

**PEMANFAATAN CANGKANG KELAPA SAWIT
SEBAGAI FILLER KAMPAS REM ORGANIK NON-ASBESTOS
MENUJU TRANSPORTASI HIJAU**

SKRIPSI

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S1 Pada
Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa**



Disusun Oleh:

Ahmad Azhar Alhallaj

(3331200050)

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA**

CILEGON – BANTEN

2024

TUGAS AKHIR

Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit sebagai Filler Kampas Rem Organik Non-Asbestos menuju Transportasi Hijau.

Dipersiapkan dan disusun Oleh :

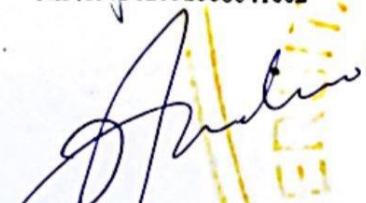
Ahmad Azhar Alhallaj
3331200050

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal, 03 Juli 2024

Pembimbing Utama



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




Dr. Mekro Permana Pinem, ST., MT.
NIP.198902262015041002


Anggota Dewan Penguji



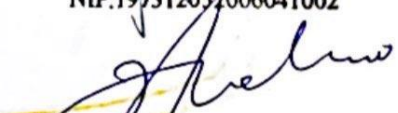
Slamet Wiyono, ST., MT.
NIP.197312182005011001



Yusvardi Yusuf, S.T., M.T.
NIP. 197910302003121001



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



Dr. Mekro Permana Pinem, ST., MT.
NIP.198902262015041002

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

Tanggal, 18 Juli 2023
Ketua Jurusan Teknik Mesin UNTIRTA



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



PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Ahmad Azhar Alhallaj

NPM : 3331200050

Judul : Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Filler Kampas REM
Organik Non-Asbestos Menuju Transportasi Hijau

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Menyatakan

Bahwa skripsi ini hasil karya saya sendiri dan tidak ada duplikasi dengan karya orang lain, kecuali yang telah disebutkan sumbernya.

Cilegon, 30 Juli 2024



AHMAD AZHAR ALHALLAJ

NPM. 3331200050

ABSTRACT

USES OF PALM SHELLS AS AN ORGANIC NON-ASBESTOS BRAKE CAMP FILLER TOWARDS GREEN TRANSPORTATION

Compiled by:

Ahmad Azhar Alhallaj

(3331200050)

Brake pads are an important component needed to slow down and stop a vehicle while it is moving. However, it turns out that brake lining as a component actually poses a threat to human health in the long term. For this reason, researchers have innovated to create alternative brake linings made from organic, non-asbestos materials that are more environmentally friendly, thereby reducing the risk of disease from asbestos brake linings. The materials that make up this organic brake lining composite include palm oil shells, bamboo powder, epoxy resin, graphite, ZnO and alumina. For bamboo, alkali treatment is carried out first for 5 minutes. The manufacturing process uses a mold as a printing medium, an oven with a temperature of 150oC, a cold press for 120 minutes, and a grinder to finish the manufacturing process. Based on testing, it was found that the composite with the best quality was variation one with a volume fraction of palm oil shells of 20% and bamboo of 5%. Variation 1 gives density values of 1.607 gr/cm³ and 1.588 gr/cm³ in theoretical and actual terms, porosity of 1.182%. Water absorption capacity is 1.563%, friction coefficient is 0.4920% and wear is 10.8275 x 10⁻⁶ mm³/mm.

Keywords: *Palm Oil Shell, Brake Pad, Composite, Wear Test*

ABSTRAK

PEMANFAATAN CANGKANG KELAPA SAWIT SEBAGAI FILLER KAMPAS REM ORGANIK NON-ASBESTOS MENUJU TRANSPORTASI HIJAU

Disusun Oleh:

Ahmad Azhar Alhallaj

(3331200050)

Kampas rem merupakan komponen penting yang dibutuhkan untuk memperlambat dan menghentikan laju kendaraan ketika sedang bergerak. Namun ternyata kampas rem sebagai komponen tersebut justru membawa bahaya yang mengancam bagi Kesehatan manusia dalam jangka waktu yang panjang. Untuk itu peneliti berinovasi untuk menciptakan kampas rem alternatif berbahan dasar organik non-asbestos yang lebih ramah lingkungan sehingga menurunkan resiko penyakit yang didapatkan dari kampas rem asbestos. Bahan yang menyusun komposit kampas rem organik ini antara lain ada cangkang kelapa sawit, bubuk bambu, resin epoxy, grafit, ZnO dan alumina. Untuk Bambu, dilakukan perlakuan alkali terlebih dahulu selama 5 menit. Proses manufaktur menggunakan cetakan sebagai media cetak, oven dengan suhu 150°C, *cold press* selama 120 menit, dan gerinda untuk finishing proses manufaktur. Berdasarkan pengujian diperoleh komposit dengan kualitas terbaik terdapat pada variasi satu dengan fraksi volume cangkang kelapa sawit 20% dengan bambu 5%. Variasi 1 memberikan nilai densitas sebesar 1,607 gr/cm³ dan 1,588 gr/cm³ pada teoritis dan aktual, porositas sebesar 1,182%. Daya serap air sebesar 1,563%, koefisien gesek sebesar 0,4920% dan keausan sebesar 10,8275 x 10⁻⁶ mm³/mm .

Kata Kunci : *Cangkang Kelapa Sawit , Kampas Rem, Komposit, Uji Keausan*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal tugas akhir dengan judul "*Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Filler Kampas Rem Organik Non-Asbestos menuju Transportasi Hijau*" sebagai salah satu syarat untuk melengkapi persyaratan kelulusan mata kuliah pilihan. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi besar Muhammad SAW, para sahabatnya, serta para pengikutnya hingga akhir zaman.

Penulis mengucapkan rasa syukur dan banyak terimakasih atas bantuan, bimbingan, dan masukan kepada semua pihak dalam menyelesaikan laporan proposal tugas akhir ini, diantaranya:

1. Bapak Dhimas Satria, S.T., M.Eng sebagai Ketua Jurusan Teknik Mesin FT. UNTIRTA.
2. Bapak Dr. Eng Hendra, S.T., M.T. sebagai Dosen Pembimbing Akademik.
3. Bapak Sunardi, S.T., M.Eng. sebagai Dosen Pembimbing yang telah memberikan ide, waktu, perhatian, dan kesabaran dalam membimbing penulis menyelesaikan proposal skripsi ini.
4. Bapak Dr. Mekro Permana Pinem, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II. Terimakasih atas ilmu, waktu dan kemudahan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian.
5. Seluruh dosen dan staff Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UNTIRTA. Terima kasih atas ilmu dan waktu yang telah bapak dan ibu berikan kepada Penulis
6. Bapak Firman dan Ibu Maspupah sebagai orang tua saya yang memberi semangat penulis selama menyelesaikan laporan proposal tugas akhir.
7. Sella Silviana selaku partner peneliti yang senantiasa memberikan dukungan dan bantuan selama periode penelitian berlangsung.
8. Muhammad Auliya Adrianto, Rahfie Ramdhan dan Rifky Nurhasan selaku rekan kerja dalam pengerjaan skripsi.
9. Teman-teman Teknik Mesin angkatan 2020 se-perjuangan yang tidak dapat Penulis sebutkan, terima kasih atas doa dan dukungannya

10. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu baik berupa doa, dukungan, dan lain sebagainya.

Penulis menyadari bahwa laporan yang ditulis masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun penulis butuhkan demi kesempurnaan laporan ini. Akhir kata, semoga laporan ini dapat bermanfaat bago kita semua dan bagi pihak yang membutuhkan.

Cilegon, Juni 2024

Ahmad Azhar Alhallaj
3331200050

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	xiii
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terdahulu.....	7
2.2 Sistem Pengereman	8
2.3 Kampas Rem	10
2.4 Komposit	11
2.5 Bambu Petung	14
2.6 Cangkang Kelapa Sawit	16
2.7 Resin Epoxy	17
2.8 <i>Zinc Carbonate</i>	18
2.9 Grafit	19
2.10 Densitas	20
2.11 Porositas	20

2.12	Serat Alami.....	21
2.12	Proses Pengujian.....	23
2.12.1	Uji Keausan.....	23
2.12.2	Uji Koefisien Gesek.....	23
2.12.3	Pengujian Penyerapan Air.....	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	26
3.2	Prosedur Penelitian.....	27
3.3	Alat dan Bahan	31
3.4	Prosedur Pengujian.....	37
3.4.1	Prosedur Pengujian Koefisien Gesek.....	37
3.4.2	Prosedur Pengujian Keausan	38
3.5	Variabel Pengujian	38
BAB IV DATA DAN ANALISIS		
4.1	Kebutuhan Bahan Pembuatan Sampel Komposit.....	41
4.2	Hasil Pengujian Densitas	42
4.3	Hasil Pengujian Porositas	43
4.4	Hasil Pengujian Daya Serap Air.....	46
4.5	Hasil Pengujian Koefisien Gesek	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan.....	41
5.2	Saran	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema Sistem Rem Mobil	9
Gambar 2. 2 Rem Tromol.....	9
Gambar 2. 3 Rem Cakram	10
Gambar 2. 4 Kampas Rem.....	11
Gambar 2. 5 Matrix pads Komposit	12
Gambar 2. 6 Gambar Penguat.....	12
Gambar 2. 7 Komposit Partikel	13
Gambar 2. 8 Komposit Serat	14
Gambar 2. 9 Komposit Lapis.....	14
Gambar 2. 10 Bambu Petung.....	15
Gambar 2. 11 Cangkang Kelapa Sawit.....	17
Gambar 2. 12 Epoxy Resin.....	17
Gambar 2. 13 Zinc Karbonasi.....	19
Gambar 2. 14 Grafit Bubuk	20
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	22
Gambar 3.2 Saringan Mesh 80	27
Gambar 3.3 Neraca Digital.....	28
Gambar 3.4 Wadah Mangkok.....	28
Gambar 3.5 Gerinda	28
Gambar 3.6 Kikir.....	29
Gambar 3.7 Blender.....	29
Gambar 3.8 Cetakan	29
Gambar 3.9 Sarung Tangan	30
Gambar 3.10 Jangka Sorong.....	30
Gambar 3.11 Oven.....	30
Gambar 3.12 Mesin <i>Cold Press</i>	31
Gambar 3.13 Mesin Amplas	31
Gambar 3.14 Cangkang Kelapa Sawit.....	31
Gambar 3.15 Serat Bambu.....	32

Gambar 3.16 ZnO	32
Gambar 3.17 Resin Epoksi	32
Gambar 3.18 <i>Alumina Powder</i>	33
Gambar 3.19 <i>Graphite Powder</i>	33
Gambar 4.1 Grafik Pengujian Densitas Spesimen.....	42
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Nilai Porositas	43
Gambar 4.3 Grafik Pengujian Daya Serap Air	44
Gambar 4.4 Grafik Pengujian Koefisien Gesek	45
Gambar 4.5 Grafik Pengujian Keausan	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat Mekanis dan Fisis Bambu Petung.....	16
Tabel 3. 1 Tabel Massa Jenis Bahan.....	23
Tabel 2. 1 Sifat Mekanis dan Fisis Bambu Petung.....	16
Tabel 4. 1 Fraksi Volume Variasi 1.....	23
Tabel 4. 2 Fraksi Volume Variasi 2.....	40
Tabel 4. 3 Fraksi Volume Variasi 3.....	40
Tabel 4. 4 Data Densitas Aktual dan Teoritis.....	41
Tabel 4. 5 Data Pengujian Porositas.....	43
Tabel 4. 6 Data Pengujian Daya Serap Air.....	40
Tabel 4. 7 Data Koefisien Gesek Spesimen.....	45
Tabel 4. 8 Data Pengujian Keausan.....	47

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi adalah suatu sarana yang sangat dibutuhkan pada zaman sekarang, karena dengan adanya transportasi dapat mempercepat suatu pekerjaan dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari. Maka dari itu, peningkatan transportasi di Indonesia yang semakin tahun terus meningkat khususnya pada kendaraan bermotor. Dengan meningkatnya transportasi kendaraan bermotor di Indonesia maka dibutuhkanlah suatu perawatan. Salah satu perawatan pada transportasi yaitu sistem pengereman.

Sistem pengereman adalah suatu mekanisme yang dirancang untuk mengurangi kecepatan (memperlambat) dan menghentikan kendaraan, sistem ini berfungsi sangat penting pada kendaraan sebagai alat keselamatan dan menjamin kendaraan yang aman. Kerja rem dipengaruhi oleh jenis rem yang digunakan dan beban kendaraan termasuk beban roda depan dan belakang saat melaju di jalan raya.. Maka dari itu, rem merupakan suatu komponen yang wajib ada pada sebuah kendaraan bermotor. Pada sistem pengereman terdapat suatu komponen penting yaitu kampas rem. (Sularso dkk, 1997).

Kampas rem merupakan salah satu komponen kendaraan yang berfungsi untuk memperlambat atau menghentikan laju kendaraan. Untuk mendapatkan pengereman yang maksimal maka dibutuhkan kampas rem dengan kemampuan bisa tahan pada temperatur panas. Merek komponen kampas rem yang ditawarkan oleh para produsen sangat beragam, mulai dari standar pabrikan sampai yang kampas rem aftermarket, sehingga harus selektif dalam memilih suatu produk. Rem merupakan bagian mobil atau motor yang penting sekali, pemeliharaan rem yang baik adalah sangat penting karena menyangkut factor keselamatan(Hamka, 2016).

Material kampas rem biasanya menggunakan asbes karena memiliki karakteristik yang baik untuk sistem pengereman dan harganya murah. Akan tetapi, material asbes tidak digunakan dalam material kampas rem dikarenakan asbes bersifat karsinogenik yang dapat membahayakan kesehatan manusia. Maka dari itu dalam mengatasi dampak lingkungan digunakanlah bahan – bahan organik dalam penggunaan material kampas rem. Mengatasi dampak lingkungan tersebut, dilakukan suatu penelitian menggunakan cangkang kelapa sawit sebagai filler atau partikel. (Aigbodiondkk,2010)

Merujuk pada permasalahan yang ada, penggunaan asbestos sebagai serat utama pada kampas rem merupakan permasalahan utama yang terjadi dalam rangka menuju transportasi hijau. Karena transportasi hijau sendiri merupakan kendaraan yang memberikan dampak rendah terhadap lingkungan, penggunaan asbestos meningkatkan potensi kanker serta penyakit pernapasan lainnya yang memberikan efek jangka panjang untuk kesehatan. Oleh karena itu cangkang kelapa sawit disini hadir sebagai opsi yang dapat membantu mengurangi penggunaan asbestos sebagai serat utama dalam pembuatan kampas rem. Harapan dari opsi ini sendiri adalah dapat membantu mengurangi dampak yang diberikan oleh kampas rem dengan asbestos sehingga dapat mengoptimalkan kesempatan menuju transportasi hijau.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dibuat sebelumnya maka didapatkan rumusan masalah yang akan digunakan pada penelitian berikut ini:

1. Apakah pengaruh yang diberikan oleh bahan terhadap variasi fraksi volume yang terdapat pada filler cangkang kelapa sawit dan bubuk bambu?
2. Apakah nilai tribologi, densitas, serapan air dan porositas yang dihasilkan oleh sampel kampas rem organik yang dipengaruhi fraksi volume cangkang dan penguat bambu mendekati standar komersil?

1.3 Tujuan Penelitian

Tugas akhir ini dilakukan dan disusun tentunya dengan tujuan yang jelas. Tujuan tersebut antara lain :

1. Mengetahui pengaruh yang diberikan oleh variasi komposisi filler pada cangkang kelapa sawit dan bubuk bambu terhadap densitas, daya serap air dan porositas.
2. Mengetahui dan menganalisa spesifikasi spesimen yang dibuat nantinya untuk dilihat apakah secara pengujian memenuhi standar tribologi kampas rem berdasarkan variasi cangkang kelapa sawit dan penguat bambu.

1.4 Batasan Masalah

Adapun penelitian ini memiliki batasan masalah sehingga jalannya penelitian dapat lebih efektif. Batasan masalah antara lain:

1. Jenis cangkang kelapa sawit yang digunakan merupakan varian yang didapat dari daerah Pandeglang, Banten.
2. Jenis bambu yang digunakan merupakan bambu apus yang didapatkan dari daerah Cilegon, Banten
3. Untuk pengujian daya serap air menggunakan air ledeng sebagai bahan untuk penyerapan.
4. Ukuran serbuk yang digunakan didapat menggunakan mesh 80
5. Pengujian spesimen dibatasi pada uji keausan, Koefisien Gesek , ,porositas, uji densitas dan uji daya serap air.
6. Bambu hanya di alkali selama 2 jam dengan kandungan 5%
7. Cangkang kelapa sawit di *oven* dengan suhu 200°C
8. Tekanan kompaksi sebesar 40 bar dengan waktu 2 jam.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun penelitian memiliki suatu manfaat yang berguna untuk masyarakat antara lain:

1. Mampu mengurangi limbah kelapa sawit yang ada dan diolah kembali menjadi sesuatu yang lebih bermanfaat lagi.

2. Dapat menjadi referensi penelitian kedepannya mengenai kampas rem organic berbahan dasar kampas rem.
3. Memberikan informasi dan pengetahuan lebih baik lagi mengenai pengolahan limbah kelapa sawit terhadap pembaca.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Sunardi dkk., (2017) yang melakukan penelitian tentang karakteristik dan potensi limbah kelapa sawit sebagai papan partikel dimana spesimen berupa sampel berbahan dasar serat tandan kelapa sawit, filler batang kelapa sawit, PVAc dan resin epoksi dengan fraksi volume secara berurutan sebesar 15%, 50%, 20% dan 15%. Untuk serat tandan kosong sendiri diberi perlakuan awal perendaman NaOH selama 2 jam. Untuk filler berupa batang kelapa sawit di saring menggunakan mesh senilai 18, 40, 60 dan 80. Bahan tersebut kemudian dikombinasikan menjadi satu adonan yang dicetak menggunakan metode *Cold Press* dengan kompaksi sebesar 30 bar.

dilakukan pengujian kekerasan dengan metode ASTM E 10 pada mesin LECO LCB – 3100 dan uji impak kekuatan bending menggunakan metode *three point bending*. Suhu yang diberikan adalah sebesar 21.50C pada kecepatan 1.668 mm/min dan humidity 58,1%. Kuat pegang tarik pada mesin GOTECH AI-7000 LA 10 dengan kecepatan tarik 20 mm/min. Pengujian impak menggunakan metode ISO 179 dengan kondisi humidity 55%, suhu 240C, kecepatan impak 2.9 m/s, dan peralatan yang digunakan Resin Impactor CEAST. Hasil yang diberikan adalah densitas yang mencapai 35%, pengurangan ketebalan karena nilai densitas yang tinggi dan porositas material yang kecil dengan persentase nilai yang jauh dibawah SNI- 03-2105-2006 hingga 9x lebih baik,

Nilai kekerasan juga didapatkan perbedaan kekerasan mencapai 77% dari kekerasan terendah, kekerasan dapat dikatakan baik karena memiliki standar densitas yang tinggi. Penggunaan filler batang yang disertai penguat berupa serat kelapa sawit memiliki ikatan yang baik sehingga memberikan pengaruh terhadap kemampuan permukaan papan partikel menerima deformasi Berikutnya kekuatan lentur yang dihasilkan

meningkat, disebabkan juga oleh distribusi filler batang kelapa sawit sehingga memberikan pengaruh terhadap deformasi. Berikutnya ada defleksi yang memberikan hasil berupa kekerasan papan partikel tidak linear dengan defleksi atau sifat mekanis lainnya. Terakhir ada kekuatan impak yang memberikan hasil papan partikel dengan mesh 60 memiliki ketangguhan paling tinggi sebesar 3.94 kJ/m².

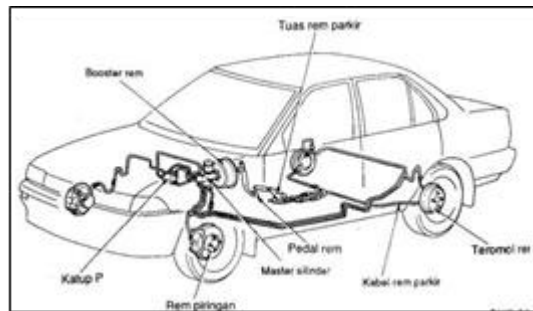
Selanjutnya ada penelitian yang dilakukan oleh Roni Setiawan dkk (2023) tentang “Analisa Pengaruh Selulosa Asetat terhadap *Coefficient Of Friction, Hardness, Thermal Stability* dan *Wear Rate* pada Komposit Serbuk Kayu, Sekam Padi dan Tempurung Kelapa untuk Kampas Rem”. Penelitian menggunakan pengujian koefisien gesek menggunakan alat PASCO sehingga memberikan hasil berupa nilai gaya statis dan gaya kinetis dari setiap pengujian. Kedua gaya dibutuhkan untuk menentukan nilai koefisien gesek dan statis. Dari nilai tersebut dilakukan perhitungan lanjutan yang memberikan hasil akhir berupa nilai koefisien gesek kinetis akan terus meningkat beriringan dengan meningkatnya selulosa asetat dalam komposit kampas rem tersebut.

Hasil kedua dari penelitian ini adalah data dan Analisa dari pengujian keausan menggunakan alat tribometer *pin-on disc* yang memberikan hasil akhir berupa nilai wear coefficient yang dimiliki oleh spesimen rem komposit akan terus meningkat beriringan dengan bertambahnya persentase selulosa asetat. Hal tersebut membuktikan bahwa selulosa asetat disini memiliki peran yang cukup signifikan sebagai serat yang berfungsi untuk memperpanjang umur pakai kampas rem.

2.2 Sistem Pengereman

Sistem pengereman adalah suatu mekanisme yang digunakan dalam memperlambat atau menghentikan laju kendaraan bermotor dalam berbagai kondisi medan baik dalam medan yang mudah maupun yang susah. Selain itu, sistem pengereman juga digunakan dalam menghentikan kendaraan dalam kurun waktu dan jarak sehingga kendaraan tersebut berhenti secara terkendali dan terarah. Maka dari itu, rem dapat diartikan

yaitu sebuah komponen yang wajib ada pada sebuah kendaraan bermotor sehingga dapat menjamin keselamatan dan keamanan pengendaranya.



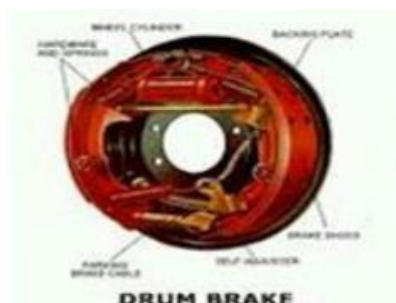
Gambar 2. 1 Skema Sistem Rem Mobil

(Sumber: Dwiyati dkk, 2017)

Adapun jenis-jenis sistem pengereman berdasarkan konstruksi antara lain sebagai berikut:

1. Rem Tromol (*Drum Brake*)

Rem Tromol adalah suatu sistem pengereman yang prinsip kerjanya terjadi gesekan antara sepatu rem dengan drum yang berputar dengan mengikuti putaran roda kendaraan bermotor. Untuk memperlambat laju kendaraan dengan baik, maka sepatu rem dibuat dari bahan yang mempunyaikoefisien gesek yang cukup tinggi. Rem tromol ini memiliki suatu kelemahan pada saat terendam oleh air, yang dimana sistem pengereman tidak dapat berfungsi dengan baik disebabkan karena koefisien geseknya kurang signifikan (Rahmatul Iza, 2020).

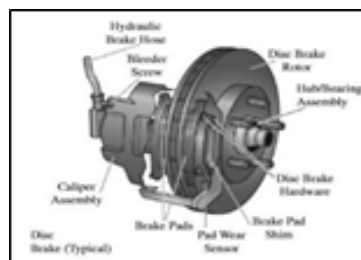


Gambar 2. 2 Rem Tromol

(Sumber: Rahmatul Iza, 2020)

2. Rem Cakram (*Disc Brake*)

Rem cakram adalah suatu sistem pengereman yang prinsip kerjanya menjepit cakram yang dipasang pada roda kendaraan, dalam menjepit cakram dapat menggunakan caliper yang digerakkan oleh piston untuk mendorong sepatu rem ke cakram (Rahmatul Iza, 2020). Rem cakram dioperasikan menggunakan kabel baja secara hidrolik dengan memanfaatkan tekanan dari fluida atau cairan. Putaran roda tersebut akan berkurang atau berhenti setelah adanya penjepitan cakram (*disc*) dengan duabelah sepatu rem (*brake pads*). Rem cakram memiliki sebuah piringan plat (*plat disc*) yang terbuat dari *stainless steel* yang berputar bersamaan dengan roda. Pada saat terjadi pengereman, *plat disc* akan tercekam menggunakan gaya bantalan piston yang bekerja secara hidrolik (Dwiyati et all, 2017).



Gambar 2. 3 Rem Cakram

(Sumber: Dwiyati dkk, 2017)

2.3 Kampas Rem

Kampas rem adalah salah satu komponen kendaraan bermotor yang berfungsi untuk memperlambat atau menghentikan laju kendaraan. Prinsip sistem kerja rem yaitu mengubah energi kinetik menjadi panas dengan cara menggesekkan dua buah benda yang tidak sama berputar sehingga putarannya akan melambat. Komponen rem yang bergesekan harus tahan terhadap gesekan (tidak mudah aus), tahan panas dan tidak mudah berubah bentuk pada suhu tinggi (Dwiyati et all, 2017).



Gambar 2. 4 Kampas Rem

(Sumber: Rahmatul Iza, 2020)

Sistem pengereman biasanya terbagi atas dua tipe yang dapat digunakan pada kendaraan bermotor, diantaranya yaitu rem tromol (*drum brake*) dan rem cakram (*disc brake*). Cara pengoperasian dari sistem rem juga terbagi menjadi dua, yaitu pengoperasian secara mekanik dan pengoperasian secara hidrolik menggunakan fluida atau cairan. Pengoperasian secara mekanik adalah suatu sistem pengoperasian yang dimana menggunakan tipe tromol, sedangkan pengoperasian secara hidrolik merupakan salah satu sistem pengoperasian yang menggunakan tipe cakram (Dwiyati et all, 2017).

Kampas rem secara SNI memiliki standar SNI 09-0143-1987:

Tabel 2. 1 Sifat Mekanis dan Fisis Bambu Petung

Komposit	Nilai
Kekerasan	11,9 BHN
Keausan	$5 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-3} \text{ mm}^2 / \text{kg}$
Koefisien Gesek	0,14 – 0,27
Massa Jenis	1,5 – 2,4 g/cm ³
Konduktivitas Termal	0,12 = 0,8 W.m.°C
Tekanan Spesifik	0,17 – 0,98 joule/g.°C
Kekuatan Geser	1300 – 3500 N/cm
Kekuatan Patah	480 – 1500 N/cm ²

2.4 Komposit

Komposit merupakan suatu jenis bahan hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan yang dimana sifat dari setiap bahan berbeda-beda baik secara sifat kimia maupun sifat fisiknya dan tetap terpisah pada hasil akhir bahan tersebut. Dengan adanya perbedaan

dari setiap material penyusunnya maka perlu adanya penambahan *wetting agent* agar komposit antar material memiliki ikatan yang kuat (Nasyiroh, 2013). Adapun komponen penyusun dari komposit pada umumnya yaitu:

1. Matriks

Matriks merupakan fasa pada komposit yang memiliki bagian atau fraksivolume terbesar (*domain*). Fungsi matriks antara lain:

- a. Mentransfer tegangan ke serat.
- b. Membentuk ikatan koheren, permukaan matrik/serat/
- c. Melindungi serat
- d. Memisahkan serat.
- e. Melepas ikatan.



Gambar 2. 5 Matrix pads Komposit

(Sumber Nasyiroh, 2013)

2. *Reinforcement / Filler / Fiber*

Reinforcement merupakan salah satu bagian utama dari komposit yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit.



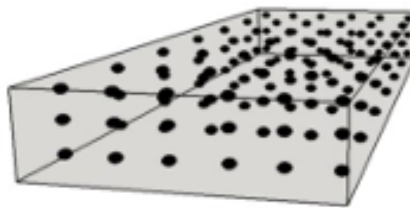
Gambar 2. 6 Gambar Penguat

(Sumber: Nasyiroh, 2013)

Komposit diklasifikasikan atau dibagi menjadi 3 jenis berdasarkan penguatnya. Klasifikasi tersebut antara lain:

1. Komposit Partikel

Komposit yang tersusun atas matrik kontinyu dan penguat (reinforced) yang diskontinyu berbentuk partikel atau serat pendek disebut komposit partikel, secara umum penguat partikel kurang efektif dalam mempertahankan ketahanan patah, berbeda dengan komposit berpenguat serat yang bagus dalam mempertahankan ketahanan patah namun matrik berpenguat partikel ini memiliki sifat ulet yang bagus untuk mengurangi beban patah mendadak, fungsi dari partikel partikel ini terdistribusi adalah merata membagi beban agar dalam material dan menghambat deformasi plastis, partikel-partikel tersebut bisa berupa logam maupun bukan logam.



Gambar 2. 7 Komposit Partikel

(Sumber: Bayu Hanung dkkk, 2017)

2, Komposit Serat

Komposit serat merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai penguat. Serat yang digunakan biasanya berupa serat gelas, serat karbon, serataramid dan sebagainya. Komposit ini tersusun atas matrik kontinyu polimer atau logam, serat-serat ini terikat oleh matrik, biasanya berbentuk multifilamen panjang yang digulung. Diameter serat biasanya antara 3 sampai 30 mikrometer. Serat ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk

yang lebih kompleks seperti anyaman. Oleh karena itu serat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matrik penyusun komposit.

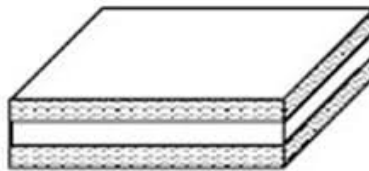


Gambar 2. 8 Komposit Serat

(Sumber: Bayu Hanung dkkk, 2017)

3. Komposit Lapis

Komposit lapis atau komposit laminat ini terdiri dari beberapa lapisan komposit lapis berpenguat serat, berpenguat komposit partikel atau kombinasi lapisan komposit tipis dengan material berbeda dimana lapisan tersebut saling terikat didalam satu matriks.



Gambar 2. 9 Komposit Lapis

(Sumber: Bayu Hanung dkkk, 2017)

2.5 **Bambu Petung**

Bambu merupakan salah satu hasil alam Nusantara yang penyebarannya luas dan umumnya mudah ditemukan di daerah yang berdekatan dengan Sungai atau mata air. Untuk bambu yang digunakan sendiri pada pembahasan kali ini merupakan bambu yang kami dapat dari daerah Bandung, Jawa Barat. Bambu memiliki kelebihan dan kekurangan seperti batangnya kuat, ulet, lurus, rata, keras, mudah dibelah, mudah

dibentuk dan mudah dikerjakan serta ringan sehingga mudah diangkut. Selain itu bambu juga relatif murah dibandingkan dengan bahan bangunan lain karena banyak ditemukan di sekitar pemukiman pedesaan, bambu menjadi tanaman serbaguna bagi masyarakat pedesaan. Disamping multi fungsi bambu yang tinggi maka terdapat beberapa kelemahan dari bambu antara lain: pengerjaan tidak mudah karena mudah pecah atau retak, mudah terserang serangga perusak kayu sehingga tidak tahan lama (tidak awet), variasi dimensi dan ketidakseragaman panjang ruasnya (Wulandari,2018).



Gambar 2. 10 Bambu Petung
(Sumber: ksdae.menlhk.go.id)

Untuk mengatasi kelemahan dari bambu maka perlu dilakukan pengujian sifat fisika kayu untuk mengetahui kekuatan fisika dari bambu untuk memudahkan dalam pengerjaan bambu sesuai dengan manfaatnya dilapangan dan untuk memberikan informasi tentang sifat bahan yang akan digunakan. Beberapa sifat fisika yang perlu diketahui adalah kadar air dan kerapatan. Kedua sifat ini penting diketahui karena merupakan syarat utama sebelum bahan diolah menjadi produk hasil hutan. Dengan mengetahui sifat fisika maka dapat mengatasi adanya cacat akibat retak dan pecah karena pada saat bambu akan dikerjakan bambu harus dalam kondisi kadar air yang rendah dan kerapatan bambu yang tinggi sehingga tidak mengalami perubahan dimensi atau kembang susut yang tinggi (Rini et.al , 2017). Bambu Petung memiliki sifat mekanis dan fisis:

Tabel 2. 2 Sifat Mekanis dan Fisis Bambu Petung

Arah Aksial	Perendaman Larutan Kulit Bintaro		Satuan
	Sebelum	Sesudah	
Kadar Air	81.59	111.70	%
Berat Jenis	0.70	0.74	g/cm ³
MOR	1483.67	1560.38	Kg/cm ²
MOE	111385	106642	Kg/cm ²

(Sumber: Uslinawaty dkk, 2020)

2.6 Cangkang Kelapa Sawit

Cangkang kelapa sawit merupakan salah satu jenis limbah padat hasil samping dari industri pengolahan kelapa sawit, yang saat ini masih menimbulkan permasalahan bagi lingkungan hidup. Hal ini disebabkan karena limbah ini diproduksi dalam jumlah besar dan sukar terdegradasi atau terurai secara alami di lingkungan (Prananta, 2009). Cangkang kelapa sawit mengandung lignin (29,4%), hemiselulosa (27,7%), selulosa (26,6%), air (8,0%), komponen ekstraktif (4,2%), abu (0,6%). Oleh karena itu, limbah ini sangat berpotensi jika dikembangkan menjadi produk-produk yang bermanfaat dan memberi nilai tambah dari aspek ekonomi serta ramah lingkungan (Prananta, 2009).

Cangkang adalah sejenis bahan bakar padat yang berwarna hitam berbentuk seperti batok kelapa dan agak bulat, terdapat pada bagian dalam pada buah kelapa sawit yang diselubungi oleh serabut. Pada bahan bakar cangkang ini terdapat berbagai kandungan, antara lain : Dimana kandungan yang terkandung pada cangkang mempunyai persentase (%) yang berbeda jumlahnya, antara lain : kalium (K) sebesar 7,5 %, natrium (Na) sebesar 1,1, kalsium (Ca) 1,5 %, klor (Cl) sebesar 2,8 %, karbonat (CO₃) sebesar 1,9 %, nitrogen (N) sebesar 0,05 % posfat (P) sebesar 0,9 % dan silika (SiO₂) sebesar 61 %.



Gambar 2. 11 Cangkang Kelapa Sawit

(Sumber: Suherman dkk, 2021)

2.7 Resin Epoxy

Resin merupakan suatu material polimer yang kaku atau semi kaku pada suhu kamar. Sedangkan epoxy merupakan polimer *thermosetting* yang merupakan produk reaksi dari epoxy resin dan hardener amini. Maka dari itu, epoxy resin adalah kelas sistem ikatan kimia organik yang digunakan dalam preparat lapisan khusus atau perekat. Polimer yang masih digunakan yaitu *epoxy vinylester (polyester thermosetting)*, plastik, dan resin denol formaldehid (Rahayu & Siahaan, 2018). Resin Epoxy sendiri adalah sebuah bahan kimia resin dari hasil polimerisasi epoxyda. Resin polimerisasi tersebut kemudian dikenal dengan nama resin thermoset yang membentuk ikatan molekul yang erat dalam suatu struktur antar polimer.



Gambar 2. 12 Epoxy Resin

(Sumber: e-poxy.co.za)

Rangkaian yang membentuk epoxy tersebut memiliki proses pembentukan awal berupa cairan yang bereaksi secara kimiawi

menjadi padat. Polimer epoxy ini sangat kuat secara mekanis. Polimer epoxy memiliki sifat tahan terhadap perubahan yang biasanya dimiliki unsur-unsur kimia padat pada umumnya. Sifat rekatnya yang tinggi dihasilkan selama proses konversi dari cair ke padat. Polimer epoxy memiliki banyak varian sifat yang berbeda tergantung bahan kimia dasar dalam resin. Karena itu epoxy memiliki kelebihan dan fungsi yang berbeda-beda (Surdia, T & Saito, S., 1999). Berdasarkan dasar pembuatannya epoksi dibagi menjadi:

1. Resin Bisfenol-A

Kelekatannya terhadap bahan lain baik sekali. Bahan ini banyak digunakan dalam cat untuk logam, perekat, pelapis dengan serat gelas, dsb. Pada pengawetan tak dihasilkan produk tambahan seperti air, dan penyusutan volume kurang. Kestabilan dimensinya baik, sangat tahan terhadap zat kimia dan stabil terhadap banyak asam kecuali asam pengoksid yang kuat, dan asam alifatik rendah, alkali dan garam. Karena tak diserang oleh hampir semua pelarut, bahan ini baik digunakan sebagai bahan yang non- korosif.

2. Resin Sikloalifatik

Bahan ini viskositasnya rendah dan ekivalensi epoksinya kecil. Bahan berguna sebagai pengencer bisfenol karena mudah penanganannya. Karena kaku dan rapuh, bahan terutama digunakan untuk alat isolasi listrik yang diperkuat dengan serat gelas. Ketahanan busur dan sifat anti alurnya baik.

2.8 Zinc Carbonate

ZnO merupakan material semikonduktor tipe-n yang mempunyai struktur kristal wurtzite. Film tipis ZnO biasanya menunjukkan nilai resistivitas yang rendah karena kekosongan (vakansi) oksigen dan penyisipan (interstitial) Zn pada komposisi yang nonstoichiometric (Wirjoadi & Siswanto 2009). ZnO mempunyai band gap yang lebar sekitar 3,21 eV pada temperatur ruang (Belta et al. 2015) dan transmitansi

yang tinggi sekitar 90% pada panjang gelombang visibel (Kim et al. 2007). Kelebihan ZnO yang lain adalah dapat ditumbuhkan pada temperatur substrat yang relatif rendah sekitar 200-400°C (Yanti 2013). Hal ini menjadi sifat menarik yang dimiliki oleh ZnO karena pembentukan kristal dapat terjadi pada temperatur di bawah 400°C.



Gambar 2. 13 Zinc Karbonasi

(Sumber: ravichemindustries.com)

2.9 Grafit

Grafit ialah alotrop karbon yang dapat menghantarkan arus listrik dan panas dengan baik. Dalam struktur grafit tiap atom karbon membentuk ikatan kovalen dengan 3 atom karbon yang lain membentuk lapisan heksagonal dengan struktur berlapis semacam tumpukan kartu. Hal ini disebabkan atom karbon mempunyai 4 elektron valensi hingga pada tiap atom karbon masih ada satu elektron yang belum berikatan (elektron bebas). Satu lapisan grafit disebut graphene.

Graphene merupakan material dua dimensi yang tersusun atas atom karbon yang memiliki susunan heksagonal. Grafit memiliki sifat semi-logam dengan konduktivitas $10^{-3} \Omega\text{cm}$ (Saito, 2004: 63). Material ini memiliki beberapa sifat elektronik, optic, dan mekanik yang menarik. Graphene bersifat semikonduktor, transparan hingga 98%, dan sangat kuat (Rafitasari et al., 2016). Sifat yang menarik tersebut membuat material graphene banyak diteliti.



Gambar 2. 14 Grafit Bubuk

(Sumber: su.huabangjck.com)

2.10 Densitas

Densitas adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi densitas (massa jenis) suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya (Sagel, 1993). Massa jenis (densitas) adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Massa jenis rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya (Julianto, 2012). Rumus untuk mencari nilai densitas antara lain:

$$\rho = \frac{m}{v} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

- ρ = Massa Jenis (gr/cm³)
- m = Massa (Kg)
- v = Volume (cm³)

2.11 Porositas

Porositas didefinisikan sebagai perbandingan volume pori dengan total volume batuan. Ini terjadi sebagai porositas primer (pengendapan) atau sekunder (diagenetik atau larutan). Porositas primer dan sekunder dapat diketahui langsung dari neutron, kerapatan, dan log sonik. Alat-alat ini tidak mengukur volume pori secara langsung, tetapi parameter fisik mereka mengukur formasi dan menghubungkannya dengan porositas

secara matematis atau empiris. Karena alat sonik hanya merekam porositas primer (atau matriks), maka dapat dikombinasikan dengan alat porositas total, seperti kerapatan atau gabungan neutron dan kerapatan, untuk menentukan porositas sekunder (Lyons, 1996).

Porositas adalah ukuran volume di dalam batuan yang tersedia untuk menampung cairan reservoir. Oleh karena itu, volume minyak, gas, dan air di reservoir tertentu bergantung langsung pada porositas. Porositas (ϕ) adalah rasio total ruang kosong di dalam batuan (volume pori) dengan total volume curah batuan itu (Oyeneyin, 2015). Diketahui Rumus Porositas adalah:

$$P = \frac{\rho_{th} - \rho_{act}}{\rho_{th}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

ρ_{th} = Densitas Teoritis (gram/cm³)

ρ_{act} = Densitas Aktual (gram/cm³)

P = Porositas

2.12 Serat Alami

Serat alami, sebagai pengganti serat yang direkayasa, telah menjadi salah satu topik yang paling banyak diteliti selama beberapa tahun terakhir. Ini karena sifat-sifat yang melekat, seperti biodegradabilitas, keterbaruan dan ketersediaannya yang melimpah jika dibandingkan dengan serat sintetis. Serat sintetis berasal dari sumber daya terbatas (bahan bakar fosil) dan karenanya, terutama dipengaruhi oleh harga minyak volatilitas dan akumulasi mereka di lingkungan dan/atau lokasi TPA sebagai kelemahan utama sifat mekanik dan sifat termal mereka melebihi serat alami. Kombinasi serat/pengisi ini, sebagai penguat berbagai bahan polimer, menawarkan peluang baru untuk menghasilkan bahan dan struktur multifungsi untuk aplikasi canggih (Mochane, 2019).

Serat alami sangat ringan jika dibandingkan dengan serat sintetis. Bahan komposit polimer sintetis dapat digantikan oleh bahan komposit seratpolimer alami karena kekuatan dan modulus spesifik tinggi, ketersediaan, biaya rendah, ringan, dapat didaur ulang, biodegradabilitas,

tidak adanya bahaya kesehatan dan sifat non-abrasif.(Ian Fulton dkk, 2011).

2.13 Alumina

Aluminium oksida (alumina) adalah senyawa kimia dari aluminium dan oksigen, dengan rumus kimia Al_2O_3 . Secara alami, alumina terdiri dari mineral korundum, dan memiliki bentuk kristal. Senyawa ini termasuk dalam kelompok material aplikasi karena memiliki sifat-sifat yang sangat mendukung pemanfaatannya dalam beragam peruntukan. Senyawa ini diketahui merupakan insulator listrik yang baik, sehingga digunakan secara luas sebagai bahan isolator suhu tinggi, karena memiliki kapasitas panas yang besar (Xu, et al., 1994). Alumina juga dikenal sebagai senyawa berpori sehingga dimanfaatkan sebagai adsorben (Ghababazade, et al., 2007). Sifat lain dari alumina yang sangat mendukung aplikasinya adalah daya tahan terhadap korosi (Mirjalili, et al., 2011) dan titik lebur yang tinggi, yakni mencapai 2053-2072 °C (Budvari, 2001).

Secara umum alumina ditemukan dalam tiga fasa, yang dikenal sebagai γ , β , dan α alumina. Ketiga fasa di atas diketahui memiliki sifat-sifat yang berbeda, sehingga memiliki aplikasi yang khas (unik). Beta alumina (β - Al_2O_3) memiliki sifat tahan api yang sangat baik sehingga dapat digunakan dalam berbagai aplikasi keramik seperti pembuatan tungku furnace (Arribart and Vincent, 2001). Gamma alumina (γ - Al_2O_3) banyak digunakan sebagai material katalis, contohnya dalam penyulingan minyak bumi (Knozinger and Ratnasamy, 1978) dan digunakan dalam bidang otomotif (Satterfield, 1980; Gate, 1995). Alfa alumina (α - Al_2O_3) mempunyai struktur kristal heksagonal dengan parameter kisi $a = 4,7588$ dan $c = 12,9910$ nm.



Gambar 2. 15 Alumina
(Sumber: alpapowder.com)

2.12 Proses Pengujian

Pada pengujian material untuk mengetahui hasil dari penelitian ini yaitu uji keausan dan struktur mikro menggunakan alat uji *scanning electron microscopy* (SEM) dan *thermogravimetric analysis* (TGA).

2.7.1 Uji Keausan

Pengujian keausan dilakukan berdasarkan standar ASTM G99. Pengujian keausan dapat dilakukan dengan berbagai metode dan teknik yang tujuannya untuk mensimulasikan kondisi keausan actual. Adapun metode yang dapat digunakan yaitu metode ogoshi yang dimana benda uji memperoleh beban gesek dari cincin yang berputar. Pembebanan gesek ini akan melakukan kontak langsung antar permukaan yang berulang-ulang sampai sebagian dari material pada permukaan benda uji diambil. Dengan adanya jejak permukaan pada material gesek dapat dijadikan sebagai dasar dalam menentukan tingkat keausan pada material. Adapun rumus uji keausan antara lain:

$$N = \frac{W_0 - W_1}{t \cdot A} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan:

- N = Nilai laju keausan ($\text{g}/\text{mm}^2/\text{s}$)
- W_0 = Berat awal benda uji (g)
- W_1 = Berat pengausan (g)
- t = Waktu pengausan (detik)

$A = \text{Luas Pengausan (mm}^2\text{)}$

2.7.3 Pengujian Penyerapan Air

Pengujian yang dilakukan terhadap penyerapan air atau dikenal juga dengan absorbs merupakan pengujian yang dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kualitas material dalam menyerap air yang dapat mempengaruhi sifat mekanik material seperti kekuatan, ketangguhan dan kekakuan. Sebagai hasil, pengujian penyerapan menampilkan data berupa jumlah kandungan dalam air yang dapat diserap. Data tersebut kemudian akan dihitung untuk menghitung persentase penyerapan. Untuk prinsip kerjanya sendiri spesimen yang akan diuji dikeringkan terlebih dahulu melalui proses penjemuran atau oven pada suhu 110°C hingga berat konstan dan kelembaban hilang. Selanjutnya spesimen akan didinginkan kemudian ditimbang untuk mendapatkan nilai berat kering.

Setelah material tersebut ditimbang maka selanjutnya spesimen akan dilakukan proses perendaman untuk mengetahui kadar mampu serap air, perendaman dilakukan selama 24 jam. Selanjutnya setelah waktu yang ditentukan, beban dengan kejenuhan tersebut ditimbang untuk mendapatkan berat jenuh. Sebagai hasil akhir data tersebut dihitung persentasenya menggunakan rumus:

$$\text{Penyerapan (\%)} = \frac{(B-A)}{A} \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

B = Berat dalam kondisi jenuh namun permukaan kering (g)

A = Berat Kering (g)

2.7.4 Pengujian Koefisien Gesek

Merupakan pengujian yang dilakukan terhadap spesimen untuk mengetahui nilai koefisien gesek yang dimiliki. Pengujian

dilakukan secara manual menggunakan bidang miring. Bidang miring yang digunakan merupakan kayu dengan panjang 79 cm dengan kemiringan 28° dan tinggi 39 cm. Dengan menggunakan rumus koefisien gesel yakni:

$$\Sigma F = ma \dots \dots \dots (2.5)$$

$$m \times g \times \sin 28^\circ - m \times g \times \cos 28^\circ \times \mu = ma \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan;

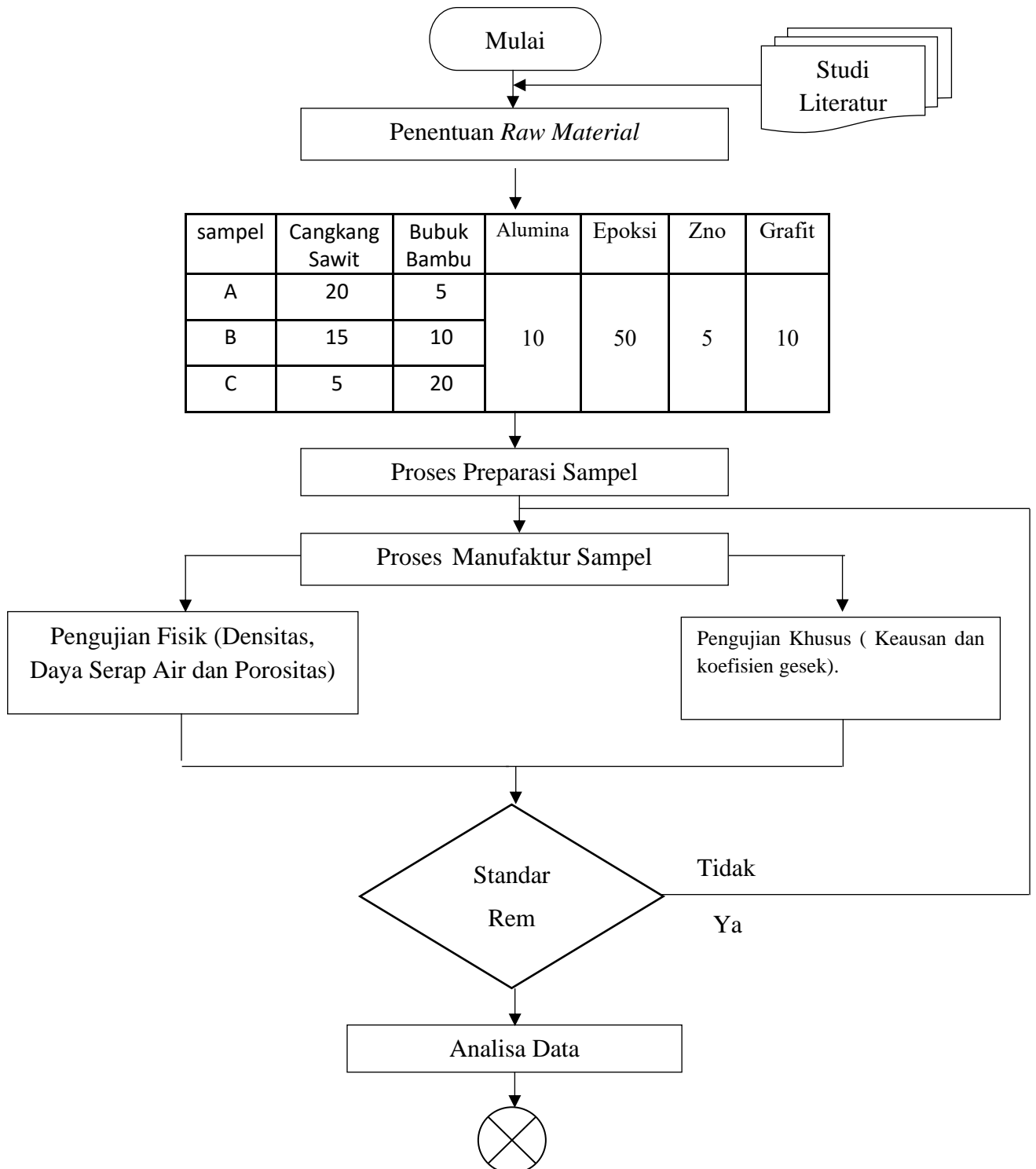
- m = massa (Kg)
- a = percepatan (m/s^2)
- g = gravitasi (m/s^2)
- $\theta = 28^\circ$

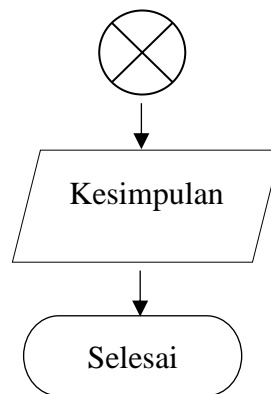
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Dibuat diagram alir yang bertujuan untuk menjelaskan alur prosedur jalannya penelitian. Diagram tersebut adalah sebagai berikut:





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dibutuhkan untuk menunjukkan langkah-langkah berjalannya penelitian dari awal sampai akhir. Prosedur penelitian antara lain:

1. Studi Literatur

Merupakan kegiatan yang dilakukan oleh peneliti sebelum memulai proses manufaktur dan pengujian, pada tahapan ini peneliti akan memperbanyak referensi bacaan yang nantinya akan berguna untuk dijadikan referensi panduan berjalannya penelitian sehingga dapat meminimalisir kemungkinan error yang terjadi selama praktikum berlangsung. Referensi bacaan tersebut antara lain adalah buku, jurnal ilmiah serta penelitian yang sebelumnya telah dilakukan oleh orang lain.

2. Penentuan *Raw Material*

Berikutnya adalah penentuan *raw material* dimana pada tahapan ini keilmuan yang telah didapatkan dari proses sebelumnya dimanfaatkan untuk menentukan bahan baku yang sekiranya akan digunakan untuk pembuatan sampel. Bahan baku yang digunakan pada penelitian kali ini merupakan bubuk cangkang kelapa sawit yang telah di-*Oven*, bubuk bambu, ZnO, Grafit serta resin epoksi. Bubuk cangkang kelapa dilakukan penyaringan dengan mesh 80, proses penyaringan adalah sebagai berikut:

- a) Memisahkan antara cangkang kelapa sawit dengan biji yang terdapat pada bagian dalam cangkang.
- b) Membersihkan cangkang yang sebelumnya sudah dikupas menggunakan air bersih yang mengalir sehingga dapat terpisah dari debris atau partikel berukuran kecil lainnya.
- c) Mengeringkan cangkang kelapa sawit yang sudah dibersihkan tadi menggunakan radiasi sinar matahari hingga tidak ada zat cair yang menempel pada cangkang.
- d) Meng-*oven* cangkang kelapa sawit yang sebelumnya telah melalui proses pengeringan untuk dihilangkan kandungan dalam cangkang seperti air, mineral dan lignin. Proses oven dilakukan selama 200°C selama 60 menit.
- e) Menumbuk cangkang yang sebelumnya sudah melalui proses *Oven*
- f) Melakukan pengayakan menggunakan mesh dengan kerapatan 80 pada cangkang yang telah menjadi bubuk.

Proses pengolahan bahan mentah juga dilakukan pada material bambu apus yang berperan sebagai penguat. Pengolahan bambu antara lain:

- a) Memotong bahan bambu menjadi bentuk serat pendek
- b) Melakukan proses perlakuan alkali terhadap bambu sebesar 5% dan aquades 95% sehingga sifat mekanik yang dimiliki bambu seperti kelenturan, ketahanan dan kekuatan dapat meningkat.
- c) Membersihkan serat bambu sehingga alkali yang masih menempel dapat dibersihkan. Pembersihan dilakukan sebanyak 2x
- d) Mengeringkan bambu setelah dibersihkan menggunakan radiasi sinar matahari.

3. Menentukan Fraksi Volume

Ditentukan variasi pada fraksi volume yang akan digunakan untuk pembuatan komposit. Setidaknya telah ditentukan 4 variasi volume dengan jumlah sampel yang akan dibuat sebanyak 16 dimana

untuk pengujian fisis membutuhkan 12 sampel, 2 sampel untuk pengujian keausan dan 2 sampel untuk pengujian SEM.

4. Preparasi Komposisi Sampel

Dilakukan perhitungan pada tahap preparasi komposisi untuk mendapatkan massa yang akan digunakan kedalam campuran komposit. Formula perhitungan antara lain:

$$v = p \times l \times t \dots \dots \dots (3.1)$$

$$m = \rho \times v \times \%Komposisi \dots \dots \dots (3.2)$$

Dimana:

- v = Volume Cetakan (Cm³)
- p = Panjang Cetakan (Cm)
- l = Lebar Cetakan (Cm)
- t = Tebal Cetakan (Cm)
- ρ = Massa Jenis Bahan (Kg/Cm³)

Tabel 3. 1 Tabel Massa Jenis Bahan (Purkuncoro, 2018)

No	Komposisi Bahan	Massa Jenis (ρ)
1	<i>Graphite Powder</i>	0,641 gram/cm ³
2	<i>Alumina Powder</i>	3,99 gram/cm ³
3	ZnO	5,61 gram/cm ³
4	Epoksi	1,2 gram/cm ³
5	Serat Bambu	0,60 gram/cm ³
6	Cangkang Kelapa Sawit	1,17 gram/cm ³

- a.) Melakukan proses *mixing filler* cangkang kelapa sawit menggunakan bahan yang telah disediakan seperti resin, hardener, ZnO, grafit, bubuk bambu, bubuk cangkang kelapa sawit dan alumina powder. Proses *mixing* dilakukan selama kurang lebih 5 – 10 menit, pastikan semua bahan tercampur dengan baik, tidak ada yang menggumpal.

5. Proses Manufaktur Sampel

Dilakukan dalam beberapa tahapan hingga sampel yang berbentuk adonan dapat menjadi bentuk cetakan. Tahapan tersebut antara lain:

1. Mempersiapkan adonan yang sebelumnya sudah melalui tahapan *mixing*.
2. Memasukkan adonan kedalam cetakan yang sudah disiapkan, pastikan adonan tersebut tidak terlalu banyak atau sedikit.
3. Melakukan kegiatan kompaksi pada adonan yang sudah dituang kedalam cetakan selama 120 menit dengan tekanan sebesar 40 bar.
4. Melakukan proses curing pada sampel yang telah di kompaksi menggunakan oven dengan suhu 150°C dalam waktu 60 menit.
5. Selanjutnya cetakan dipotong dan disesuaikan dengan kebutuhan pengujian. Untuk pengujian SEM sampel dipotong dengan dimensi 2 x 2 x 2 cm dalam keadaan kering. Untuk uji keausan spesimen mengikuti standar ASTM G99-95

3.3 Alat dan Bahan

Terdapat beberapa alat dan bahan yang diperlukan untuk menunjang jalannya keberhasilan penelitian. Alat dan bahan tersebut antara lain:

3.3.1 Alat yang Digunakan

Berikut ini merupakan alat yang akan digunakan selama proses penelitian berlangsung:

1. Saringan Mesh 80

Merupakan alat yang akan digunakan untuk melakukan proses penyaringan serbuk menyesuaikan dengan kerapatan mesh.



Gambar 3.2 Saringan Mesh 80

2. Neraca Digital

Merupakan alat yang digunakan untuk melakukan kegiatan penimbangan terhadap bahan sampel yang akan dibuat.



Gambar 3.3 Neraca Digital

3. Mangkok

Merupakan alat yang digunakan sebagai wadah guna menampung bahan untuk dilakukan proses *mixing*.



Gambar 3.4 Wadah Mangkok

4. Gerinda

Mesin potong yang digunakan untuk melakukan pemotongan terhadap sampel.



Gambar 3.5 Gerinda

5. Kikir

Merupakan alat yang digunakan untuk mengikir bambu yang sudah disiapkan sebelumnya.



Gambar 3.6 Kikir

6. Blender

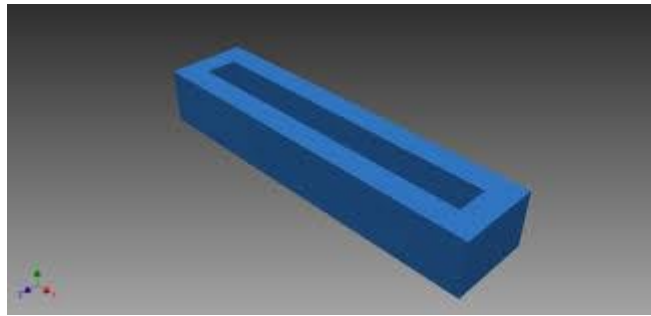
Blender merupakan alat yang digunakan untuk menghaluskan spesimen bahan sehingga dapat membentuk bubuk.



Gambar 3.7 Blender

7. Cetakan

Merupakan alat yang digunakan untuk mencetak bahan sehingga didapatkan dimensi yang diinginkan.



Gambar 3.8 Cetakan

8. Sarung Tangan

Merupakan alat yang digunakan untuk melindungi bagian tangan ketika proses penelitian berlangsung.



Gambar 3.9 Sarung Tangan

9. Jangka Sorong

Merupakan alat yang digunakan untuk melakukan tahapan pengukuran pada sampel.



Gambar 3.10 Jangka Sorong

10. Oven

Merupakan alat yang digunakan untuk melakukan proses pemanasan sampel sehingga kekerasannya bertambah.



Gambar 3.11 Oven

11. Mesin *Cold Press*

Merupakan alat yang digunakan untuk memberikan kompaksi pada bahan dengan tekanan sebesar 40 bar.



Gambar 3.12 Mesin *Cold Press*

12. Mesin Amplas

Merupakan alat yang digunakan untuk proses pengamplasan pada material sehingga lebih halus atau lebih terlihat seratnya.



Gambar 3.13 Mesin Amplas

3.3.2 Bahan yang Digunakan

Adapun beberapa bahan yang diperlukan dalam pembuatan kampas rem dengan komposisi *filler* cangkang kelapa sawit, yaitu sebagai berikut:

1. Serbuk Cangkang Kelapa Sawit

Merupakan bagian pada bahan sampel yang memiliki peran sebagai pengisi/*filler*.



Gambar 3.14 Cangkang Kelapa Sawit

2. Serat Bambu

Merupakan bagian dari bahan sampel yang memiliki peran sebagai penguat sampel sehingga sifat mekaniknya bertambah.



Gambar 3.15 Serat Bambu

3. ZnO

Merupakan senyawa organik yang berfungsi sebagai filler tambahan dalam sampel bahan sehingga konduktivitas termal meningkat.



Gambar 3.16 ZnO

4. Resin Epoksi

Merupakan bagian dari bahan yang memiliki peran sebagai matrix atau pengikat bagian pengisi dalam sampel.



Gambar 3.17 Resin Epoksi

5. Alumina Powder

Merupakan bagian dari bahan yang akan memberikan efek pada sampel untuk meningkatkan sifat mekanik kekerasan dan transfer panas.



Gambar 3.18 *Alumina Powder*

6. *Graphite Powder*



Gambar 3.19 *Graphite Powder*

3.4 **Prosedur Pengujian**

Adapun prosedur penelitian yang digunakan pada pengujian ini antara lain:

3.4.1 **Prosedur Pengujian Koefisien Gesek**

1. Mempersiapkan alat dan bahan pengujian.
2. Mempersiapkan bidang miring dan permukaan yang rata.
3. Menimbang berat spesimen yang akan diujikan.
4. Menimbang beban yang akan digunakan sebagai pemberat pada spesimen.
5. Letakkan spesimen pada benda miring lalu miringkan permukaan luncur.
6. Tentukan di sudut berapa benda meluncur.
7. Mengukur waktu tempuh benda selama turun.
8. Untuk pengujian dinamis dipersiapkan beban yang terhubung dengan katrol dan spesimen.
9. Ukur jarak antara spesimen dan beban.

10. Lepaskan beban lalu lihat sejauh mana spesimen bergerak.
11. Hitung juga waktu yang dibutuhkan untuk spesimen bergeser.
12. Setelah semua data didapatkan lakukan perhitungan untuk menghitung koefisien gesek menggunakan rumus yang tersedia.

3.4.2 Prosedur Pengujian Keausan

Adapun tahapan dari pengujian keausan antara lain:

1. Membuat sampel benda uji sesuai dengan holder pada alat uji.
2. Meratakan dan mengamplas benda uji pada sisi yang akan di uji agar kontakabrasif yang terjadi dapat merata.
3. Mempersiapkan perlengkapan yang dibutuhkan selama pengujian.
4. Mengukur tebal dari cincin pemutar (*revolving disc*), kemudian memasangnya pada tempatnya dan mengencangkan mur pengikatnya.
5. Memasang benda uji pada simple holder yang terletak pada tengah-tengah level.
6. Mengatur parameter pengujian (beban, kecepatan dan jarak luncur).
7. Mengatur skala pada lubang intip pada posisi nol.
8. Menyentuhkan sampel yang sudah terikat pada simple holder dengan *revolvingdisc*.

3.5 Variabel Pengujian

Terdapat 3 Variabel yang menjadi variasi terhadap sampel yang dibuat. Ketiga variable tersebut antara lain:

1. Variabel Bebas

Untuk variable bebas yang digunakan untuk pembuatan sampel kali ini terdapat pada variasi volume cangkang kelapa sawit dan komposisi serat bambu yaitu sebesar 20%, 15%, 5% ,0% dan 25%, 20%, 10%, dan 5%

2. Variabel Terikat

Merupakan variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas, sehingga berdasarkan fraksi volumenya yang bervariasi maka didapatkan variabel terikat berupa densitas, reabsorpsi air, keausan dan bentuk elektron dalam sampel.

3. Variabel Kontrol

Untuk variabel kontrol yang dimiliki oleh spesimen antara lain adalah sebagai berikut:

- a. Cangkang kelapa sawit sebagai *filler*
- b. *reinforced* serat bambu sebagai penguat atau *reinforced*
- c. Perlakuan alkali 10%
- d. Mesh ukuran 80
- e. Waktu *curing* (60 menit)
- f. Temperature *curing* (150°C)
- g. Waktu *cold press* (120 menit)
- h. Tekanan *cold press* (40 bar)

Merupakan bagian dari komposit yang memiliki peran sebagai pelumas padat dalam sampel yang berfungsi meningkatkan nilai konduktivitas termal dan sifat *tribology*.

BAB IV DATA DAN ANALISIS

4.1 Kebutuhan Bahan Pembuatan Sampel Komposit

Penelitian kali ini menggunakan fraksi volume sebagai variasi yang menjadi pembeda antara spesimen satu dengan spesimen lainnya. Meskipun fraksi volumenya berbeda namun dimensi yang dimiliki oleh spesimen tetap sama yakni disesuaikan dengan ukuran cetakan (10cm x 5cm x 1,5cm) Berdasarkan fraksi yang dimiliki sebelumnya setelah dilakukan perhitungan didapatkan data berupa:

Tabel 4.1 Fraksi Volume Variasi 1

No	Bahan	Massa Jenis(ρ)	Persentase(%)	Massa (gr)
1	Alumina Powder	3,99	10	29,9
2	Grafit Powder	4,80	10	4,80
3	ZnO	21,03	5	21,03
4	Cangkang Sawit	1,17	20	17,55
5	Serat Bambu	0,6	5	2,25
6	Epoksi	1,2	50	45

Tabel 4.2 Fraksi Volume Variasi 2

No	Bahan	Massa Jenis(ρ)	Persentase(%)	Massa (gr)
1	Alumina Powder	3,99	10	29,9
2	Grafit Powder	4,80	10	4,80
3	ZnO	21,03	5	21,03
4	Cangkang Sawit	1,17	15	13,16
5	Serat Bambu	0,6	10	4,5
6	Epoksi	1,2	50	45

Tabel 4.3 Fraksi Volume Variasi 3

No	Bahan	Massa Jenis (ρ)	Persentase(%)	Massa (gr)
1	Alumina Powder	3,99	10	29,9
2	Grafit Powder	4,80	10	4,80
3	ZnO	21,03	5	21,03
4	Cangkang Sawit	1,17	5	4,39
5	Serat Bambu	0,6	20	9
6	Epoksi	1,2	50	45

4.2 Hasil Pengujian Densitas

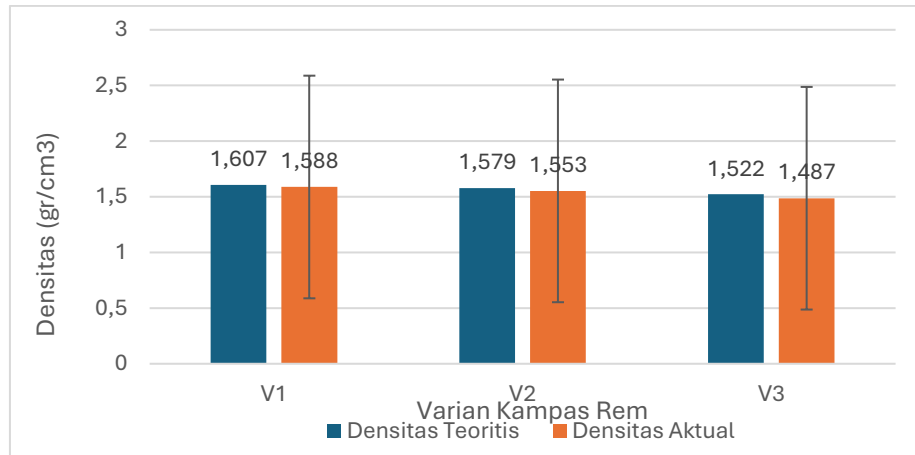
Dari spesimen dan variasi yang sudah dibuat sebelumnya maka dilakukan beberapa pengujian termasuknya diantaranya pengujian massa jenis. Menggunakan rumus yang tertera pada bab sebelumnya maka didapatkan dua jenis data berupa densitas actual dan densitas teoritis, antara lain:

Tabel 4.4 Data Densitas Aktual dan teoritis

Sampel	Densitas Aktual (kg/m ³)	Densitas Teoritis (kg/m ³)	Error (%)	Rata-rata(%)
V1A	1,591	1,607	1,902%	1,607
V1B	1,592	1,607	2,618%	
V1C	1,588	1,607	0,437%	
V2A	1,553	1,579	3,745%	1,579
V2B	1,556	1,579	1,543%	
V2C	1,549	1,579	4,5%	
V3A	1,4882	1,522	3,812%	1,522
V3B	1,484	1,522	0,728%	
V3C	1,49	1,522	7,88%	

Berdasarkan data pengujian diatas ditunjukkan bahwa densitas teoritis memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan densitas actual. Hal ini merupakan hal yang seharusnya terjadi karena pada densitas teoritis nilai didapatkan berdasarkan perhitungan menggunakan rumus dimana nilai yang digunakan dalam perhitungan tersebut merupakan nilai yang ideal.

Sementara itu data actual didapatkan menggunakan perhitungan yang menggunakan nilai-nilai actual pada spesimen. Terdapat beberapa error kecil pada perhitungan actual disebabkan oleh proses manufaktur yang menyebabkan volume dan massa berkurang. Berdasarkan data yang ditampilkan perbedaan tidak menunjukkan jarak yang terlalu jauh sehingga dapat dikatakan error yang dimiliki berada pada nilai yang rendah. Berikut merupakan grafik batang yang membandingkan kedua data tersebut:



Gambar 4. 1 Grafik Pengujian Densitas Spesimen

Dari grafik diatas kita bisa mengetahui bahwa secara rata-rata nilai yang dimiliki oleh densitas berada pada kisaran angka 1,4 hingga 1,6 baik secara teoritis maupun actual. Densitas yang semakin tinggi menunjukkan kualitas material yang semakin kuat dan rapat sebaliknya nilai densitas yang rendah akan membuat material mudah hancur karena *gap* antara partikel. Oleh karena itu dibutuhkan kerapatan massa jenis yang cukup tinggi pada komposit kampas rem mengingat kegunaannya yang difungsikan untuk memperlambat atau menghentikan Gerakan roda.

4.3 Hasil Pengujian Porositas

Telah dilakukan pengujian porositas terhadap spesimen menggunakan rumus yang terdapat pada bab 2 Nilai porositas dihitung menggunakan nilai densitas actual dan teori sehingga memberikan pengaruh cukup signifikan. Berikut merupakan nilai porositas yang didapatkan:

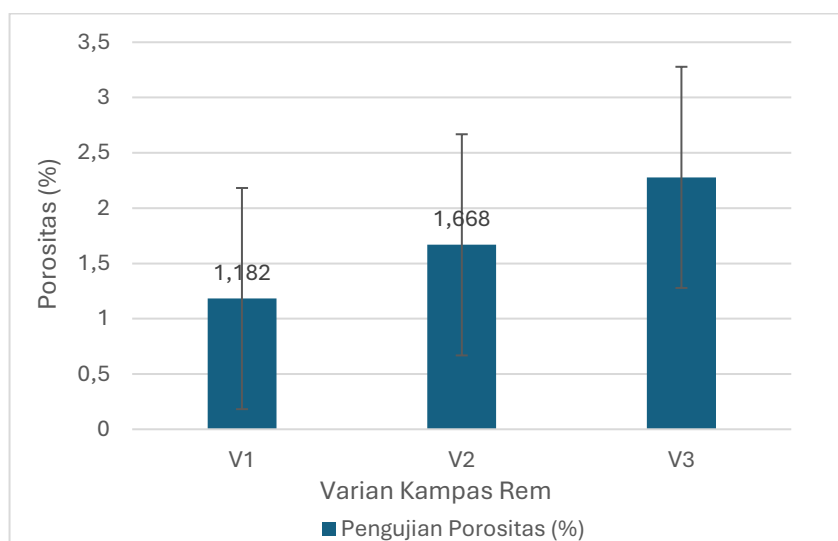
Tabel 4.5 Data Pengujian Porositas

Kode Sampel	Porositas (%)	Rata-rata (%)
V1A	1,307	1,182
V1B	1,058	
V1C	1,182	
V2A	1,647	1,668
V2B	1,457	
V2C	1,9	
V3A	2,234	2,2278

V3B	2,497	
V3C	2,102	

Berdasarkan data porositas diketahui nilai porositas terendah berada pada angka 0,43% yang dimiliki oleh variasi 1 c sementara porositas tertinggi dimiliki oleh variasi 3 c pada nilai 7,29%. Nilai yang tinggi disebabkan oleh kerapatan massa jenis yang rendah sehingga terbentuk rongga dalam spesimen. Sebaliknya jika nilai massa jenis memiliki kerapatan yang tinggi maka porositas atau rongga yang tercipta dalam spesimen pun akan semakin sedikit atau semakin kecil.

Pada data diatas rata-rata porositas yang dimiliki oleh variasi 1 adalah sebesar 1,62%, pada variasi 2 sebesar 3,20% dan pada variasi 3 sebesar 3,90 %. Variasi a,b dan c merupakan potongan yang berasal dari sampel dengan nomor yang sama karena pengujian pada 1 sampel dilakukan pengulangan sebanyak 3x. Berdasarkan nilai rata-rata yang terus menurun maka dapat disimpulkan bahwa cangkang kelapa sawit memiliki pengaruh yang cukup kuat terhadap porositas kampas rem. Meskipun disisi lain serat bambu ikut naik jika variasi terhadap cangkang kelapa sawit diturunkan namun hal itu tidak dapat menutupi kekurangan filler pada spesimen. Berikut ini merupakan visualisasi error dalam bentuk grafik:



Gambar 4. 2 Grafik Perbandingan Nilai Porositas

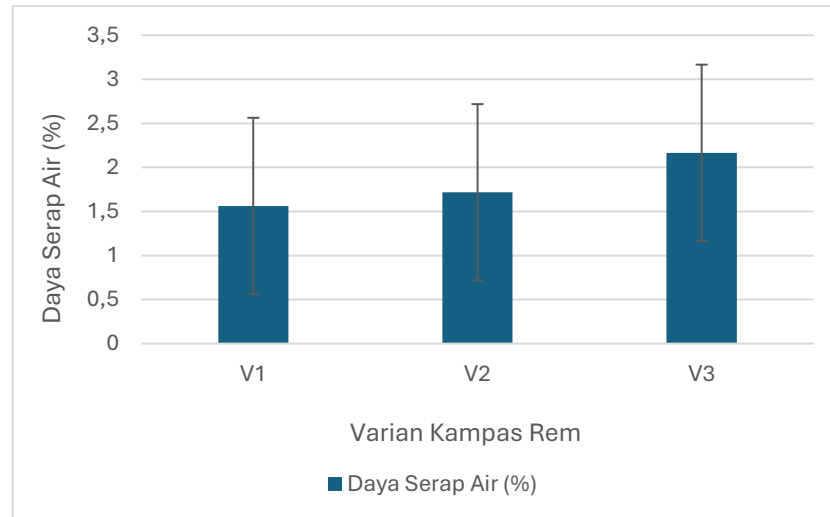
4.4 Hasil Pengujian Daya Serap Air

Daya serap air merupakan kemampuan suatu material dalam menyerap air kedalam rongga yang tersedia dalam spesimen diakibatkan oleh nilai densitas yang rendah. Rongga berhubungan secara langsung dengan densitas karena jika kerapatan dalam suatu komposit berada pada nilai yang rendah maka hal tersebut menandakan kerapatan dalam spesimen tersebut berada pada nilai yang rendah. Berikut ini merupakan data yang didapatkan berdasarkan perhitungan terhadap daya serap air:

Tabel 4.5 Data Pengujian Daya Serap Air

Kode Sampel	Daya Serap Air (%)	Rata-rata (%)
V1A	1,472	1,563
V1B	1,607	
V1C	1,610	
V2A	1,860	1,718
V2B	1,571	
V2C	1,722	
V3A	2,016	2,166
V3B	2,171	
V3C	2,312	

Pada tabel perhitungan diatas kita dapat melihat variasi nilai daya serap air dalam bentuk persen. Variasi dibuat menjadi 3 spesimen kecil berbentuk kubus dengan ukuran 3 cm x 3 cm x 1 cm. Terlihat dari data tersebut nilai dengan serapan tertinggi dimiliki oleh spesimen variasi 3B sebesar 2,27% sementara nilai terendah dimiliki oleh variasi 1B sebesar 0,7%. Rata-rata ketiga variasi menunjukkan nilai tertinggi dimiliki oleh Variasi 3 berurutan kemudian variasi 2 dan variasi 1. Dalam chart ditunjukkan sebagai berikut:



Gambar 4.3 Grafik Pengujian Daya Serap Air

Karena grafik yang ditunjukkan semakin naik berbanding terbalik dengan grafik densitas maka grafik yang ditampilkan dapat dikatakan benar. Seperti penjelasan yang sudah disampaikan sebelumnya dimana semakin tinggi kerapatan maka akan semakin sedikit kadar air yang dapat diserap. Jika data yang disampaikan tidak menampilkan grafik yang berbanding terbalik dan naik seperti yang ditampilkan maka dapat dikatakan terdapat kesalahan dalam data perhitungan yang telah dibuat dan perlu dievaluasi proses perhitungan densitas dan proses manufakturnya.

4.5 Hasil Pengujian Koefisien Gesek

Merupakan ukuran besar gaya gesek yang terjadi ketika spesimen dilakukan pengujian secara meluncur diatas sebuah papan yang memiliki kemiringan tertentu. Pada pengujian kali ini kemiringan terjadi dalam sudut 28° dan berdasarkan pengukuran papan memiliki tinggi 37 cm, alas 69 cm dan sisi miring sebesar 73 cm. Berdasarkan perhitungan kecepatan, percepatan dan hukum 2 newton maka didapatkan nilai berupa:

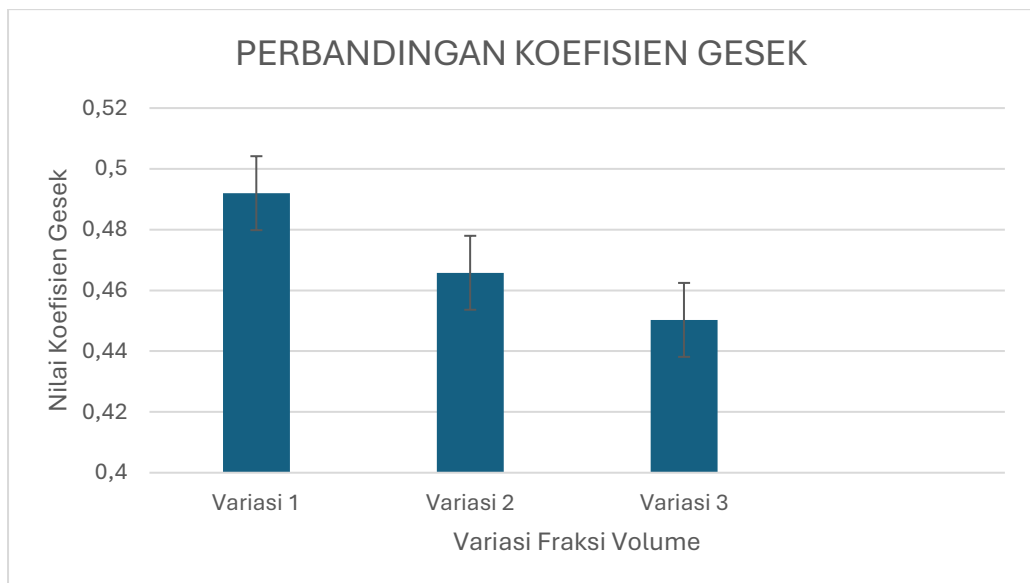
Tabel 4.5 Data Koefisien Gesek Spesimen

No	Variasi	Pengujia n	m (gram)	t (sekon)	Koefisien gesek	Rata- rata
1	Cangkang 20%, Bambu 5%	1	0,0132	1,44	0,4897	0,4920
2		2	0,0136	2,04	0,5113	
3		3	0,0127	1,62	0,4749	
4	Cangkang 15% Bambu 10%	1	0,0133	1,08	0,4561	0,4658
5		2	0,0137	1,14	0,4640	

6		3	0,014	1,27	0,4773	
7	Cangkang 5% Bambu 20%	1	0,0144	0,96	0,4357	0,4503
8		2	0,0142	1,02	0,4468	
9		3	0,0141	1,18	0,4686	

Data diatas menunjukkan nilai koefisien gesek yang dimiliki oleh spesimen. Pengujian dilakukan terhadap 3 variasi spesimen yang dibuat lebih kecil lagi menjadi 3 bagian perspesimen sehingga secara hasil pengujian dilakukan terhadap 9 spesimen.

Berdasarkan data, diperoleh nilai tertinggi yang dimiliki oleh spesimen variasi 1 dengan persentase fraksi volume cangkang kelapa sawit sebesar 20% dengan bubuk bambu sebesar 5%. Diikuti berturut-turut koefisien gesek tertinggi kedua pada variasi nomor 2 dengan fraksi volume 15 % cangkang sawit dan 10% bubuk bambu sert paling rendah ada pada variasi pertama dengan perbandingan fraksi volume sebesar 5% cangkang sawit dan 20% bubuk bambu. Secara berurutan ketiga nilai tersebut jika ditampilkan kedalam grafik antara lain:



Gambar 4. 4 Grafik Pengujian Koefisien Gesek

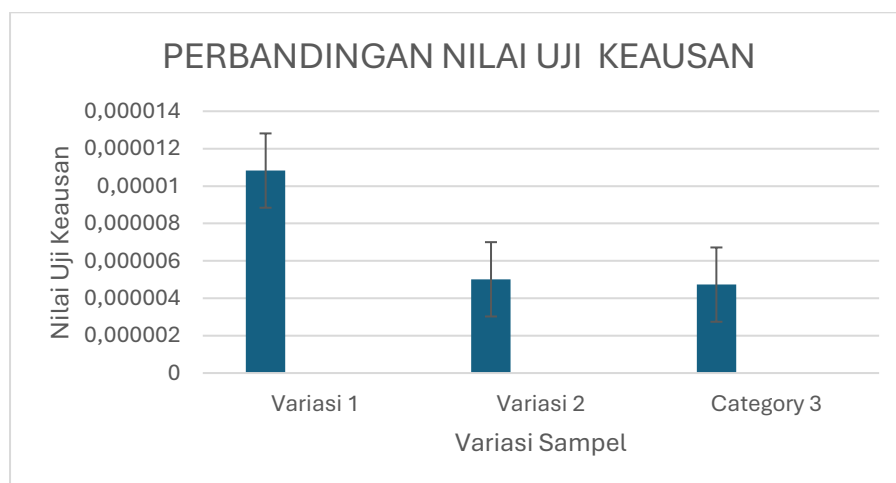
4.6 Hasil Pengujian Keausan

Merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui ketahanan material terdapat gesekan dan abrasi. Dari kedua hal tersebut dapat diketahui prediksi masa pakai dari suatu spesimen. Spesimen yang telah diujikan memiliki tebal cincin sebesar 3 mm dengan diameter sebesar 30 mm, pembebanan seberat 3,16 kg serta jarak peluncuran sejauh 100m. Diketahui data uji keausan antara lain:

Tabel 4.6 Data Pengujian Keausan

No	Kode Sampel	Lebar Jejak Rata-rata (b) (mm)	Kecepatan (m/s)	Spesifik Abrasi (mm^3/mm)
1	Variasi 1	4,02	1,97	$10,8275 \times 10^{-6}$
2	Variasi 2	3,05	1,97	$5,0133 \times 10^{-6}$
3	Variasi 3	3,11	1,97	$4,7288 \times 10^{-6}$

Berdasarkan data diatas, diperoleh data spesifik abrasi yang didapatkan dari pengujian menggunakan mesin uji OGOSHI. Secara berurutan data diatas memiliki nilai terbesar pada variasi 1 disusul dengan variasi 2 dan 3. Hal ini menunjukkan jika sampel dengan kandungan cangkang kelapa sawit paling tinggi memiliki ketahanan paling bagus dibandingkan dengan dua sampel lainnya. Hal ini juga didukung dengan data yang dimiliki pada pengujian densitas dimana jika densitas yang dimiliki pada suatu spesimen memiliki nilai yang semakin tinggi maka memiliki ketahanan yang lebih kuat.



Gambar 4. 5 Grafik Pengujian Keausan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Didapatkan Kesimpulan yang diperoleh sebagai jawaban dari tujuan yang sebelumnya telah dibuat. Kesimpulan dari penelitian ini antara lain:

1. . Peneliti mampu mengetahui pengaruh dari variasi komposisi filler cangkang kelapa sawit dan bubuk bambu yang diberikan. Dimana, pada komposit dengan kadar filler cangkang kelapa sawit yang lebih tinggi memiliki nilai densitas yang lebih tinggi dan porositas yang lebih rendah sehingga daya serap air yang terjadi pada komposit pun terjadi di angka yang sangat rendah. Hal itu dapat dibuktikan dimana grafik yang dimiliki densitas dan porositas yang pertumbuhannya grafiknya berbanding lurus. Pada densitas ditunjukkan grafik secara berurutan menurun mulai dari variasi 1,2 dan 3. Pada porositas ditunjukkan grafik yang berbanding terbalik dimana pada variasi 1 memiliki nilai terendah yang terus naik hingga variasi ketiga. Bentuk grafik yang sama ditunjukkan pada grafik daya serap air.
2. Peneliti dapat mengetahui nilai pengujian keausan dan koefisien gesek yang sebelumnya telah dilakukan. Berdasarkan pengujian nilai yang dihasilkan pada pengujian keausan memiliki nilai yang mendekati standar rem komersial SNI dimana keausan pada SNI memiliki nilai $5 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{kg}$ sementara nilai keausan yang dimiliki oleh sampel sebesar $10,82 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$, $4,728 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$ dan $5,0133 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$. Dikarenakan nilai satuan yang dimiliki berbeda dengan standar SNI, metode pengujiannya pun berbeda maka belum dapat ditentukan apakah nilai keausan memenuhi standar namun berdasarkan nilai tersebut variabel satu memiliki ketahanan terhadap aus paling besar disusul dengan spesimen

2 dan 3. Untuk koefisien gesek sendiri berada diatas nilai yang tertera pada standar yakni sebesar 0,4.

5.2 Saran

Dibutuhkan saran sebagai bentuk evaluasi yang membuat penelitian selanjutnya dapat berjalan lebih baik dan lebih inovatif lagi kedepannya. Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, didapatkan saran sebagai berikut:

1. Menggunakan cetakan yang lebih tepat agar eror ketika proses manufaktur dapat diminimalisir sehingga dapat membuat sampel yang jauh lebih baik lagi.
2. Untuk penelitian kedepannya agar lebih berhati-hati ketika melakukan kegiatan manufaktur karena spesimen rentan untuk hancur ketika masih lunak.
3. Berhati-hati ketika melakukan pembuatan adonan basah yang akan dituangkan kedalam spesimen karena komposisi yang dimiliki oleh komposit perubahan sekecil apapun memiliki pengaruh terhadap hasil pengujian.
4. Melakukan proses preparasi yang tepat dan proper sehingga spesimen yang dibuat dapat membentuk komposit yang mendekati dimensi teoritis dan meminimalisir error.

DAFTAR PUSTAKA

- Sagel,R., Kole,P., (1993), Pedoman Pengerjaan Beton, Jakarta, Erlangga
- Lyons, W. C., (1996). Standard Handbook of Petroleum and Natural Gas Engineering, Vol. 2. Gulf Professional Publishing, Houston.
- Oyeneyin, B., (2015). Integrated Sand Management For Effective Hydrocarbon Flow Assurance, Vol. 63, 1st Edition. Elsevier.
- M. J. Mochane, T. C. Mokhena, T. H. Mokhothu, A. Mtibe, E. R. Sadiku, S. S. Ray, I. D. Ibrahim, O. O. Daramola. Recent progress on natural fiber hybrid composites for advanced applications: Areview. eXPRESS Polymer Letter Vol.13, No.2, 159-198 (2019).
- Ian Fulton, Mohamad S. Qatu, Sheldon Shi and S. Lee, “Mechanical Properties of Kenafbased Natural Fiber Composites”, ICCS 16, 1-6, 2011
- Saito, T. 2004. Kimia Anorganik terjemahan Ismunandar. Tokyo: Iwanami Shoten
- Bessegato, G. G., Guaraldo, T. T., Brito, J. F. De, Brugnera, M. F. and Zanoni, M. V. B., Achievements and Trends in Photoelectrocatalysis: from Environmental to Energy Applications, Electrocatalysis, 6(5), pp. 415-441, 2015
- Kim D-H, Jeon H, Kim G, Boe SH, Verma VP, Choi W, & Jeon M. 2007. Comparison of the Optical Properties of Undoped and Ga-doped ZnO Thin Films Deposited using RF Magnetron Sputtering at Room Temperatur. Opt Comun 281: 2120 2125
- Surdia, T., & Saito, S. (1999). Pengetahuan Bahan Teknik, 372.
- Sunardi, S., Fawaid, M. And Lusiana, R., 2017. Pengaruh Butiran Filler Kayu Sengon Terhadap Karakteristik Papan Partikel Yang Berpenguat Serat

Tandan Kosong Kelapa Sawit. Sintek Jurnal: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, 11(1), Pp.28-32.

Vasdazara, O. L., Ardhyanta, H. & Wicaksono, S. T., 2018. Pengaruh Penambahan Serat Cangkang Kelapa Sawit (Palm Kernel Fiber) Terhadap Sifat Mekanik dan Stabilitas Termal Komposit Epoksi/Serat Cangkang Kelapa Sawit. JURNAL TEKNIK ITS, 7(1), pp. 2337-3520.

Rini.D.S, 2018. Sifat Fisika Bambu Petung (*Dendrocalamus asper* (Schult.F) Backer ex Heyne) dari KHDK Senaru Berdasarkan Posisi Aksial. Program Studi Kehutanan Universitas Mataram.

Sulistijono. (2012). Mekanika Komposit. Surabaya: ITS press.

Pramono. A, 1989. "Komposit Sebagai Trend Teknologi Masa Depan". Fakultas Teknik Metalurgi dan Material. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Bramantyo. Amar, 2008 Pengaruh Konsentrasi Serat. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia.

S. Syawal and I. A. Setiawan, "Perbandingan pengujian mekanis terhadap kampas rem asbes dan non-asbestos dengan melakukan uji komposisi, uji kekerasan, dan uji keausan," Sintek J. J. Ilm. Tek. Mesin, vol. 2, no. 2, 2008.

Kristianta, d. (2017). VARIASI UKURAN TERHADAP KEKERASAN DAN LAJU KEAUSAN KOMPOSIT EPOXY ALUMINIUM-SERBUK TEMPURUNG KELAPA UNTUK KAMPAS REM. Jurnal Rekayasa Mesin , 149-153.

LAMPIRAN A

PERHITUNGAN DAN DATA PERCOBAAN

1. Perhitungan Volume Cetakan

Diketahui : Panjang = 10 cm, lebar = 5 cm dan tinggi = 1,5 cm

Ditanya : $V = \dots\dots?$

Jawab : $V = P \times L \times T$

$$V = 10 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm}$$

$$V = 75 \text{ cm}^3$$

2. Perhitungan Komposisi Bahan

Diketahui : $P =$ massa jenis bahan (gram/cm^3)

$V =$ volume cetakan (cm^3)

Fraksi Volume = komposisi bahan (%)

Ditanya : massa = $\dots\dots?$

Jawab : massa = $p \times v \times$ fraksi volume

$$\text{massa} = 1.17 \text{ gram/cm}^3 \times 75 \text{ cm}^3 \times 0.02 \%$$

3. Perhitungan Kompaksi

Diketahui : A_1 Luas penampang hidrolis = $490,874 \text{ mm}^2$

A_2 Luas penampang komapksi= 5000 mm^2

P_1 Tekanan hidrolis = 40 bar = 4 Mpa

Ditanya : P_2 (Tekanan kompaksi)....?

Jawab ; $P = \frac{F}{A} \dots \text{ Mpa}$

$$F = P \times A$$

$$= \frac{P_1 \times A_1}{A_2} = \frac{4 \times 490,874 \text{ mm}^2}{5000 \text{ mm}^2} = 0.4 \text{ Mpa}$$

4. Perhitungan Densitas

Berikut merupakan contoh perhitungan densitas teoritis pada varian 1

$$p_{th} : p_{Al} \cdot V_{Al} + p_{Si} \cdot V_{Si}$$

$$p_{th} : (5.61 \cdot 0.05) + (0.641 \cdot 0.1) + (3.99 \cdot 0.1) + (1.2 \cdot 0.5) + (0.60 \cdot 0.1) + (1.17 \cdot 20)$$

$$p_{th} : 1.607 \text{ gram/cm}^3$$

Selain itu, adapun contoh perhitungan densitas aktual

Diketahui : massa = 14.82 gram

volume = 9 cm

Ditanya : $p_m \dots\dots?$

Jawab : $\rho_m = \frac{m}{v}$

$$\rho_m = \frac{14.82}{9} = 1.592 \text{ gram/cm}^3$$

5. Perhitungan Porositas

Diketahui : $\rho_{th} = 1.607 \text{ gram/cm}^3$

$$\rho_m = 1.592 \text{ gram/cm}^3$$

Ditanya : Porositas....?

Jawab : $P (\%) = \frac{\rho_{th} - \rho_m}{\rho_{th}} \times 100\%$

$$P (\%) = \frac{1.607 - 1.592}{1.607} \times 100\%$$

$$P (\%) = 1.34\%$$

6. Perhitungan Daya Serap Air

Diketahui : $m_k = 14.27 \text{ gram}$

$$m_b = 14.48 \text{ gram}$$

Ditanya : $DSA = \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\%$

$$DSA = \frac{14.48 - 14.27}{14.27} \times 100\% = 1.427\%$$

LAMPIRAN B
DATA HASIL PENELITIAN



Variasi (2)

FAKULTAS TEKNIK-UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM UJI
CENTER FOR MATERIALS PROCESSING AND FAILURE ANALYSIS

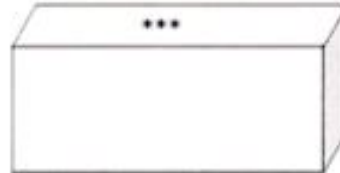
Gedung MRC Lantai 2 Fakultas Teknik, Kampus UI, Depok 16424
WhatsApp. 0819-2884-9045 | Tel. 021-7884 9045
email : cmpfautui@ui.ac.id website : www.cmpfa-ui.co.id

LAPORAN PENGUJIAN KEAUSAN
WEAR RESISTANCE TEST REPORT

Hal 1 dari 1

No Laporan <i>Report Nr</i>	M0075	Tanggal Terima <i>Receiving Date</i>	19 Juni 2024
No Kontrak <i>Contract Nr.</i>	M0075/PT.02/FT04/P/2024	Tanggal Uji <i>Date of Test</i>	24 Juni 2024
Pemakai Jasa <i>Customer</i>	Azhar	Metode Uji <i>Testing method</i>	ASTM G99
Alamat <i>Address</i>	Universitas Sultan Ageng Tirtayasa	Jenis Uji <i>Type Of Test</i>	Aus
Bahan <i>Material</i>	Komposit	Mesin Uji <i>Testing machine</i>	OGOSHI

Sketsa Sampel
Sample Figure



* Daerah penjejukan

Kode Sampel	Lebar Jejak Rata-rata (b) [mm]	Tebal Cincin (B) [mm]	Diameter Cincin (d) [mm]	Beban (P) [Kg]	Jarak Luncur (x) [m]	Kecepatan [m/s]	Spesifik Abrasi [mm ³ /mm]
Variasi (1)	4.02	3	30	3.16	100	1.97	$10.8274680 \times 10^{-6}$
Variasi (3)	3.05	3	30	3.16	100	1.97	4.7287708×10^{-6}
Variasi (2)	3.11	3	30	3.16	100	1.97	5.0133718×10^{-6}

Depok, 28 Juni 2024
Ketua Divisi Pengujian Material



(Ahmad Ashari, S.T., M.T.)

LAMPIRAN C
DOKUMENTASI PENELITIAN





PERPUSTAKAAN JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA



Jl. Jendral Soedirman KM 03 Cilegon. Email : perpus_mesin@untirta.ac.id

SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIAT

Nomor : 01.50/Perpus-JTM/VII/2024

Operator Turnitin Jurusan Teknik Mesin Untirta Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa menerangkan bahwa Mahasiswa/i dengan identitas berikut:

Nama : Ahmad Azhar Alhallaj

NPM : 3331200050

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Jurnal : PEMANFAATAN CANGKANG KELAPA SAWIT SEBAGAI FILTER
KAMPAS REM ORGANIK NON-ASBESTOS MENUJU TRANSPORTASI
HIJAU

Menyatakan bahwa naskah Skripsi tersebut telah diperiksa *Index Similarity* dengan hasil sebesar **23%**. Sesuai dengan pedoman yang berlaku *Index Similarity* \leq **30%**. Surat keterangan bebas plagiarasi ini ditujukan sebagai syarat administrasi Tugas Akhir (TA).

Diketahui

Koordinator Asisten Perpustakaan




Agil Maulana

NPM. 3331210022

Cilegon, 02 Juli 2024

Disetujui

Petugas Perpustakaan



Agil Maulana

NPM. 3331210022

Note*

Operator Turnitin : Agil Maulana