

**STUDI LAJU KEAUSAN DAN STABILITAS DIMENSI KAMPAS REM  
ORGANIK YANG MENGGUNAKAN KOMBINASI PARTIKEL  
CANGKANG TELUR DAN BAMBU**



**LAPORAN TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Dalam Menyelesaikan Program S-1 (S1)  
Pada Jurusan Teknik Mesin  
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa**

**Disusun Oleh:**

Adam Dzulfikhar Akbar

3331170061

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
CILEGON-BANTEN**

**2023**

## TUGAS AKHIR


### Studi Laju Keausan dan Stabilitas Dimesi Kampas Rem Organik Yang Menggunakan Kombinasi Partikel Cangkang Telur dan Bambu

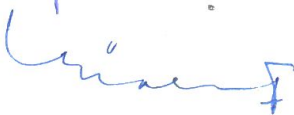
Dipersiapkan dan disusun Oleh :

**Adam Dzulfikhar Akbar**  
3331170061

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
pada tanggal, 13 Desember 2023

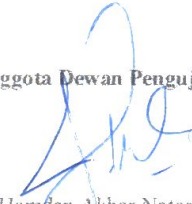
**Pembimbing Utama**

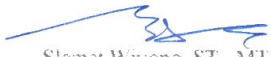
  
Sunardi, S.T., M.Eng.  
NIP. 197312052006041002

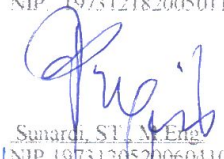



Dr. Dra. Rina Lusiani, MT.  
NIP. 195904141986032002

**Anggota Dewan Penguji**

  
Dr. Hamdan Akbar Notonegoro, S.Si., M.Si.  
NIP. 197901292010121002

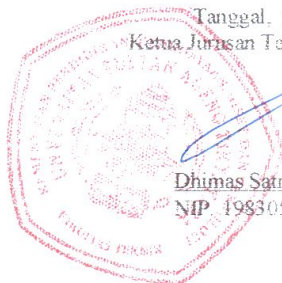
  
Slamet Wiyono, ST., MT.  
NIP. 197312182005011001

  
Sunardi, S.T., M.Eng.  
NIP. 197312052006041002

  
Dr. Dra. Rina Lusiani, MT.  
NIP. 195904141986032002

Tugas Akhir ini sudah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal, 26 Maret 2024  
Ketua Jurusan Teknik Mesin UNTIRTA



Dhimas Satria, S.T., M.Eng.  
NIP. 198305102012121006

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang Bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Adam Dzulfikhar Akbar

NPM : 3331170061

Judul : Studi Laju Keausan Dan Stabilitas Dimensi Kampas Rem Organik Yang Menggunakan Kombinasi Partikel Cangkang Telur Dan Bambu.

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,

### MENYATAKAN

Bahwa skripsi ini hasil karya Sendiri dan tidak ada duplikat dengan karya orang lain, kecuali untuk yang telah disebutkan sumbernya.

Cilegon, Maret 2024



Adam Dzulfikhar Akbar  
NPM. 3331170061

## **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengganti kampas rem kendaraan dengan bahan alami seperti cangkang telur dan serat bambu guna mengurangi limbah dan bahaya bahan seperti asbes. Tiga variasi komposisi diuji untuk keausan, stabilitas dimensi, koefisien gesek, dan daya serap air. Hasil menunjukkan kandungan cangkang telur memengaruhi massa jenis komposit. Keausan menurun seiring peningkatan cangkang telur. Uji daya serap air menunjukkan variasi, mungkin karena porositas material. Tidak ada perubahan dimensi dalam uji stabilitas dimensi. Nilai koefisien gesek berkisar antara 0.244 N dan 0.278 N. Massa jenis bervariasi sesuai dengan komposisi cangkang telur. Keausan terendah terjadi pada variabel 3, sesuai dengan teori. Uji daya serap air menunjukkan variasi, mungkin karena porositas. Kesimpulannya, penelitian ini memberikan solusi berkelanjutan untuk lingkungan dan kesehatan.

**Keywords :** Kampas rem, Cangkang telur, Daya serap air, Massa jenis, Porositas material.

## KATA PENGANTAR

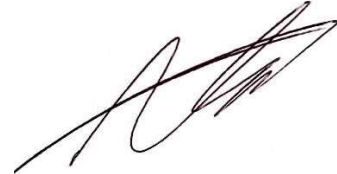
Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir pada jenjang perkuliahan ini. Proposal ini dibuat, untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan program strata-1 (S1) di jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Adapun pokok bahasan pada tugas akhir ini adalah : “Penguujian Resistansi Air Kemasan Berbahan Dasar Serat Padi Menggunakan Metode *Coating*”

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dhimas Satria, M.Eng. selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
2. Bapak Sunardi, S.T., M.Eng. selaku Pembimbing 1 dan Ibu Dra. Hj Rina Lusiani, M.T. selaku pembimbing 2 yang tiada henti menyalurkan ilmu pengetahuan dan mengimplementasikan kebaikan kepada penulis sehingga dapat melakukan penelitian dan penulisan proposal Tugas Akhir.
3. Ibu Miftahul Jannah, M.T sebagai koordinator Tugas Akhir yang telah mengabsahkan penulis untuk melakukan Tugas Akhir.
4. Para dosen Jurusan Teknik Mesin (JTM) Universitas Sultan Ageng Tirtayasa (UNTIRTA) yang telah berkenan untuk terus memberikan ilmu dan pengalamannya kepada penulis.
5. Saya mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua dan adik-adik saya atas dukungan moril dan materiil selama penulis melakukan kerja praktek, sehingga memungkinkan penulis untuk membuat proposal tugas akhir.
6. Tri Evi Yulianty, Cri Kalki Visoka, Romi Ahdi Fauzan, Saepullah selalu memberikan bantuan, dukungan dan menemani penulis dalam suka maupun duka selama proses belajar dalam Program Studi Teknik Mesin UNTIRTA.

Penulis mengharapkan masukan berupa kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penelitian, penulis menyadari adanya kekurangan dalam laporan tugas akhir ini.

Cilegon, 06 Maret 2023

A handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, overlapping strokes that form a stylized representation of the author's name.

Penulis

Adam Dzulfikhar Akbar

# DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>viii</b>
<b>BAB I LATAR BELAKANG .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika penulisan.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Komposit.....	4
2.2 Unsur Penyusun Komposit.....	5
2.3 Klasifikasi Rem.....	6
2.4 Kampas Rem .....	9
2.5 Serat Bambu.....	10
2.6 Cangkang telur .....	11
2.7 Resin Epoxy .....	12
2.8 Alumina.....	13
2.9 Zinc .....	13
2.10 Uji Keausan.....	14
2.11 Pengujian Daya Serap Air.....	15
2.12 Asbestos .....	15

2.13 Uji Koefisien Gesek .....	16
<b>BAB III DIAGRAM ALIR.....</b>	<b>18</b>
3.1 Diagram Alir .....	18
3.2 Alat dan Bahan.....	19
3.3 Prosedur Penelitian .....	22
3.4 Pembuatan Komposit .....	23
3.5 Pengujian Sampel.....	23
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>24</b>
4.1 Hasil dan Analisa Pengujian .....	24
4.1.1 Massa Jenis.....	24
4.1.2 Hasil Uji Keausan ( <i>Ogoshi</i> ).....	25
4.1.3 Hasil Uji Daya Serap Air.....	25
4.1.4 Hasil Uji Stabilitas Dimensi .....	26
4.1.5 Uji Koefisien Gesek .....	27
4.2 Pembahasan.....	28
<b>BAB V KESIMPULAN .....</b>	<b>30</b>
5.1 Kesimpulan .....	30
5.2 Rekomendasi.....	31



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Ilustrasi Rem Tunggal.....	8
<b>Gambar 2. 2</b> Ilustrasi Rem Blok Ganda.....	8
<b>Gambar 2. 3</b> Rem Cakera.....	9
<b>Gambar 2. 4</b> Rem Berbahan Baku Asbestos.....	9
<b>Gambar 2. 5</b> Kampas Rem Berbahan Baku Non-Asbestos.....	10
<b>Gambar 2. 6</b> Gaya Gesek.....	16
<b>Gambar 3. 1</b> Diagram Alir.....	18
<b>Gambar 3. 2</b> Gelas Ukur.....	19
<b>Gambar 3. 3</b> <i>Mixer</i> .....	19
<b>Gambar 3. 4</b> Ayakan Stanless.....	20
<b>Gambar 3. 5</b> Cangkang Telur.....	20
<b>Gambar 3. 6</b> Bambu.....	20
<b>Gambar 3. 7</b> Resin Epoksi.....	21
<b>Gambar 3. 8</b> Alumina.....	21
<b>Gambar 3. 9</b> <i>Zinc</i> .....	22
<b>Gambar 4. 1</b> Massa Jenis Spesimen.....	24
<b>Gambar 4. 2</b> Grafik Daya Serap Air.....	26
<b>Gambar 4. 3</b> Koefisien Gesek.....	28

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4. 1</b> Massa Jenis Material .....	24
<b>Tabel 4. 2</b> Pengukuran Massa Material .....	25
<b>Tabel 4. 3</b> Daya Serap Air .....	26
<b>Tabel 4. 4</b> Volume Spesimen.....	27
<b>Tabel 4. 5</b> Pengujian Koefisien Gesek.....	27
<b>Tabel 4. 6</b> Perbandingan Bambu .....	28
<b>Tabel 4. 7</b> Perbandingan Alumina .....	28
<b>Tabel 4. 8</b> Perbandingan Calcium Carbonat.....	28

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Cangkang telur merupakan limbah rumah tangga yang sangat mudah didapat. Cangkang telur dapat juga berasal dari buangan sampah peternakan ayam petelur. Kurangnya pengetahuan dan wawasan masyarakat mengenai pemanfaatan limbah cangkang telur mengakibatkan limbah tersebut dapat mencemari lingkungan. Cara adalah menangani cangkang telur yaitu, melakukan pengolahan menjadi kampas rem salah satunya. Namun, tidak banyak yang mengetahui juga bahwa cangkang telur dapat digunakan sebagai bahan campuran untuk pupuk organik cair. Sedangkan bambu memiliki sifat fisik batang yang padat, lurus dan keras serta mudah dibelah.

Untuk saat ini penggunaan kampas rem masih menggunakan bahan-bahan yang tidak dapat diperbaharui seperti asbes, semi metal, metal, dan keramik, (Khurmi, 2005). Jika bahan-bahan tersebut dieksploitasi secara terus-menerus maka akan habis, sedangkan kebutuhannya akan terus meningkat seiring bertambahnya produksi kendaraan bermotor. Selain tidak dapat diperbaharui bahan-bahan tersebut juga menimbulkan masalah kesehatan terutama asbes. Asbes dinyatakan berbahaya bagi kesehatan dikarenakan saat dilakukan proses pengereman menghasilkan debu yang bersifat karsinogenik atau bersifat racun.

Pada penelitian ini akan membuat material pengganti kampas rem dengan bahan alami berupa cangkang telur dengan serat bambu. Selain mudah didapatkan, bahan-bahan tersebut pemanfaatannya masih sangat terbatas. Bahan baku yang didapatkan dari cangkang telur akan terus ada selagi masih tersedia penjual martabak dan untuk serat bambu akan terus terdida juga selama pohonnya masih tersedia. Dengan adanya penelitian ini diharapkan kampas rem kendaraan bermotor yang sudah ada dapat digantikan dengan kampas rem organik berbahan alami yang tidak berbahaya bagi kesehatan dan lebih rambah lingkungan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat merumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mengetahui nilai sifat mekanik pada patikel bambu dan partikel cangkang telur menggunakan ujikeausan?
2. Bagaimana cara membandingkan dan menganalisa perbedaan nilai setiap fraksi volume?
3. Bagaimana cara menunjukkan spesimen yang memiliki nilai terbaik untuk digunakan pada penelitian lanjutan?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Agar penelitian terfokus pada hasil yang dicapai, maka harus ditentukan tujuan dari penelitian ini, secara umum penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui nilai sifat mekanik pada patikel bambu dan partikel cangkang telur dengan menggunakan pengujianuji keausan.
2. Dapat membandingkan dan menganalisa perbedaan nilai setiap pengujian.
3. Dapat menunjukkan spesimen yang memiliki nilai terbaik untuk digunakan pada penelitian lanjutan

## **1.4 Batasan Masalah**

Agar penelitian ini menjadi fokus dan lebih terarah, maka ruang lingkup penelitian berfokus pada:

1. Pada penelitian ini menggunakan limbah cangkang telur ayam dan serat bambu untuk dimanfaatkan sebagai kampas rem organik.
2. Pengujian yang dilakukan adalah uji keausan, uji resapan air, uji koefisien gesek.
3. Uji bahan kampas rem dilakukan dengan metode alat tribometer.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi seperti :

Untuk mahasiswa

- a. Sebagai syarat pemenuhan tugas akhir untuk meraih gelar sarjana.
- b. Mahasiswa dapat mengembangkan inovasi terbaru dari cangkang telur ayam dan serat bambu untuk mendapatkan kekuatan tekan dan keausan pada kampas rem yang lebih baik.

Untuk masyarakat

- a. Masyarakat diharapkan dapat merasakan manfaat dari peningkatan nilai ekonomi telur dan serat bambu serta mengetahui manfaat bahan tersebut sebagai kampas rem organik.

## 1.6 Sistematika penulisan

Dalam penulisan laporan penelitian ini memiliki sistematika penulisan sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi tentang komposit, unsur penyusun komposit, klasifikasi rem, kampas rem, serat bambu, cangkang telur, resin epoxy, alumina, zinc, uji keausan, uji kekerasan, deformasi.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Berisi tentang diagram alir penelitian, alat dan bahan, prosedur penelitian,

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berisi tentang hasil dan analisa pengujian, pembahasan,

### **BAB V KESIMPULAN**

Berisi tentang kesimpulan dan rekomendasi.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Komposit**

Komposit adalah kombinasi antara dua atau lebih dari tiga bahan yang memiliki sejumlah sifat yang tidak mungkin dimiliki oleh masing-masing komponennya (Surdia dan Saito, 1999).

Komposit adalah suatu bahan yang diperoleh dengan menggabungkan dua atau lebih komponennya melalui suatu campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik masing-masing komponen berbeda. Campuran ini membentuk material komposit dengan sifat mekanik yang berbeda dengan material moulding. Material komposit biasanya memiliki sifat material tradisional selama proses pembuatan dan pencampuran yang tidak homogen. Oleh karena itu, kita dapat dengan bebas mendesain kekuatan material komposit yang diinginkan dengan mengubah komposisi material cetakan. Sistem multifase berganda yang memiliki sifat gabungan, yaitu gabungan matriks atau bahan, disebut komposit (Aritonang, 2017).

Susunan dua unsur yang bekerja sama untuk menghasilkan sifat material yang berbeda dengan unsur penyusunnya dikenal sebagai bentuk dasar senyawa. Komposit terdiri dari matriks, bahan utama, dan beberapa jenis penguat yang ditambahkan untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan matriks. Penguat ini biasanya terdiri dari serat. Komponen terdiri dari lebih dari satu jenis material dan dirancang untuk menggabungkan sifat masing-masing komponen secara optimal (G. Estu Nugroho, 2017).

Material komposit umumnya terdiri dari dua fase, yaitu fase matrik dan fase sebar (reinforcement)/penguatan. Pengaturan geometri fase terdispersi memiliki pengaruh yang besar. Geometri dapat mencakup konsentrasi dispersi, ukuran, ketebalan lapisan dispersi, jarak tumpukan, dan orientasi. Polimer, logam, dan keramik biasanya fase matriks dan serat kaca, serat karbon, whisker, asbes, dan serat alami adalah fase terdispersi.

Bahan dasar pada penyusun kampas rem harus memiliki sifat kekerasan, keausan, serta tahan terhadap korosi. Salah satu bahan penyusun yang memiliki beberapa sifat tersebut adalah aluminium yang memiliki bobot yang ringan dan

kekuatan tarik 70 Mpa serta alumunium tahan terhadap korosi (Telang er al., 2010). Bahan penyusun kampas rem memiliki syarat-syarat yang harus dipenuhi menurut SAE, syarat-syarat tersebut ditampilkan pada tabel berikut.

**Tabel 2. 1** Standar bahan kampas rem SAE

Sifat Mekanik	Nilai Standar
Kekerasan (Rockwell)	101
Kekuatan Tarik (Mpa)	20 – 27
Konduktivitas Panas (W/Mk)	0.47 – 0.804
Koefisien Gesek	0.3 – 0.6

Pada **Tabel 2.1** menjabarkan standar bahan gesek sebuah kampas rem menurut SAE dengan berbagai uji, dalam sistem pengereman sesungguhnya, tekanan kontak minimal bervariasi antara 0.3 dan 2 MPa dan kecepatan gelincir antara 1 dan lebih dari 10 m/s. Sedangkan pengujian sampel untuk kendaraan balap dilakukan pada laju kendaraan 0-300 km/jam, tekanan kontak 0.1-10 MPa, suhu 20-900°C (Kerme, 2005).

## 2.2 Unsur Penyusun Komposit

Komposit berbeda dengan paduan, untuk menghindari kesalahan pengertian antara masing-masing dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Paduan adalah kombinasi antara dua bahan atau lebih dimana antarabahan tersebut terjadi peleburan pada umumnya paduan terdiri antara campuran logam dengan logam.
2. Komposit adalah kombinasi terekayasa dari dua bahan atau lebih dengan perwujudan berbagai sifat yang diinginkan yang dikombinasikan secara sistematis dalam kandungan kandungannya yang mungkin sangat berbeda tersebut. (Hartomo, 1992).
3. Komposisi, menurut definisi tambahan, adalah rangkaian dua atau lebih bahan yang digabungkan menjadi satu bahan secara mikroskopis sehingga bahan pembentuknya tetap terlihat seperti asli dan memiliki hubungan kerja diantaranya sehingga mampu menampilkan sifat-sifat yang diinginkan.

Dengan mengombinasikan beberapa bahan, Anda mendapatkan bahan yang berbeda dengan sifat yang lebih baik dari bahan aslinya, karena hanya sifat baik yang diwariskan dari masing-masing bahan. Sistem komponen dibangun sedemikian rupa sehingga sifat buruk dari bahan awal saling meniadakan. Dalam sistem komposit,

diperlukan dua jenis material sebagai komponen.

Material tersebut adalah :

a. Material Penguat (*Reinforcement*)

Bahan ini juga disebut penguat. Bahan penguat yang digunakan berupa partikel atau serat, sedangkan jenis penguat yang digunakan pada sistem komposit berupa karbida, nitrida dan oksida.

b. Material Pengikat (*Matriks*)

Materi ini juga disebut matriks. Jenis matriks yang umum adalah polimer, keramik atau logam (logam). Jenis matriks yang digunakan dalam sistem memberi nama senyawa. Misalnya: *Composite* Matriks Polimer (CMP), *Composite* Matriks Keramik (CMK), *Composite* Matriks Logam (CML).

Untuk mendapatkan produk yang efektif dari pembentukan sistem komposit, dua hal harus diperhatikan:

(1) Modulus elastisitas komponen penguat harus lebih besar dari modulus komponen matriks dan (2) Harus ada ikatan permukaan yang kuat antara komponen penguat dan matriks (Salam, 2007).

## 2.3 Klasifikasi Rem

Rem berfungsi untuk menghentikan putaran poros, mengontrol putaran poros, dan mencegah putaran yang tidak diinginkan. Secara mekanis, gesekan menyebabkan efek pengereman, dan secara listrik, dengan menggunakan serbuk magnet, fasa yang dibalik, arus pusar, arus searah yang dibalik, atau penukaran kutub, antara lain. Rem gesekan dapat dikategorikan lebih lanjut menjadi:

- A. Rem blok, yang dapat dibagi lagi atas rem blok tunggal dan ganda.
- B. Rem drum.
- C. Rem cakera.
- D. Rem pita.

Hanya rem blok tunggal dan ganda serta rem cakram yang dibahas dalam artikel ini karena merupakan jenis rem yang paling umum digunakan pada kendaraan bermotor.

### 2.3.1 Rem blok tunggal

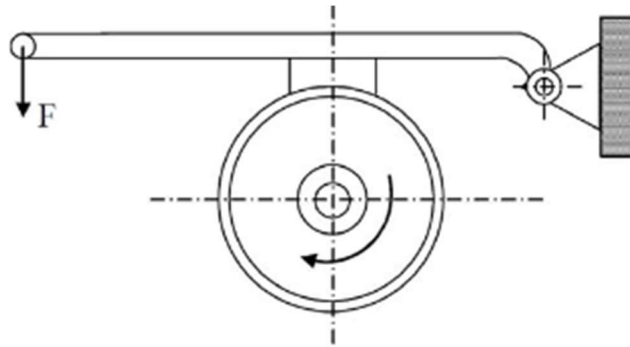
Rem satu bagian Persyaratan penting yang harus dipenuhi dalam desain rem adalah jumlah torsi pengereman yang harus memenuhi persyaratan. Selain itu, jumlah



energi yang diubah menjadi panas juga harus diperhitungkan, terutama dalam kaitannya dengan bahan gesekan yang digunakan. Pemanasan yang berlebihan tidak hanya merusak material bantalan rem, tetapi juga mengurangi koefisien gesekan. Jika gaya pengereman per satuan luas adalah  $P$  ( $F$ ) dan kecepatan putaran drum rem adalah  $v$  (m/s), kerja gesekan per satuan permukaan gesekan dapat dinyatakan dalam  $\mu pv$  ( $\text{kg.m}/(\text{mm}^2.\text{s})$ ). Kuantitas ini disebut daya pengereman. Jika rem diterapkan terus menerus, jumlah panas meningkat untuk setiap 1 ( $\text{mm}^2$ ) area gesekan, setiap detik sebanding dengan ukuran  $\mu PV$ . Dalam satuan panas, ini dapat ditulis sebagai  $\mu dv/860$  ( $\text{Kcal}/(\text{mm}^2.\text{s})$ ). Ketika nilai  $\mu pv$  rem di bawah batas, mudah untuk menghasilkan panas, dan sebaliknya ketika nilai melebihi batas yang dapat menyebabkan kerusakan pada permukaan gesekan. Batas pasti  $\mu pv$  tergantung pada jenis dan konstruksi rem serta bahan pelapisnya. Namun demikian, pada umumnya kondisi kerja juga mempunyai pengaruh seperti berikut:

1. 0,1 [ $\text{kg.m}/(\text{mm}^2.\text{s})$ ] atau kurang untuk pemakaian jarang dengan pendinginan radiasi biasa.
2. 0,06 [ $\text{kg.m}/(\text{mm}^2.\text{s})$ ] atau kurang untuk pemakaian terus menerus.
3. 0,3 [ $\text{kg.m}/(\text{mm}^2.\text{s})$ ] atau kurang jika radiasi panas sangat baik.

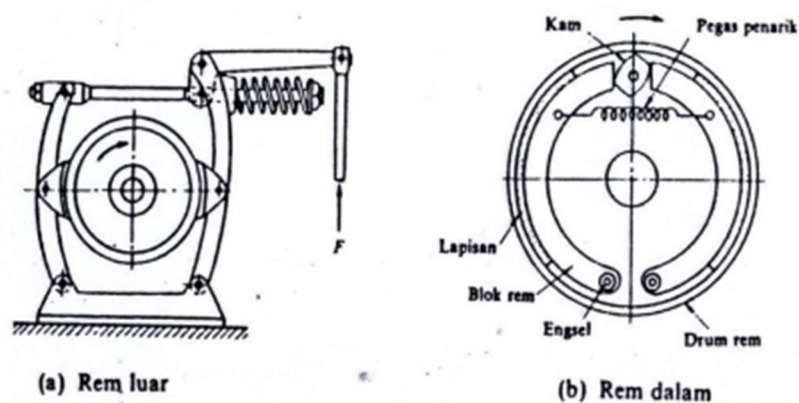
Drum rem biasanya terbuat dari besi tuang atau baja tuang. Cakram rem merupakan bagian yang penting. Bahan yang digunakan untuk menenun atau mengelem khusus terbuat dari kain asbes sebagai badannya, plastik yang diserap dengan minyak cair atau kering sebagai lem, dan dikeraskan dengan cetakan panas atau perlakuan panas. Resin cor dan semilogam biasanya hanya berbeda dalam konsentrasi serbuk logamnya. Keduanya dibuat dengan mencampurkan serat pendek asbes, bubuk plastik, dan aditif bubuk, lalu membentuknya. Cara ini memiliki keuntungan komposisi dapat diubah sesuai kebutuhan. Bahan gesekan logam, logam-keramik dan keramik tidak mengandung asbes sama sekali. Itu dibuat dengan menekan dan membentuk satu atau lebih bubuk logam atau bubuk keramik dan menyembuhkannya pada suhu di bawah titik leleh bahan tersebut. Selain itu, bahan rem harus memenuhi persyaratan keselamatan, daya tahan, dan performa pengereman yang konsisten. Selain itu harus memiliki koefisien gesek yang tinggi, keausan yang rendah, stabil, tidak merusak permukaan drum dan meredam getaran.



**Gambar 2. 1** Ilustrasi Rem Tunggal

### 2.3.2 Rem blok ganda

Rem ganda Rem blok tunggal memiliki kelemahan kecil, karena drum hanya mengalami gaya tekan dalam satu arah, yang menyebabkan momen tekuk besar pada poros dan gaya tambahan pada bantalan. Kekurangan tersebut dapat diatasi dengan menggunakan dua bantalan rem yang menekan tromol dari dua arah berlawanan, atau dari dalam maupun luar tromol. Jenis rem ini disebut rem blok ganda. (lihat gambar 2.1). Rem eksternal digunakan pada mesin industri dan kereta api dan sebagian besar digerakkan secara pneumatik, sedangkan rem internal digunakan pada kendaraan jalan raya yang digerakkan secara hidrolis.

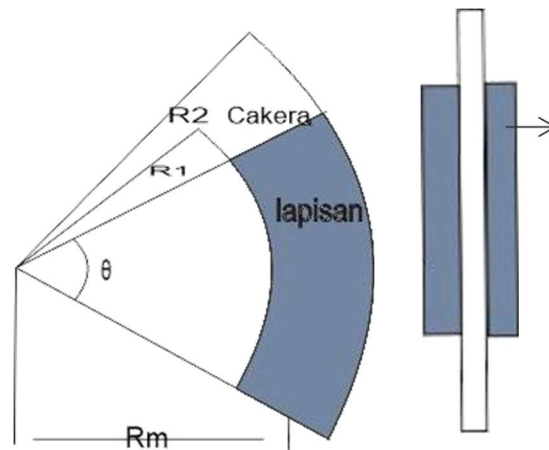


**Gambar 2. 2** Ilustrasi Rem Blok Ganda

### 2.3.3 Rem Cakera

Cakram rem terdiri dari pelat baja yang dipasang pada kedua sisi bantalan rem selama pengereman (lihat Gambar 2.2). Rem ini memiliki karakteristik yang baik seperti pengendalian yang mudah, pengereman yang stabil, ketahanan panas yang baik, dll, sehingga banyak digunakan pada roda depan. Kelemahannya antara lain umur kampas yang pendek dan ukuran silinder rem roda yang besar. Namun, karena pembuangan panasnya yang sangat baik, ia memiliki brake performance factor (FER)

terendah dibandingkan dengan rem lainnya, sehingga banyak digunakan. Gambar 2.2 menunjukkan rem cakram, dimana  $R$  adalah jari-jari cakram (cm),  $F$  adalah gaya tekan pelat rem terhadap cakram, dan  $\theta$  adalah sudut yang dibentuk oleh pusat cakram (Sularso dan Suga, 1997).



**Gambar 2. 3 Rem Cakera**

## 2.4 Kampas Rem

Kampas rem adalah bagian yang menempel pada kaca depan sepeda motor atau mobil untuk mengurangi kecepatan kendaraan saat berkendara. Saat membuat rem, perbedaan dibuat antara dua komponen, yaitu rem anorganik dan rem organik.

### 1. Kampas rem anorganik

Karena bahan asbestos hanya terdiri dari satu jenis serat, yaitu asbes, yang merupakan komponen yang bersifat karsinogenik, kampas rem asbestos memiliki kelemahan dalam kondisi basah. Dalam kondisi basah, rem asbestos akan blong (fading) pada suhu 2500 derajat Celcius dan akan mengalami efek licin seperti menggesekkan jari di atas kaca basah (lihat gambar 2.3).



**Gambar 2. 4 Rem Berbahan Baku Asbestos**

Bahan baku kampas rem asbestos 40 s/d 60 %, resin 12 s/d 15 %,  $BaSO_4$  14s/d 15%, sisanya karet ban bekas, tembaga sisa kerajinan, *frict dust*, dan metal.

### 2. Kampas rem non asbestos/ organik

Bantalan rem non-asbes biasanya dibuat dari serat Kevlar/aramid, rockwool,

serat kaca, serat baja, karbon, kalium titanat, grafit, selulosa, vemiculate, BaSO<sub>4</sub>, resin, dan karet nitril butidin. Bahan jenis ini masih digunakan di semua produk asli dari Jepang dan Eropa. Bantalan rem tersebut memiliki keunggulan tidak licin dan stabil (tidak pudar/pudar) saat bantalan dan cakram rem bersentuhan dan dapat menahan suhu hingga 360°C. Jenis bantalan rem non-asbes ini menggunakan lebih dari dua belas jenis bahan, sehingga masa pakai bantalan rem jenis ini relatif lama, dan gesekan kontak tidak mempengaruhi bantalan dan rotor bahkan pada suhu tinggi. Bantalan rem bebas asbes ditunjukkan pada gambar 2.4 di bawah ini.



**Gambar 2. 5** Kampas Rem Berbahan Baku Non-Asbestos

## 2.5 Serat Bambu

Bambu merupakan salah satu tanaman yang tumbuh paling cepat (Li *et al.*, 1998). Bambu memiliki kerapatan rendah dan kekuatan mekanik tinggi (Kumar *et al.*, 2010). Serabut bambu memiliki ketahanan aus, dan ketahanan penyerapan air yang baik dapat digunakan dalam beragam aplikasi. Untuk mendapatkan selulosa, yang digunakan untuk membuat serat bambu (J. UMJ). Proses biologis mengambil serat bambu dengan menghancurkannya kemudian menambahkan enzim alami. Proses mekanis juga memerlukan menghancurkan bambu kemudian menambahkan enzim. Karena itu, salah satu proses kimia dilakukan dengan menambahkan bahan kimia NaOH (natrium hidroksida) dan CS<sub>2</sub> (karbon disulfida) (Suparno, 2017).

Bahan kimia sangat berbahaya bagi kesehatan, dan serat yang diperoleh tidak boleh digunakan untuk tekstil, seperti pakaian (Suparno & Danieli, 2017). Studi Chandra (2015) menemukan bahwa bambu dapat digunakan sebagai bahan komposit alternatif untuk membuat kulit kapal, menggantikan kayu untuk armada kapal nasional yang beroperasi di wilayah Maluku. Bambu Apus dan Petung digunakan, masing-masing memiliki koefisien elastisitas yang lebih tinggi. Bambu Apus memiliki modulus elastisitas 23171,66 MPa, sedangkan bambu Petung memiliki 14439,64 MPa.

Yoresta (2013) menyatakan bahwa bambu terbagi menjadi dua jenis kelenturan berdasarkan posisi kulit bambu selama pengujian. Uji coba tipe 1 melibatkan mangkok bambu di atas atau di area tekan, dan uji coba tipe 2 melibatkan mangkok bambu di bawah atau di area tarik. Sifat tekukan mekanis diuji dengan beban satu titik pada pusat.

Berbeda dengan bahan beton dan baja, secara umum penyusun kimia bambu adalah holoselulosa 50-70%, pentosan 30%, dan 20-25% lignin (Dwivedi et al., 2009). Bambu berperilaku seperti material komposit di bawah beban eksternal dan karena itu memiliki kekuatan yang relatif tinggi. Kekuatan tarik bambu relatif tinggi dan dapat mencapai 370 MPa (Wonlele, 2013).

Serat bambu Petung memiliki kuat tarik sejajar 230,90 MPa, atau 2309,00 kg/cm<sup>2</sup>. Ini jauh di atas tegangan ijin untuk serat kayu kuat Kelas I dan jati, yang masing-masing 130 kg/cm<sup>2</sup> dan 110 kg/cm<sup>2</sup> (Asosiasi Konstruksi Kayu Indonesia, 1961). Bambu berbentuk petung. Nilai kekuatan tarik untuk sampel internal dan eksternal masing-masing adalah 970 kg/cm<sup>2</sup> dan 2850 kg/cm<sup>2</sup>. Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa kulit batang bambu memainkan peran yang signifikan dalam kekuatan tarik.

Sifat kimia bambu terdiri dari jumlah holoselulosa, selulosa, hemiselulosa, kelas lignin dan ekstrak. Konsentrasi ekstrak bambu kuning dalam pelarut etanolbenzena 2:1 adalah 3,77%. Bambu hitam memiliki kandungan ekstrak yang lebih tinggi dibandingkan bambu kuning yaitu 4,12%. Kandungan holoselulosa bambu hitam lebih rendah dibandingkan bambu kuning yaitu 64,43%. Dibandingkan dengan kedua jenis bambu lainnya, tali bambu memiliki kandungan ekstraktif tertinggi, 4,45%. Chandra (2015) menemukan bahwa variasi fraksi volume serat memengaruhi kekuatan lentur komposit.

## **2.6 Cangkang telur**

Cangkang telur terdiri dari empat lapisan: lapisan kutikula, lapisan cangkang, lapisan susu, dan lapisan membran. Karena tertutup oleh kutikula, cangkang telur memiliki permukaan yang halus dan kuat pada lapisan luar membran. Untuk memenuhi kebutuhan embrio di dalamnya, cangkang telur memiliki banyak pori yang berguna untuk memungkinkan ventilasi. Jumlah pori bervariasi antara 100-200/cm<sup>2</sup>. Umumnya bagian telur yang tumpul memiliki banyak pori. Sebagian besar cangkang telur terdiri dari kalsium karbonat (95%). Cangkang telur juga mengandung protein

sekitar 3,5% dan air 1,5% (Winarno dan Koswara, 2002). Sudaryani (1999) menambahkan bahwa telur segar memiliki ruang udara yang lebih kecil dibandingkan dengan telur yang sudah tua. Lapisan cangkang telur memberikan perlindungan fisik terutama terhadap mikroba karena mengandung enzim lisozim.

Oleh karena itu, membran cangkang telur diyakini bersifat bakterisidal terhadap Gram positif. Namun lapisan ini tidak efektif mencegah masuknya mikroba penghasil enzim proteolitik, karena enzim bakteri mudah merusak selubung protein (Winarno dan Koswara, 2002). Fungsi kutikula adalah untuk menutupi pori-pori, mengurangi masuknya air, gas dan mikroba. Namun, fungsi kutikula hilang saat telur disimpan (Romanoff dan Romanoff, 1963). Kutikula telur segar merupakan garis pertahanan pertama telur dan memberikan penghalang fisik terhadap invasi mikroba (Winarno dan Koswara, 2002). Kulit telurnya keras, halus dan berkapur. Cangkang telur terdiri dari empat lapisan, yaitu: (1) lapisan kutikula, lapisan terluar yang menutupi seluruh permukaan telur, (2) lapisan bunga karang yang mendasari kutikula, (3) lapisan susu, lapisan ketiga dan sangat tipis, dan (4) lapisan membran yang terdalam (Sarwono, 1994).

## 2.7 Resin Epoxy

Epoksi atau poliepoksida adalah polimer epoksi *termoset* yang kekuatannya ditingkatkan dengan mencampurnya dengan pengeras. Sebagian besar resin epoksi terbentuk dari reaksi antara *epichlorohydrin* dan *bisfenol-A*. Ada dua kelompok cincin di tengah molekul epoksi, yang dapat menyerap tekanan dan suhu lebih baik daripada kelompok linier, sehingga resin epoksi memiliki daya tahan, kekakuan, dan ketahanan panas yang sangat baik. Resin epoksi adalah polimer yang terdiri dari dua bahan kimia berbeda. Ini disebut "resin" dan "pengeras". Resin ini terdiri dari monomer atau rantai polimer pendek dengan gugus epoksi di kedua ujungnya.

Resin epoksi yang paling umum dibuat dengan reaksi antara *epichlorohydrin* dan *bisfenol-A*, meskipun *bisfenol-A* dapat diganti dengan zat yang mirip secara kimiawi. Pengeras terdiri dari poliamina seperti theta dan triethylenetetramine. Ketika senyawa ini dicampur, gugus NH mana pun dapat bereaksi dengan gugus epoksida dan membentuk ikatan kovalen. Polimer yang dihasilkan memiliki ikatan silang yang tinggi, yang membuatnya kaku dan kuat.

Proses polimerisasi, yang disebut "curing", dapat diatur oleh suhu, resin dan

senyawa pengeras yang dipilih, dan proporsi senyawa ini. Bisa memakan waktu beberapa menit hingga berjam-jam untuk menyelesaikannya. Epoksi adalah resin yang paling sering digunakan untuk perangkat elektronik. Pemilihan bahan epoksi digunakan berdasarkan kemampuan adesif, permeability, dan kemurnian yang tinggi serta sifat tahan korosi dan tekanannya.

## 2.8 Alumina

Alumina (alumina) adalah senyawa kimia dari aluminium dan oksigen dengan rumus kimia  $Al_2O_3$ . Aluminium oksida secara alami terdiri dari mineral korundum dan ditemukan dalam bentuk kristal. Senyawa ini dikenal sebagai isolator listrik yang baik dan karenanya sering digunakan sebagai bahan isolasi suhu tinggi karena kapasitas panasnya yang tinggi. Alumina juga dikenal sebagai senyawa berpori dan karena itu digunakan sebagai adsorben. Sifat lain yang sangat mendukung penggunaan aluminium oksida adalah ketahanannya terhadap korosi dan titik lelehnya yang tinggi, yaitu 2053-2072 °C. Ada berbagai jenis alumina, yaitu smelter grade alumina (SGA) atau metallurgical grade alumina yang digunakan dalam pembuatan logam aluminium, alumina refraktori dengan berbagai kemurnian produk yang digunakan dalam pembuatan produk refraktori dan abrasif, dan alumina aluminium oksida murni berkualitas tinggi. Untuk bahan kimia berbasis alumina, refraktori canggih, kosmetik, dan lainnya. (Hudson et al., 2002)

## 2.9 Zinc

Zinc, yang termasuk dalam kelompok semikonduktor II-VI, memiliki celah pita lebar dan didoping sebagai semikonduktor asli karena kekosongan oksigen atau celah seng tipe-n. Semikonduktor ini memiliki beberapa keunggulan, termasuk transparansi yang baik, mobilitas elektron yang tinggi, celah pita lebar, dan pendaran yang kuat pada suhu kamar. Aplikasi di negara berkembang akan sangat menguntungkan karena fitur-fitur ini, seperti elektroda transparan dalam layar kristal cair, jendela hemat energi, atau jendela yang isolasi panas, dan elektronik, seperti transistor film tipis dan dioda pemancar cahaya.

Logam seng memiliki sifat fisik dan sifat kimia yaitu berat molekul 161,4 mengandung satu atau tujuh molekul air hidrat, hablur transparan atau jarum-jarum kecil, serbuk hablur atau butir, tidak berwarna, tidak berbau, larutan memberikan reaksi asam terhadap lakmus. Konsentrasi Zn lebih besar dari 5mg/L di dalam air dapat menyebabkan rasa pahit. Seng dalam air juga mungkin dihasilkan dari sisa racun

industri (Dirjen POM, 1995). Dalam kampas rem, digunakan juga seng untuk meningkatkan sifat mekanik dari kampas rem. Seng juga digunakan juga dalam kampas rem ini untuk menghindari penggunaan material asbestos yang sifatnya beracun (Sumiyanto et al., 2019)

## 2.10 Uji Keausan

Keausan didefinisikan sebagai hilangnya bahan dari suatu permukaan atau perpindahan bahan dari permukaannya ke bagian yang lain atau Bergeraknya bahan pada suatu permukaan (Priadi,2021). Berbagai jenis material akan mengalami kerusakan karena berbagai mekanisme. Ini termasuk kerusakan abrasif, adhesif, korosif, erosi, dan korosif.

- a. Keausan abrasif terjadi ketika partikel keras dari satu material meluncur di atas permukaan material lain yang lebih lembut, memotong material yang lebih lembut.
- b. Keausan perekat terjadi ketika kontak permukaan dari dua atau lebih bahan menghasilkan adhesi timbal balik dan pemisahan akhirnya.
- c. Keausan kelelahan terjadi ketika permukaan dibebani berulang kali (permukaan di bawah kompresi), menghasilkan pembentukan microcracks. Retakan ini kemudian menyatu dan mengakibatkan terlepasnya material (retak).
- d. Keausan korosif atau oksidasi terjadi karena perubahan kimiawi material di permukaan yang disebabkan oleh faktor lingkungan. Ini menyebabkan lapisan di permukaan yang memiliki karakteristik yang berbeda dari material induk.
- e. Keausan Erosi adalah proses erosi yang disebabkan oleh gas dan cairan yang membawa partikel padatan yang membentur permukaan material. (Supriyanto, 2016).

Bahan yang lebih lembut lebih banyak dipakai. Kecepatan, tekanan, kekerasan permukaan, dan kekerasan material adalah beberapa faktor yang mempengaruhi keausan (Suardi, 2021). Keausan yang lebih besar atau lebih ringan dari material komposit dapat dipengaruhi oleh lamanya proses penyegelan. Semakin lama waktu pencetakan, semakin tinggi keausan. Nilai kekerasan material juga dipengaruhi oleh besarnya tekanan kompresi yang diterapkan pada proses produksi material kampas rem. (Siallagan, 2018).



(Suardi et al., 2021) Perhitungan harga keausan pada kampas rem adalah sebagai berikut:

$$W = \frac{W_0 - W_1}{A \times t} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan

W = Laju Keausan (g/ mm<sup>2</sup>)

W<sub>0</sub>= beban awal spesimen sebelum diuji (g)

W<sub>1</sub> : Beban akhir spesimen setelah diuji (g)

A : Luas penampang dari kanvas rem (mm<sup>2</sup> )

t : Waktu pengujian (s)

### 2.11 Pengujian Daya Serap Air

Uji daya serap air dimaksudkan untuk mengetahui batas kemampuan komposit, dalam menyerap air sampai batas maksimal. Pengujian Daya Serap Air ditentukan nilai dari pengukuran daya serap air dengan menggunakan persamaan :

$$DSA = \frac{B2 - B1}{B1} \times 100\%$$

Keterangan:

DSA = Daya Serap Air (gram)

B1 = Beban contoh uji sebelum perendaman (gram)

B2 = Beban contoh uji setelah perendaman (gram)

### 2.12 Asbestos

Asbes atau asbestos merupakan bahan tambang. Komposisi terdiri dari serat silikat mineral dan komposisi kimiawi yang berbeda, kuat terhadap asam, dan tahan api sehingga menjadi alasan utama dipilih, disbanding bahan lainnya. Sejak 1950, Indonesia telah menjadi konsumen utama produk asbes dan masih mendatangkan bahan bakunya dari Rusia, China, Brazil, dan Kazakhstan. Penggunaan bahan baku asbes untuk produk atas semen asbes, plafon, partisi, dan material konstruksi merupakan yang tertinggi (97%) dan hanya (3%) yang dimanfaatkan untuk sector industry lain seperti rem dan kopling kendaraan, pembungkus pipa gas.

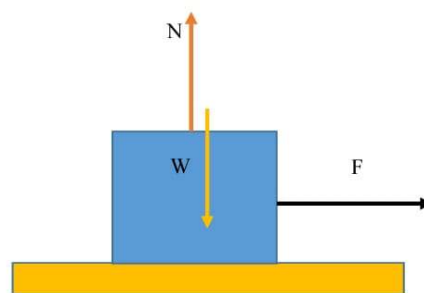
Klaim bahwa asbes murah dan awet, pada kenyataannya tidak sebanding dengan ancaman bahayanya, bukan saja bagi pekerja pabrik, tapi juga pemakainya. Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) dinyatakan bahwa setidaknya 100 ribu

orang yang mati karena terdapat serat asbes yang mengendap dalam paru-paru dan berakibatnya timbulnya penyakit kanker paru-paru, mesothelioma, dan asbestosis.

Data yang dilanris koalisi organisasi penentang asbestos di Indonesia (Indonesia Ban Asbestos/INABAN) menyebutkan bahwa kematian akibat kanker yang disebabkan asbes ada 194.000 kasus (2013). Jumlah ini, naik 100% bila dibandingkan dengan kasus serupa yang terjadi pada 1990 sebesar 94.000 kematian. Kematian dan kecacatan yang disebabkan oleh penyakit asbes tersebut mencapai 3.402.000 (lebih dari 94% sejak 1990). Total angka kematian yang besar merupakan 2/3 dari seluruh kasus kanker akibat kerja. Dan meskipun telah ditetapkan bahwa bahan asbes itu bersifat karsinogenik, Indonesia merupakan pengimpor terbesar ketiga di dunia seperti yang dilaporkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS), sejak 2007 terjadi kenaikan jumlah asbes yang diimpor. Pada kurun waktu 2012-2015 jumlah bahan asbes yang didatangkan ke Indonesia dari berbagai Negara mencapai angka 74%-162%.

### 2.13 Uji Koefisien Gesek

Koefisien gaya gesek merupakan sifat mekanik suatu material yang muncul akibat gaya yang menyebabkan timbulnya gerakan dari dua benda yang saling bersentuhan. Tujuan dari uji koefisien adalah mengetahui kemampuan kampas rem saat bergesekan dengan piringan rem. Gesekan dari kedua permukaan benda yang bersentuhan dapat menimbulkan gaya gesek, yang dimana gaya gesek tersebut dapat dihitung dengan mengetahui nilai koefisien gesek dari kedua benda tersebut. Pada pengujian koefisien gesek komposit kampas rem digunakan standar ASTM C1028-96.



**Gambar 2. 6** Gaya Gesek

Perbandingan antara gaya gesek dengan gaya normal suatu benda dinamakan koefisien gesek. Nilai koefisien gesek ditentukan oleh tingkat kekasaran dua bidang sentuhnya dan gaya normal yang bekerja pada benda tersebut. Gaya normal yang bekerja pada benda sebanding dengan berat bendanya. Secara matematis besaran

gaya normal sama dengan gaya beratnya.

$$N = w = m \cdot g \dots \dots \dots (x)$$

Koefisien gesek statis ( $\mu_s$ ) dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara gaya gesek (F) dan gaya normal (N), dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\mu_s = \frac{F}{N} \dots \dots \dots (x)$$

Dimana:

$\mu_s$  = Koefisien Gesek ( $\mu$ )

N = Gaya Normal (N)

F = Gaya Gesek (N)

M = Massa (kg)

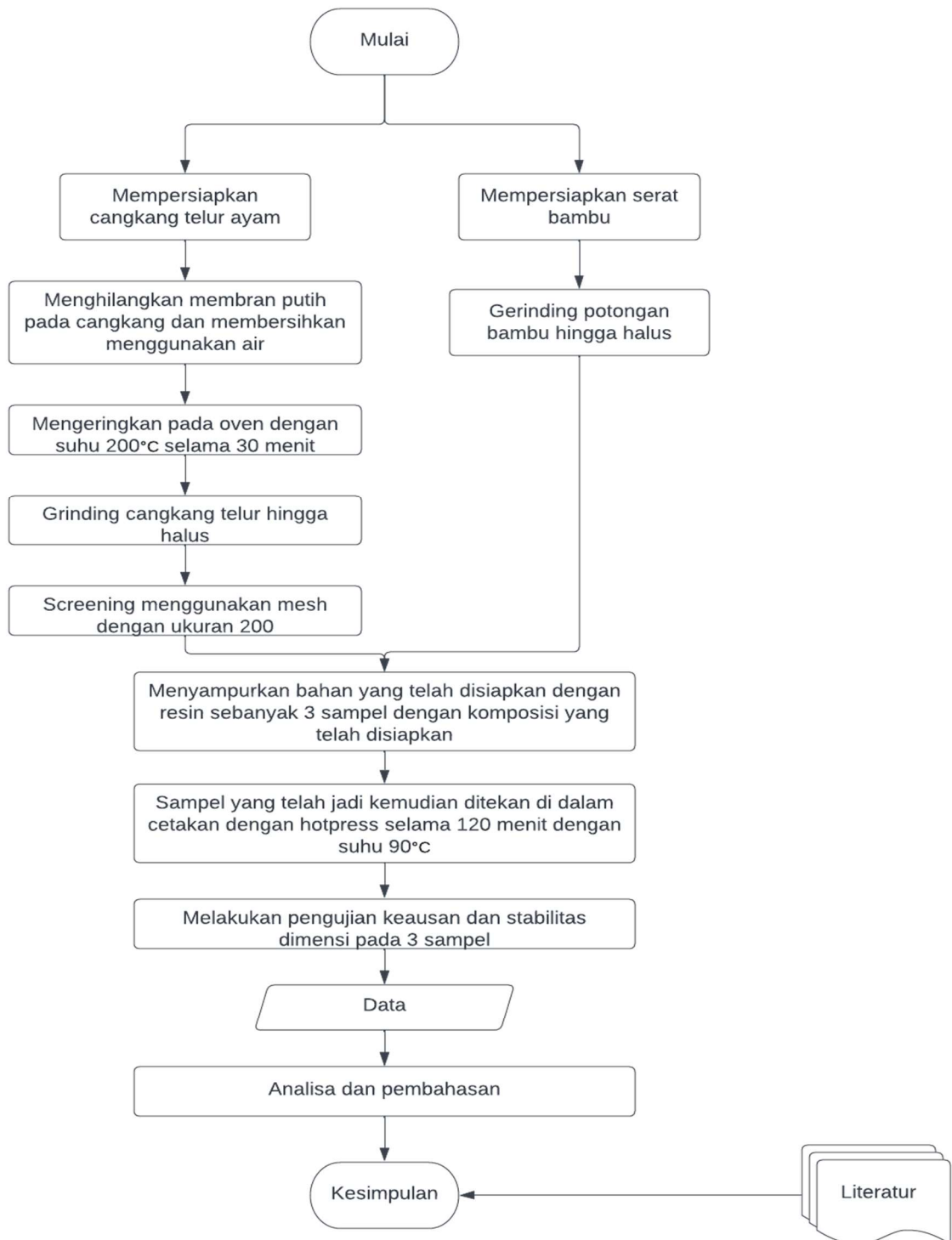
g = Gravitasi ( $m/s^2$ )

# BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir

Berikut adalah diagram alir percobaan pada penelitian ini



Gambar 3. 1 Diagram Alir

## 3.2 Alat dan Bahan

### 3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian untuk percobaan maupun mengambil data antara lain :

a. Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume dari bahan yang digunakan.



**Gambar 3. 2** Gelas Ukur

Sumber: <https://blogkimia.com/Mixer>

*Mixer* digunakan untuk menghancurkan cangkang telur dan menghaluskan partikel bambu agar menjadi serbuk dengan ukuran lebih kecil.



**Gambar 3. 3** *Mixer*

(Sumber: Dokumen Pribadi)

b. Ayakan Stainless Steel 200 Mesh

Ayakan stainless steel digunakan untuk menyaring serbuk cangkang telur agar memiliki ukuran yang seragam



**Gambar 3. 4** Ayakan Stanless

Sumber: <https://farmasiindustri.com>

### 3.2.2 Bahan

Bahan yang dibutuhkan pada percobaan ini antara lain :

a. Cangkang Telur Ayam

Cangkang telur digunakan sebagai bahan utama sumber kalsium karbonat



**Gambar 3. 5** Cangkang Telur

Sumber: [www.klikdokter.com/](http://www.klikdokter.com/)

b. Partikel Bambu

Partikel Bambu digunakan sebagai bahan utama



**Gambar 3. 6** Bambu

Sumber: [kehati.or.id](http://kehati.or.id)

c. Resin Epoksi

Resin epoksi digunakan sebagai bahan perekat karena melekat dengan sangat baik pada berbagai bahan pengisi, penguat, dan substrat. .



**Gambar 3. 7** Resin Epoksi

Sumber: [mcsupplies.com.au/product/bio-casting-](http://mcsupplies.com.au/product/bio-casting-)

d. Alumina

Karena kapasitas panasnya yang besar, senyawa ini digunakan secara luas sebagai isolator suhu tinggi.



**Gambar 3. 8** Alumina

Sumber: [bisakimia.com/2015/03/13/jual-al2o3-](http://bisakimia.com/2015/03/13/jual-al2o3-)

e. Zinc

Zinc digunakan sebagai



**Gambar 3. 9 Zinc**

Sumber: [www.laboratuar.com/en/sektorel/maden/zn-](http://www.laboratuar.com/en/sektorel/maden/zn-)

### **3.3 Prosedur Penelitian**

Pada penelitian ini yang pertama dilakukan adalah mempersiapkan seluruh bahan yang di butuhkan dan dengan komposisi massa yang tepat agar specimen yang dihasilkan menjadi lebih baik kemudian setelahnya adalah membuat komposit dan melakukan pengujian. Berikut merupakan tahapannya.

#### **3.3.1 Preparasi Cangkang Telur**

1. Membersihkan cangkang telur menggunakan air mengalir untuk menghilangkan kotoran yang ada pada cangkang, kemudian dihilangkan selaput putih dalam cangkang telur.
2. Hancurkan cangkang telur menggunakan *mixer* kemudian ditimbang massanya.
3. Panaskan ke dalam oven dengan suhu 175 C selama 30 menit.
4. Kemudian setelah serbuk dingin lakukan *screening* cangkang telur menggunakan ayakan 200 mesh agar ukurannya homogeny.

#### **3.3.2 Preparasi Bambu**

1. Membersihkan bambu dengan air mengalir agar menghilangkankotoran yang menempel dan dikeringkan.
2. Memotong kecil bagian dari bambu, lalu masukkan ke dalam *mixer* agar membuat bambu menjadi halus.
3. Melakukan *screening* serbuk alumunium dengan ukuran 200mesh.



### 3.4 Pembuatan Komposit

1. Timbang seluruh bahan yang dibutuhkan menggunakan timbangan digital.
2. Setelah itu kemudian bahan disiapkan dengan komposisi sebagai berikut.

**Tabel 3. 1** Perbandingan Komposisi

Label Sampel	Komposisi				
	Cangkang Telur	Serbuk Bambu	Resin Epoxy	Zn	Alumina
1	0%	35%	55%	5%	5%
2	5%	30%	55%	5%	5%
3	10%	25%	55%	5%	5%

3. Kemudian bahan yang telah dicampur dimasukkan ke dalam cetakan.
4. Press menggunakan hidrolis press dan nyalakan hot press.
5. Kemudian setelah mengeras keluarkan dari cetakan. Ulangi
6. langkah tersebut untuk variasi komposisi yang lain.

### 3.5 Pengujian Sampel

Penelitian ini dibuat tiga variasi komposisi dimana tiap variasinya diuji keausan dan uji impak.

1. Uji Keausan berfungsi untuk mengetahui nilai keausan yang dinyatakan dalam persen perbandingan antara berat bahan aus dengan berat semula. Uji keausan dilakukan dengan memberi gaya tekan pada pedal rem 27 N, kemudian dijalankan dengan kecepatan 20 km/jam selama 120 detik lalu bandingkan masa setelah pengausan dan sebelum pengausan
2. Uji Stabilitas Dimensi adalah pengukuran perubahan ukuran linier dari paparan suhu.
3. Uji Daya Serap Air dimaksudkan untuk mengetahui batas kemampuan komposit, dalam menyerap air sampai batas maksimal.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian kali ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh fraksi volume dalam komposisi penyusun bahan komposit kanvas rem terhadap sifat mekaniknya dengan melakukan uji ogoshi (keausan) dan uji stabilitas dimensi.

#### 4.1 Hasil dan Analisa Pengujian

Penelitian ini memiliki yang berpusat pada pengaruh komposisi serbuk cangkang telur dan partikel bambu terhadap nilai keausan dan stabilitas dimensi spesimen.

##### 4.1.1 Massa Jenis

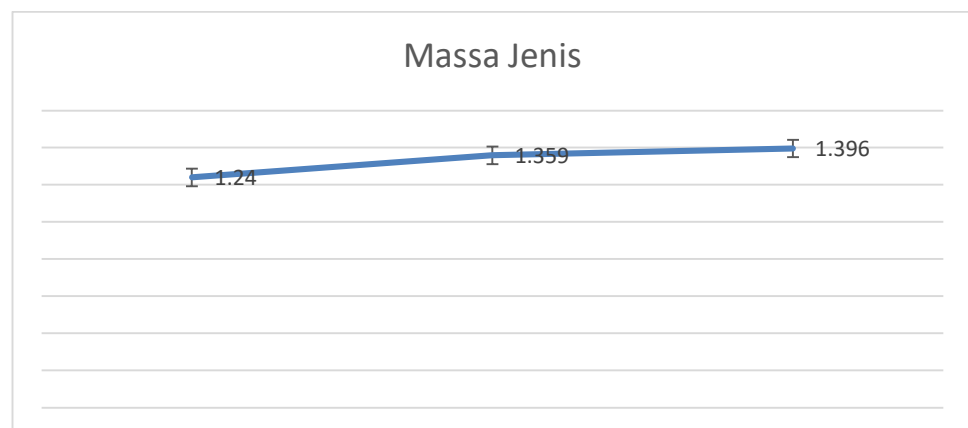
Pengujian massa jenis merupakan salah satu pengujian yang dapat dilakukan untuk mendapatkan salah satu nilai karakteristik dari material. Massa jenis mewakili massa per volume dari material, sehingga dapat dilakukan pengembangan lebih lanjut dengan tujuan penyempurnaan material.

Berikut hasil yang diperoleh dari perhitungan massa jenis material:

**Tabel 4. 1** Massa Jenis Material

<b>Massa Jenis Material (<math>\frac{gr}{cm^3}</math>)</b>			
<b>Variabel</b>	<b>Volume</b>	<b>Massa</b>	<b>Massa Jenis</b>
1	7.947	9.861	1.240
2	8.559	11.558	1.359
3	8.956	12.504	1.396

Dari hasil perhitungan, di dapatkan massa jenis yang terus meningkat dari tiap variabel, dimana kanvas rem ini masih dalam kanvas rem yang ideal berkisar di antara 1.5 – 2.4 gr/cm<sup>3</sup> (Zain, 2021).



**Gambar 4. 1** Massa Jenis Spesimen

#### 4.1.2 Hasil Uji Keausan (*Ogoshi*)

Uji *Ogoshi* atau keausan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai keausan dari material yang dilakukan pengujian, sebagaimana diketahui material komposit ini dibuat sebagai alternatif dari bahan kampas rem konvensional. Sehingga nilai keausan dari material ini merupakan sifat mekanis yang menjadi faktor utama dalam pembuatan material. Uji *Ogoshi* dilakukan dengan referensi standar uji ASTM G99.

**Tabel 4.2 Uji Keausan**

Kode Sampel	Lebar Jejak Rata-rata (b) [mm]	Beban (P) [Kg]	Jarak Luncur (x) [m]	Kecepatan (m/s)	Spesifik Abrasi [ $\frac{gr}{mm^2}$ ]
Variabel 1	6.49	3.16	100	1.97	$4.5559908 \times 10^{-5}$
Variabel 2	5.68	3.16	100	1.97	$3.0541739 \times 10^{-5}$
Variabel 3	4.50	3.16	100	1.97	$1.5187500 \times 10^{-5}$

#### 4.1.3 Hasil Uji Daya Serap Air

Daya serap air merupakan salah satu sifat mekanis dari suatu material, hal ini perlu dilakukan untuk mengetahui kemampuan material dalam menyerap air. Uji daya serap air dilakukan dengan referensi ASTM D570 sebagai landasan pengujian. Pengujian daya serap air dilakukan dengan merendam spesimen dalam aquadest, dimana dilakukan perbandingan hasil pengukuran massa spesimen sebelum dan sesudah perendaman. Perendaman dilakukan selama 24 jam dan dilakukan pengukuran setiap 4 jam sekali. Dengan hasil pengukuran massa sebagai berikut:

**Tabel 4. 2 Pengukuran Massa Material**

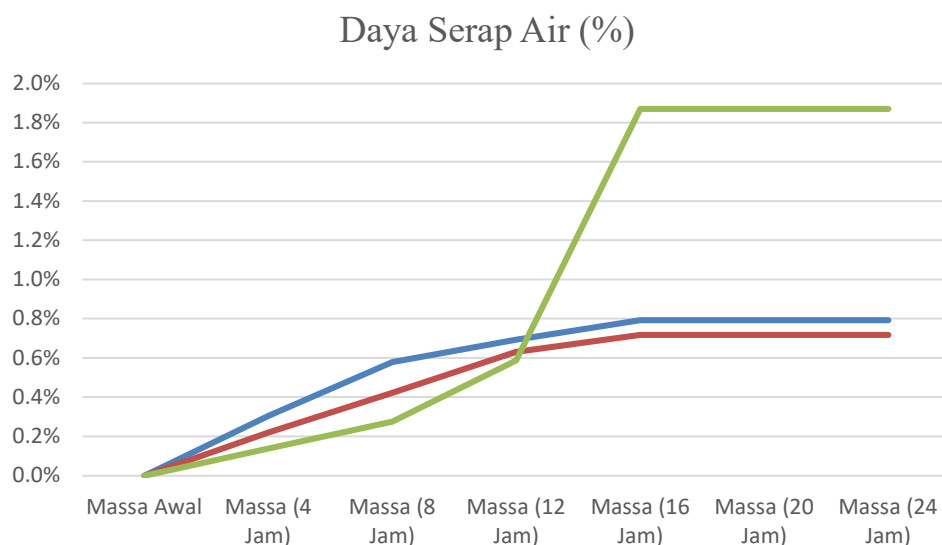
Pengukuran Massa ( $\frac{gr}{cm^3}$ )							
Variabel	Massa Awal	Massa (4 Jam)	Massa (8 Jam)	Massa (12 Jam)	Massa (16 Jam)	Massa (20 Jam)	Massa (24 Jam)
1	19.042	19.100	19.152	19.174	19.193	19.193	19.193
2	18.260	18.300	18.337	18.375	18.391	18.391	18.391
3	19.614	19.641	19.668	19.729	19.981	19.981	19.981

Dari hasil pengukuran massa yang dihitung terhadap waktu rendaman kemudian dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan persentase daya serap air pada material. Hasil yang kami dapatkan masih terletak jauh dari penelitian sebelumnya menghasilkan daya serap air yang berada di bawah 0.01%, dan lebih tepatnya 0.00584% (Juan et al., 2020). Dan hasilnya sebagai berikut:

**Tabel 4. 3** Daya Serap Air

Daya Serap Air (%)							
Variabel	Massa Awal	Massa (4 Jam)	Massa (8 Jam)	Massa (12 Jam)	Massa (16 Jam)	Massa (20 Jam)	Massa (24 Jam)
1	0.000%	0.304%	0.578%	0.693%	0.793%	0.793%	0.793%
2	0.000%	0.219%	0.422%	0.630%	0.717%	0.717%	0.717%
3	0.000%	0.138%	0.275%	0.586%	1.871%	1.871%	1.871%

Dari hasil tersebut terlihat pada variabel 3 memiliki nilai daya serap yang paling kecil. Dengan hasil daya resap paling besar dimiliki pada variabel 2.



**Gambar 4. 2** Grafik Daya Serap Air

#### 4.1.4 Hasil Uji Stabilitas Dimensi

Uji stabilitas dimensi merupakan jenis pengujian untuk mengetahui nilai stabilitas dari dimensi material. Pengujian ini dilakukan dengan melakukan beberapa perlakuan terhadap material dengan tujuan untuk mengetahui apakah ada perubahan dari dimensi material setelah dilakukan perlakuan tertentu yang diberikan kepada material. Pengujian ini dilakukan dengan referensi ASTM D570. Dengan hasil sebagai berikut:

**Tabel 4. 4** Volume Spesimen

Volume Spesimen ( $\frac{gr}{cm^3}$ )							
Variabel	Volume Awal	Volume (4 Jam)	Volume (8 Jam)	Volume (12 Jam)	Volume (16 Jam)	Volume (20 Jam)	Volume (24 Jam)
1	13.354	13.354	13.354	13.354	13.354	13.354	13.354
2	13.067	13.067	13.067	13.067	13.067	13.067	13.067
3	12.596	12.596	12.596	12.596	12.596	12.596	12.596

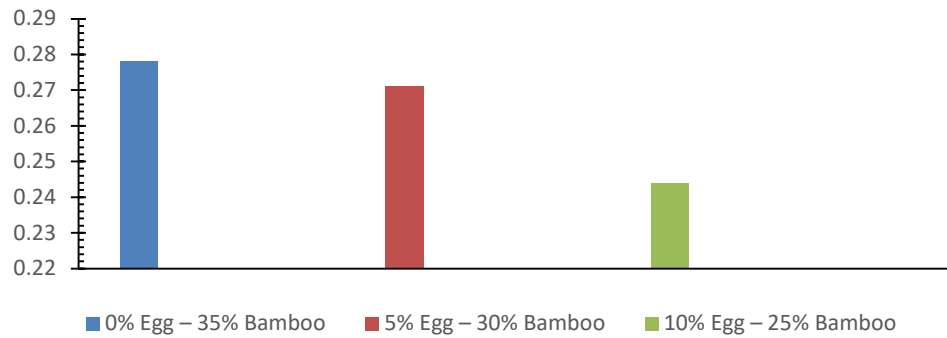
Dari hasil pengukuran volume didapatkan hasil yang konsisten pada spesimen, sehingga dapat disimpulkan bahwa material memiliki stabilitas dimensi yang sempurna, dimana tidak terjadi perubahan pada volume dari sebelum sampai sesudah pengujian.

#### 4.1.5 Uji Koefisien Gesek

Pengujian koefisien gesek bertujuan untuk mengetahui kemampuan composite dalam menghentikan laju kendaraan. Pengujian menggunakan standar ASTM C1028-96. Data hasil pengujian koefisien gesen dapat dilihat pada gambar 4.3 di bawah ini.

**Tabel 4. 5** Pengujian Koefisien Gesek

Sampel	Data	m1 (gram)	m2 (gram)	Koefisien Gesek	Rata-Rata
0% Egg – 35% Bamboo	1	620	179	0.288	0.278
		458	123	0.268	
5% Egg – 30% Bamboo	2	620	183	0.295	0.271
		458	71	0.247	
10% Egg – 25% Bamboo	3	620	165	0.260	0.244
		458	105	0.229	



**Gambar 4. 3** Koefisien Gesek

**Tabel 4. 6** Pemanding Bambu

(Sumber: Supriadi, 2020)

Sampel	Data	Koefisien gesek ( $\mu$ )	Rata-Rata
Bambu	1	0.38	0.40
	2	0.39	
	3	0.42	

**Tabel 4. 7** Pemanding Alumina

(Sumber: Yafei Lu, 2009)

Sampel	Data	Koefisien gesek ( $\mu$ )	Rata-Rata
Alumina	1	0.45	0.44
	2	0.50	
	3	0.39	

**Tabel 4. 8** Pemanding Calcium Carbonat

(Sumber: Ebubekir dan Ahmetm 2007)

Sampel	Koefisien gesek ( $\mu$ )
CC dengan Kaca	0.10
CC dengan Karet	0.26

## 4.2 Pembahasan

Melihat massa jenis dari tiap variabel, maka komposit kanvas rem dengan bahan campuran cangkang telur ini memiliki peningkatan nilai pada massa jenis seiring dengan meningkatnya kandungan cangkang telur pada komposit. Hal ini merupakan pengaruh dari massa jenis cangkang telur yang memiliki nilai massa jenis yang lebih besar dari resin. Dari hasil pengukuran dan perhitungan massa jenis, di dapatkan nilai massa jenis yang paling tinggi pada variabel 3 dengan nilai sebesar  $1.396 \text{ gr/cm}^3$ . Nilai tersebut masih dapat dikategorikan ke dalam massa jenis kanvas rem yang ideal, dimana massa jenis kanvas rem ideal berkisar di antara  $1.5 - 2.4 \text{ gr/cm}^3$  (Zain, 2021).

Dilakukan juga uji keausan dengan tujuan untuk mengetahui nilai spesifik abrasi pada material dengan menggunakan standarisasi ASTM G99. Dari hasil pengujian di dapatkan

bahwa semakin tinggi kadar cangkang telur pada material komposit kampak rem maka semakin tinggi juga nilai spesifik abrasi pada material, yang artinya semakin tinggi kandungan cangkang telur pada material maka semakin rendah nilai keausan pada material. Hal ini di buktikan dengan hasil uji keausan yang dilakukan, dengan kualitas keausan terbaik terdapat pada variabel 1 dengan nilai  $4.5559908 \times 10^{-5} \text{ mm}^3/\text{mm}$  dan kualitas keausan terendah terdapat pada variabel 3 dengan nilai  $1.5187500 \times 10^{-5} \text{ mm}^3/\text{mm}$ .

Untuk uji daya serap air, didapatkan hasil yang tidak sesuai dengan landasan teori yang berlaku. Beberapa material mengalami peningkatan dan perbedaan persentase yang lumayan drastis dilihat dari nilai tertinggi dari hasil percobaan. Namun jika di lihat dari pandangan yang lebih luas, maka kejanggalan yang timbul pada hasil percobaan ini sangat mungkin dimana nilai daya serap tertinggi ada pada variabel 2 dengan nilai sebesar 0.608% dan nilai daya serap paling rendah di hasilkan pada material variabel 3 dengan nilai sebesar 0.405%. Hal ini bisa terjadi karena adanya kemungkinan porositas dari tiap material, dimana material yang seharusnya mengalami daya serap yang lebih sedikit bisa saja menyerap lebih banyak air karena adanya porositas atau pori-pori yang terbentuk di dalam material. Sedangkan untuk uji stabilitas dimensi pada material tidak terjadi perubahan dimensi sama sekali pada tiap variabel-nya. Pada uji koefisien gesek diperoleh nilai terbaik di variabel 1 yaitu senilai 0.278 N dan yang terendah ada di variabel 3 senilai 0.244 N. Yang berarti nilai tersebut masih bisa menjadi acuan untuk penelitian selanjutnya.

## BAB V

### KESIMPULAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari beberapa rangkaian proses pelaksanaan penelitian yang telah dilakukan maka, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengukuran dan perhitungan massa jenis material maka, di dapatkan nilai massa jenis dari tiap variabel sebagai berikut:
  - **Variabel 1 : 1.240 gr/cm<sup>3</sup>**
  - **Variabel 2 : 1.359 gr/cm<sup>3</sup>**
  - **Variabel 3 : 1.396 gr/cm<sup>3</sup>**
2. Yang dimana, hasil massa jenis tersebut berbeda sesuai dengan komposisi cangkang telur pada campuran komposisinya. Dengan nilai massa jenis paling rendah dihasilkan pada **variabel 1** dengan komposisi cangkang telur yang paling rendah, dan nilai massa jenis tertinggi di hasilkan pada **variabel 3** dengan komposisi cangkang telur paling tinggi pada 3 variasi komposisi cangkang telur.
3. Dilakukan juga uji keausan dengan memperhatikan spesifik abrasi pada tiap variabel percobaan. Dengan nilai optimal di dapatkan pada **variabel 1** sebesar  **$4.5559908 \times 10^{-5} \text{ mm}^3/\text{mm}$**  dan nilai paling rendah dari hasil percobaan pada **variabel 3** sebesar  **$1.5187500 \times 10^{-5} \text{ mm}^3/\text{mm}$** . Hal ini sesuai dengan landasan teori yang digunakan, dimana kualitas keausan dari material akan menurun seiring dengan meningkatnya kadar cangkang telur pada tiap variabel percobaan.
4. Pada uji koefisien gesek diperoleh nilai terbaik di variable 1 yaitu senilai 0.278 N dan yang terendah ada di variable 3 senilai 0.244 N.
5. Pada uji daya serap air, diperoleh hasil yang belum stabil. Hal ini dikarenakan adanya kemungkinan porositas pada material, dengan nilai tertinggi daya serap air terdapat pada **variabel 3** sebesar 1.871% dan nilai paling rendah pada **variabel 2** sebesar 0.717%.
6. Dilakukan juga uji stabilitas dimensi, dengan hasil yang menyimpulkan bahwa material memiliki tingkat stabilitas dimensi yang ideal. Dalam hal ini, dimensi material tidak mengalami perubahan setelah dilakukan perlakuan dalam pengujian.



## **5.2 Rekomendasi**

1. Diperlukan adanya modifikasi pada fraksi volume agar mengetahui data mana yang memiliki nilai optimal tertinggi.
2. Diperlukan adanya perancangan ulang terhadap dimensi maupun bahan cetaknya.
3. Penggunaan alat yang memiliki tingkat ketelitian yang lebih tinggi, seperti oven dan mesin press agar mampu mengetahui tekanan untuk meminimalisir porositas yang terjadi pada material.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aritonang, F. P. (2017). Karakteristik Komposit Berpenguat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Fraksi Volume 3%, 5%, dan 7%. *Fakultas Sains Dan Taknologi. Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta.*
- G. Estu Nugroho. (2017). *KARAKTERISTIK KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN NaOH DENGAN FRAKSI VOLUME 4%, 6%, DAN 8%.*
- Rama, B. R. (2007). *Analisa Distribusi Tegangan Dan Defleksi Connecting Rod Sepeda Motor 100 Cc Menggunakan Metode Elemen.*
- Salam, S. (2007). Studi Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Matriks Resin Epoxy yang Diperkuat dengan Serbuk Titania (TiO<sub>2</sub>). In *Skripsi.*
- Suparno, O., & Danieli, R. (2017). Penghilangan Hemiselulosa Serat Bambu Secara Enzimatik Untuk Pembuatan Serat Bambu. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 27(1). <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2017.27.1.89>
- Muh Asyraf Athif, Sahara, & Ihsan. (2018). *UJI KUAT TEKAN DAN KEAUSAN BAHAN KAMPAS REM DARI KOMPOSISI TEMPURUNG KEMIRI DAN SERAT BAMBU. JURUSAN FISIKA FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI. UIN ALAUDDIN MAKASAR.*
- Syawwaluddin & Iman Agus Setiawan. (2016). *PERBANDINGAN PENGUJIAN MEKANIS TERHADAP KAMPAS REM ASBES DAN NON-ASBESTOS DENGAN MELAKUKAN UJI KOMPOSISI, UJI KEKERASAN, DAN UJI KEAUSAN. JURUSAN TEKNIK MESIN. UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JAKARTA.*
- A.W. Sukma, A. Hintono, & B.E. Setiani. (2012). *PERUBAHAN MUTU HEDONIK TELUR ASIN SANGRAI SELAMA PENYIMPANAN. FAKULTAS PETERNAKAN DAN PERTANIAN. UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG.*
- Nugroho, F. (2019). Effects of Calcium Carbonat on Hardness and Wear Behaviour of Brass-Epoxy Brake Lining Pad. *Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta*, 5, 27–32. <https://doi.org/10.28989/senatik.v5i0.314>
- Zain, A. H. (2021). *Uji karakteristik kampas rem cakram berbahan komposit serbuk arang lidi aren.*
- Telang, A. K., Rehman, A., Dixit, G., & Das, S. (2010). Alternate Materials in Automobile Brake Disc Applications With Emphasis on Al Composites- A Technical Review. *Journal of Engineering Research and Studies.*
- Juan, R. S., Kurniawan, C., Marbun, J., & Simamora, P. (2020). Mechanical properties of brake pad composite made from candlenut shell and coconut shell. *Journal of Physics: Conference Series*, 1428(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1428/1/012018>

- Aldikheeli, M. R., & Shubber, M. S. (2020). The effects of fibre on the mechanical properties of aerated concrete. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 671(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/671/1/012076>
- Ghifari, A. (2016). *Pengaruh Variasi Komposisi Campuran Serbuk Kulit Telur Ayam dan Kuningan dengan Matrik Epoxy sebagai Bahan Alternatif Kampas terhadap Keausan dan Kekerasan*. 4(1), 1–23.
- Irawan, A. P., Fitriyana, D. F., Tezara, C., Siregar, J. P., Laksmidewi, D., Baskara, G. D., Abdullah, M. Z., Junid, R., Hadi, A. E., Hamdan, M. H. M., & Najid, N. (2022). Overview of the Important Factors Influencing the Performance of Eco-Friendly Brake Pads. *Polymers*, 14(6), 1–22. <https://doi.org/10.3390/polym14061180>
- Jamila. (2014). *Modul Mata Kuliah Teknologi Pengolahan Limbah dan Sisa Hasil Ternak*.
- Lawal, S. S., Bala, K. C., & Alegbede, A. T. (2017). Development and production of brake pad from sawdust composite. *Leonardo Journal of Sciences*, 30, 47–56.
- Riska Yudhistia, Triandi, R., & Purwonugoho, D. (2018). Ekstraksi alumina dalam lumpur lapindo menggunakan pelarut asam klorida. *Jurnal Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri 2018*, 365–369.
- Suardi, Mulia, & Supriadi. (2021). ANALISA KAMPAS REM CAKRAM KOMPOSIT CANGKANG KEMIRI, SERBUK ALUMINIUM, SERAT KELAPA DAN POLIURETAN DENGAN TEKANAN 3 TON. *Pendidikan Dan Teknologi Otomotif*, 1(2), 55–62.
- Sumiyanto, S., Abdunnaser, A., & Fajri, A. N. (2019). Analisa Pengujian Gesek, Aus Dan Lentur Pada Kampas Rem Tromol Sepeda Motor. *Bina Teknika*, 15(1), 49. <https://doi.org/10.54378/bt.v15i1.872>
- Syam, W. M. (2016). Optimalisasi Kalsium Karbonat dari Cangkang Telur untuk Produksi Pasta Komposit. *Al-Kimia*, 4(2), 86–97. <https://doi.org/10.24252/al-kimia.v4i2.1683>
- Ebubekir Altuntas., Ahmet Sekeroglu. (2008). *Mechanical Behavior and Physical Properties of Chicken Egg As Affected by Different Egg Weights*. Department of Animal Science. Gaziosmanpasa University.
- Feby Nopriandi. (2015). Desain dan Pengujian Mesin Sortasi Telur Ayam. *Jurnal Keteknik Pertanian*. Vol 3(2), 153-160
- Yafei Lu. (2009). Effects of Alumina in Non-Metallic Brake Friction Mater on Friction Performance. *J Mater SCI*. Vol 44, 266-273

- Sutikno., Sukiswo., Dany. (2012). SIFAT MEKANIK BAHAN GESEK REM KOMPOSIT DIPERKUAT SERAT BAMBU. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*. Vol 8, 83-89. FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM. UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG.
- Saberina Hasibuan., Muhammad Rafi Nugraha., Aufa Kevin., Novan Rumbata., Syahkila., Sekar Asmara Dhewanty, Muhammad Fajar Fadillah., Maya Kurniati., Nana Trilanda., Sherina Nur Afifah., Tevania Shafira. (2021). Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur sebagai Pupuk Organik Cair di Kecamatan Rumbai Bukit. *Journal of Community Empowering and Services*. 5(2), 154-160. UNIVERSITAS RIAU
- Bagus DP., Iwan Susanto., & Paulus Sukusno. (2021). ANALISA LAJU AUS, KEKERASAN DAN KOEFISIEN GESEK PEMBUATAN KOPLING TIDAK TETAP DENGAN MENGGUNAKAN SABUT KELAPA DAN SERAT BAMBU. *POLITEKNIK NEGERI JAKARTA*.
- Fajar Nugroho. (2019). *EFFECTS OF CALSIUM CARBONAT ON HARDNESS AND WEAR BEHAVIOUR OF BRASS-EPOXY BRAKE LINING PAD*. Program Studi Teknik Mesin. Sekolah Tinggi Teknologi Adisujipto.

## LAMPIRAN

### 4.1.3

\*Sampel 1 (4 Jam)

$$\begin{aligned} DSA &= \frac{B_2 - B_1}{B_1} \times 100\% \\ &= \frac{19.100 - 19.042}{19.042} \times 100\% \\ &= 0.304\% \end{aligned}$$

\*Sampel 2 (4 Jam)

$$\begin{aligned} DSA &= \frac{B_2 - B_1}{B_1} \times 100\% \\ &= \frac{18.300 - 18.260}{18.260} \times 100\% \\ &= 0.219\% \end{aligned}$$

\*Sampel 3 (4 Jam)

$$\begin{aligned} DSA &= \frac{B_2 - B_1}{B_1} \times 100\% \\ &= \frac{19.641 - 19.614}{19.641} \times 100\% \\ &= 0.137\% \end{aligned}$$

\*Sampel 1 (8 Jam)

$$\begin{aligned} DSA &= \frac{B_2 - B_1}{B_1} \times 100\% \\ &= \frac{19.152 - 19.042}{19.042} \times 100\% \\ &= 0.577\% \end{aligned}$$

\*Sampel 2 (8 Jam)

$$\begin{aligned} DSA &= \frac{B_2 - B_1}{B_1} \times 100\% \\ &= \frac{19.152 - 19.042}{19.042} \times 100\% \\ &= 0.421\% \end{aligned}$$

\*Sampel 3 (8 Jam)

$$\begin{aligned} DSA &= \frac{B_2 - B_1}{B_1} \times 100\% \\ &= \frac{19.668 - 19.614}{19.614} \times 100\% \\ &= 0.275\% \end{aligned}$$

\*Sampel 1 (12 Jam)

$$\begin{aligned} DSA &= \frac{B_2 - B_1}{B_1} \times 100\% \\ &= \frac{19.174 - 19.042}{19.042} \times 100\% \\ &= 0.693\% \end{aligned}$$

\*Sampel 2 (12 Jam)

$$\begin{aligned} DSA &= \frac{B_2 - B_1}{B_1} \times 100\% \\ &= \frac{18.375 - 18.260}{18.260} \times 100\% \\ &= 0.629\% \end{aligned}$$

\*Sampel 3 (12 Jam)

$$\begin{aligned} DSA &= \frac{B_2 - B_1}{B_1} \times 100\% \\ &= \frac{19.729 - 19.614}{19.614} \times 100\% \\ &= 0.586\% \end{aligned}$$

#### 4.1.4

\*Sampel 1

$$\begin{aligned} &\frac{\pi D^2}{4} \times t \\ &= \frac{3,14 (27.5)^2}{4} \times 22.5 \\ &= 13.557 \frac{gr}{cm^3} \end{aligned}$$

\*Sampel 2

$$\begin{aligned} &\frac{\pi D^2}{4} \times t \\ &= \frac{3,14 (27.5)^2}{4} \times 22 \\ &= 13.060 \frac{gr}{cm^3} \end{aligned}$$

\*Sampel 3

$$\begin{aligned} &\frac{\pi D^2}{4} \times t \\ &= \frac{3,14 (27)^2}{4} \times 22 \\ &= 12.589 \frac{gr}{cm^3} \end{aligned}$$

#### 4.1.5

\*Sampel 1

$$\begin{aligned} \mu_s &= \frac{F}{N} \\ &= \frac{1.754}{6.076} \\ &= 0.288 \text{ N} \end{aligned}$$

\*Sampel 2

$$\begin{aligned} \mu_s &= \frac{F}{N} \\ &= \frac{1.754}{6.076} \\ &= 0.288 \text{ N} \end{aligned}$$

\*Sampel 3

$$\begin{aligned}\mu_s &= \frac{F}{N} \\ &= \frac{1.617}{6.076} \\ &= 0.266 \text{ N}\end{aligned}$$

- Massa Spesimen 1 Gesek



- Massa Spesimen 2 Gesek



- Massa Spesimen 3 Gesek



- Spesimen 1 Utuh



- Spesimen 2 Utuh

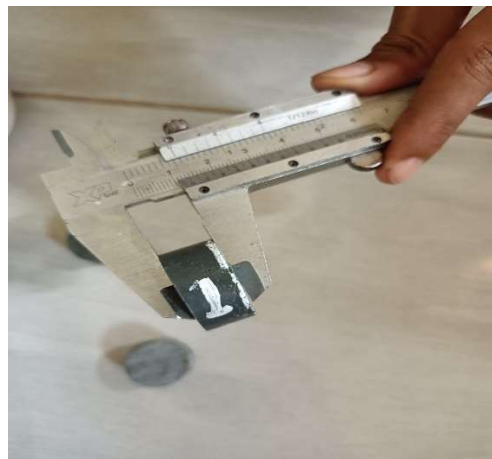




- Spesimen 3 Utuh



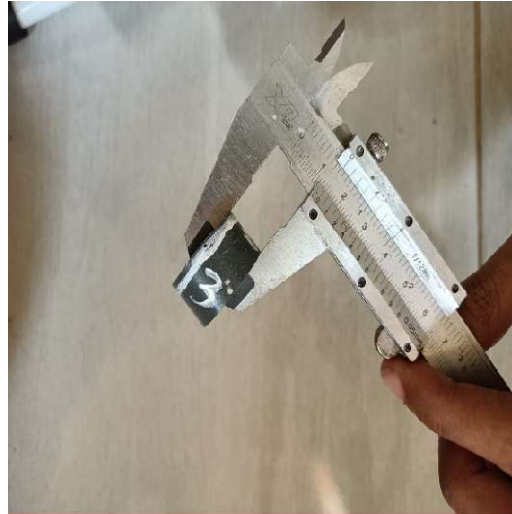
- Tebal Spesimen 1 Gesek



- Tebal Spesimen 2 Gesek



- Tebal Spesimen 3 Gesek



- Cetakan Spesimen

