

**ANALISA PENGUJIAN PERFORMA KAMPAS REM VARIASI
KOMPOSISI CAMPURAN CANGKANG TELUR, ALUMINA, LOGAM
SENG, STEEL FIBER , DAN GRAFIT DENGAN PEREKAT RESIN
EPOXY**



LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Dalam Menyelesaikan Program S-1 (S1)

Pada Jurusan Teknik Mesin

Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Disusun Oleh:

Mochammad Taufiq Hidayattullah

3331170075

JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA

CILEGON-BANTEN

2023

TUGAS AKHIR

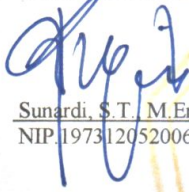
**Analisa Pengujian Performa Kampas Rem Variasi Kompisis Campuran Cangkang Telur, Alumina,
Logam Seng, Steel Fiber dan Grafit Dengan Perekat Resin Epoxy**

Dipersiapkan dan disusun Oleh :

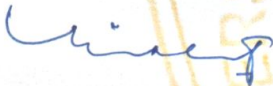
Mochammad Taufiq Hidayatullah
3331170075

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

Pembimbing Utama

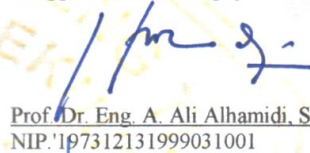


Sunardi, S.T., M.Eng
NIP.197312052006041002

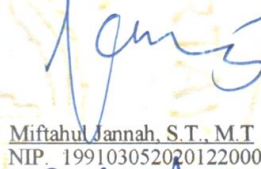


Dr. Dra. Rina Lusiani, MT.
NIP.195904141986032002

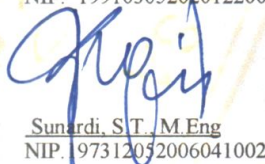
Anggota Dewan Penguji



Prof. Dr. Eng. A. Ali Alhamidi, ST., MT.
NIP.197312131999031001



Miftahul Jannah, S.T., M.T.
NIP. 199103052020122000



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, 01 Maret 2024
Ketua Jurusan Teknik Mesin UNTIRTA



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



PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang Bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Mochammad Taufiq Hidayatullah

NPM : 3331170075

Judul : Analisa Pengujian Performa Kampas Rem Variasi Komposisi Campuran Cangkang Telur, Alumina, Logam Seng, Steel Fiber , Dan Grafit Dengan Perekat Resin Epoxy

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, Desember 2023



Mochammad Taufiq Hidayatullah
NPM. 3331170075

ABSTRAK

Sistem pengereman merupakan salah satu faktor yang dapat meningkatkan jaminan keamanan dan keselamatan dalam berkendara. Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas sistem pengereman adalah penelitian dan pengembangan di bagian kampas rem. Komponen kampas rem sendiri memiliki peran penting dalam sistem pengereman dimana komponen tersebut bersentuhan langsung dengan bagian roda yang berputar. Oleh karena itu, material yang digunakan di dalam kampas rem sangatlah penting dalam proses pengereman. Dalam hal ini, material yang dijadikan bahan utama komponen kampas rem antara lain: cangkang telur, alumina, graphite, zinc, steel fibre dan resin. metode yang digunakan dalam pembuatan kampas rem ini adalah dengan metode cold press yang dilanjut dengan sintering untuk meminimalisir porositas di dalam material. Untuk penelitian ini dilakukan variasi cangkang telur dan resin dengan 3 variabel komposisi, dengan variasi 1 menggunakan 10% cangkang telur dan 60% resin, variabel 2 menggunakan 20% cangkang telur dan 50% resin dan variabel 3 menggunakan 30% cangkang telur dan 40% resin. dimana dalam pengujian keausan menghasilkan nilai paling rendah di variabel 1 dengan nilai $4.19229 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$, untuk daya serap air paling rendah terdapat pada variabel 3 dengan nilai 0.405%, dan untuk nilai koefisien gesek diperoleh nilai paling optimal di variabel 3 dengan nilai 0.53.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan terhadap Allah SWT, karena telah memberikan rahmat serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal tugas akhir atau skripsi ini. Adapun penulisan dan penyusunan proposal tugas akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi dan menyelesaikan salah satu syarat untuk dapat mengambil mata kuliah Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Proposal Skripsi. Oleh karena itu penulis ucapkan terima kasih kepada :

1. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa sebagai instansi tempat saya menimba ilmu pengetahuan yang juga banyak memberikan fasilitas dan pengetahuan di bidang keteknikan.
2. Bapak Dhimas Satria, S.T.,M.Eng. sebagai ketua jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
3. Ibu Miftahul Jannah, S.T.,M.T. sebagai ketua dan koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
4. Bapak Sunardi, S.T., M.Eng. sebagai pembimbing dan kepala penelitian dalam penelitian kali ini.
5. Ibu Dr. Dra. Hj. Rina Lusiani, M.T. selaku pembimbing II yang telah memberikan arahan dan saran terbaik dalam penelitian yang dilakukan.
6. Orang tua yang telah banyak membantu dalam segala hal sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis berharap untuk semua pihak yang telah membantu selalu diberikan keberkahan oleh Allah SWT dan dibalas dengan pahala segala kebajikannya.

Cilegon, ... Oktober 2023

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kampas Rem	5
2.2 Cangkang Telur Ayam.....	7
2.3 Alumina.....	8
2.4 Logam Seng (Zn).....	9
2.5 Grafit.....	10
2.6 Serat Baja (Steel Fibre).....	11
2.7 Resin Epoksi.....	13
2.8 Pengaruh Cangkang Telur pada Kampas Rem Organik	14
2.9 Kompaksi	14
2.10 <i>Sintering</i>	15
2.11 Massa Jenis.....	15
2.12 Daya Serap Air	16
2.13 Koefisien Gesek Permukaan	17
2.14 Uji Keausan.....	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Diagram Alir	19
3.2 Alat dan Bahan	20
3.2.1 Alat.....	20
3.2.2 Bahan.....	22
3.3 Metode Penelitian	25

3.3.1 Metode Eksperimen.....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1 Hasil dan Analisa Pengujian	28
4.2 Pembahasan.....	33
BAB V KESIMPULAN.....	34
5.1 Kesimpulan	34
5.2 Rekomendasi	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	40

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Kampas Rem.....	5
Gambar 2. 2 Bagian pada Kampas Rem	6
Gambar 2. 3 Pengamatan SEM Cangkang Telur Ayam.....	7
Gambar 2. 4 Bagian-bagian Cangkang Telur	8
Gambar 2. 5 Logam Seng.....	9
Gambar 2. 6 Grafit	11
Gambar 2. 7 Steel Fibre.....	12
Gambar 2. 8 Resin.....	13
Gambar 3. 1 Diagram Alir.....	19
Gambar 3. 2 Neraca Digital.....	20
Gambar 3. 3 Mortar dan Pestle	20
Gambar 3. 4 Ayakan Stainless Steel	21
Gambar 3. 5 <i>High Speed Grinder</i>	21
Gambar 3. 6 Pressing Tools.....	21
Gambar 3. 7 Amplas	22
Gambar 3. 8 Cangkang Telur.....	22
Gambar 3. 9 Alumina.....	23
Gambar 3. 10 <i>Grafit</i>	23
Gambar 3. 11 Serat Baja (<i>Steel Fibre</i>)	24
Gambar 3. 12 Diagram Alir Preparasi Cangkang Telur.....	26
Gambar 3. 13 Diagram Pembuatan Komposit.....	27
Gambar 3. 14 Dimensi Spesimen.....	28
Gambar 4. 1 Grafik Massa Jenis Spesimen	28
Gambar 4. 2 Grafik Daya Serap Air	32

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1 Standar bahan gesek kampas rem menurut SAE.....	6
Tabel 3. 1 Komposisi (Persentase) Komposit	26
Tabel 4. 1 Massa Jenis Material.....	28
Tabel 4. 2 Perhitungan Massa dan Gaya	29
Tabel 4. 3 Nilai Koefisien Gesek Spesimen	29
Tabel 4. 4 Hasil Uji Keausan.....	31
Tabel 4. 5 Pengukuran Massa Spesimen	32
Tabel 4. 6 Daya Serap Air	32

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi otomotif saat ini menuntut industri manufaktur kendaraan untuk berinovasi dan berimprovisasi dalam mengembangkan teknologi. Teknologi juga mendorong industri otomotif untuk tidak hanya memproduksi kendaraan yang nyaman dan efisien, juga harus ada jaminan keamanan dan keselamatan dalam berkendara. Salah satu hal yang mampu ditingkatkan adalah sistem pengereman, karena saat ini kecelakaan karena kasus rem blong sangat tinggi. Menurut data dari Dirjen Perhubungan Darat (20/4/2021) Tingkat kecelakaan lalu lintas di Indonesia semakin meningkat, khususnya pada kasus rem blong. Sebanyak 61% kecelakaan terjadi karena faktor manusia (termasuk rem blong), 30% faktor sarana prasarana dan 9% faktor pemenuhan persyaratan laik jalan.

Dalam upaya peningkatan kualitas serta teknologi pengereman, dapat dilakukan improvisasi di bagian kampas rem. Kampas rem merupakan salah satu komponen yang sangat penting pada kendaraan. Kampas rem berperan penting pada proses pengereman, atau pada suatu sistem yang bekerja untuk memperlambat atau menghentikan putaran. Pada kendaraan, sistem rem merupakan komponen penting untuk keamanan dalam berkendara, jika suatu sistem rem tersebut tidak berfungsinya maka akan menimbulkan bahaya bahkan hingga terjadi kecelakaan. Oleh sebab itu komponen kampas rem yang bergesekan ini harus memiliki syarat tahan terhadap gesekan (tidak mudah aus), tahan panas dan tidak mudah berubah bentuk pada saat bekerja dalam suhu tinggi (Aditya, 2014).

Pada umumnya, kampas rem kendaraan bermotor terbuat dari bahan asbestos dan terdapat unsur-unsur tambahan seperti SiC, Mn atau Co (Triadi, 2017). Namun menurut *Health Conscious Scandinavians* material asbestos ini berbahaya bagi manusia karena bersifat karsinogenik. Hal ini mendorong beberapa peneliti untuk mengembangkan material kampas rem, terutama menggunakan material organik. Selain material organik ini ketersediaannya sangat melimpah, hal ini juga bisa digunakan untuk membuat suatu barang bernilai tinggi dari limbah.

Cangkang telur ayam dinilai sebagai material yang tepat untuk menjadi material penyusun kampas rem. Penelitian yang dilakukan oleh Adam Ghifari menyatakan bahwa serbuk kulit telur dapat digunakan untuk membuat kampas rem dan dibandingkan dengan standar kampas rem indopart, pada komposisi 20% serbuk kulit telur dan 40% serbuk kuningan memiliki nilai keausan yang lebih tinggi daripada standar keausan kampas rem indopart yaitu $0,0396 \text{ mm}^2/\text{kg}$ sedangkan nilai standar keausan pada kampas rem indopart sebesar $0,0373 \text{ mm}^2/\text{kg}$ dan pada uji kekerasan mendekati standar kampas rem indopart dengan nilai $176,44 \text{ kg}/\text{mm}^2$ sedangkan nilai standar kekerasan pada kampas rem indopart sebesar $186,95 \text{ kg}/\text{mm}^2$ (Ghifari, 2016). Cangkang telur ayam memiliki kekuatan yang tinggi dan lebih ringan dibanding bahan-bahan baja (metal). Selain itu, cangkang telur juga memiliki kandungan kalsium karbonat mencapai 94% (Murakami, 2007). Namun, untuk membuat cangkang telur ayam ini bisa diaplikasikan untuk kampas rem, material cangkang telur ayam ini harus diekstrak terlebih dahulu. Dalam mengekstrak cangkang telur ayam, akan diambil senyawa yang berguna yaitu CaO dari CaCO_3 . Dengan mengekstrak senyawa tersebut, akan dilakukan perbandingan antara senyawa CaO dengan CaCO_3 dan sangat diharapkan mampu untuk meningkatkan kualitas kampas rem, khususnya untuk parameter koefisien gesek dan stabilisator termal.

Selain menggunakan cangkang telur ditambahkan pula beberapa bahan yaitu alumina, grafit, logam zenk, steel fiber yang memiliki sifat sebagai penguat material dan penahan panas yang baik serta direkatkan dengan resin epoxy agar material tersebut tahan terhadap korosi dan tekanan. Saat kampas rem bergesekan, kampas rem dapat menyerap panas dengan baik serta melepaskan panas dengan cepat. Maka dari itu penelitian ini akan dilakukan untuk mencari komposisi yang paling tepat dan paling memiliki karakteristik paling baik dari pencampuran cangkang telur dengan tambahan bahan materai tersebut dengan pengikat resin epoxy yang diuji dengan uji daya serap air, uji keausan, dan uji koefisien gesek.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian di atas, maka dapat ditarik rumusan masalah untuk penelitian ini. Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini

1. Apa pengaruh campuran dari cangkang telur dan resin epoxy pada kampas rem berbahan komposit organik dengan komposisi alumina (5%), *graphite* (5%), *zinc* (5%), dan *steel fibre* (15%)?

2. Bagaimana cara meningkatkan kemampuan dan ketahanan bahan kampas rem dari kampas rem komposit organik?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini, yaitu :

1. Untuk mengetahui komposisi optimal dari cangkang telur dan resin pada kampas rem organik berbahan dasar alumina (5%), *graphite* (5%), *zinc* (5%), dan *steel fibre* (15%).
2. Untuk mengetahui nilai keausan, koefisien gesek dan daya serap air pada spesimen kampas rem organik sebagai parameter nilai kualitas kampas rem berbahan komposit organik.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah penelitian tugas akhir agar lebih fokus dan terarah, yaitu ;

1. Penelitian dan pengujian akan dilakukan di kampus B atau kampus Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
2. Penelitian ini menggunakan limbah cangkang telur ayam sebagai salah satu komponen bahan kampas rem organik.
3. Cangkang telur di *screening* menggunakan ayakan 200 mesh agar memiliki ukuran homogen.
4. Melakukan pengujian daya serap air dengan standar ASTM D570.
5. Melakukan pengujian keausan pada sampel yang akan diuji dengan menggunakan standarisasi ASTM G99.
6. Melakukan uji koefisien gesek pada permukaan spesimen dengan standarisasi ASTM C1028.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian pada tugas akhir ini untuk mahasiswa sendiri dan masyarakat, yaitu :

1. Untuk mahasiswa
 - a. Sebagai syarat untuk memenuhi tugas akhir agar dapat meraih gelar sarjana.
 - b. Mahasiswa dapat mengembangkan inovasi komposisi dari cangkang telur ayam, dan campuran bahan tersebut untuk mendapatkan nilai daya serap air tekan dan tingkat keausan pada kampas rem yang lebih baik.

2. Untuk Masyarakat
 - a. Masyarakat diharap mengetahui keuntungan dengan ikut naiknya nilai ekonomi dari cangkang telur dan mengetahui manfaat nilai bahan tersebut sebagai bahan produk kapas rem organic sehingga limbah dari cangkang telur dapat lebih dimanfaatkan lagi.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan pada penelitian ini, sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Membahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, hipotesis awal, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka yang berisi teori singkat dari kapas rem, kapas rem organik, cangkang telur ayam dan kalsinasi cangkang telur ayam.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Membahas tentang diagram alir, alat dan bahan, dan prosedur penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan menjelaskan data yang diperoleh dari percobaan atau pengujian yang dilakukan, analisa tentang hasil yang diperoleh dan pembahasan dari hasil uji yang telah dilakukan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan berisi hasil analisa data dan pembahasan serta saran yang dapat digunakan untuk mendukung penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kampas Rem

Kampas rem merupakan salah satu komponen penting pada sistem pengereman kendaraan bermotor. Kampas rem dapat mengontrol kecepatan kendaraan pada saat kendaraan tersebut melakukan pengereman dengan mengubah energi kinetik menjadi energi panas dengan gesekan dan membuang panas tersebut ke lingkungan oleh karena itu kampas rem menjadi salah satu komponen penting yang mempengaruhi keselamatan dalam berkendara (Lawal et al., 2017).

Kampas rem pada umumnya terbuat dari bahan asbes akan tetapi juga terdapat kampas rem yang berbahan non – asbes. Kampas rem berbahan asbes sangat berbahaya bagi kesehatan. Saat dilakukan pengereman kampas rem yang terbuat dari bahan akan menimbulkan debu beracun yang bertaburan, sehingga mudah dihirup dan mudah menempel, debu tersebut mengandung debu beracun yang tidak kasat mata. Negara – negara seperti USA, UK, Kolombia, Jepang dan beberapa lainnya telah melarang penggunaan asbes untuk bahan kampas rem karena dapat menyebabkan kanker (Lawal et al., 2017).



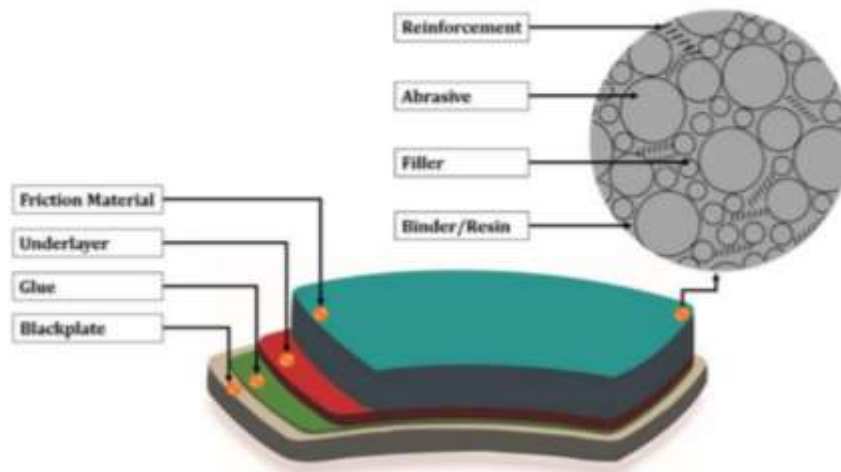
Gambar 2. 1 Kampas Rem

Bahan penyusun kampas rem harus memiliki sifat kekerasan, keausan, serta tahan terhadap korosi. Salah satu bahan penyusun yang memiliki beberapa sifat tersebut adalah alumunium yang memiliki bobot yang ringan dan kekuatan tarik 70 MPa serta alumunium tahan terhadap korosi (Telang et 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 gesek kampas rem menurut SAE

Sifat Mekanik	Nilai Stadar
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 dan proporsi geometri dari sistem pengereman skala penuh (Kermc, 2005).



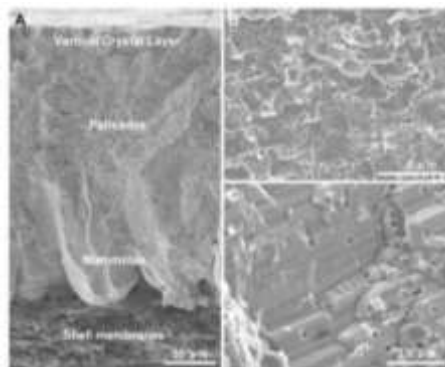
Gambar 2. 2 Bagian pada Kampas Rem

Pada **Gambar 2.2** terlihat bahwa kampas rem memiliki beberapa lapisan, terdapat perekat yang menahan *friction material* atau bahan gesek ke lapisan, dibawahnya terdapat *underlayer* yang ditempatkan diantara *friction material* dan *backplate*, fungsi dari *underlayer* ini adalah untuk mengurangi getaran yang disebabkan oleh gesekan bahan yang menyentuh *disk*. *Backplate* memberikan kampas rem kekakuan yang diperlukan untuk terus bergerak di sepanjang kaliper paduan. *Friction material* yang bersentuhan langsung dengan cakram selama proses pengereman adalah lapisan penting pada kampas rem. Sehingga bahan ini terbuat dari berbagai bahan yang dikembangkan untuk memperoleh fungsi yang optimal.

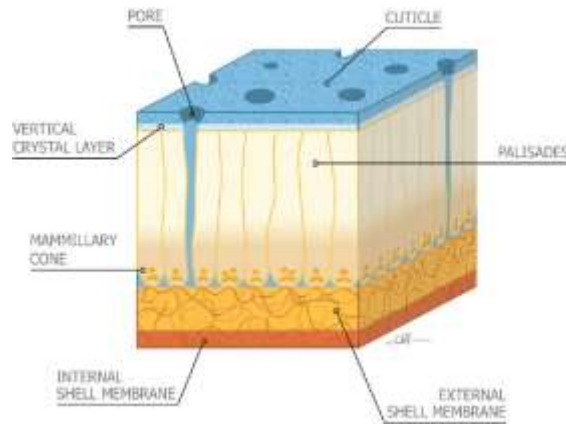
Friction material pada kampas rem terdiri dari bahan reinforcement, binder, filler, dan abrasif. Binder adalah bahan yang menyimpan semua komponen pads. Bahan ini harus memiliki koefisien gesekan yang stabil dan tinggi, tahan terhadap tinggi suhu dan perubahan suhu yang cepat, dan ringan. Reinforcement atau bahan penguat adalah bahan berserat yang ditambahkan ke pengikat untuk meningkatkan kualitas mekaniknya. Daya tahan kampas rem sangat dipengaruhi oleh jenis bahan penguat yang digunakan. asbes adalah serat penguat yang sangat baik. Namun, karena sifatnya yang berbahaya, bahan pengganti dibutuhkan. Filler digunakan untuk mengisi celah antara komponen bantalan rem lainnya, sedangkan bahan abrasif digunakan untuk memodifikasi koefisien gesekan. Baja, tahan api oksida, besi tuang, kuarsa, atau silikat, misalnya, digunakan sebagai aditif untuk meningkatkan koefisien gesekan antara cakram dan bantalan rem karena kekerasannya. Masa pakai kampas rem meningkat dengan meningkatkan koefisien gesekan (Irawan et al., 2022).

2.2 Cangkang Telur Ayam

Cangkang telur merupakan komponen terluar dari telur yang memiliki fungsi memberi perlindungan untuk komponen telur yang ada di dalam, baik perlindungan secara fisik, kimia, maupun mikrobiologis (Jamila, 2014). Cangkang telur memiliki massa sebesar 2.25 gr/cm^3 (Nuchnapa Tangboriboon et al., 2019). Cangkang telur yang tidak dimanfaatkan akan menjadi salah satu limbah padat dari industri makanan. Pembuangan limbah dapat menimbulkan masalah yang dapat menimbulkan risiko terhadap kesehatan masyarakat, pencemaran sumber air dan pencemaran lingkungan (Lumlung et al., 2016).



Gambar 2. 3 Pengamatan SEM Cangkang Telur Ayam



Gambar 2. 4 Bagian-bagian Cangkang Telur

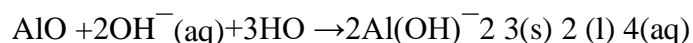
Pada **Gambar 2.3** adalah hasil dari SEM cangkang telur unggas menunjukkan struktur keseluruhan dan daerah cangkang telur yang terkalsifikasi yang terbentuk pada membran cangkang selama siklus bertelur. Pada **Gambar 2.4** terlihat juga wilayah *palisades* menunjukkan bidang luas kalsit yang terbelah, dan banyak rongga kecil berbentuk bola (Hincke et al., 2012).

2.3 Alumina

Alumina (Al_2O_3) merupakan material keramik nonsilikat yang paling penting yang memiliki massa jenis sebesar 3.95 gr/cm^3 (Patnaik & Ph, 2003). Material ini meleleh pada suhu 2051°C dan mempertahankan kekuatannya bahkan pada suhu 1500°C sampai 1700°C (Riska Yudhistia et al., 2018). Alumina mempunyai ketahanan listrik yang tinggi dan tahan terhadap kejutan termal dan korosi. Alumina (Al_2O_3) diperoleh dari pengolahan biji bauksit yang mengandung 50-60% Al_2O_3 ; 1-20% Fe_2O_3 ; 1-10% silika; sedikit sekali titanium, zirkonium dan oksida logam transisi lain; dan sisanya (20-30%) adalah air. Pengolahan ini dilakukan dengan menggunakan proses Bayer yang mengambil manfaat dari fakta bahwa oksida alumina amfoter larut dalam basa kuat tetapi besi (III) oksida tidak. Proses Bayer terdiri dari tiga tahap reaksi yaitu:

1) Proses Ekstraksi

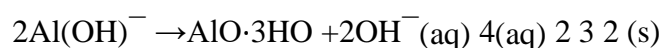
Bauksit mentah dilarutkan dalam natrium hidroksida



dan dipisahkan dari besi oksida terhidrasi serta zat asing tak larut lainnya dengan penyaringan.

2) Proses Dekomposisi

Aluminium oksida terhidrasi murni mengendap bila larutan didinginkan sampai lewat jenuh dan dipancing menjadi kristal dari produk:



3) Proses Kalsinasi

Air hidrasi dibuang melalui kalsinasi pada suhu tinggi (1200°C).



Alumina yang dihasilkan melalui proses Bayer ini, mempunyai kemurnian yang tinggi dengan konsumsi energi yang relatif rendah (Oxtoby, 2003). Aluminium oksida (Al_2O_3) atau yang lebih dikenal dengan alumina adalah insulator (penghambat) panas dan listrik yang baik. Aluminium oksida (Al_2O_3) berperan penting dalam ketahanan logam aluminium terhadap perkaratan dengan udara. Logam aluminium sebenarnya amat mudah bereaksi dengan oksigen di udara. Aluminium bereaksi dengan oksigen membentuk aluminium oksida, yang terbentuk sebagai lapisan tipis yang dengan cepat menutupi permukaan aluminium. Lapisan ini melindungi logam aluminium dari oksidasi lebih lanjut.

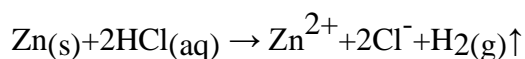
2.4 Logam Seng (Zn)

Seng merupakan salah satu unsur dengan simbol Zn, memiliki nomor atom 30, massa atom 65,37 g/mol, konfigurasi elektron $[\text{Ar}]3d^{10}4s^2$ dan massa jenis sebesar 7.13 gr/cm³ yang terdapat pada golongan IIB unsur transisi di dalam tabel periodik (Patnaik & Ph, 2003). Seng adalah logam yang berwarna hitam yang sangat mudah ditempa.

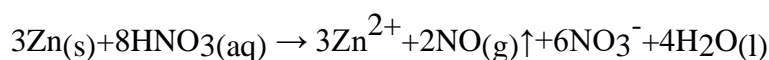


Gambar 2. 5 Logam Seng

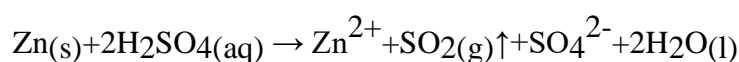
Seng liat pada suhu 110-150⁰C, melebur pada suhu 410⁰C, dan mendidih pada suhu 906⁰C. Logamnya yang murni, melarut lambat dalam asam maupun basa, adanya zat-zat pencemar atau kontak dengan platinum atau tembaga, yang dihasilkan oleh penambahan beberapa tetes larutan garam dari logam-logam ini dapat mempercepat reaksi. Hal tersebut menjelaskan seng-seng komersial dapat dengan mudah larut dalam asam klorida encer dan asam sulfat encer dengan mengeluarkan gas hidrogen:



Asam nitrat pekat akan membentuk ion-ion seng (II) dan nitrogen oksida (NO):



Asam nitrat pekat mempunyai pengaruh yang kecil terhadap seng, karena rendahnya kelarutan seng nitrat. Dengan asam sulfat pekat akan melarutkan seng dan melepaskan belerang dioksida:



Seng membentuk hanya satu seri garam, garam-garam ini mengandung kation seng (II), yang diturunkan dari seng oksida, ZnO (Vogel, 1985).

Logam seng memiliki sifat fisik dan sifat kimia yaitu mempunyai 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 5 mg/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 mekanis dari kampas rem. Seng juga digunakan juga dalam kampas rem ini untuk menghindari penggunaan asbestos yang sifatnya beracun (Sumiyanto et al., 2019).

2.5 Grafit

Grafit yang ditambahkan dalam proses pembuatan polimer matriks komposit ini berfungsi sebagai *reinforced* (penguat).



Gambar 2. 6 Grafit

Grafit (Abraham Gottlob Werner, 1789) adalah salah satu *alotropy* karbon. Grafit memiliki massa jenis sebesar 2.26 gr/cm^3 (Burchell & Pavlov, 2020). Tidak seperti intan, grafit adalah konduktor listrik, dan bisa dipakai, untuk bahan di elektroda lampu busur listrik. Karena electron dapat mengalir melalui struktur mikro dari graphite, Grafit mempunyai perbedaan *temperature melting* yang tinggi dan dapat menjadi bentuk karbon padat yang paling stabil sehingga kekerasan dari graphite sangat tinggi, grafit mempunyai nilai kekerasan yang paling tinggi di atas *anthracite*, walaupun biasanya tidak dipakai sebagai bahan bakar karena sukar menyala (Hendro Sat Setijo Tomo, 2010).

2.6 Serat Baja (Steel Fibre)

Serat baja adalah serat sejenis baja kecil yang diproduksi khusus dengan teknologi tinggi. Serat ini merupakan baja kecil yang berbentuk seperti jarum dengan ukuran panjang 140 mm dan memiliki diameter $\pm 0,0279 \text{ mm}$ serta memiliki nilai massa jenis sebesar 7.85 gr/cm^3 (Aldikheeli & Shubber, 2020). Penggunaan serat dalam beton dapat meningkatkan mutu beton seperti meningkatkan beban kejut (*impact resistance*), dapat meningkatkan kekuatan lentur (*flexural strength*) dan meningkatkan kekuatan geser balok beton serat (Nugraha dan Antoni, 2007).



Gambar 2. 7 Steel Fibre

Menurut Singh (2017), bentuk serat baja di dalam beton seperti saling berhubungan di antara celah agregat dimana serat baja bekerja seolah-olah seperti rangka batang di dalam beton. Mortar dari semen sendiri, menahan tekanan dan berfungsi sebagai tempat mengait serat baja. Daerah dimana diisi dengan hubungan antara serat baja di dalam celah agregat disebut Interfacial Transition Zone (ITZ). Beton dapat menyebarkan gaya dalam yang terjadi melalui ITZ. Serat baja aktif menahan penyebaran retak yang terjadi di dalam beton. Dengan adanya serat baja, dapat meningkatkan sifat daktilitas dan kemampuan regangan beton.

Serat baja mempengaruhi sifat daktilitas pada beton. Selain serat baja pada beton berpengaruh, ada juga faktor yang mempengaruhi yaitu jumlah lekukan dan juga ikatan antara serat baja dengan beton. Menurut Cuenca (2017), untuk mendapatkan sifat daktilitas ketika puncak pembebanan, maka penggunaan serat baja dengan aspek rasio yang tinggi lebih dibutuhkan.

Menurut ACI 544 3R (1993), aspek rasio adalah rasio dari panjang fiber terhadap diameternya. Kisaran normal aspek rasio untuk beton berserat adalah antara 20 sampai 100. Aspek rasio yang nilainya lebih besar dari 100 tidak direkomendasikan karena akan menyebabkan *workability* yang tidak memadai, terbentuknya formasi *mat* di dalam campuran dan penyebaran serat baja yang tidak merata.

Shahiron Shahidan, Mustaqim A. Rahim, Nik S. N. Zol dan Muhammad A. Azizan (2015) menyimpulkan bahwa serat baja yang pendek memiliki *workability* yang tinggi bila dibandingkan dengan serat baja yang panjang. Serat baja pendek dapat mengisi ruang-ruang kosong di dalam beton lebih baik daripada serat baja yang lebih panjang dan beton akan menjadi padat. Penelitian dilakukan terhadap serat baja yang memiliki panjang 33 mm untuk serat baja pendek dan 50 mm untuk serat baja panjang.

2.7 Resin Epoksi

Resin merupakan getah yang dikeluarkan oleh berbagai jenis tumbuhan yang merupakan sisa-sisa metabolisme. Terdapat dua jenis resin yaitu resin alami dan resin sintetis. Resin yang biasanya dikeluarkan oleh tanaman merupakan resin alami atau biasa disebut sebagai damar. Sedangkan resin sintetis biasanya dibentuk dengan beberapa cara dengan pemanasan dan tekanan menjadi suatu benda yang berguna. Terdapat dua jenis resin yaitu termoplastik dan termoset. Resin termoplastik dapat kembali ke bentuk semula jika dilakukan pemanasan. Sedangkan resin termoset terjadi reaksi kimia selama pembentukan dan tidak dapat kembali ke bentuk semula setelah dipanaskan.



Gambar 2. 8 Resin

Resin epoksi adalah resin sintetis jenis polimer thermosetting dimana molekul resinnya mengandung satu atau lebih gugus epoxide (epoksida) dengan massa jenis sebesar 1.1 gr/cm^3 (Uygunoglu et al., 2015). Struktur molekulnya dapat disesuaikan sesuai kebutuhan seperti untuk mendapatkan viskositas yang diinginkan. Terdapat dua jenis epoxy, glycidyl epoxy dan nonglycidyl epoxy. Salah satu jenis glycidyl epoxy yang paling umum adalah epoxy yang dibuat dengan bahan baku Bisphenol-A yang direaksikan dengan Epichlorohydrin. Jenis resin epoxy lain yang sering digunakan adalah epoksi berbahan dasar novolac (Johnson, 2017).

Proses pengerasan resin epoksi biasa disebut “curing”. Proses ini memerlukan curing agent yang biasa disebut pengeras. Jenis pengeras paling umum adalah yang berbahan dasar amina. Menurut Johnson (2017), tidak seperti resin polyester atau resin vinyl ester dimana resin dikeraskan dengan konsentrasi kecil katalis (1-3%), resin epoksi membutuhkan pengeras dengan rasio resin dengan pengeras yang lebih tinggi, biasanya 1:1 atau 2:1.

Epoksi adalah resin yang paling sering digunakan untuk perangkat elektronik. Pemilihan digunakannya epoksi didasarkan atas kemampuan adesif, permeability, dan kemurnian yang tinggi serta sifat tahan korosi dan tekanannya (May, 1987).

2.8 Pengaruh Cangkang Telur pada Kampas Rem Organik

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Edokpia yang memanfaatkan partikel cangkang telur-komposit gum arabic untuk kampas rem menghasilkan kesimpulan bahwa ada ikatan antarmuka yang andil sebagai wt% gum arabic meningkat dari 3-18 pada partikel cangkang telur. Kekuatan tekan, kekerasan dan densitas kampas rem yang dikembangkan meningkat, sedangkan rendam minyak, rendam air, tingkat keausan menurun, maka dari itu cangkang telur dianggap dapat menggantikan asbestos yang bersifat beracun untuk kampas rem dan masih memenuhi standar yang dipersyaratkan (Edokpia et al., 2016).

Pada Penelitian sebelumnya oleh Nugroho yang memanfaatkan kalsium karbonat dari cangkang telur ayam, serbuk kuning, resin epoxy memiliki kelebihan yaitu untuk material yang dipakai merupakan pemanfaatan dari limbah, dan kampas rem ramah lingkungan serta tidak berbau. Berdasarkan dari pemanfaatan dari bahan bahan di atas nilai yang di hasilkan dari pengujian kekerasan dan keausan hampir mendekati dengan standar kampas rem yang ada dipasaran yaitu $186,95 \text{ kg/mm}^2$ (Nugroho, 2019).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Adam Ghifari mendapatkan hasil bahwa serbuk kulit telur dapat digunakan untuk membuat kampas rem dan dibandingkan dengan standar kampas rem indopart, pada komposisi 20% serbuk kulit telur dan 40% serbuk kuning memiliki nilai keausan yang lebih tinggi daripada standar keausan kampas rem indopart yaitu $0,0396 \text{ mm}^2/\text{kg}$ sedangkan nilai standar keausan kampas rem indopart yaitu $0,0373 \text{ mm}^2/\text{kg}$ dan pada uji kekerasan mendekati standar kampas rem indopart dengan nilai $176,44 \text{ kg/mm}^2$ sedangkan nilai standar kekerasan kampas rem indopart sebesar $186,95 \text{ kg/mm}^2$ (Ghifari, 2016).

2.9 Kompaksi

Proses kompaksi adalah salah satu tahapan didalam proses metalurgi serbuk yang dilakukan guna memadatkan serbuk dan membuat ikatan secara mekanik antar serbuk dengan memberikan tekanan dari luar terhadap serbuk yang telah dimasukkan ke dalam suatu cetakan yang memiliki bentuk sesuai dengan yang diinginkan, serbuk yang telah

dikompaksi akan membentuk suatu komponen sesuai dengan bentuk dari cetakan itu sendiri. Proses kompaksi ini digunakan untuk mendapatkan densitas yang tinggi (Yafie, 2014).

2.10 Sintering

Sintering merupakan proses pemanasan dengan suhu tinggi pada material yang dengan tujuan untuk menurunkan energi bebas dan meningkatkan nilai kohesi antar partikel-partikel penyusun material sehingga diharapkan terjadi pemadatan melalui eliminasi porositas serta terjadi perubahan ukuran butir. Proses sinter menyediakan panas untuk pembentukan awal ikatan dan memperbaiki sifat metrial. Pada proses sinter, ikatan partikel-partikel mengalami peristiwa transport atom.

Adapun dalam proses sintering itu sendiri selain dapat membantu dalam pengolahan material, dampak proses sintering juga perlu diperhitungkan. karena proses sintering dapat menyebabkan penyusutan toleransi dimensi pada material yang dihasilkan. oleh karenanya pada proses sintering ini perlu perencanaan yang sangat baik seperti desain produk dan toleransi dimensi itu sendiri. pada proses sintering juga dapat berdampak terjadinya kerapuhan pada bahan material yang di panaskan jika kondisi sintering yang kurang optimal yang menyebabkan material rentan mengalami retak. terakhir dampak yang akan terjadi pada proses sintering yaitu dapat menghasilkan emisi gas beracun, oleh karenanya perlu diperhatikan dalam pengelolaan limbah dari hasil proses sintering tersebut (Nisa, 2015).

2.11 Massa Jenis

Benda dapat pula dikatakan sebagai suatu zat atau materi. Salah satu sifat materi yang sangat diperlukan dalam berbagai perhitungan rumus-rumus fisika maupun kimia adalah massa jenis materi, yang didefinisikan sebagai massa per satuan volume materi. Pada umumnya materi dapat di bedakan menjadi tiga wujud, yaitu padat, cair dan gas. Benda padat memiliki sifat mempertahankan bentuk dan ukuran yang tetap. Jika gaya bekerja pada benda padat, benda tersebut tidak langsung berubah bentuk atau volumenya. Benda cair tidak mempertahankan bentuk tetap, melainkan mengambil bentuk seperti tempat yang di tempatinya, dengan volume yang tetap, sedangkan gas tidak memiliki bentuk dan volume tetap melainkan akan terus berubah dan mmenyebar memenuhi tempatnya. Karena keduanya memiliki kemampuan untuk mengalir, maka disebut dengan zat cair atau fluida.

Massa jenis sebuah benda adalah suatu harga yang menunjukkan perbandingan antara massa tiap satu satuan volume yang dinyatakan dengan:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Keterangan:

ρ : Massa Jenis (gr/cm³)

m : Massa (gr)

v : Volume (cm³)

2.12 Daya Serap Air

Daya serap air adalah salah satu sifat fisis komposit yang menunjukkan kemampuan komposit untuk menyerap air setelah direndam di dalam air selama 2 jam dan 24 jam. Pengujian ini penting dilakukan untuk mengetahui ketahanan terhadap air terutama jika penggunaannya untuk keperluan otomotif dimana komposit mengalami kontak langsung dengan udara luar dan air. Pengaruh tingginya kerapatan komposit cenderung menurunkan daya serap air komposit tersebut. Semakin tinggi kerapatan partikel pada komposit menyebabkan air akan sulit untuk masuk ke dalam rongga-rongga yang ada di dalam komposit, karena memiliki pori yang lebih sedikit (Nurwahida, 2019). Ada beberapa faktor yang mempengaruhi penyerapan air pada komposit yaitu, volume ruang kosong yang dapat menampung air di antara partikel, luas permukaan partikel yang tidak ditutupi perekat dan dalamnya penetrasi perekat terhadap partikel.

Daya serap air dinyatakan dalam satuan persen (%), dimana untuk perhitungan, digunakan rumus sebagai berikut (International, 2017):

$$\text{Daya Serap air} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%$$

Keterangan

m_1 : Massa awal (gr)

m_2 : Massa setelah dilakukan perendaman (gr)

2.13 Koefisien Gesek Permukaan

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 untuk 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 ini digunakan standar ASTM C1028-96 (ASTM International, 1996). Diperlukan beberapa nilai yang harus diketahui dalam perhitungan koefisien gaya gesek ini, nilai-nilai tersebut merupakan gaya normal yang merupakan gaya yang timbul dari massa benda terhadap gravitasi bumi, rumus sebagai berikut:

$$N = w = m \times g$$

Sehingga untuk menentukan nilai koefisien gaya gesek yang terjadi pada material maka digunakan rumus sebagai berikut:

$$\mu_s = \frac{F}{N}$$

Keterangan:

- N : Gaya Normal (N)
- w : Berat (N)
- m : Massa (kg)
- g : Satuan Gravitasi (m/s)
- μ_s : Koefisien Gesek
- F : Gaya Tarik (N)

2.14 Uji Keausan

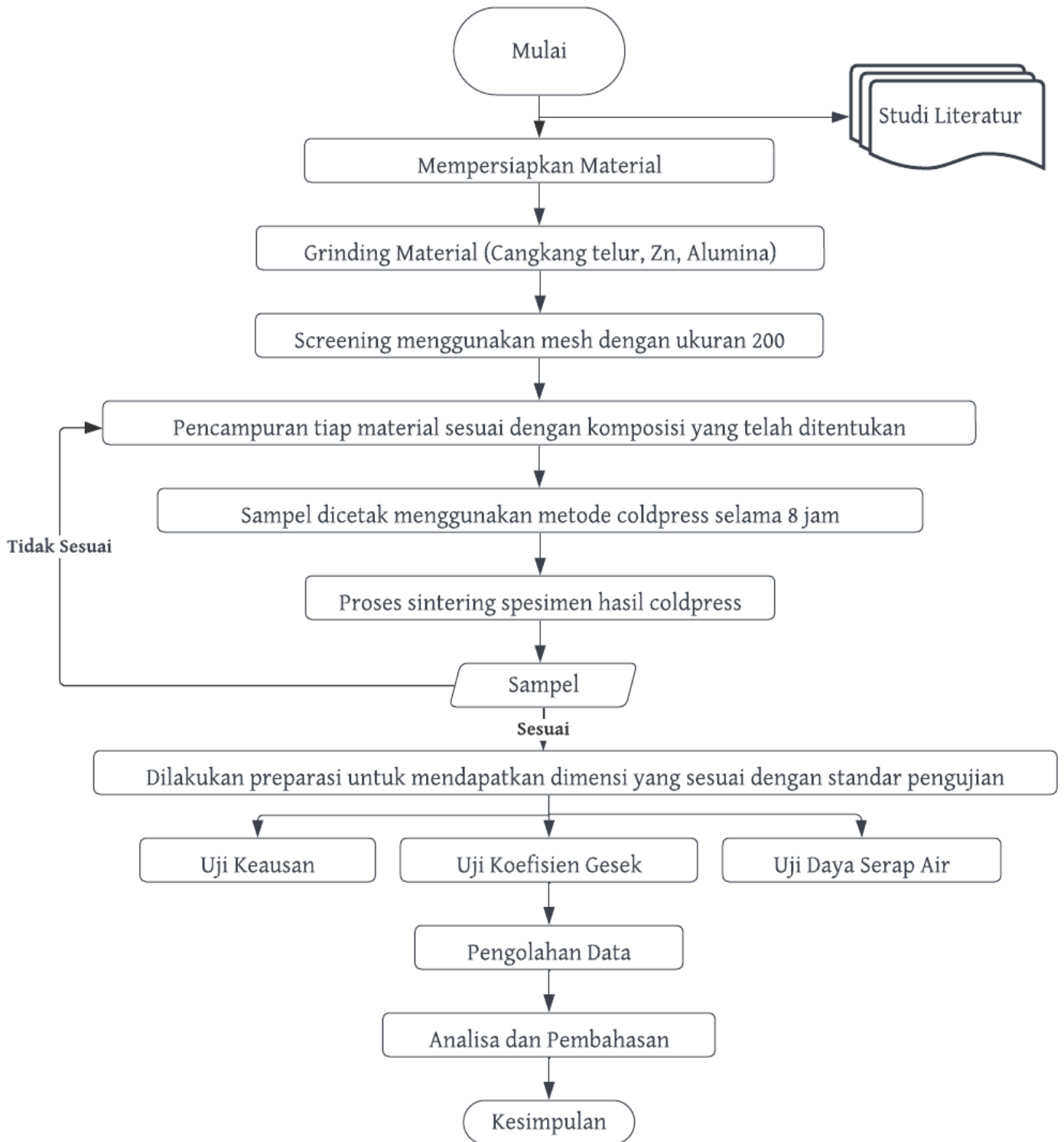
Keausan didefinisikan sebagai hilangnya bahan dari suatu permukaan atau perpindahan bahan dari permukaannya ke bagian yang lain atau Bergeraknya bahan pada suatu permukaan (Sumiyanto et al., 2019). Material jenis apapun akan mengalami keausan dengan berbagai mekanisme. Terdapat berbagai mekanisme pada fenomena keausan yaitu keausan abrasif, keausan adhesif, keausan fatigue, keausan korosif dan keausan erosi.

- a. Keausan abrasif terjadi bila suatu partikel keras dari material tertentu meluncur pada permukaan material lain yang lebih lunak sehingga pemotongan material yang lebih lunak.
- b. Keausan adhesive terjadi bila kontak permukaan dari dua material atau lebih mengakibatkan adanya pelekatan satu sama lain yang saling mengunci dan pada akhirnya terjadi pelepasan.
- c. Keausan Fatigue adalah jika permukaan yang mengalami beban (surface in compression) dan berulang akan mengarah pada pembentukan retak – retak mikro (microcracks), retak – retak tersebut pada akhirnya menyatu dan menghasilkan pengelupasan material (cracks).
- d. Keausan Korosif atau Keausan Oksidasi karena adanya perubahan kimiawi material di bagian permukaan oleh faktor lingkungan yang menghasilkan pembentukan lapisan pada permukaan dengan sifat yang berbeda dengan material induk.
- e. Keausan Erosi adalah proses erosi yang disebabkan oleh gas dan cairan yang membawa partikel padatan yang membentur permukaan material. (Supriyanto, 2016).

Keausan yang lebih besar terjadi pada bahan yang lebih lunak. Faktor- faktor yang mempengaruhi keausan adalah kecepatan, tekanan, kekerasan permukaan dan kekerasan material (Suardi et al., 2021). Keausan suatu bahan komposit semakin besar atau semakin mudah aus dapat dipengaruhi oleh besarnya waktu yang diberikan pada proses kompaksi. Bila waktu penekanannya semakin besar maka tingkat keausan pun juga semakin besar. Nilai kekerasan suatu bahan juga terpengaruh oleh besar waktu penekanan kompaksi yang diberikan dalam proses pembuatan bahan kampas rem. (Siallagan, 2018).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir



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. Neraca digital

Neraca digital digunakan untuk mengukur massa dari bahan yang digunakan



Gambar 3. 2 Neraca Digital

b. *Mortar dan Pestle*

Mortar dan pestle digunakan untuk menghancurkan cangkang telur agar menjadi serbuk dengan ukuran lebih kecil



Gambar 3. 3 Mortar dan Pestle

c. Ayakan Stainless Steel 200 Mesh

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



Gambar 3. 4 Ayakan Stainless Steel

d. *High Speed Grinder*

High Speed Grinder digunakan untuk memperkecil ukuran cangkang telur



Gambar 3. 5 *High Speed Grinder*

e. *Pressing Tools*

Cod pressing tools berfungsi untuk merekatkan sampel dengan menggunakan perekat dengan tekanan tertentu.



Gambar 3. 6 Pressing Tools

f. Amplas

Amplas digunakan untuk menghaluskan sampel.



Gambar 3. 7 Amplas

3.2.2 Bahan

Bahan yang dibutuhkan pada percobaan ini antara lain :

a. Cangkang Telur Ayam

Pada pembuatan kampak rem organik ini, yang menjadi bahan organik utama dalam pembuatannya yaitu adalah cangkang telur.



Gambar 3. 8 Cangkang Telur

b. Alumina

Alumina digunakan sebagai bahan campuran agar menjadi penghambat panas yang baik.



Gambar 3. 9 Alumina

c. Logam Seng (Zn)

Logam Seng (Zn) berfungsi sebagai bahan campuran agar kampas rem dapat menjadi keras pada suhu tertentu.



Gambar 3.12 Logam Seng (Zn)

d. Grafit

Grafit berfungsi sebagai bahan penguat kampas rem agar menjadi penghambat panas yang baik.



Gambar 3. 10 Grafit

e. Serat Baja (*Steel Fibre*)

Serat Baja (*Steel Fibre*) berfungsi sebagai bahan penguat kampas rem agar lebih tahan terhadap gesekan.



Gambar 3. 11 Serat Baja (*Steel Fibre*)

f. Resin Epoksi

Resin epoksi digunakan sebagai material pengikat karena resin epoxy melekat sangat baik dengan banyak macam zat pengisi, zat penguat dan substrat.



Gambar 3.12 Resin epoksi

3.3 Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, dilakukan beberapa metode untuk mendapatkan nilai hasil dari pengujian material kanvas rem. Beberapa metode tersebut antara lain metode eksperimen dan metode literatur. Kedua metode tersebut digunakan untuk mendapatkan nilai hasil penelitian dengan bentuk percobaan yang bersumber dari beberapa literatur yang dapat berupa jurnal, buku, maupun laporan penelitian lain.

3.3.1 Metode Eksperimen

Metode eksperimen dilakukan sebagai landasan untuk mendapatkan data secara sistematis dan terukur. Metode ini dilakukan dengan melakukan pembuatan benda kerja dan pengujian benda kerja. Dari metode eksperimen ini sendiri, perlu dilakukan beberapa prosedur yang sistematis untuk mendapatkan data hasil. Data hasil yang diperoleh pada metode eksperimen ini dihasilkan setelah dilakukan prosedur percobaan. Sehingga pada metode ini dilakukan beberapa tahapan prosedur penelitian, antara lain:

1. Preparasi Cangkang Telur

Hal yang pertama dilakukan sebelum melakukan prosedur-prosedur penelitian ini adalah preparasi cangkang telur. Hal ini dilakukan karena cangkang telur yang digunakan masih belum dapat di pakai sebagai bahan campuran komposit kanvas rem. Cangkang telur yang digunakan dalam penelitian ini merupakan cangkang telur sampah dapur, sehingga perlu ada preparasi. Berikut diagram alir untuk preparasi cangkang telur:



Gambar 3. 12 Diagram Alir Preparasi Cangkang Telur

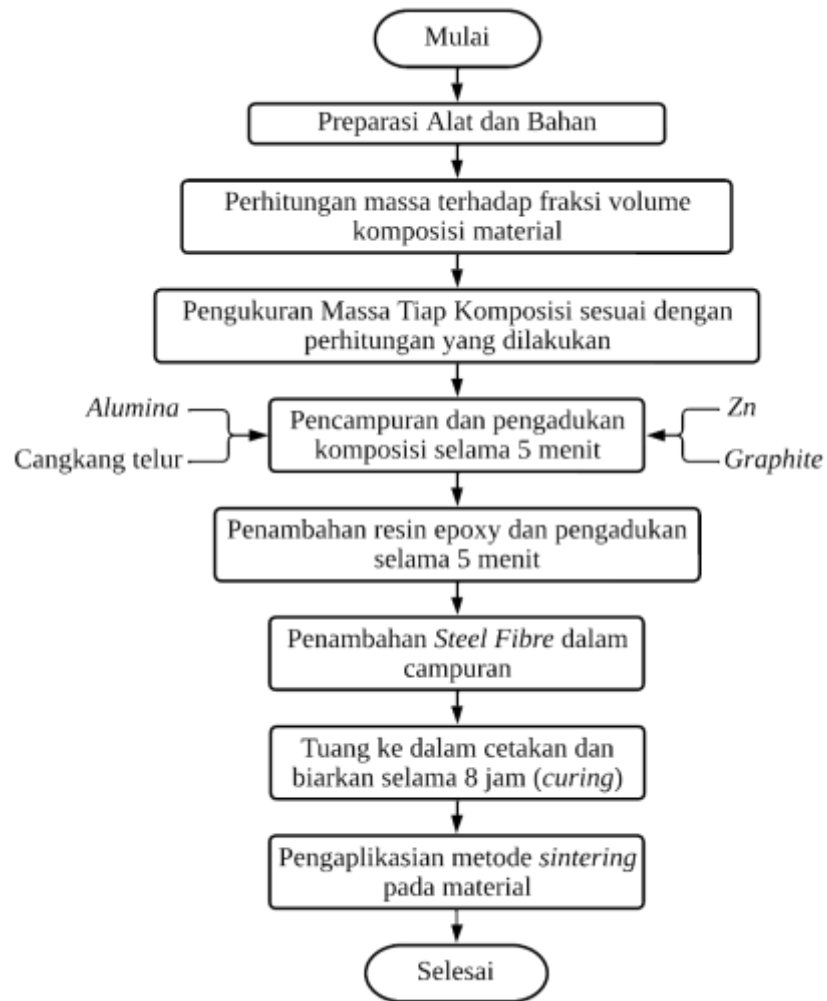
2. Pembuatan Komposit

Setelah prosedur preparasi cangkang telur selesai maka selanjutnya dilakukan proses pembuatan komposit. Pada proses pembuatan komposit, digunakan fraksi volume sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Komposisi (Persentase) Komposit

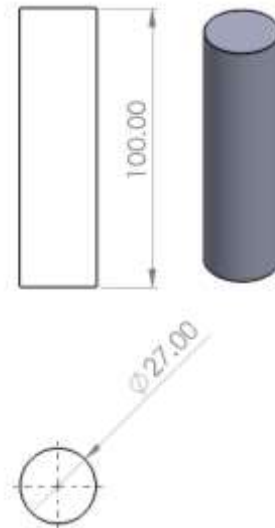
Persentase Komposisi Komposit						
No.	Cangkang Telur	Alumina	Resin Epoxy	Logam Seng (Zn)	Steel Fiber	Graphite
1	10%	5%	60%	5%	15%	5%
2	20%	5%	50%	5%	15%	5%
3	30%	5%	40%	5%	15%	5%

Dengan prosedur yang di jelaskan pada diagram alir berikut:



Gambar 3. 13 Diagram Pembuatan Komposit

Dengan hasil spesimen yang digunakan memiliki dimensi sebagai berikut:



Gambar 3. 14 Dimensi Spesimen

Dimana spesimen tersebut memiliki nilai volume sebesar $57,25 \text{ cm}^3$.

3. Pengujian Sampel

Penelitian ini dibuat tiga variasi komposisi dimana tiap variasinya diuji dengan menggunakan pengujian keausan terhadap spesimen. Dengan keterangan di tiap variasi-nya adalah sebagai berikut:

- **ec 10%** merupakan nomor 1 pada **Tabel 3.1**
- **ec 20%** merupakan nomor 2 pada **Tabel 3.1**
- **ec 30%** merupakan nomor 3 pada **Tabel 3.1**

Dilakukan beberapa pengujian yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik mekanis pada material. Beberapa pengujian yang dilakukan antara lain uji keausan, perhitungan massa jenis dan uji daya serap air. Uji keausan berfungsi untuk mengetahui nilai keausan yang dinyatakan dalam satuan mm^3/mm dengan nilai yang diperoleh dari banyaknya volume yang terkikis dari tiap milimeter pengikisan yang dilakukan. Perhitungan massa jenis berfungsi untuk mengetahui nilai massa terhadap volume pada spesimen. Dan uji daya serap air dilakukan untuk mengetahui kemampuan spesimen dalam menyerap air.

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), massa jenis dan daya serap air.

4.1 Hasil dan Analisa Pengujian

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

4.1.1 Massa Jenis

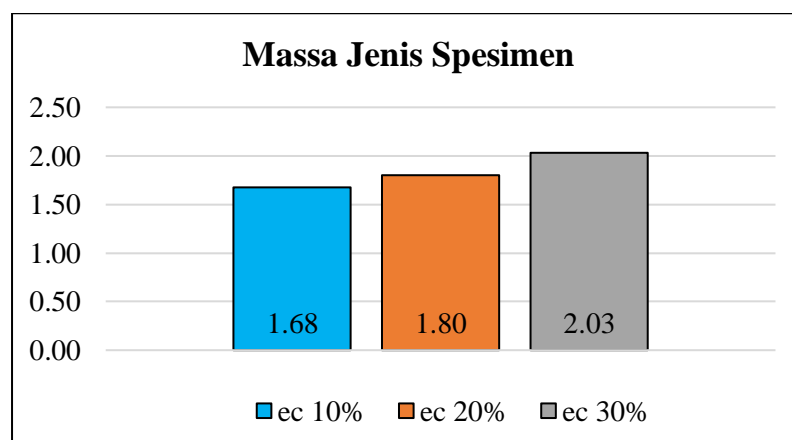
Pengujian massa jenis merupakan salah satu pengujian yang dapat dilakukan untuk mendapatkan salah satu nilai karakteristik dari material. Massa jenis mewakili massa per volume dari material, sehingga dapat dilakukan pengembangan lebih lanjut dengan tujuan penyempurnaan material.

Berikut hasil yang diperoleh dari perhitungan massa jenis material:

Tabel 4. 1 Massa Jenis Material

Massa Jenis Material			
Variabel	Volume (cm³)	Massa (gr)	Massa Jenis (gr/cm³)
Ec 10%	19,70	33,01	1,68
Ec 20%	18,47	33,22	1,80
Ec 30%	19,70	40,01	2,03

Dari hasil perhitungan, di dapatkan massa jenis yang terus meningkat dari tiap variabel, dimana peningkatan tersebut dapat dilihat jelas pada grafik berikut:



Gambar 4. 1 Grafik Massa Jenis Spesimen

Dapat dilihat pada gambar 4.1 yaitu grafik massa jenis pada ketiga spesimen. Pada grafik diatas didapatkan nilai massa jenis terbesar yaitu pada variable 3 (ec 30%), dengan nilai 2,03 gr/cm². Dengan massa yang dimilikinya lebih besar dibanding spesimen lainnya.

4.1.2 Hasil Uji Koefisien Gesek

Dengan tujuan untuk mengetahui nilai koefisien gesek dari material komposit ini, maka dilakukan pengujian koefisien gaya gesek. Dengan hasil yang diperoleh sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Perhitungan Massa dan Gaya

Keterangan		Massa (kg)		Gaya Normal (N)
Spesimen		1	0,01	0,13
		2	0,01	0,13
		3	0,02	0,15
Pembebanan	Roda Gigi	1	0,03	0,29
		2	0,03	0,30
		3	0,03	0,31
	Plat Baja	1	0,05	0,50
		2	0,05	0,50
		3	0,05	0,52
	Baut	1	0,11	1,08
		2	0,11	1,08
		3	0,11	1,09

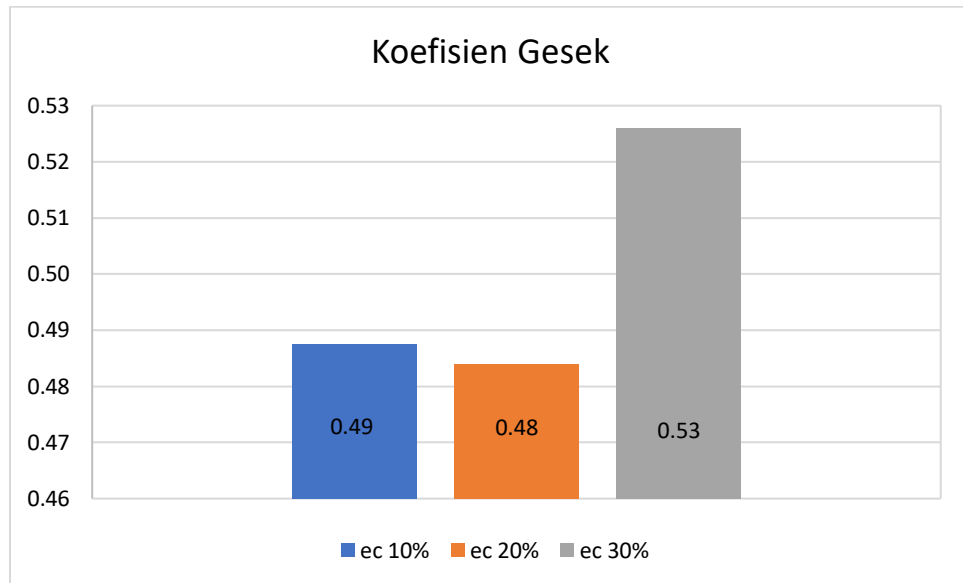
Keterangan		Massa Air (kg)		Gaya (N)
Spesimen		1	0,01	0,10
		2	0,01	0,11
		3	0,01	0,11
Pembebanan	Roda Gigi	1	0,02	0,15
		2	0,01	0,14
		3	0,02	0,18
	Plat Baja	1	0,03	0,27
		2	0,03	0,28
		3	0,03	0,32
	Baut	1	0,01	0,13
		2	0,01	0,12
		3	0,01	0,14

Dari hasil perhitungan dan percobaan yang dilakukan, maka diperoleh beberapa nilai gaya yang diperlukan dalam perhitungna koefisien gesek dari material. Dengan Dengan tujuan untuk mengetahui nilai koefisien gesek dari material komposit ini, maka dilakukan perhitungan lanjutan koefisien gesek. Dengan hasil yang diperoleh sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Nilai Koefisien Gesek Spesimen

Koefisien Gesek					
Spesimen	Tanpa Pembebanan	Pembebanan			Rata-rata
		Roda Gigi	Plat Baja	Baut	
Ec 10%	0,76	0,52	0,55	0,12	0,49
Ec 20%	0,80	0,48	0,55	0,11	0,48
Ec 30%	0,77	0,59	0,61	0,13	0,53

Dari hasil perhitungan yang dilakukan, maka diperoleh data nilai tertinggi dari koefisien gesek adalah pada ec 30% dengan nilai 0.53, sedangkan nilai terendah adalah pada ec 20% dengan nilai 0.48.



Gambar 4. 2 Grafik Koefisien Gesek Spesimen

Dapat dilihat pada gambar 4.2 yaitu grafik koefisien gesek yang dilakukan pada 3 jenis spesimen komposit dengan tanpa pembebanan dan dengan pembebanan. Pada grafik diatas maka (ec 30%) memiliki nilai koefisien gesek lebih besar disbanding spesimen lainnya. Ini terjadi karena paduan campuran material dari ketiga spesimen berbeda-beda sehingga pada pengujian koefisien gesek didapatkan nilai yang berbeda terutama (ec 30%) yang mendapatkan nilai koefisien gesek tertinggi.

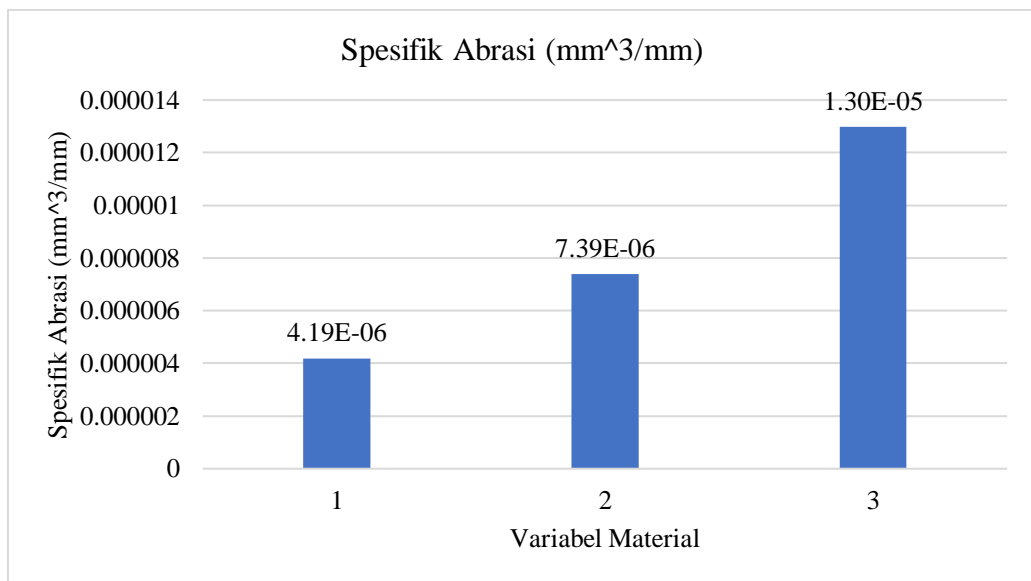
4.1.3 Hasil Uji Keausan

Uji 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. 4 Hasil Uji Keausan

Variabel	Spesifik Abrasi (mm^3/mm)
Ec 10%	$4,19 \times 10^{-6}$
Ec 20%	$7,39 \times 10^{-6}$
Ec 30%	$12,97 \times 10^{-6}$

Data tersebut menyatakan bahwa semakin tinggi nilai kandungan cangkang telur pada material maka semakin tinggi juga nilai keausan yang diwakilkan dalam spesifik abrasi material.



Gambar 4. 3 Grafik Uji Keausan

Dapat dilihat pada gambar 4.3 diatas yaitu terdapat grafik hasil uji keausan yang didapatkan dari pengujian. Terdapat 3 variable yang diuji pada pengujian keausan ini, dapat dilihat pada grafik diatas (ec 30%) memiliki nilai keausan lebih besar dibandingkan dua spesimen lainnya yaitu ec 10% dan ec 20%. Sedangkan untuk (ec 10%) memiliki nilai keausan yang sangat kecil. Dan ini berpengaruh terhadap campuran bahan material yang digunakan, karena untuk (ec 30%) memiliki kandungan resin epoxy lebih kecil dibandingkan ec 10% dan ec 20%.

4.1.4 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 12 jam sekali. Dengan hasil pengukuran massa sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Pengukuran Massa Spesimen

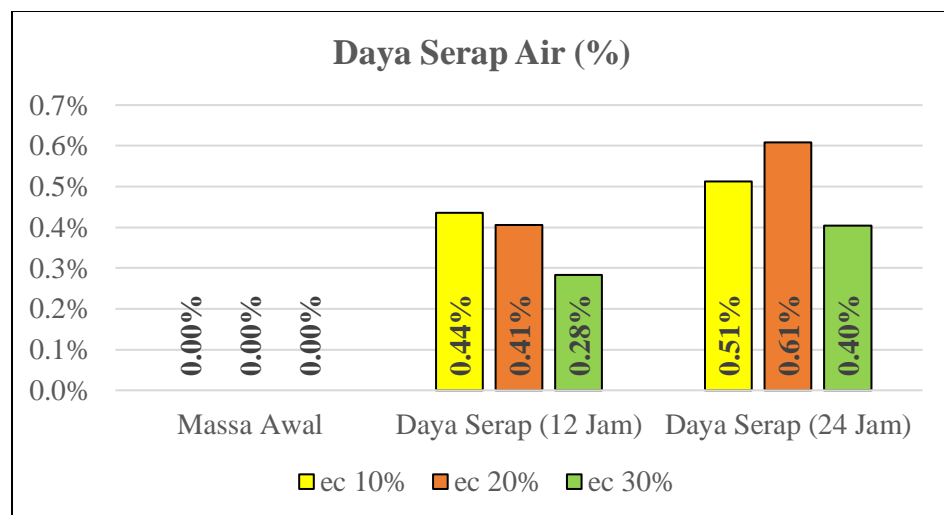
Pengukuran Massa Spesimen			
Variabel	Massa Awal	Massa (12 Jam)	Massa (24 Jam)
Ec 10%	33,01	33,16	33,18
Ec 20%	33,22	33,36	33,42
Ec 30%	40,01	40,13	40,17

Dari hasil pengukuran massa yang dihitung terhadap waktu rendaman kemudian dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan persentase daya serap air pada material, dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 6 Daya Serap Air

Daya Serap Air			
Variabel	Massa Awal	Daya Serap (12 Jam)	Daya Serap (24 Jam)
Ec 10%	0,00%	0,44%	0,51%
Ec 20%	0,00%	0,41%	0,61%
Ec 30%	0,00%	0,28%	0,40%

Dari hasil tersebut terlihat pada (ec 30%) memiliki nilai daya serap yang paling kecil. Dengan hasil daya resap paling besar dimiliki pada (ec 20%).



Gambar 4. 4 Grafik Daya Serap Air

Dapat dilihat pada gambar 4.4 yaitu grafik daya serap air, terdapat 3 variable yang diujikan dan didapatkan data dalam bentuk grafik. Pada grafik didapatkan nilai daya serap air yang lebih mendominasi tingkat daya serap air yang lebih besar yaitu pada variable 1 dalam waktu 12 jam, diantara variable

lainnya. Sedangkan pada variable 2 memiliki nilai daya serap air lebih besar dibandingkan variable lainnya dalam waktu 24 jam.

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 paling tinggi pada **(ec 30%)** dengan nilai sebesar $2,03 \text{ gr/cm}^3$. 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).

Dalam pengujian koefisien gesek dengan standar ASTM C1028. Dari hasil pengujian diperoleh data yang menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase cangkang telur dalam komposit maka semakin tinggi nilai koefisien gesek dari komposit tersebut. Hal ini dibuktikan dengan hasil pengujian dimana spesimen 1 memiliki nilai koefisien gesek sebesar 0,49, spesimen 2 sebesar 0,48 dan spesimen 3 sebesar 0,53. Sehingga dapat dinyatakan bahwa nilai koefisien gesek terbaik diperoleh pada spesimen 3 sebesar 0,53 dimana standarisasi koefisien gesek memiliki nilai 0,30-0,60.

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 kanvas 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 **(ec 10%)** dengan nilai $4,19 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$ dan kualitas keausan terendah terdapat pada **(ec 30%)** dengan nilai $12,30 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$. Hal ini menunjukkan bahwa kanvas rem komposit dengan campuran cangkang telur ini memiliki nilai aus yang masih lebih tinggi dari nilai keausan kanvas rem dengan bahan asbestos, yaitu $0,18 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$ (Syawaludin, 2008).

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 kegagalan yang timbul pada hasil percobaan ini sangat mungkin dimana nilai daya serap tertinggi ada pada (**ec 20%**) dengan nilai sebesar 0,61% dan nilai daya serap paling rendah di hasilkan pada material (**ec 30%**) dengan nilai sebesar 0,41%. Hasil tersebut masih teletak jauh dari penelitian yang pernah di lakukan, dimana dalam penelitian sebelumnya menghasilkan nilai daya serap air yang berada di bawah 0,01%, tepatnya 0,00584% (Juan et al., 2020). 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 pori-pori yang terbentuk di bagian luar hingga bagian dalam material.

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:

- **Ec 10%** : 1,68 gr/cm³
- **Ec 20%** : 1,80 gr/cm³
- **Ec 30%** : 2,03 gr/cm³

Dimana, hasil massa jenis tersebut berbeda sesuai dengan komposisi cangkang telur pada campuran kompositnya. Dengan nilai massa jenis paling rendah di hasilkan oleh **Ec 10%** dengan komposisi cangkang telur paling rendah juga, dan nilai massa jenis paling tinggi di hasilkan oleh **Ec 30%** dengan komposisi cangkang telur paling tinggi dari 3 variasi komposisi cangkang telur.

2. Dari berbagai hasil pengujian yang dilakukan pada spesimen untuk mengetahui nilai kualitas kampas rem dengan menggunakan bahan organik ini yaitu sebagai berikut.

- a. Uji koefisien gesek, diperoleh nilai terbaik di **Ec 30%** dengan nilai 0,53. dimana hal itu menyatakan bahwa semakin tinggi persentase cangkang telur maka semakin tinggi juga nilai koefisien gesek yang dimiliki dari material komposit tersebut.
- b. Uji keausan dengan memperhatikan spesifik abrasi pada tiap variabel percobaan. Dengan nilai spesifik abrasi paling rendah di dapatkan pada **Ec 10%** sebesar $4,19 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$ dan nilai paling tinggi dari hasil percobaan terdapat pada **Ec 30%** sebesar $12,98 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$. Hal ini sesuai dengan landasan teori yang digunakan, dimana nilai keausan akan meningkat seiring dengan meningkatnya kadar cangkang telur pada tiap variabel percobaan.
- c. 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 **Ec 20%** sebesar 0,61% dan nilai paling rendah pada **Ec 30%** sebesar 0,41%.

Dari hasil pengujian diatas maka dapat disimpulkan bahwa dalam proses pembuatan kampas rem dengan bahan organic perlu mempertimbangkan tiap-tiap bahan dan campuran takaran yang diperlukan untuk mencapai kualitas yang baik dan sesuai standar.

5.2 Rekomendasi

Penelitian ini masih dikatakan jauh dari kata sempurna, oleh karena itu berikut ada beberapa rekomendasi yang dapat dilakukan dalam melakukan pengembangan dan penyempurnaan kembali pada penelitian di bidang ini:

1. Diperlukan adanya modifikasi atau perancangan ulang terhadap dimensi dan sistem kerja pada cetakan material.
2. Penggunaan alat yang memiliki tingkat ketelitian yang lebih tinggi, seperti oven dan mesin press yang mampu mengetahui tekanan yang bekerja secara spesifik untuk meminimalisir porositas yang terjadi pada material.

DAFTAR PUSTAKA

- 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>
- ASTM International. (1996). C1028-96 Standard test method for determining static coefficient of friction of ceramic tile and other like surfaces by the horizontal dynamometer pull-meter method. *Astm*, 1–3.
- Burchell, T. D., & Pavlov, T. R. (2020). Graphite: Properties and Characteristics. *Comprehensive Nuclear Materials: Second Edition*, 355–381. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.11777-1>
- Edokpia, R. O., Aigbodion, V. S., Atuanya, C. U., Agunsoye, J. O., & Mu'azu, K. (2016). Experimental study of the properties of brake pad using egg shell particles–Gum Arabic composites. *Journal of the Chinese Advanced Materials Society*, 4(2), 172–184. <https://doi.org/10.1080/22243682.2015.1100523>
- 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.
- Hincke, M. T., Nys, Y., Gautron, J., Mann, K., Rodriguez-Navarro, A. B., & Mckee, M. D. (2012). *The eggshell: structure, composition and mineralization Maxwell*. 1–11. <https://doi.org/10.1109/epqu.2011.6128966>
- International, A. (2017). ASTM G99– 95a: Standard test method for wear testing with a pin-on-disk apparatus. *ASTM International*, 1(Reapproved), 1–5.
- 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*.
- 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>
- Kermc, M. (2005). *Development and use of an apparatus for tribological evaluation of ceramic-based brake materials*. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2004.12.002>
- 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.
- Lumlong, S., Wanapan, S., Khamsri, B., & Pungpo, P. (2016). Effect of Eggshell as a Filler on Rubber Composite Properties. *The 8th Thailand-Japan International Academic Conference 2016*, 1–7.
- Nisa, R. A. (2015). Sintering Material $Zn_{0,9}Mg_{0,1}TiO_3$ Variasi Penambahan V_2O_5 Dengan Metode Reaksi Padat. *Tugas Akhir*.
- 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>
- Nurlaela, A., Dewi, S. U., Dahlan, K., & Soejoko, D. S. (2014). Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam dan Bebek sebagai Sumber Kalsium untuk Sintesis Mineral Tulang. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 10(1), 81–85. <https://doi.org/10.15294/jpfi.v10i1.3054>
- Nurwahida. (2019). Uji Sifat Fisis dan Mekanik Papan Komposit dari Campuran Serat Batang Pisang dan Serat Kulit Durian menggunakan Perekat Polyester. *Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alaudin Makassar*.
- Patnaik, P., & Ph, D. (2003). Handbook of inorganic chemicals. In *Choice Reviews Online* (Vol. 40, Issue 11). <https://doi.org/10.5860/choice.40-6428>
- 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.
- Siallagan, R. P. (2018). Studi Eksperimental Performansi Kampas Rem Berbahan Serbuk Bambu , Aluminium , Magnesium pada Kendaraan Satria FU. *Teknik*.
- 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>

Supriyanto. (2016). PENGUJIAN PERFORMA KAMPAS REM NON ASBES VARIASI CALCIUM CARBONATE DENGAN PEREKAT PHENOLIC RESIN. *Teknik*.

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>

Syawaludin, I. A. S. (2008). Perbandingan Pengujian Mekanis Terhadap Kampas Rem Asbes dan Non Asbestos dengan Melakukan uji Komposisi, Uji Kekerasan dan Uji Keausan. *Jurnal Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jurusan Teknik Mesin*, 1–10.

Tangboriboon, N., Kunanuruksapong, R., Sirivat, A., Kunanuruksapong, R., & Sirivat, A.

(2012). Preparation and properties of calcium oxide from eggshells via calcination.

Materials Science- Poland, 30(4), 313–322. <https://doi.org/10.2478/s13536-012-0055-7>

Tangboriboon, Nuchnapa, Moonsri, S., Netthip, A., Sangwan, W., & Sirivat, A. (2019).

Enhancing physical-thermal-mechanical properties of fired clay bricks by eggshell as a bio-filler and flux. *Science of Sintering*, 51(1), 1–13.

<https://doi.org/10.2298/SOS1901001T>

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.

Uygunoglu, T., Gunes, I., & Brostow, W. (2015). Physical and mechanical properties of polymer composites with high content of wastes including boron. *Materials Research*,




18(6), 1188–1196. <https://doi.org/10.1590/1516-1439.009815>




Yafie, M. S. dkk. (2014). Pengaruh Variasi Temperatur Sintering dan Waktu Tahan Sintering Terhadap Densitas dan Kekerasan pada Mmc W-Cu Melalui Proses Metalurgi Serbuk.




Teknik Pomits, 3(1), 6.




Zain, A. H. (2021). Uji karakteristik kampas rem cakram berbahan komposit serbuk arang lidi aren.




LAMPIRAN




Perhitungan Massa Jenis		
(Ec 10%)	<p>Massa (dapat dilihat pada gambar disamping yaitu sedang dilakukan pengukuran massa jenis dengan menggunakan alat timbangan gram pada Ec 10% dan didapat berat sebesar 33,01 gram)</p>	
	<p>Dimensi (dapat dilihat pada gambar disamping yaitu dilakukan pengukuran dimensi pada Ec 10% dengan menggunakan jangka sorong dan didapat besaran volume sebesar 19,70 cm³)</p>	
(Ec 20%)	<p>Massa (dapat dilihat pada gambar disamping yaitu sedang dilakukan pengukuran massa jenis dengan menggunakan alat timbangan gram pada Ec 20% dan didapat massa sebesar 33,22 gram)</p>	

	<p>Dimensi (dapat dilihat pada gambar disamping yaitu dilakukan pengukuran dimensi pada Ec 20% dengan menggunakan jangka sorong dan didapat besaran volume sebesar 18,47 cm³)</p>	
<p>(Ec 30%)</p>	<p>Massa (dapat dilihat pada gambar disamping yaitu sedang dilakukan pengukuran massa jenis dengan menggunakan alat timbangan gram pada Ec 30% dan didapat massa sebesar 40,01 gram)</p>	
	<p>Dimensi (dapat dilihat pada gambar disamping yaitu dilakukan pengukuran dimensi pada Ec 30% dengan menggunakan jangka sorong dan didapat volume sebesar 19,07 cm³)</p>	



Uji Koefisien Gesek		
Spesimen	Pembebanan	Gambar
(Ec 10%)	-	
	Baut (dapat dilihat pada gambar disamping yaitu dilakukan pengukuran pembebanan dengan baut untuk pengujian koefisien gesek)	
	Baja (dapat dilihat pada gambar disamping yaitu dilakukan pengukuran pembebanan pada baja untuk pengujian koefisien gesek)	



	<p>Roda Gigi (dapat dilihat pada gambar disamping yaitu dilakukan pengujian pembebanan dengan roda gigi untuk pengujian koefisien gesek)</p>	
<p>(Ec 20%)</p>	<p>-</p>	
	<p>Baut (dapat dilihat pada gambar disamping yaitu dilakukan pengukuran pembebanan dengan baut untuk pengujian koefisien gesek)</p>	

	<p>Baja (dapat dilihat pada gambar disamping yaitu dilakukan pengukuran pembebanan pada baja untuk pengujian koefisien gesek)</p>	
	<p>Roda Gigi (dapat dilihat pada gambar disamping yaitu dilakukan pengujian pembebanan dengan roda gigi untuk pengujian koefisien gesek)</p>	
<p>(Ec 30%)</p>	<p>-</p>	

	<p>Baut (dapat dilihat pada gambar disamping yaitu dilakukan pengukuran pembebanan dengan baut untuk pengujian koefisien gesek)</p>	
	<p>Baja (dapat dilihat pada gambar disamping yaitu dilakukan pengukuran pembebanan pada baja untuk pengujian koefisien gesek)</p>	
	<p>Roda Gigi (dapat dilihat pada gambar disamping yaitu dilakukan pengujian pembebanan dengan roda gigi untuk pengujian koefisien gesek)</p>	

Pengujian Daya Serap Air

	<p>Sebelum Perendaman (dapat dilihat pada gambar disamping yaitu dilakukan pengukuran massa ec 10% sebelum dilakukan perendaman)</p>	 A digital scale with a black weighing pan and a clear protective cover. The scale is placed on a white surface. The digital display shows a mass of 330.14g.
<p>(Ec 10%)</p>	<p>Sesudah Perendaman (dapat dilihat pada gambar disamping yaitu dilakukan pengukuran massa ec 10% setelah dilakukan perendaman)</p>	 A digital scale with a black weighing pan and a clear protective cover. The scale is placed on a white surface. The digital display shows a mass of 331.58g.

	<p>Sebelum Perendaman (dapat dilihat pada gambar disamping yaitu dilakukan pengukuran massa ec 20% sebelum dilakukan perendaman)</p>	
<p>(Ec 20%)</p>	<p>Sesudah Perendaman (dapat dilihat pada gambar disamping yaitu dilakukan pengukuran massa ec 20% setelah dilakukan perendaman)</p>	

	<p>Sebelum Perendaman (dapat dilihat pada gambar disamping yaitu dilakukan pengukuran massa ec 30% sebelum dilakukan perendaman)</p>	
(Ec 30%)	<p>Sesudah Perendaman (dapat dilihat pada gambar disamping yaitu dilakukan pengukuran massa ec 30% setelah dilakukan perendaman)</p>	

Keterangan	Sintering Material
<p>Dapat dilihat pada gambar disamping yaitu sedang dilakukan proses sintering atau pemanasan terhadap spesimen agar terjadinya kepadatan akibat reaksi pemanasan dari proses sintering sehingga material saling bergabung dan menyatu.</p>	