada temperatur tinggi, mendekati titik leburnya, sehingga terjadi perubahan struktur mikro seperti pengurangan jumlah dan ukuran pori, pertumbuhan butir (*grain growth*), peningkatan densitas dan penyusutan volume. Dalam tahapan ini tujuannya adalah memadat-kompakkan

bahan, yang sudah dicetak, dengan suhu tinggi. Pada tahap ini akan terjadi berkurangnya pori-pori dan cacat bahan, pengontrolan ukuran butir dan fase batas butiran (Parno, 1997). Hal ini bertujuan agar butiranbutiran dalam partikel yang berdekatan dapat bereaksi dan berikatan.

Proses sintering fase padat terbagi menjadi tiga padatan, yaitu:

1. Tahap awal

Pada tahap awal ini terbentuk ikatan atomik. Kontak antar partikel membentuk leher yang tumbuh menjadi batas butir antar partikel. Pertumbuhan akan menjadi semakin cepat dengan adanya kenaikan suhu sintering. Pada tahap ini penyusutan juga terjadi akibat permukaan porositas menjadi halus. Penyusutan yang tidak merata menyebabkan keretakan pada sampel (Kashcheev & Turlova, 2010).

2. Tahap menengah

Pada tahap kedua terjadi desifikasi dan pertumbuhan partikel yaitu butir kecil larut dan bergabung dengan butir besar. Akomodasi bentuk butir menghasilkan pemadatan yang lebih baik. Pada tahap ini juga berlangsung penghilangan porositas. Akibat pergeseran batas butir, porositas mulai saling berhubungan dan membentuk silinder di sisi butir.

3. Tahap akhir

Fenomena desifikasi dan pertumbuhan butir terus berlangsung dengan laju yang lebih rendah dari sebelumnya. Demikian juga dengan proses penghilangan 14 porositas, pergeseran batas butir terus berlanjut. Apabila pergeseran batas butir lebih lambat daripada porositas, maka porositas akan muncul di permukaan dan saling berhubungan.

2.2 Uji Karakteristik Material

Patahan adalah pemisahan sebagian atau seluruh material menjadi dua bagian atau lebih di bawah pengaruh tegangan yang diberikan. Proses ini sebagian besar ditentukan oleh sifat deformasi yang mengakibatkan patah. Oleh karena itu, hal ini bergantung pada jenis material, sifat-sifatnya, dan faktor eksternal. Patahan tidak hanya disebabkan oleh tegangan mekanis, tetapi juga oleh tegangan termal, magnetis, dan jenis tegangan lainnya, dan diakibatkan oleh beban statis jangka pendek dan beban siklik dinamis jangka panjang (Wyrzykowski *dkk.*, 1999).

Dalam proses rekahan, ada dua tahap utama yang dapat dibedakan yaitu:

1. nukleasi rekahan
2. perambatannya.

Adapun yang mengontrol proses fraktur dan terjadinya pertumbuhan retakan terbagi menjadi dua tahap, yaitu :

1. pertumbuhan retakan subkritis
retakan yang merambat relatif lambat seiring bertambahnya beban.
2. pertumbuhan retakan kritis
perambatan retakan menjadi tidak terkendali dan tidak memerlukan peningkatan beban; tahap ini menyelesaikan proses fraktur.

Kata fraktur mengacu pada struktur material yang terputus-putus. Pada permukaan diskontinuitas, tidak ada gaya ikatan antar atom. Meskipun patahan mungkin terletak di tepi, menembus elemen, di dalam elemen, atau menembus sebagian material, istilah ini umumnya digunakan untuk menggambarkan diskontinuitas

elips internal. Tidak mungkin untuk menetapkan kriteria universal yang memungkinkan klasifikasi patah tulang secara jelas.

Fraktur getas terjadi sesuai dengan kriteria tegangan rata-rata ketika nilai rata-rata tegangan tangensial pada jarak kritis tertentu dari ujung takik mencapai tegangan kritis (Torabi, AR, dkk, 2022).

Selain jenis tegangan dan beban yang disebutkan di atas, patahan juga dapat dikarakterisasi berdasarkan konsumsi energi proses dan intensitas deformasi plastis, serta metode perambatan patahan pada bahan polikristalin.

Menurut kriteria konsumsi energi proses dan intensitas deformasi plastis selama proses, terdapat dua jenis rekahan:

1. Rekahan plastik (ulet), dan
2. Rekahan rapuh (serpihan).

Rekahan plastis memerlukan suplai energi eksternal yang konstan (peningkatan tegangan yang diberikan). Hal ini didahului oleh deformasi makro plastis yang signifikan, dan arahnya berada pada tegangan yang melebihi batas plastisitas. Perambatan rekahan yang relatif lambat disertai dengan deformasi plastis yang intens. Rekahan plastis sering kali berakhir dengan pemisahan material di sepanjang bidang yang mengalami tegangan geser maksimum, yang menunjukkan peran pentingnya dan membuktikan bahwa proses rekahan dihasilkan dari mekanisme geser (Wyrzykowski dkk., 1999).

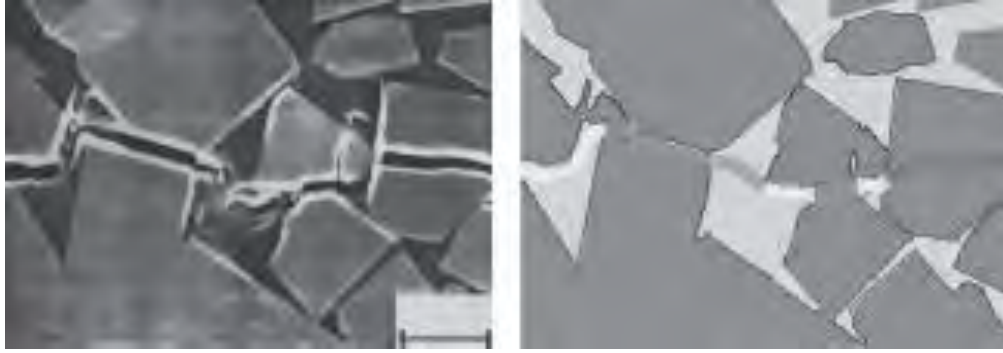
Patah getas ditandai dengan konsumsi energi yang rendah. Ia berkembang sangat cepat setelah mencapai regangan tertentu yang tidak melebihi batas plastisitas. Oleh karena itu, peningkatan tegangan yang diterapkan secara konstan tidak diperlukan. Energi pada tahap pertumbuhan retakan kritis diperoleh dari

suplai energi elastis, yang dilepaskan sebagai akibat pelepasan material elastis selama pertumbuhan dasar panjang retakan. Fraktur seperti itu terjadi dengan menghilangkan deformasi plastis makroskopis (sebelum dan selama proses rekahan) dan menghasilkan serpihan makro-rapuh yang permukaannya, berorientasi tegak lurus terhadap arah beban yang diterapkan, dapat menunjukkan tanda-tanda deformasi plastis lokal ringan. Dekohesi pada kasus patah getas merupakan akibat putusannya ikatan atom akibat adanya konsentrator tegangan, seperti retakan mikro atau makro.

Menurut kriteria struktur (struktur mikro), ada dua jenis rekahan pada bahan polikristalin yaitu :

1. *transkristalin* (serpihan dan ulet)
retakan yang terjadi melewati butiran, dan
2. *interkristalin* (intergranular)
retakan ini merambat sepanjang batas butir.

Rekahan transkristalin adalah tipe rekahan dasar, karakteristik kristal tunggal dan polikristal dalam keadaan plastis dan rapuh. Patahan antarkristal terjadi ketika kekuatan antarbutir berkurang karena perubahan fasa dan komposisi kimia yang tidak normal di daerah perbatasan. Kehadiran mereka menunjukkan kondisi material yang rapuh (Wyrzykowski *dkk.*, 1999).



Gambar 2. 4 (a) fotografi mikro retakan dan (b) jenis retakan pada panel

Dengan membandingkan serangkaian data literatur yang komprehensif mengenai pengaruh struktur logam dan paduannya serta komposisi kimianya terhadap fenomena penggetasan bahan, maka kita dapat mengidentifikasi faktor-faktor struktural utama yang mempengaruhi jalannya dekohesi (Maciejny, 1992):

- faktor kristalografi, dinyatakan dengan jenis dan derajat pengisian jaringan kristalografi,
- ketertiban dan periodisitas dalam membangun solusi yang solid,
- atom pengotor substitusi dan interstisial,
- kepadatan cacat titik dan linier,
- cacat permukaan berupa batas butir, batas kembar, kesalahan penyelarasan dan pori-pori,
- daerah mikro derajat deformasi plastis heterogen,
- batas interfase pada material dengan struktur kompleks,
- segregasi komposisi kimia dan proses pengendapan pada batas butir dan fasa.

Pengetahuan tentang fenomena dekohesi material dikembangkan dalam tiga disiplin ilmu, yaitu mekanika, metalurgi dan fisika benda padat. Masing-masing

dari mereka memiliki pendekatan penelitian dan analitisnya sendiri, sesuai dengan sifat dan prevalensi fenomena dekohesif yang dipelajari (Maciejny, 1992).

Analisis fraktur material adalah proses untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan material dengan menganalisis fraktur yang terjadi padanya. Analisis ini dapat dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa faktor, seperti : cacat desain, cacat material, proses produksi, kondisi lingkungan dan operasional.

Analisis fraktur material dapat dilakukan dengan berbagai metode, seperti :

1. Analisis fraktur statis

Metode ini mempertimbangkan beban puncak yang akan dialami komponen selama masa pakainya. Analisis fraktur statis adalah studi mengenai perilaku material ketika mengalami kegagalan di bawah beban statis atau tetap, yang diterapkan perlahan-lahan hingga material mengalami patahan. Tidak seperti fraktur dinamis yang terjadi pada beban cepat atau siklik, fraktur statis terjadi pada kondisi pembebanan yang konstan dan cenderung lambat. Analisis ini penting dalam memahami bagaimana material akan patah di bawah kondisi beban biasa, seperti beban tarik, tekan, atau geser.

2. Analisis pertumbuhan retak akibat kelelahan

Metode ini mempertimbangkan retak akibat beban yang berubah – ubah seiring waktu. Pertumbuhan retak akibat kelelahan adalah proses yang terjadi secara perlahan selama beban layanan normal. Retak lelah dapat dianalisis dengan teori mekanika benda retak (*fracture mechanics*). Metode analisis ini menghitung waktu yang dibutuhkan sejak beban siklis diterapkan hingga struktur mencapai kondisi retak kritis.

3. Analisis permukaan retakan

Metode ini dilakukan dengan mengamati permukaan retakan material menggunakan mikroskop elektron.

Fraktur pada material dapat terjadi dalam beberapa bentuk, seperti :

1. Fraktur getas

Fraktur ini biasanya terjadi secara tiba – tiba dan sering terjadi tanpa gejala.

2. Fraktur ulet

Fraktur ini terjadi dengan menunjukkan beberapa gejala deformasi plastis sebelum fraktur.

3. Fraktur akibat kelelahan

Fraktur yang ditandai dengan pola garis garis halus yang disebut striasi.

Produksi komponen dan struktur berbahan ortotropik semakin meningkat di berbagai industri, seperti industri dirgantara. Di sisi lain, adanya diskontinuitas pada komponen dan struktur nyata tidak dapat dihindari dalam desain tujuan, seperti guntingan dan pintu akses, dll. Takik berbentuk U dan V adalah dua jenis takik yang lazim. Mekanika rekahan takik menangani diskontinuitas dengan menganalisis perilaku rekahan komponen takik. Prediksi yang tepat terhadap kondisi rekahan merupakan aspek penting dari proses desain dan pengembangan yang sesuai dan dengan demikian merupakan subjek utama mekanika rekahan. Mengingat ketergantungan sifat material berdasarkan arah, analisis rekahan pada material ortotropik lebih rumit daripada analisis tersebut dilakukan pada bahan isotropik. Selain itu, keberadaan takik dengan geometri yang berbeda pada struktur dan komponen tidak dapat dihindari, hal ini dapat menyebabkan konsentrasi tegangan

yang parah di sekitar takik dan, pada akhirnya, timbulnya kerusakan dan retakan dari tepi takik. Itu penyebaran retakan berinti pada akhirnya dapat mengakibatkan kegagalan yang sangat besar struktur berlekuk.

Geometri takik, sifat material, dan pembebanan kondisi dapat mempengaruhi perilaku fraktur komponen bertakik, dan banyak peneliti telah menyelidiki semua aspek ini dari sudut pandang yang berbeda (Torabi,AR, dkk, 2015).

Menurut (F.Berto, dkk, 2013) dalam beberapa kasus, terutama untuk sudut bukaan yang kecil, dengan memperbesar jari-jari ujung takik, jalur retakan menjadi lebih stabil sehingga retakan merambat sepanjang garis bagi tanpa tertekuk. Ini mengikuti garis bagi dengan beberapa sisa material yang dihasilkan di dekat permukaan bebas spesimen.

Pengujian material, baik yang bersifat non-destruktif maupun destruktif, bertujuan untuk mengevaluasi respons mekanis suatu material terhadap pembebanan hingga terjadi kerusakan atau deformasi tertentu. Pengujian ini dapat dilakukan dalam berbagai kondisi lingkungan untuk memperoleh hasil yang representatif. Melalui data karakteristik material yang diperoleh, proses pengujian mampu memberikan gambaran yang jelas mengenai sifat-sifat mekanis suatu bahan, sehingga dapat digunakan sebagai dasar untuk melakukan perbandingan antar jenis material.

Kegiatan pengujian material tidak hanya terbatas pada institusi penelitian, tetapi juga memiliki peran penting dalam mendukung industri, khususnya dalam memperoleh informasi teknis yang berguna untuk pengembangan produk baru maupun optimalisasi produk yang telah ada.

Rumus umum menentukan tegangan maksimum dan intensitas tegangan :

Rumus tegangan maximum :

$$\sigma_{max} = \frac{F_{max}}{A} \quad (2.1)$$

F_{max} : Gaya maximum yang diterapkan (N)

A : Luas penampang material (m²)

Rumus ketangguhan patah (K_{IC})

$$K_{IC} = \frac{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma (r_0 + r_c)^{1-\lambda_1}}{(1 + (1 + \frac{r_c}{r_0})^{\mu_1 - \lambda_1}) n_{\theta\theta}(0)} \quad (2.2)$$

K_{IC} : Fracture toughness (MPa)

σ : Tegangan pada material (MPa)

Adapun beberapa pengujian material yang biasa dilakukan yaitu :

2.2.1 Pengujian tarik

Uji tarik adalah metode pengujian dalam pengujian bahan mekanis, untuk penentuan karakteristik bahan. Tergantung pada materialnya, pengujian digunakan sebagai metode standar sesuai dengan standar masing – masing untuk penentuan kekuatan luluh, kekuatan tarik, regangan putus dan sifat material lainnya.

Pengujian tarik secara rekayasa umum dilakukan untuk melengkapi informasi dasar terkait kekuatan mekanik suatu material, sekaligus berfungsi sebagai data penunjang dalam penentuan spesifikasi teknis bahan. Dalam uji tarik, spesimen dikenai gaya tarik aksial yang meningkat secara bertahap dan terus-

menerus, sambil diamati perubahan panjang yang terjadi pada spesimen selama proses pengujian berlangsung (Davis, Troxell, & Wiskocil, 1955). Kurva tegangan-regangan rekayasa diperoleh dari hasil pengukuran terhadap perpanjangan spesimen selama pembebanan. Tegangan yang ditampilkan pada kurva merupakan tegangan aksial rata-rata, dihitung dengan membagi gaya tarik yang diberikan dengan luas penampang awal spesimen uji (Achmad S.A., 2022).

Pada pengujian tarik suatu benda uji diregangkan sampai putus. Tingkat regangan yang diterapkan harus rendah, sehingga hasilnya tidak terdistorsi. Selama uji tarik, gaya dan ekstensi spesimen diukur.



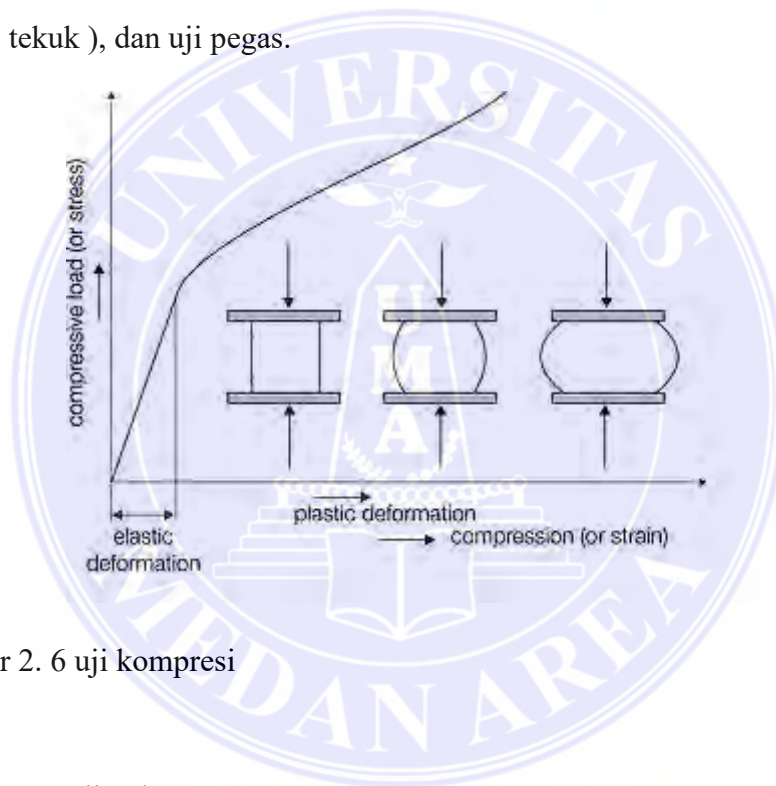
Gambar 2. 5 uji tarik

2.2.2 Pengujian kompresi

Uji kompresi dilakukan untuk mengkarakterisasi perilaku material dibawah pembebanan tekan. Selama pengujian, tekanan diterapkan pada spesimen menggunakan pelat kompresi atau alat khusus yang dipasang pada mesin uji

universal untuk menentukan berbagai sifat material yang diuji. Data pengujian memberikan hasil dalam bentuk stress-strain diagram yang menampilkan batas elastis, batas proporsionalitas, yield point dan dalam beberapa kasus kuat tekan.

Tes kompresi dimana spesimen ditekan bersamaan pada dasarnya kebalikan dari uji tarik, yang menarik spesimen terpisah. Pengujian dapat dilakukan pada spesimen bahan mesin atau pada ukuran penuh atau model skala komponen sebenarnya. Jenis uji kompresi yang umum termasuk uji beban atas (tekan), uji lentur (tekuk), dan uji pegas.



Gambar 2. 6 uji kompresi

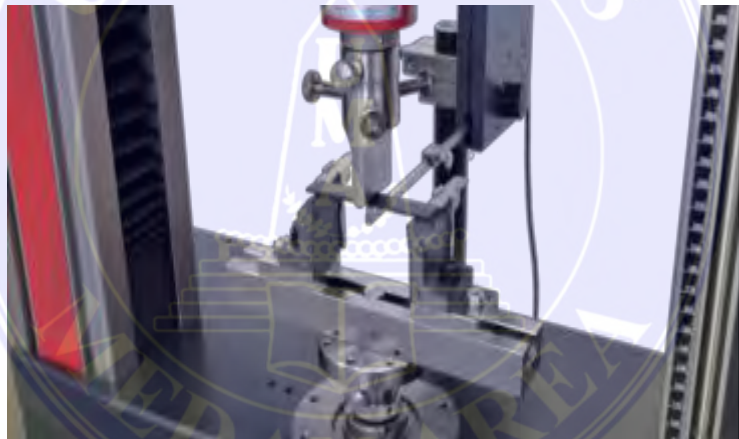
2.2.3 Pengujian lentur

Seiring dengan pengujian tarik dan uji kompresi, uji kelenturan merupakan salah satu jenis pembebanan yang paling sering terjadi dalam praktik. Oleh karena itu, pengujian terhadap berbagai macam bahan menjadi sangat penting. Uji lentur digunakan untuk menentukan sifat mekanik baja, plastik, kayu, kertas, keramik dan bahan lainnya.

Hasil dari kelenturan menunjukkan khususnya perilaku material didekat permukaan spesimen. Defleksi yang diukur kira – kira empat kali lebih besar dari pada ekstensi dalam uji tarik.

Hasil tes yang umum meliputi :

- Pengujian kekuatan material
- Perhitungan tegangan dan regangan lentur
- Modulus lentur
- Ketahanan lentur
- Tekanan pada perpanjangan 3,5 %
- Tegangan dan perpanjangan pada titik luluh dan pada saat spesimen putus, dll.



Gambar 2. 7 uji lentur

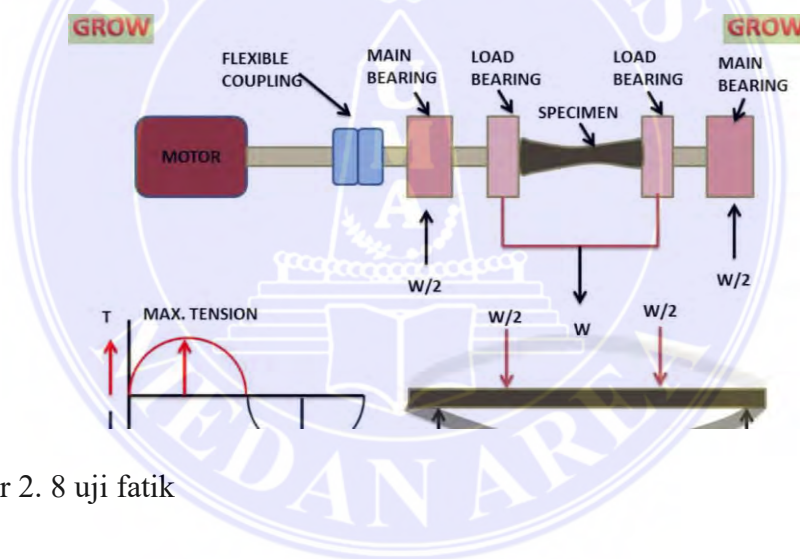
2.2.4 Pengujian fatik

Uji fatik (*fatigue testing*) adalah metode pengujian material atau komponen untuk mengetahui bagaimana perilaku mereka ketika dikenakan beban yang berulang kali (siklus) dalam jangka waktu yang lama. Uji ini bertujuan untuk

mengevaluasi seberapa banyak siklus beban yang dapat ditahan oleh material sebelum terjadi kegagalan, keretakan, atau kerusakan.

Dalam dunia teknik, uji fatik penting karena banyak struktur, seperti jembatan, pesawat, dan kendaraan, mengalami beban siklis selama penggunaannya. Uji ini memberikan informasi tentang batasan ketahanan material terhadap kelelahan, membantu insinyur dalam merancang komponen yang lebih tahan lama dan aman.

Hasil dari uji fatik biasanya digambarkan dalam bentuk kurva S-N (*Stress-Number of cycles*), yang menunjukkan hubungan antara tegangan yang diterapkan dan jumlah siklus hingga material mengalami kerusakan.



Gambar 2. 8 uji fatik

2.2.5 Pengujian dinamik

Uji dinamik adalah metode pengujian material yang bertujuan untuk mengevaluasi perilaku material atau komponen saat dikenai beban yang berubah dengan cepat, seringkali pada kecepatan deformasi tinggi. Berbeda dengan uji statis (di mana beban diterapkan secara perlahan dan stabil), uji dinamik melibatkan

penerapan gaya, tekanan, atau benturan dengan cepat untuk menilai respons material terhadap kondisi ekstrim.

Beberapa jenis uji dinamik yaitu :

2.2.5.1 Pengujian impact

Uji impact (*impact testing*) adalah metode pengujian yang digunakan untuk menentukan ketangguhan atau ketahanan bahan terhadap beban benturan mendadak. Pengujian ini penting untuk memahami bagaimana bahan akan berperilaku ketika terkena kekuatan atau beban yang tiba-tiba, seperti dalam kondisi kecelakaan, benturan, atau jatuh. Pentingnya uji impact diberbagai industri seperti otomotif, kedirgantaraan, konstruksi, dan militer penting untuk memastikan keselamatan dan keandalan.

Menurut (Fikar.Z, 2017) Uji impact merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui kekuatan dan ketangguhan bahan akibat beban dengan laju kecepatan tinggi. Oleh karena itu uji impact banyak dipakai dalam bidang menguji sifat dinamik yang dimiliki oleh suatu material

Pengujian impact bertujuan untuk mengukur berapa energi yang dapat diserap suatu material sampai material tersebut patah. Pengujian impact ini merupakan respon terhadap beban yang tiba – tiba yang bertujuan mengetahui ketangguhan suatu bahan terhadap pembebanan dinamis, sehingga dapat diketahui apakah suatu bahan yang diuji rapuh atau kuat. Dasar pengujian impact ini adalah penyerapan energi potensial dari pendulum beban yang berayun dari suatu ketinggian tertentu dan menumbuk benda uji sehingga benda uji mengalami deformasi. Semakin banyak energi yang terserap maka akan semakin besar kekuatan impact dari suatu beban (W.Widiarat, dkk, 2017).

Jenis – jenis uji impak

1. Uji Charpy

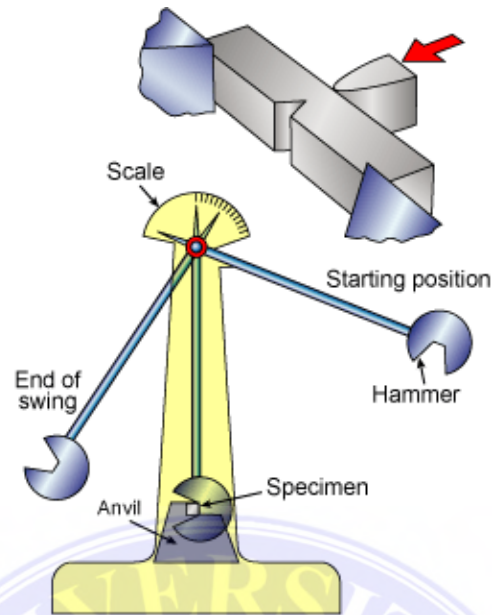
Ini adalah uji impak yang paling umum di mana sampel bahan yang berbentuk balok dengan alur berbentuk V diletakkan di antara dua penyangga dan dipukul dengan bandul ayun. Hasil pengujian diukur berdasarkan energi yang diserap bahan saat patah.

Kelebihan penggunaan uji charpy:

- a. Hasil uji lebih tepat
- b. Pelaksanaan lebih mudah dipahami dan diterapkan
- c. Menghasilkan tegangan yang seragam di setiap bagian penampang
- d. Pengujian berlangsung lebih cepat

Kekurangan penggunaan uji charpy :

- a. Hanya dapat diposisikan secara horizontal
- b. Spesimen bisa bergeser dari tumpuan karena tidak ada pengunci atau penjepit
- c. Uji coba hanya dapat dilakukan pada spesimen yang kecil



Gambar 2. 9 uji charpy

2. Uji Izod

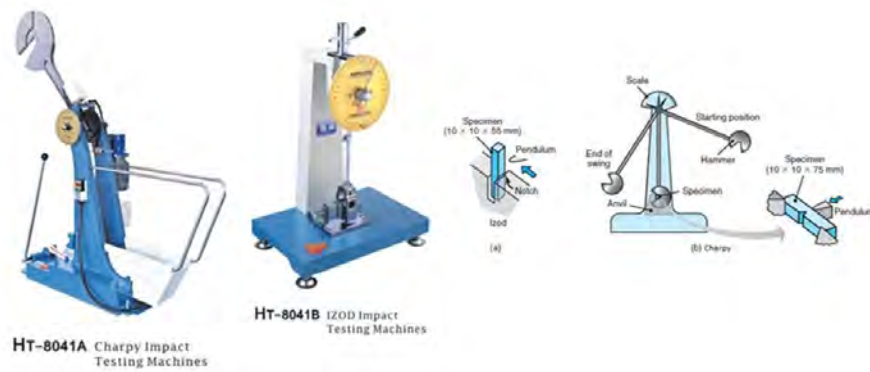
Serupa dengan uji Charpy, namun dalam uji ini, sampel dipasang vertikal dengan satu ujung dipegang erat dan ujung lainnya dipukul oleh bandul ayun.

Kelebihan penggunaan uji izod:

- a. Tumbukan terjadi tepat pada takikan, dan spesimen tidak mudah bergeser karena salah satu ujungnya di jepit
- b. Memungkinkan penggunaan spesimen yang lebih besar

Kekurangan penggunaan uji izod :

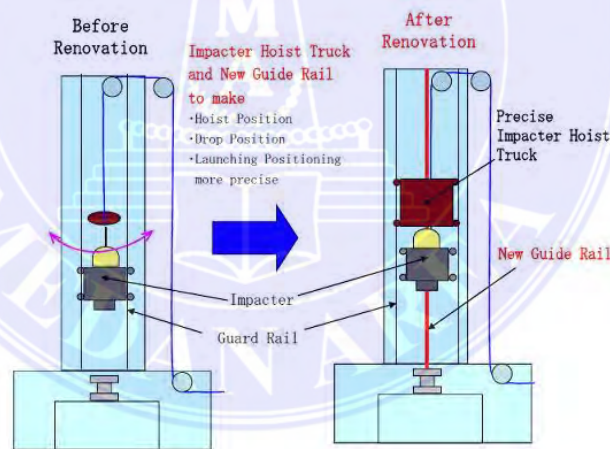
- a. Pengeluaran untuk pengujian lebih besar
- b. Pembebanan yang dilakukan hanya pada satu ujungnya, sehingga hasil yang diperoleh kurang maksimal
- c. Hasil patahan kurang maksimal.
- d. Waktu pengujian cukup lama, karena prosedur pengerjaan yang banyak



Gambar 2. 10 uji izod

3. Uji Drop Weight

Dalam pengujian ini, beban dijatuhkan dari ketinggian tertentu ke sampel untuk mensimulasikan benturan langsung. Biasanya digunakan untuk material elastik dan polimer.



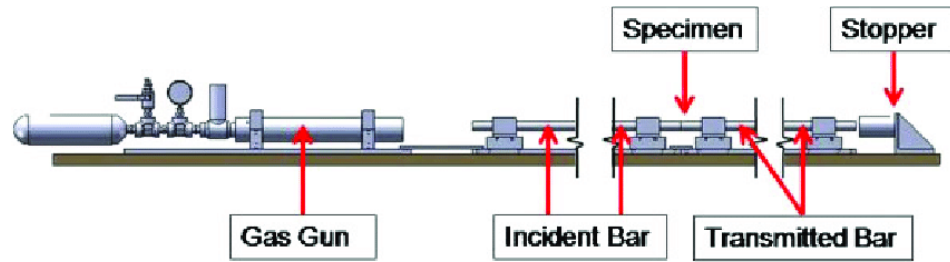
Gambar 2. 11 uji drop weight

2.2.6 Split Hopkinson Pressure Bar (SHPB)

Split Hopkinson Pressure Bar yang merupakan peralatan penting untuk mempelajari karakteristik dinamis logam, polimer, bahan tulang, beton, bijih, serat sintetis, dan padatan lainnya (Shan, R., Jiang, Y., & Li, B., 2000).

Split Hopkinson Pressure Bar pertama kali diperkenalkan oleh Bertram Hopkinson 1914. Hopkinson menggunakan prinsip tersebut untuk mengukur tekanan yang dikembangkan di sebuah bar saat ledakan terjadi di salah satu ujungnya, sebuah bar ditangguhkan dengan satu ujung yang melekat pada mekanisme peledakan dan ujung satunya dalam kontak magnetik dengan potongan waktu.

Ketika ledakan terjadi di satu sisi, sebuah denyut nadi bergerak melalui batang yang tersuspensi dan berdampak pada potongan waktu. Pada ujung bebas dari antarmuka potongan-batang waktu, potongan waktu memisahkan dari bar dan terbang ke dalam mekanisme perangkat momentum. Energi yang dicatat oleh perangkat momentum sesuai dengan energi dua kali panjang gelombang pulsa tekanan pada potongan waktu. Selanjutnya, prinsip Hopkinson digunakan oleh Robertson pada tahun 1921 dan oleh Landon dan Quinney pada tahun 1923. Teknik ini kemudian dimodifikasi pada tahun 1948 oleh Davies yang menggunakan kondensor untuk mengukur perpindahan di bar tekanan. Pada tahun 1949, Kolsky memodifikasi pengaturan lebih lanjut dengan menambahkan bar tekanan kedua dan meletakkan spesimen di antara kedua batang. Dia menggunakan mikrofon kondensor silindris untuk mengukur amplitudo pulsa tekanan yang dihasilkan dengan menembaki detonator di ujung bebas dari batang kejadian. Pada tahun 1963 J L Chiddister, dkk. memperkenalkan teknik untuk tes kompresi suhu tinggi. Pada saat yang akan datang, tes batang Hopkinson diperluas untuk melakukan pengujian torsi.



Gambar 2. 12 *split hopkinson pressure bar*

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

Bar tekanan Hopkinson adalah peralatan khusus untuk mempelajari sifat mekanik dinamis dari bahan di bawah keadaan tegangan satu dimensi. Ini digunakan untuk menentukan karakteristik tegangan dan regangan material di bawah dampak dinamis. Ini terutama digunakan untuk mendapatkan kurva tegangan-regangan bahan logam, bahan komposit.

2.2.6.1 Perkembangan Teknologi SHPB

Seiring perkembangan teknologi, SHPB telah mengalami berbagai modifikasi dan perbaikan. Beberapa peningkatan utama meliputi :

1. SHPB multibar untuk menguji berbagai laju regangan.

2. Penggunaan sistem optik dan sensor untuk pengukuran yang lebih akurat
3. Penggunaan material yang lebih bervariasi untuk batang pengiriman dan penerima, sesuai dengan kebutuhan eksperimen (misalnya, batang maraging steel atau titanium).

2.2.6.2 Pengaplikasian SHPB

SHPB (*Split Hopkinson Pressure Bar*) banyak digunakan dalam pengujian bahan – bahan seperti logam, polimer, komposit, dan material geologi.

Beberapa aplikasi spesifiknya meliputi :

1. Pengujian material pada laju regangan tinggi seperti yang terjadi pada kecelakaan, ledakan, atau tumbukan
2. Karakterisasi dinamis material untuk keperluan militer, otomotif, dan aerospace.
3. Penelitian tentang deformasi plastis dan patah pada material

2.3 Bentuk Cakram

Cakram memiliki beberapa arti,yaitu :

1. Senjata lempar yang digunakan oleh bangsa india kuno. Cakram berbentuk logam pipih dengan gerigi tajam di pinggirnya. Kata cakram berasal dari bahasa sanskerta yang berarti “roda”. Senjata ini muncul dalam mitologi Hindu dan wiracarita India seperti Mahabharata dan Ramayana.
2. Benda berbentuk piring yang digunakan dalam olahraga lempar cakram. Lempas adalah olahraga dengan melempar (lembing, peluru, martil, cakram) .Sedangkan cakram sebuah benda kayu yang berbentuk piring berbingkai sabuk besi. Jadi lempas cakram adalah salah satu nomor lomba dalam atletik yang

menggunakan sebuah benda kayu yang berbentuk piring bersabuk besi, atau bahan lain yang bundar pipih yang dilemparkan (Yundarwati, S., & Primayanti, 2018).

3. Komponen rem pada kendaraan bermotor, termasuk mobil, sepeda motor, dan sepeda. Rem cakram bekerja dengan menjepit cakram menggunakan dua kampas rem.

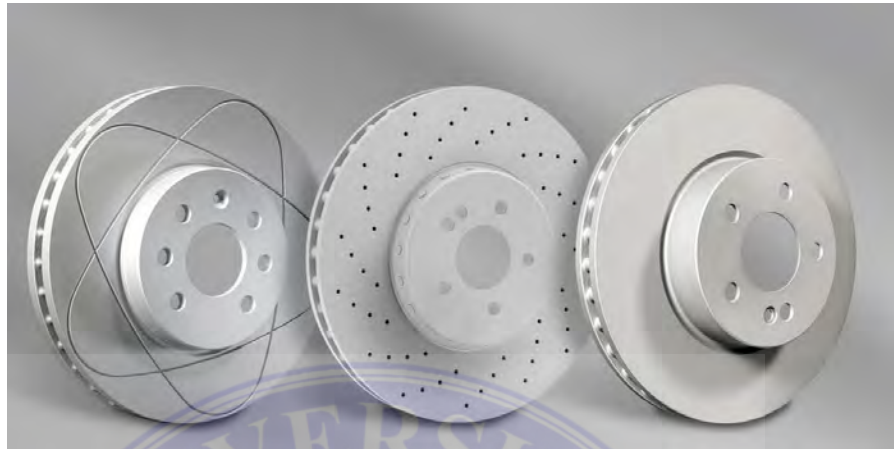
Cakram dalam material teknik dapat merujuk pada cakram rem dan cakram abrasif:

2.3.1 Cakram rem

Sistem rem cakram (*disc brake*) modern terdiri atas sebuah piringan (cakram) berbahan baja yang dijepit oleh kampas rem pada kedua sisinya ketika proses pengereman berlangsung (Suparta, I., 2024).

Menurut (Reddy,B.S.C. 2020)., pada kendaraan berperforma tinggi dibutuhkan sistem perakitan roda yang ringan, sehingga penggunaan cakram rem berbahan keramik menjadi lebih diutamakan dibandingkan besi tuang. Cakram rem keramik memiliki massa yang lebih ringan, ketahanan panas hingga $\pm 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$, serta sifat tahan korosi dan keausan yang lebih baik. Selain itu, material keramik memiliki kekerasan tinggi, rasio kekuatan terhadap berat yang baik, sifat tribologi dan isolasi

termal yang superior, serta umur pakai hingga sekitar 60 kali lebih lama dibandingkan cakram besi tuang standar.



Gambar 2. 13 cakram rem

2.3.2 Cakram abrasif

Cakram abrasif merupakan bagian dari alat untuk memotong, menghaluskan, atau mengampelas material. Cakram abrasif terbuat dari butiran abrasif yang dihancurkan dan disatukan dengan bahan pengikat. Butiran abrasif tersebut bisa terbuat dari aluminium oksida, silikon karbida, zirkonium, keramik, atau berlian.

Penggunaan cakram abrasif dalam industri baja sekunder tersebar luas, mulai dari pembuatan kapal dan pembuatan peralatan rumah tangga, komponen untuk sektor otomotif dan konstruksi, profil khusus, pipa dan peralatan listrik hingga pemeliharaan dan perbaikan peralatan, perkakas dan mesin.



Gambar 2. 14 cakram abrasif

Cakram keramik adalah benda berbentuk cakram yang terbuat dari material keramik dan dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, tergantung pada jenis dan sifat material keramik yang digunakan. Berikut adalah beberapa jenis cakram keramik berdasarkan penggunaan dan jenis materialnya:

1. Cakram Keramik untuk Rem (*Brake Disc*)

Material yang digunakan adalah Keramik komposit, yang biasanya menggabungkan karbon dan serat keramik. Pengaplikasiannya digunakan dalam sistem pengereman kendaraan, terutama pada mobil balap atau kendaraan performa tinggi. Cakram rem keramik ini terkenal karena tahan panas, ringan, dan memiliki performa pengereman yang lebih baik pada suhu tinggi.



Gambar 2. 15 cakram keramik untuk rem

2. Cakram Keramik Industri

Material yang digunakan adalah Alumina, zirconia, atau silikon karbida. Pengaplikasiannya digunakan dalam berbagai aplikasi industri seperti pompa, segel mekanis, atau bantalan. Jenis keramik ini terkenal karena kekerasannya, tahan terhadap abrasi, dan ketahanannya terhadap bahan kimia atau suhu tinggi.



Gambar 2. 16 cakram keramik industri

3. Cakram Keramik untuk Elektronik

Material yang digunakan adalah Keramik piezoelektrik atau keramik dielektrik (seperti barium titanate atau PZT). Pengaplikasiannya cakram keramik ini digunakan dalam komponen elektronik seperti transduser, sensor, dan kondensator. Keramik piezoelektrik dapat mengubah tekanan mekanis menjadi sinyal listrik, yang berguna dalam berbagai perangkat elektronik.



Gambar 2. 17 cakram keramik elektronik (kapasitor)

4. Cakram Keramik Hias atau Dekoratif

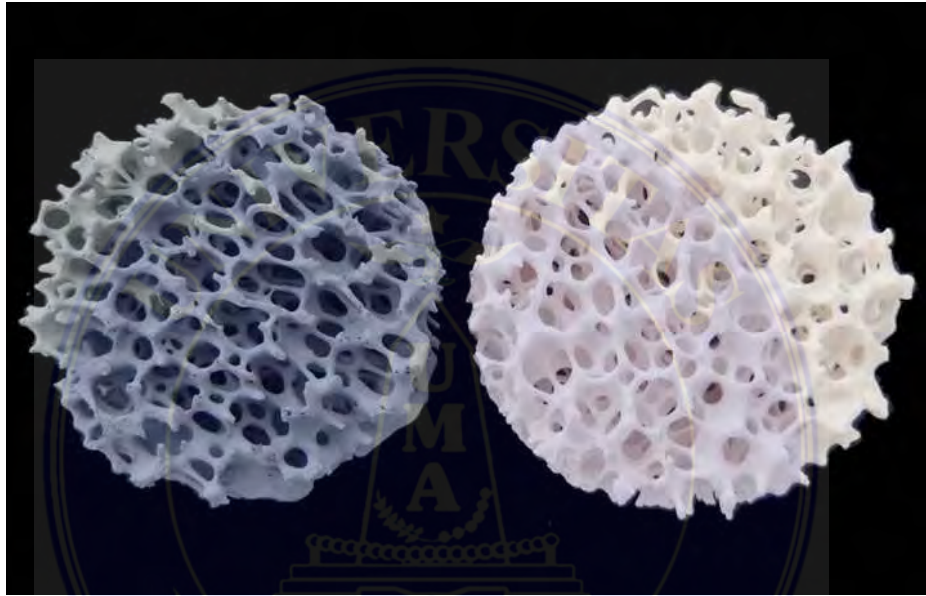
Material yang digunakan adalah Keramik tanah liat, porselen, atau stoneware. Pengaplikasiannya digunakan dalam seni keramik untuk piringan dekoratif, hiasan dinding, atau benda seni lainnya. Cakram ini sering kali dihias dengan glasir atau teknik pewarnaan lainnya.



Gambar 2. 18 cakram keramik hias

5. Cakram Keramik untuk Filter

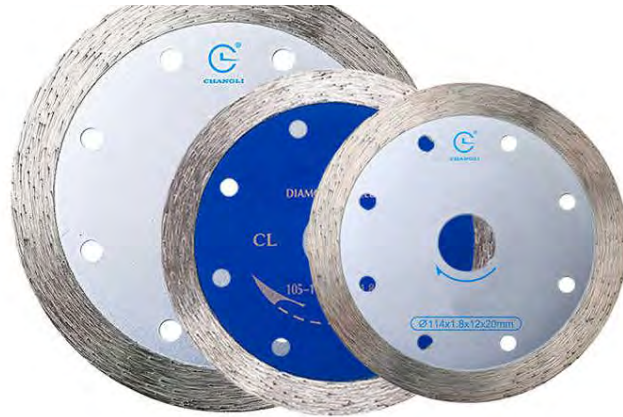
Material yang digunakan adalah Keramik porous (berpori), biasanya berbahan alumina atau silika. Pengaplikasiannya digunakan dalam sistem penyaringan air atau udara, di mana cakram keramik berpori bertindak sebagai filter yang efektif dalam menangkap partikel kecil sambil memungkinkan cairan atau gas melewati pori-pori.



Gambar 2. 19 cakram keramik untuk filter

6. Cakram Keramik untuk Alat Pemotong

Material yang digunakan adalah Silikon nitrida atau silikon karbida. Pengaplikasiannya digunakan dalam industri sebagai alat pemotong yang sangat tajam dan tahan lama. Cakram ini cocok untuk memotong material keras, seperti logam atau batu.



Gambar 2. 20 cakram keramik untuk alat potong

Setiap jenis cakram keramik dibuat dengan spesifikasi tertentu sesuai dengan fungsi yang diinginkan, terutama berdasarkan ketahanan suhu, kekerasan, dan daya tahan terhadap korosi atau abrasi.

Keramik berbentuk cakram dengan takik V merujuk pada desain atau bentuk spesifik dari objek keramik yang memiliki takik berbentuk huruf "V" di salah satu sisinya. Ini bisa memiliki beberapa konteks, seperti:

1. Penggunaan Teknik Mekanik

Dalam dunia teknik dan mekanik, cakram dengan takik berbentuk V dapat digunakan sebagai bagian dari sistem roda gigi, transmisi, atau alat-alat lain yang membutuhkan cakram berfungsi dalam kaitannya dengan bentuk V ini, seperti untuk memastikan pemasangan atau penguncian yang tepat.

2. Desain dan Fungsionalitas

Seni atau kerajinan keramik, takik berbentuk V pada cakram bisa memiliki fungsi estetis atau praktis. Takik ini bisa menjadi detail dekoratif atau elemen fungsional, seperti saluran untuk menempatkan benda lain, atau penopang dalam struktur keramik.

3. Elemen Struktural dalam Arkeologi

Dalam konteks arkeologi, jika cakram keramik dengan takik V ditemukan, bentuk ini mungkin memiliki tujuan spesifik dalam budaya tersebut. Mungkin digunakan sebagai bagian dari alat, dekorasi, atau bahkan komponen struktural dalam bangunan atau artefak.

2.4 Beban Dinamis

Menurut Widodo (2001), beban dinamis merupakan jenis beban yang berubah-ubah terhadap waktu (bersifat *time-varying*), sehingga besarnya merupakan fungsi dari waktu. Clough dan Panzien (1993) mendefinisikan beban dinamis sebagai beban yang besarnya, arah, dan/atau lokasinya mengalami perubahan seiring waktu (*“Dynamic load is any load of which its magnitude, direction, and/or position varies with time”*). Dengan demikian, beban dinamis dapat dipahami sebagai beban yang tidak konstan dan dipengaruhi oleh dimensi waktu.

Perubahan beban ini dapat disebabkan oleh aktivitas alat atau sistem yang sedang beroperasi. Sebagai contoh, pada penggunaan sepeda statis, energi kayuhan yang dihasilkan pengguna menciptakan beban dinamis. Variasi kecepatan kayuhan—baik lambat maupun cepat—akan memengaruhi besar kecilnya nilai beban dinamis yang terjadi (Satria, A. B., & Ramadhan, M. R., 2020).

Rumus dasar beban dinamis :

$$F = m \cdot a \quad (2.3)$$

F : Beban dinamis (N)

m : massa objek (kg)

a : Percepatan akibat gaya dinamis (m/s^2)

2.4.1 Klasifikasi beban dinamis

Beban dinamis dibagi dalam 3 kategori :

1. Beban Periodik (berulang)

Beban yang berubah secara berulang dalam waktu, seperti beban yang dihasilkan oleh mesin yang berputar atau getaran yang harmonis

2. Beban Kejut (*impuls*)

Beban yang terjadi secara mendadak dalam waktu singkat, misalnya pukulan palu atau ledakan

3. Beban Acak (*random*)

Beban yang tidak memiliki pola tertentu, misalnya gaya yang dihasilkan oleh gempa bumi atau turbulensi angin.

Beban dinamik dapat menyebabkan timbulnya gaya inersia pada pusat massa yang arahnya berlawanan dengan arah gerakan, beban dinamis lebih kompleks dari pada beban statis baik di tinjau dari bentuk fungsi bebannya maupun akibat yang di timbulkan.

Faktor yang memengaruhi beban dinamik pada struktur adalah fungsi beban dan fungsi waktu. Hal ini menyebabkan struktur juga akan berubah-ubah terhadap waktu (Meyers, 1994). Oleh karena itu, penyelesaian persoalan dinamik harus dilakukan secara berulang-ulang mengikuti sejarah pembebanan yang ada. Jika penyelesaian problem statik bersifat tunggal (*single solution*), maka dalam penyelesaian masalah statik bersifat tunggal (*single solution*), dan dalam penyelesaian masalah dinamik bersifat berulang-ulang (*multiple solution*).

Pada saat bergetar bahan dari struktur akan melakukan resistensi terhadap getaran atau gerakan, pada umumnya dikatakan bahan yang bersangkutan

mempunyai kemampuan untuk meredam getaran. Dengan demikian pada pembebanan dinamik akan terdapat peristiwa redaman yang hal ini tidak terdapat pada pembebanan statik.

Contoh beban dinamik :

1. Getaran yang diakibatkan oleh gerakan kendaraan.
2. Getaran yang diakibatkan oleh suara yang keras, seperti mesin jet pesawat.
3. Angin dengan kecepatan tinggi dan menerpa suatu struktur bangunan dan di ekuivalenkan sebagai suatu gaya yang bekerja sekaligus menggetarkan struktur bangunan.

2.4.2 Metode Analisis Beban Dinamis

Metode analisis beban dinamis dibagi menjadi 3 bagian yaitu :

1. Analisis modal

Teknik ini digunakan untuk menentukan mode getaran alami dari struktur dan responnya terhadap beban dinamis.

2. Analisis spektrum respons

Analisis ini biasanya digunakan dalam desain tahan gempa untuk memprediksi respon struktur terhadap gerakan tanah.

3. Metode elemen hingga (*Finite Elemen Method* – FEM)

Analisis dengan metode elemen hingga merupakan salah satu metode numerik yang dapat di gunakan untuk menyelesaikan masalah struktural, thermal dan elektromagnetik. Dalam metode ini seluruh masalah yang kompleks seperti variasi bentuk, kondisi batas dan beban dapat di selesaikan dengan metode pendekatan (Adiansyah, dkk, 2018).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1 Waktu

Waktu penelitian akan dilaksanakan bersamaan dengan keluarnya surat keputusan tugas akhir dengan jadwal tugas akhir seperti pada tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Jadwal Waktu dan Kegiatan saat melakukan penelitian

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

3.1.2 Tempat Penelitian

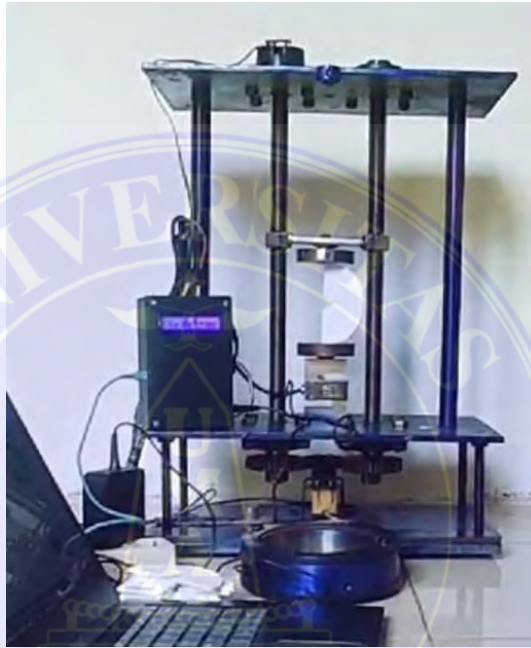
Tempat penelitian ini dilakukan sebagai bagian dari tugas akhir di laboratorium Teknik Mesin Universitas Medan Area, Kampus 1, Jalan Kolam.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

1. Alat Uji Statis

Mesin yang digunakan pada pengujian ini memiliki kapasitas *load cell* 100 kilogram, dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Alat Uji Statis

2. Alat Uji Dinamis

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, dapat dilihat seperti pada gambar 3.2.

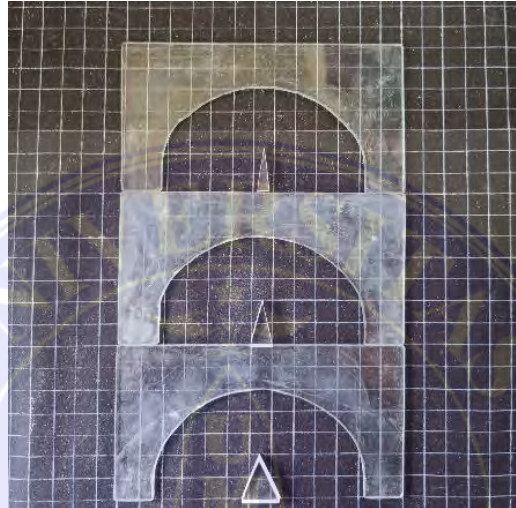
Gambar 3. 2 *Split Hopkinson*

Berikut adalah daftar komponen pada alat uji dinamis *Spilt Hopkinson Pressure Bar* (SHPB) :

No	Nama komponen	Fungsi
1	Plat baja	Sebagai meja landasan alat uji
2	Poros baja diameter 19 mm	Sebagai striker bar
3	Poros baja diamter 19 mm	Sebagai batang penerus (transmition bar)
4	Bearing duduk	Sebagai tumpuan batang striker dan batang penerus
5	Pipa steam selongsong	Sebagai rumah stiker bar yang berisi udara bertekanan
6	Tabung udara	Untuk tempat penyimpanan udara bertekanan
7	Mesin kompresor	Sebagai penyuplai udara pada tabung
8	Selang kompresor	Untuk saluran transmisi udara dari kompresor
9	Elektrik valve	Sebagai pengatur untuk mengendalikan aliran udara
10	Strain gauge	Sebagai sensor pembaca untuk pengukur regangan
11	Presuure gauge	Sebagai sensor pembaca tingkat angin
12	Power supply	Mengubah tegangan AC ke DC
13	Plat baja persegi	Sebagai dudukan spesimen dan stoper
14	Dudukan tabung	Untuk menenpatkan tabung pada posisi vertikal
15	Tombol start push	Untuk memulai pengoprasian alat
16	Keran komresor	Mengatur buka tutup udara
17	Flexible hose	Saluran transmisi udara bertekanan
18	MCB	Sebagai sistem proteksi instalasi
19	Saklar (switch)	Mengontrol rangkaian aliran listrik

2. Cetakan

Alat yang digunakan dalam pembentukan material keramik untuk membuat spesimen berbentuk cakram atau piringan. Cetakan cakram ini terbuat dari kaca dengan ukurang 36 cm x 36 cm dengan ketebalan 3 mm, dapat dilihat seperti pada gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Cetakan

3. Mixer

Alat yang digunakan untuk mencampur bahan bahan pembuatan keramik. Jenis mixer yang digunakan adalah jenis mixer genggam (Philips HR-1552 Putih, 220 V, 170 W, 50 Hz) dan jenis mata mixer yang digunakan yaitu paddle, dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Mixer

4. Wadah Plastik

Wadah berbentuk cekung yang terbuat dari bahan plastik, yang digunakan sebagai media untuk melakukan pencampuran bahan-bahan pembuatan keramik, dapat dilihat seperti pada gambar 3.5.



Gambar 3. 5 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 keramik, dapat dilihat seperti pada gambar 3.6.



Gambar 3. 6 Timbangan

3.2.2 Bahan

Bubuk keramik DIY adalah inovasi material yang memungkinkan individu atau komunitas untuk membuat keramik secara mandiri dengan bahan-bahan yang mudah didapat dan proses yang sederhana. Keunggulan utama dari bubuk keramik DIY adalah kemudahan pengolahannya, karena tidak memerlukan peralatan khusus atau suhu tinggi seperti pembuatan keramik konvensional.

Adapun komposisi dari bubuk keramik DIY ini terdiri dari beberapa bahan pencampuran yaitu : *Kaolin* (tanah liat putih) sekitar 45 % yang memberikan sifat plastis dan putih saat dibakar, *Feldspar* (*kalium feldspar* atau *natrium feldspar*) sekitar 25 % sebagai flux untuk menurunkan suhu leleh campuran, dan Silika (pasir kuarsa) sekitar 30 % sebagai kekuatan dan struktur setelah pembakaran.



Gambar 3. 7 Bubuk keramik DIY

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.

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 terkendai. Adapun sistematika pada studi eksperimental analisis fraktur material keramik berbentuk cakram pada takik V akibat beban dinamis adalah sebagai berikut :

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

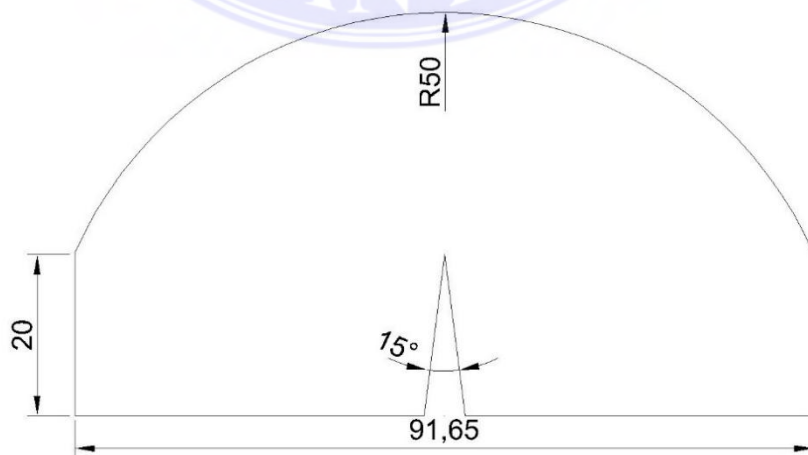
4. Menganalisa hasil yang didapatkan dan membandingkan hasil dari masing masing material keramik yang diuji menggunakan mesin Split Hopkinson Pressure Bar untuk mengetahui kekuatan bahan keramik.
5. Menarik kesimpulan dari hasil pengujian.

3.4 Populasi dan Sampel

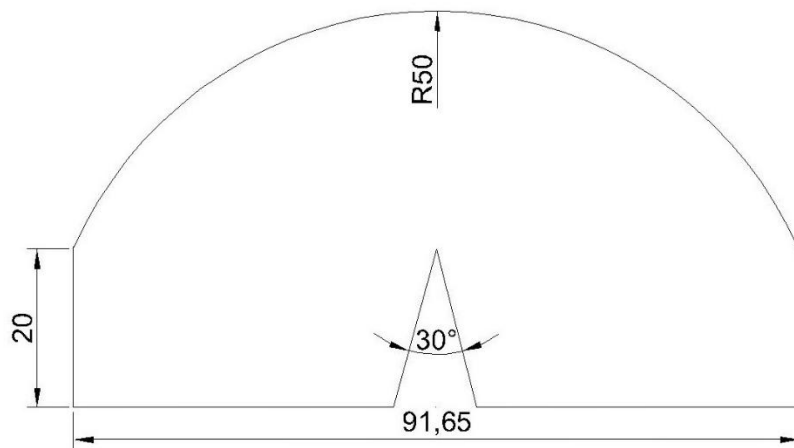
Takik V merupakan bentuk lekukan atau celah yang sering kali diterapkan pada berbagai komponen struktural atau material untuk mempengaruhi distribusi tegangan. Dalam rekayasa material dan mekanika fraktur, takik V digunakan untuk mengkaji bagaimana struktur material bereaksi terhadap beban atau tegangan,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

Tabel 3. 2 Variasi spesimen yang akan diuji

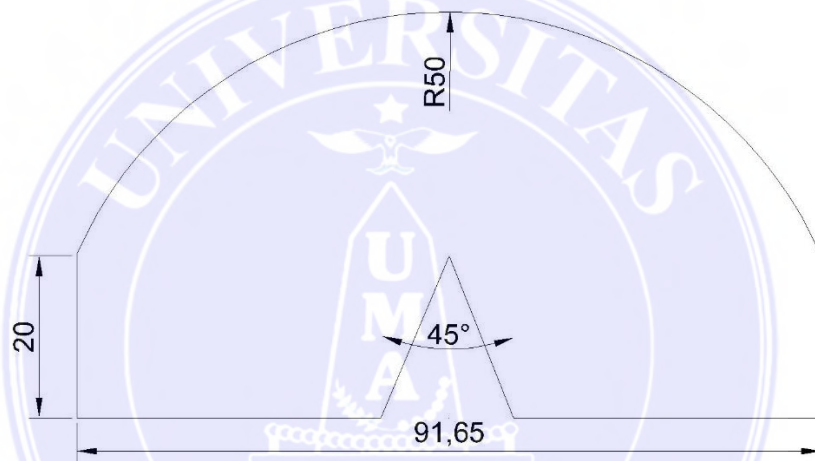
No	Diameter Spesimen (mm)	Tebal (mm)	Sudut Takik (°)	Kedalaman Takik (mm)	Jumlah Spesimen
1	100	3	15	20	3
2	100	3	30	20	3
3	100	3	45	20	3



Gambar 3. 8 Gambar teknik spesimen 2D 15°



Gambar 3. 9 Gambar Teknik Spesimen 2D 30⁰



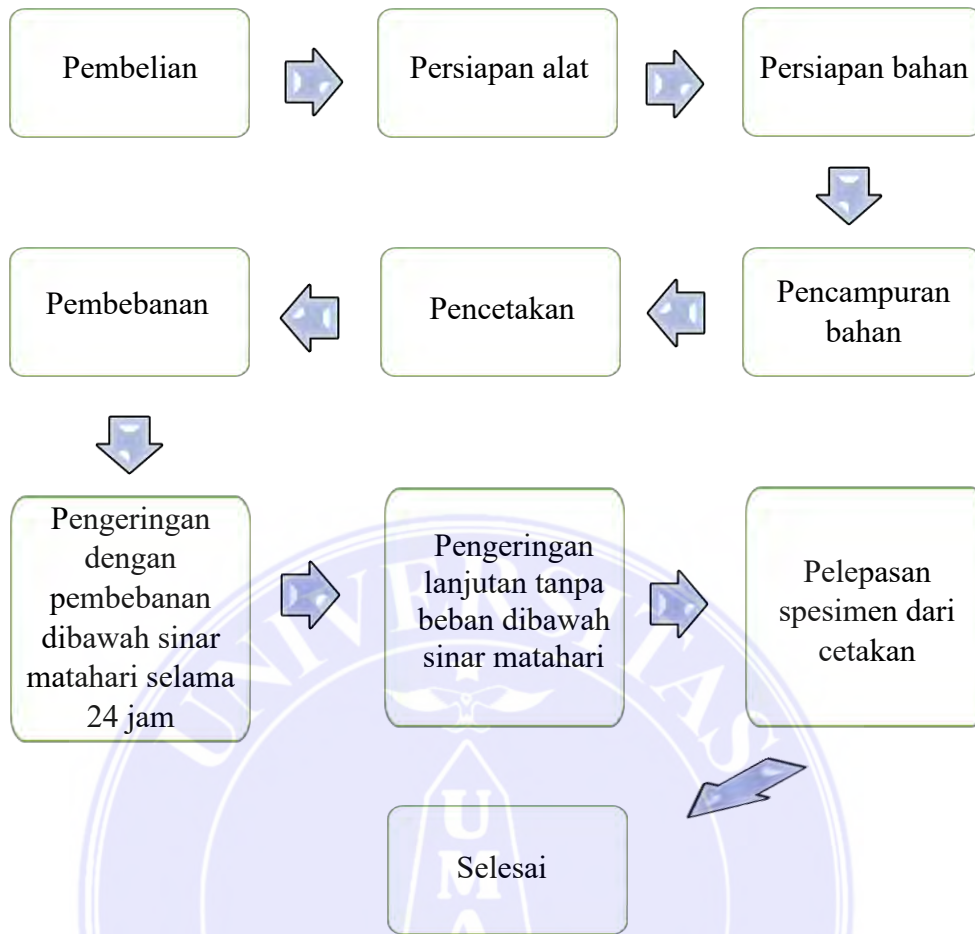
Gambar 3. 10 Gambar Teknik Spesimen 2D 45⁰

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 Pembuatan

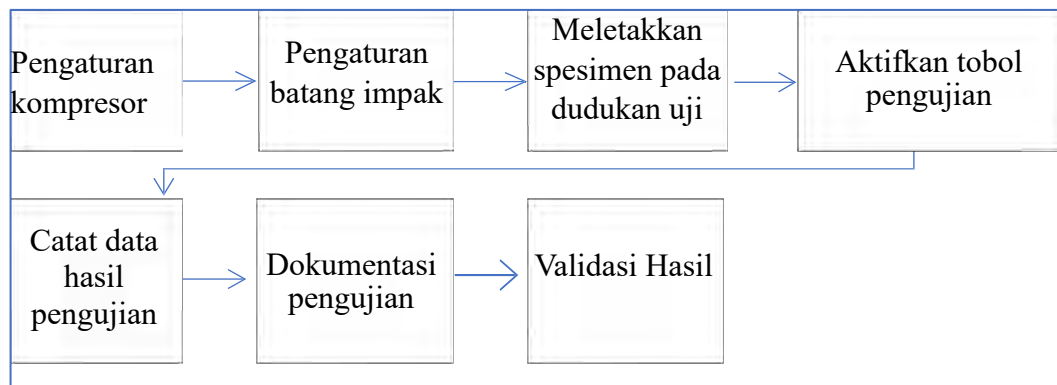
Pembuatan spesimen dilakukan dengan beberapa tahapan, dimulai dari persiapan bahan bahan pembuatan material sampai terbentuk menjadi spesimen sesuai dengan dibutuhkan.



Gambar 3. 11 Diagram alir pembuatan spesimen

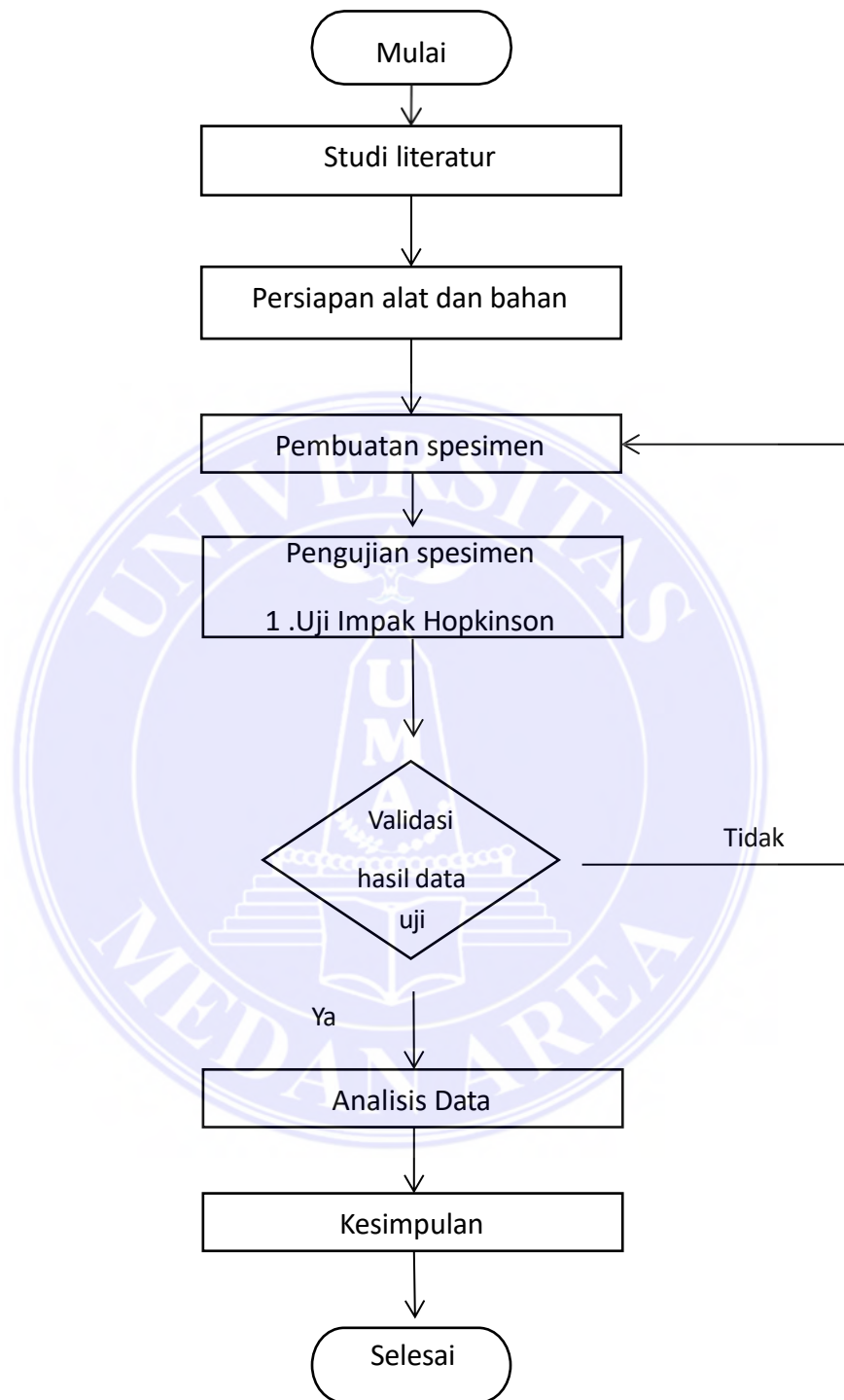
3.5.2 Prosedur Pengujian

Dalam proses pengujian spesimen dengan tujuan untuk menganalisis fraktur yang terjadi, dimulai dari mempersiapkan spesimen yang akan diuji sampai memvalidasi hasil dapat dilihat pada gambar 3.12.



Gambar 3. 12 Diagram Alir Pengujian

3.5.3 Diagram Alir



Gambar 3. 13 Diagram Alir Penelitian

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

1. Penelitian ini berhasil melakukan proses pembuatan dan pengujian spesimen uji impak batang dari material keramik berbentuk cakram dengan takik V untuk mengamati perilaku fraktur akibat beban dinamis.
2. Dari hasil pengujian dan analisis, dapat disimpulkan bahwa material keramik menunjukkan karakteristik fraktur tertentu pada area takik V, yang dapat digunakan untuk memahami ketahanan dan pola kerusakan material terhadap beban dinamis.
3. Analisis ini memberikan gambaran penting tentang kekuatan impak dan mekanisme patah pada keramik dengan geometri takik yang spesifik.

5.2 Saran

1. Melaksanakan pengujian dengan material keramik yang melalui proses pembakaran untuk mengetahui ketangguhan fraktur.
2. Melaksanakan pengujian dengan jenis material yang berbeda untuk mengetahui ketangguhan fraktur.
3. Melakukan penelitian tentang desain takik untuk mengurangi konsentrasi tegangan dan meningkatkan ketahanan material terhadap fraktur.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad Syarifudin Anwar. 2022. Analisis Sifat Mekanik Komposit Rami Epoxy dengan Penambahan Silikon Karbida (SiC) Sebagai Bahan Plate Rompi Anti Peluru. 15-19.
- Adiansyah, Y., Isranuri, I., Hamsi, A., Sabri, M., & Syam, B. S. (2018). Simulasi Tegangan Propeller Al-Mg Yang Dirancang Untuk Propeller Rendah Bising Dinamis, *6*(3), 12-12.
- Asmuni. 2008. Karakterisasi Pasir Kuarsa (SiO₂) dengan Metode XRD. FMIPA Universitas Sumatera Utara
- Berto, F., Lazzarin, P., & Ayatollahi, M. R. (2013). *Brittle fracture of sharp and blunt V-notches in isostatic graphite under pure compression loading. Carbon, 63, 101–116.*
- Callister, Jr., W. (2007). *Materials Science and Engineering*. America: United States of America.
- Clough, R.W. dan Penzien, J. (1993). *Dynamics Of Structures*. MCGraw-Hill, Inc., Singapore.
- Davis, Troxell, dan Wiskocil,(1955) Pada uji tarik, benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji.
- Fikar, Z. (2017). Perancangan Alat Uji Impak Charpy Sederhana Untuk Material Logam Baja ST 30. *Journal Of Mechanical Engineering Manufakures Materials and Energy, 1*(1), 1-9.
- Joelianingsih. 2004. Peningkatan Kualitas Genteng Keramik dengan Penambahan Sekam Padi dan Daun Bambu. Makalah Pribadi Falsafah Sains (PPS 702). ITB.
- Kashcheev, I. D., & O. V. Turlova. 2010. Physical-Chemical Properties of Ceramic Mix Using Nizhnevel'skoe Clay. *Journal Glass and Ceramic. Vol. 67, Nos. 5-6, 2010, 173-175.*
- Meyers, M. A. (1994). *Dynamic Behavior of Materials*. John Wiley & Sons.
- Parno. 1997. Keramik: Karakteristik, Pembuatan dan Penggunaannya. Foton, Vol.1 No.1, Februari 1997.
- Praptopo Sumitro, dkk, Keramik, Balai Besar Keramik, Bandung, 1984, hal 15
- Qodari, M. T. 2010. Karakterisasi Lempung dari Daerah Pagedangan Kecamatan Turen Kabupaten Malang dan Daerah Getaan Kecamatan Pagelaran Kabupaten Malang. Skripsi. Jurusan Kimia. UIN Malang.
- Reddy, B. S. C. (2020). Design and Thermal Behaviour of Brake Discs with Various Ceramics for Effective Heat Transfer. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology, 8*(8), 792–796. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2020.31035>

- Satria, A. B., & Ramadhan, M. R. (2020). VRBIKE Sistem Sepeda Statis Menggunakan Beban Dinamis Berbasis Realitas Virtual Yang Tersinkronisasi Dengan Konten Video 360 Derajat. *eProceedings of Applied Science*, 6(2).
- Sari, N. H. (2018). *Material Teknik*. CV Budi Utama.
- Shan, R., Jiang, Y., & Li, B. (2000). *Obtaining dynamic complete stress–strain curves for rock using the Split Hopkinson Pressure Bar technique. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 37(6), 983–992.
- Stach, S. (2014). *Modelling fracture processes in orthopaedic implants. Computational Modelling of Biomechanics and Biotribology in the Musculoskeletal System*, 331–368.
- Suparta, I. (2024). Desain Perangkat Uji Pengereman Cakram Kendaraan Bermotor. *Scientica: Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*, 2(12), 298-303.
- Torabi, A. R., & Ayatollahi, M. R. (2014). *Compressive brittle fracture in V-notches with end holes. European Journal of Mechanics - A/Solids*, 45, 32–40.
- Torabi, A. R., Firoozabadi, M., & Ayatollahi, M. R. (2015). *Brittle fracture analysis of blunt V-notches under compression. International Journal of Solids and Structures*, 67-68, 219–230.
- Torabi, A.R.; Mohammadi, S.; Saboori, B.; Ayatollahi, M.R.; Cicero, S. Tensile-Tearing Fracture Analysis of U-Notched Spruce Samples. *Materials* 2022, 15, 3661.
- W. Widiarta, N. Pasek Nugraha, K. Rihendra Dantes. 2017. Pengaruh Orientasi Serat Terhadap Sifat Mekanik Komposit Berpenguat Serat Alam Batang Kulit Waru (*Hibiscus Tiliaceust*) dengan Matrik Polyester.
- Widodo.(2001). *Respons Dinamik Struktur Elastik*. UII Press Jogjakarta, Jogjakarta.
- X. Guo, T. Heuz'e1, R. Othman, G. Racineux, (2014) “ Dynamic testing with modified Hopkinson-bar at very high-strain rate ” LUNAM Universit'e, GeM, UMR CNRS 6183, Ecole Centrale de Nantes, Universit'e de Nantes, France Mechanical engineering department, Faculty Engineering, King Abdulaziz University, Jeddah, 21589, Saudi Arabia.
- Yusuf.1998. "Keramik".<http://www.wikipedia.co.id>. diunduh pada tanggal 15 Agustus 2012; 14.25.
- Yundarwati, S., & Primayanti, I. (2018). Hubungan antara kekuatan otot lengan dan panjang lengan terhadap prestasi lempar cakram pada siswa kelas X SMAN 3 Praya tahun pelajaran 2015/2016. *Jurnal Ilmiah Mandala Education*, 2(1), 28-32.

