



**ANALISIS FRAKSI BERAT SERAT SERABUT KELAPA
TERHADAP SIFAT MEKANIK KOMPOSIT Matrik EPOXY
PADA KAMPAS REM SEPEDA MOTOR**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Dalam Rangka
Memenuhi Penyusunan Skripsi Jenjang S1
Program Studi Teknik Mesin

Oleh :

ABDIL HAQI ASSYAKUR

NPM. 6420600047

**FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL**

2024

LEMBAR PERSETUJUAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Analisis fraksi berat serat serabut kelapa terhadap komposit matrik *epoxy* pada kampas rem sepeda motor

Nama Penulis : Abdil Haqi Assyakur

NPM : 6420600047

Skripsi telah disetujui untuk dipertahankan dihadapan Sidang Dewan Penguji Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti tegal.

Hari :

Tanggal :

Pembimbing I



Rusnoto, S.T., M.Eng
NIPY.14054121974

Pembimbing II 29/7 - 2024



Irfan Santosa, S.T., MT
NIPY.124521611980

HALAMAN PENGESAHAN

Telah dipertahankan dihadapan sidang Dewan Penguji Skripsi Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal

Pada hari : Senin

Tanggal : 5 Agustus 2024

Ketua Penguji :

Ahmad Farid, ST.,MT.
NIPY. 191511101978

()


Penguji Utama :

Hadi Wibowo, ST.,MT.
NIPY. 20651641971

()


Penguji 1

Rusnoto, ST.,M.Eng.
NIPY. 14054121974

()

Penguji 2


Irfan Santosa, ST.,MT.
NIPY. 124521611980

()

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer



()
Hadi Wibowo, ST. MT.)
NIPY. 126518101972

HALAMAN PERNYATAAN

Dalam penulisan skripsi ini dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Analisis Fraksi Berat Serabut Kelapa Terhadap Sifat Mekanik Komposit Matrik Epoxy Pada Kampas Rem Sepeda Motor” ini dan seluruh isinya adalah benar – benar karya sendiri atau pengutipan dengan cara – cara yang sesuai dengan etika yang berlaku dalam Masyarakat keilmuan sebagai mana mestinya.

Demikian pernyataan ini untuk dijadikan pedoman bagi yang berkepentingan dan saya siap menanggung segala resiko dan sanksi yang diberikan kepada saya apabila dikemudian hari adanya pelanggaran atas etika keilmuan dalam karya tulis ini, atau adanya klaim terhadap keaslian karya saya ini.

Tegal, 19 Juli 2024



Abdil Haqi Assyakur
NPM. 6420600047

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

1. Disetiap keberhasilan atau kesuksesan seorang anak ada peran yang paling besar dibalik itu semua yang selalu mendoakan yaitu peran kedua orang tua yang senantiasa memberikan doa untuk anak – anaknya.
2. Berikan ilmu sebaik – baiknya dan bijak kepada orang di sekitarmu terutama disosial masyarakat
3. Buktikan hasil kerja keras dengan kesuksesan dikemudian hari.
4. Tetap bersyukur atas nikmat yang diberikan Allah SWT kepada kita.
5. Selalu sabar dalam menjalani masalah atau rintangan kehidupan dan tidak melupakan selalu berdoa kepada Allah SWT.

PERSEMBAHAN

Dengan skripsi ini, penulis persembahkan kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat sehat sehingga saya bisa sampai tahap ini.
2. Ibu Nur Tohidah tercinta dan Bapak Suhali selaku orang tua saya yang selalu memberikan doa serta dukungan kepada saya dalam keadaan apapun.
3. Teman – teman seperjuangan Teknik Mesin Angkatan 2020 yang selalu memberikan masukan dan saran dalam permasalahan yang saya alami.
4. Untuk seluruh keluargaku, san saudaraku terimakasih doa dan dukungannya
5. Untuk kekasih hati “Fina Maylisa” yang selalu mendukungku dalam kelancaran skripsi ini, Terima kasih atas dukungannya dan pengorbanan mencari refrensi untuk skripsi ini serta ketulusan dan support yang tak terlupakan.

ABSTRAK

Abdil Haqi Assyakur, 2024 “*Analisis fraksi berat serat serabut kelapa terhadap sifat mekanik komposit matrik epoxy pada kampas rem sepeda motor*” Skripsi Fakultas Teknik Prodi Teknik Mesin Universitas Pancasakti Tegal.

Komposit merupakan perpaduan satu atau lebih material untuk mendapatkan sifat mekanik yang lebih baik. Untuk mengetahui pengaruh perubahan serat serabut kelapa dan serbuk tembaga dengan variasi *raw material* 5:5%, 7:3%, 3:7% pada kekuatan kekerasan, tarik, keausan, koefisien gesek dan ketahanan thermal komposit matrik *epoxy*. Tujuan Penelitian ini agar mengetahui hasil pengujian mekanik dari komposit serat serabut kelapa dan serbuk tembaga matriks *epoxy*, mengetahui perbandingan serat yang paling tepat untuk pembuatan kampas rem komposit.

Metode Penelitian dengan menggunakan eksperimen merupakan metode dengan cara memanipulasi satu atau lebih variabel untuk mengamati perubahan yang terjadi pada masing – masing variabel. Teknik untuk membuat komposit menggunakan teknik *hand lay up*, bahan dan alat pembuatan komposit diantaranya resin *epoxy* sebagai matriks 90%, Serat serabut kelapa dan serbuk tembaga sebagai penguat 10%, dengan perbandingan tersebut di variasikan lagi menjadi serat serabut kelapa dan serbuk tembaga (5:5%, 7:3%, 3:7%) alat yang digunakan cetakan resin, alat pengaduk, kuas cat, alat pemotong, dan timbangan.

Hasil pengujian sifat mekanik material komposit serat serabut kelapa dan serbuk tembaga, dengan hasil data pengujian kekerasan rata – rata terbesar penambahan 0% sebesar 6,76 BHN sehingga penambahan serat serabut kelapa dan serbuk tembaga menurunkan kekuatan kekerasan, pengujian tarik menghasilkan data tegangan tarik rata – rata terbesar pada penambahan serat 0% sebesar 32,4 MPa sehingga penambahan serat serabut kelapa dan serbuk tembaga menurunkan kekuatan tarik, pengujian keausan menghasilkan data keausan dengan rata-rata nilai keausan terbaik pada penambahan serat serabut kelapa 5% dan serbuk tembaga 5% dengan nilai hasil uji sebesar 0,000010mm³ sehingga seimbangannya serat dan serbuk mempengaruhi hasil keausan, pengujian koefisien gesek pada bidang miring menghasilkan nilai rata – rata 3,87 sehingga berat spesimen mempengaruhi hasil uji koefisien gesek, serta pada pengujian ketahanan thermal semua spesimen dengan perbedaan variasi retak dalam suhu 200 °C selama 30 menit.

Kata kunci : Komposit, Kampas rem komposit, matrik *epoxy*, serabut kelapa, uji kekerasan, uji tarik, uji keausan, uji koefisien gesek, uji ketahanan thermal.

ABSTRACT

Abdil Haqi Assyakur, 2024 "*Analysis of the weight fraction of coconut fiber on the mechanical properties of epoxy matrix composites in motorbike brake linings*" Thesis, Faculty of Engineering, Mechanical Engineering Study Program, Pancasakti University, Tegal.

Composite is a combination of one or more materials to obtain better mechanical properties. To determine the effect of changes in coconut fiber and copper powder with variations in raw materials 5:5%, 7:3%, 3:7% on the strength of hardness, tensile, wear, friction coefficient and thermal resistance of epoxy matrix composites. The purpose of this study is to determine the results of mechanical testing of coconut fiber and copper powder epoxy matrix composites, to determine the most appropriate fiber ratio for making composite brake pads.

Research method using experiments is a method by manipulating one or more variables to observe changes that occur in each variable. The technique for making composites uses the hand lay up technique, materials and tools for making composites include 90% epoxy resin as matrix, 10% coconut fiber and copper powder as reinforcement, with this ratio being varied again into coconut fiber and copper powder (5: 5%, 7:3%, 3:7%) tools used resin molds, stirrers, paint brushes, cutting tools, and scales.

The results of testing the mechanical properties of coconut fiber and copper powder composite materials, with the results of the largest average hardness test data for the addition of 0% of 6.76 BHN so that the addition of coconut fiber and copper powder reduces the hardness strength, tensile testing produces the largest average tensile stress data at the addition of 0% fiber of 32.4 MPa so that the addition of coconut fiber and copper powder reduces the tensile strength, wear testing produces wear data with the best average wear value at the addition of 5% coconut fiber and 5% copper powder with a test result value of 0.000010mm³ so that the balance of fiber and powder affects the wear results, testing the friction coefficient on an inclined plane produces a value of 3.87 so that the weight of the specimen affects the results of the friction coefficient test, as well as in the thermal resistance test of all specimens with different variations in cracking at a temperature of 200 °C for 30 minutes.

Keywords: Composite, composite brake lining, epoxy matrix, coconut fiber, hardness test, tensile test, wear test, friction coefficient test, thermal resistance.

DAFTAR ISI

COVER HALAMAN	i
LEMBAR PERSETUJUAN NASKAH SKRIPSI.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
PRAKATA	xi
BAB I PENDAHULUAN	11
A. Latar Belakang	2
B. Batasan Masalah.....	3
C. Rumusan Masalah	4
D. Tujuan Penelitian	5
E. Manfaat Hasil Penelitian	5
F. Sistematika Penulisan.....	6
BAB II LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA.....	8
A. Landasan Teori.....	8
B. Tinjauan Pustaka	38
BAB III METODE PENELITIAN.....	47
A. Metode Penelitian.....	47
B. Waktu dan Tempat Penelitian	47
C. Instrument Penelitian	48
D. Langkah-langkah Pembuatan Spesimen	54
E. Teknik Pengambilan Sampel.....	56
F. Variabel Penelitian	57
G. Metode Pengumpulan Data	57
H. Metode Analisa Data.....	59
I. Diagram alur.....	63
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	Error! Bookmark not defined.
A. Hasil Penelitian	Error! Bookmark not defined.
B. Pembahasan.....	Error! Bookmark not defined.
BAB V PENUTUP.....	Error! Bookmark not defined.
A. Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
B. Saran.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Mekanika komposit.....	9
Gambar 2. 2 Klasifikasi komposit berdasarkan penguat.....	10
Gambar 2. 3 Komposit partikel.....	11
Gambar 2. 4 Komposit serat dengan orientasi continuous.....	11
Gambar 2. 5 Komposit berlapis	12
Gambar 2. 6 Komposit partikel (Particulate Composites)	17
Gambar 2. 7 Penyusun serat komposit.....	18
Gambar 2. 8 Aligned discontinuous fiber	19
Gambar 2. 9 Off-axis aligned discontinuous fiber	20
Gambar 2. 10 Randomly oriented discontinuous fiber	20
Gambar 2. 11 Hand Lay up	32
Gambar 3. 1 Alat Pemotong Serabut Kelapa	49
Gambar 3. 2 Serbuk Tembaga.....	52
Gambar 3. 3 Serat Serabut Kelapa	52
Gambar 3. 4 Resin dan Katalis (Hardener)	53
Gambar 3. 5 Larutan NaOH	53
Gambar 3. 6 Spesimen uji kekerasan	55
Gambar 3. 7 Spesimen Uji Tarik.....	55
Gambar 3. 8 Spesimen Uji Keausan	55
Gambar 4. 1 Hasil Uji Ketahanan Thermal.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 2 Grafik Hasil Pengujian Kekerasan	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 3 Grafik Hasil Pengujian Tarik	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 4 Grafik Hasil Pengujian Keausan	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 5 Tampak samping	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 6 Tampak bawah	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 7 Tampak samping	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 8 Tampak bawah	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 9 Tampak bawah	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 10 Tampak samping	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 11 Tampak samping	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 12 Tampak bawah	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hasil Produk Buah Kelapa di Indonesia	24
Tabel 2. 2 Sifat fisik tembaga masif (padat penuh)	25
Tabel 3. 1 Kalender Penelitian	48
Tabel 3. 2 Jumlah Spesimen Pengujian.....	56
Tabel 3. 3 Komposisi Perbandingan	59
Tabel 3. 4 Lembar Pengambilan Data Pengujian Kekerasan.....	59
Tabel 3. 5 Lembar Pengambilan Data Pengujian Tarik	60
Tabel 3. 6 Lembar Pengambilan data Pengujian Keausan.....	61
Tabel 3. 7 Lembar Pengambilan Data Pengujian Koefisien Gesek	62
Tabel 4. 1 Tabel Hasil Uji Kekerasan	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Tarik.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Keausan	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Koefisien Gesek.....	Error! Bookmark not defined.

PRAKATA

Dengan memanjatkan puja dan puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan petunjuk, Taufik dan Hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “**Analisis pengaruh fraksi berat serat serabut kelapa terhadap komposit matrik epoxy pada kanvas rem sepeda motor**”. Penyusunan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat dalam rangka menyelesaikan studi strata Program Studi Teknik Mesin.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak mungkin terselesaikan tanpa adanya dukungan, bantuan, bimbingan, dan nasehat dari berbagai pihak selama penyusunan skripsi ini. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Agus Wibowo, ST. MT. Selaku Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.
2. Bapak Hadi Wibowo, ST. MT. Selaku Kaprodi Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.
3. Bapak Rusnoto, S.T. M Eng. Selaku Dosen Pembimbing I
4. Bapak Irfan Santosa, S.T. MT. Selaku Dosen Pembimbing II
5. Segenap Dosen dan Staf Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal terlebih kepada Dosen Program Studi Teknik Mesin.
6. Kedua orang tua penulis, yang selalu memberikan kasih sayang, doa, nasehat, serta atas kesabarannya yang luar biasa dalam setiap langkah hidup penulis, yang merupakan anugerah terbesar dalam hidup. Penulis berharap dapat menjadi anak yang dapat dibanggakan.
7. Teman-teman baik di kampus maupun di lingkungan penulis yang telah memberikan dukungan moral dalam penyusunan skripsi ini.
8. Semua pihak yang telah membantu hingga laporan ini selesai, semoga bantuan dan bimbingan yang telah diberikan mendapat balasan yang sesuai dari Allah SWT

Penulis telah mencoba membuat laporan sesempurna mungkin semampu kemampuan penulis, namun demikian mungkin ada kekurangan yang tidak terlihat oleh penulis untuk itu mohon masukan untuk kebaikan dan pemaafanya. Harapan penulis, Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Tegal, 1 Juli 2024

Penulis

Abdil Haqi Assyakur

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Material Komposit adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut (bahan komposit). Dalam komposit biasanya terdiri dari matriks dan campuran serat alami maupun sintetis (Nurun Nayiroh,2013).

Matriks sendiri merupakan bahan utama dari sebuah material komposit yang akan di naikan mechanical properties nya oleh bahan penguat reinforcement dengan baik agar tidak terjadi fenomena *fiber pull out*, yaitu serat yang terlepas dari matriks, Jenis matriks ada dua yaitu matriks *epoxy* dan matriks *polyester*.

Pada penelitian kali ini penulis akan menggunakan serat sabut kelapa dan serbuk tembaga untuk campuran dari *matrix epoxy*, selain didapatkan nya mudah alasan lainnya adalah karena limbah pedagang kelapa yang jumlahnya cukup banyak tentu ini bisa di olah untuk di manfaatkan.

Serat sabut kelapa adalah salah satu biomasa yang mudah didapatkan dan merupakan hasil pertanian. Komposisi sabut dalam buah kelapa sekitar 35% dari serat (*fiber*) dan gabus (*pitch*) yang menghubungkan suatu serat dengan lainnya.

Karakteristik unggulan serat serabut kelapa adalah modulus elastisitasnya cukup rendah dan daya mulurnya sangat tinggi dibandingkan dengan serat alam yang lain. Sifat seratnya tidak kaku, sangat lentur, dan paling ulet.

Logam tembaga merupakan bahan yang mengandung konduktivitas panas yang baik serta bersifat keras, sehingga akan mudah mengatasi panas dari hasil gesekan pada saat kampas rem bergesekan. Tembaga juga mempunyai sifat lainnya yaitu melepas panas, sehingga mudah untuk mengatasi panas pada saat kampas rem bergesekan.

Dalam proses pembuatan kampas rem, keausan suatu bahan komposit semakin besar atau semakin cepat aus dapat dipengaruhi oleh besarnya waktu yang di berikan saat proses kompaksi. Bila waktu penekananya semakin besar maka tingkat keausanya pun besar. Komposit pada pembuatan kampas rem di pengaruhi beberapa factor yaitu variasi bahan, beban kompaksi yang diberikan serta lamanya beban penekanan kompaksi dan pemanasan (Irfan,2009)

Sifat mekanik adalah sifat yang menunjukkan kelakuan material apabila material tersebut diberi beban mekanik (static atau dinamik), contoh sifat mekanik diantaranya adalah : kekuatan (*strength*), kekerasan (*hardness*), kegetasan (*brittleness*), ketangguhan (*toughness*), kekakuan (*stiffness*), dll.

Kampas Rem adalah komponen kendaraan bermotor yang berguna untuk memperlambat dan menghentikan laju kendaraan. Kampas rem adalah komponen yang memiliki beban tinggi mencapai 90% dari komponen lainnya

dari kendaraan, Kampas rem umumnya terbuat dari bahan asbestos yang ditambahkan unsur lain seperti *Silicon Carbide* dan *Mangan*, atau *Cobalt*. Proses pembuatannya melalui penekanan dan pemanasan (*Sintering*) yang akan menghasilkan kekuatan, kekerasan, serta meningkatkan gaya gesek.

Sehingga dari latar belakang di atas penulis mengambil judul penelitian “Analisis fraksi berat serat serabut kelapa terhadap komposit matrik epoxy pada kampas rem sepeda motor”

B. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini untuk lebih memfokuskan masalah yang akan dibahas diperlukan Batasan masalah, adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bahan yang digunakan untuk membuat komposit rem sepeda motor adalah serbuk tembaga dan serat sabut kelapa sebagai penguat, resin *epoxy* sebagai pengikat atau *matrix*.
2. Variable yang digunakan adalah fraksi berat resin *epoxy* 90% (450gram), serta serat sabut kelapa dan serbuk tembaga yaitu 5%:5% (25gram : 25gram), 7%:3% (35gram : 15gram), 3%:7% (15gram : 35gram).
3. Bahan pengikat serat adalah resin *epoxy* dan *hardener* dengan perbandingan 2:1 (*Epoxy* 300gram) (*Hardener* 150gram).
4. Bahan yang digunakan serbuk tembaga dan serat sabut kelapa.
5. Pengujian yang dilakukan pada komposit meliputi uji kekerasan, keausan tarik, koefisien gesek dan ketahanan thermal.

C. Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dilakukan pada penelitian ini berdasarkan latar belakang diatas adalah.

1. Bagaimana pengaruh penambahan fraksi berat serat sabut kelapa dan bubuk tembaga sebesar 0%, 5:5%, 7:3%, 3:7% terhadap kekuatan tarik komposit *matrix epoxy* ?
2. Bagaimana pengaruh penambahan fraksi berat serat sabut kelapa dan bubuk tembaga sebesar 0%, 5:5%, 7:3%, 3:7% terhadap kekuatan kekerasan komposit *matrix epoxy* ?
3. Bagaimana pengaruh penambahan fraksi berat serat sabut kelapa dan bubuk tembaga sebesar 0%, 5:5%, 7:3%, 3:7% terhadap kekuatan keausan komposit *matrix epoxy* ?
4. Bagaimana pengaruh penambahan fraksi berat serat sabut kelapa dan bubuk tembaga sebesar 0%, 5:5%, 7:3%, 3:7% terhadap kekuatan koefisien gesek komposit *matrix epoxy* ?
5. Bagaimana pengaruh penambahan fraksi berat serat sabut kelapa dan bubuk tembaga sebesar 0%, 5:5%, 7:3%, 3:7% terhadap kekuatan thermal komposit *matrix epoxy* ?

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh perubahan fraksi berat serat kelapa dan serbuk tembaga sebesar 0%, 5:5%, 7:3%, 3:7% terhadap kekuatan tarik pada kampas rem komposit *matrix epoxy*.
2. Untuk mengetahui pengaruh perubahan fraksi berat serat kelapa dan serbuk tembaga sebesar 0%, 5:5%, 7:3%, 3:7% terhadap kekuatan kekerasan pada kampas rem komposit *matrix epoxy*.
3. Untuk mengetahui pengaruh perubahan fraksi berat serat kelapa dan serbuk tembaga sebesar 0%, 5:5%, 7:3%, 3:7% terhadap kekuatan keausan pada kampas rem komposit *matrix epoxy*.
4. Untuk mengetahui pengaruh perubahan fraksi berat serat kelapa dan serbuk tembaga sebesar 0%, 5:5%, 7:3%, 3:7% terhadap kekuatan koefisien gesek pada kampas rem komposit *matrix epoxy*.
5. Untuk mengetahui pengaruh perubahan fraksi berat serat kelapa dan serbuk tembaga sebesar 0%, 5:5%, 7:3%, 3:7% terhadap kekuatan thermal gesek pada kampas rem komposit *matrix epoxy*.

E. Manfaat Hasil Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagi peneliti

Peneliti dapat menganalisis kampas rem komposit dari bahan serat sabut kelapa dan serbuk tembaga dalam pengaruh fraksi berat terhadap

sifat kekerasan, keausan dan tarik serta mengetahui bahan kampas rem yang lebih kuat, tahan lama, dan ramah lingkungan.

2. Bagi akademik

Meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam inovasi pembuatan kampas rem komposit menggunakan bahan alam.

3. Bagi industri

Diharapkan memberikan informasi dan rekomendasi untuk industry dalam mengembangkan pembuatan kampas rem komposit dari bahan serat sabut kelapa dan serbuk tembaga.

F. Sistematika Penulisan

Seperti yang sudah dirumuskan sistematika penelitian laporan skripsi ini sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan tentang latar belakang masalah, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, serta sistematika penulisan laporan.

BAB II LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang penelitian yang berhubungan dengan dasar-dasar teori yang digunakan untuk penelitian seperti pengertian komposit dan teori yang berhubungan dengan pengambilan judul ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang metodologi penelitian, waktu dan tempat penelitian, variable penelitian, metode pengumpulan data, dan metode analisis data.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang pelaksanaan penelitian, semua hasil penelitian yang dilakukan dan pembahasan terhadap hasil penelitian.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan hasil penelitian dan saran-saran sebagai implikasi dari hasil penelitian.

Bagian akhir skripsi berisi daftar pustaka dan lampiran-lampiran yang melengkapi uraian pada bagian skripsi

BAB II

LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Komposit

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari penggabungan dua atau lebih material yang dikombinasikan. Sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai karakteristik dan sifat mekanik yang berbeda dari material pembentuknya. (Rusnoto 2020)

Komposit dikembangkan untuk mendapatkan karakteristik dan sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan material pembentuknya. Menurut Jones (1975) beberapa sifat dan karakteristik yang dapat ditingkatkan dari material komposit adalah kekuatan, kekakuan, ketahanan lelah, ketahanan korosi, ketahanan aus, konduktivitas termal, dan insulasi akustik. Secara umum komposit terdiri dari dua material pembentuk. Material pembentuk pertama disebut matriks, yang berfungsi sebagai pengikat. Material pembentuk kedua adalah reinforcement yang memiliki fungsi sebagai penguat seperti pada gambar 2.1. Sifat-sifat dan karakteristik komposit ditentukan oleh sifat dan karakteristik penguat, rasio penguat terhadap matriks dan geometri atau orientasi penguat dalam komposit. (Khotimah 2018)



Gambar 2. 1 Mekanika komposit

(Sumber <https://artikel-teknologi.com/pengertian-material-komposit/>)

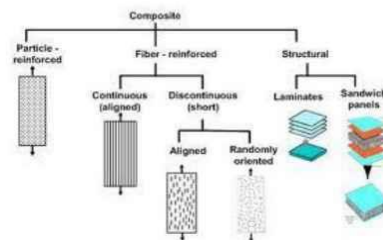
Bahan pengikat (matriks) dalam komposit dapat berupa material polimer keramik, dan metal. Jenis pengikat yang banyak digunakan adalah komposit bermatriks polimer, komposit jenis ini lebih mudah dalam proses pembuatan dan biaya yang dibutuhkan lebih murah dibandingkan jenis pengikat lain. Bahan penguat (reinforcement) dalam komposit dapat berbentuk macam-macam jenis. Jenis penguat dapat berbentuk partikel, serat (serat halus, serat kontinu, serat putus-putus, serat anyam) dan penguat yang terstruktur (struktur lapisan). (carto 2024)

Penguat yang sering digunakan adalah komposit penguat serat. Komposit jenis ini dapat dibuat dengan mudah dibanding dengan bentuk komposit lain. Komposit berpenguat serat juga memiliki kemampuan maneruskan beban lebih baik dibandingkan komposit berpenguat partikel atau butiran. Bahan penguat serat pada komposit terbagi atas dua jenis yaitu serat anorganik atau sintetis dan serat organik atau natural. Serat sintetis adalah bahan berupa hasil rekayasa buatan manusia seperti serat kaca, serbuk baja, nylon dan sebagainya. Serat natural adalah bahan yang ada di alam (tanpa proses campuran

bahan kimia) seperti serat alam pada tumbuhan, sekam, bambu, pasir kerikil, cangkang hewan dan sebagainya.(Nurul Ihsan, dkk 2022)

1. Klasifikasi komposit

Klasifikasi komposit dapat dikelompokkan berdasarkan pada bahan penguat atau *reinforcement* dan bahan pengikat atau matriks penyusunnya (arshad muhammad 2019) Komposit berdasarkan bahan penguat (*Reinforcemet*) secara garis besar ada tiga macam jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakan dapat dilihat pada gambar 2.2. yaitu :



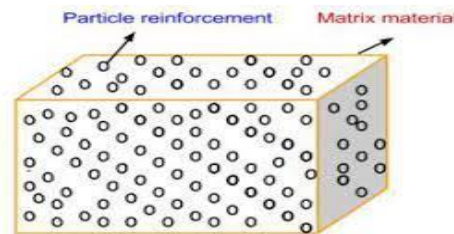
Gambar 2. 2 Klasifikasi komposit berdasarkan penguat

(Sumber: Callister, 2007)

a. Komposit partikel (*Particulate Composite*)

Komposit yang menggunakan serat berbentuk partikel atau serbuk yang berukuran mikroskopis seperti pada gambar 2.3 sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriks. Material yang digunakan sebagai bahan penguat bias dari material logam ataupun material non logam. Komposit partikel mempunyai keunggulan seperti, ketahanan keausan yang baik, tidak mudah retak dan daya ikat dengan matriks baik.

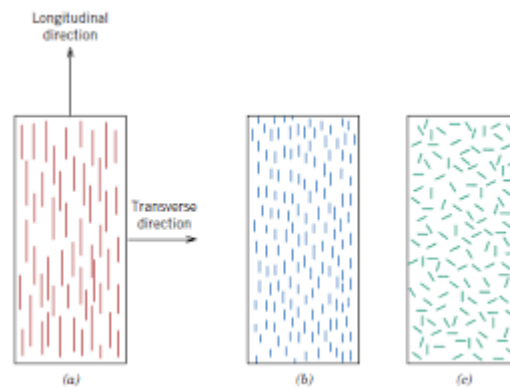
Contoh dari komposit ini termasuk seperti partikel silikon karbida pada aluminium, pasir dan semen untuk membuat beton.(Dwi Handoko, dkk 2022)



Gambar 2. 3 Komposit partikel
(Sumber : Campbell,2010)

b. Komposit serat (*Fibrous Composites*)

Jenis komposit yang menggunakan penguat beberapa serat atau fiber sebagai penanggung beban utama. Serat yang digunakan memiliki kekuatan dan kekakuan lebih baik dibanding matriks bahan pengikat seperti pada gambar 2.4. Serat yang digunakan bias berupa serat sintetis dan juga serat organik. Penyusun serat pada jenis komposit ini bias disusun secara acak, searah maupun dengan orientasi tertentu bahkan bias juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman.(sriyono 2022)

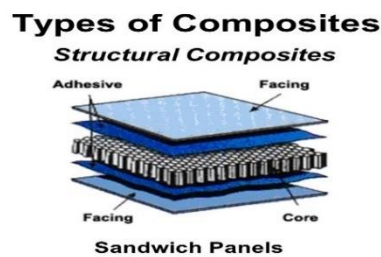


Gambar 2. 4 Komposit serat dengan orientasi continuous

(Sumber : Callister, 2007)

c. Komposit berlapis (*Structural Composites*)

Komposit berlapis merupakan yang terdiri dari dua atau lebih lapisan yang digunakan menjadi satu dan setiap lapisannya memiliki karakteristik tersendiri (Nurdin *et al.* 2019). Penyusun lapisan ini bias searah ataupun juga bias melintang dengan lapisan sebelumnya dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Komposit berlapis

(Sumber : Kumar dan Hiremath, 2019)

2. Komposit berdasarkan bahan pengikat (Matriks)

Komposit berdasarkan bahan pengikat dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu :

- a. *Polymers Matrix Composites* (PMC) merupakan komposit yang menggunakan polimer (contohnya epoxy dan polyester) sebagai pengikatnya ditambah penguat berupa serat (seperti glass, carbon, aramid, boron dan sebagainya). *Polimers matrix composites* merupakan komposit yang paling umum digunakan karena mudah dalam proses pembuatannya, pembuatan bias dilakukan pada suhu kamar serta biaya pembuatan murah. Sebagai contoh, komposit polimer berpenguat serat boron telah

digunakan pada komponen pesawat militer, bilah rotor helicopter dan beberapa jenis alat olahraga.(Gururaja 2013)

- b. Metal *Matrix Composite* (MMC) merupakan komposit yang menggunakan logam (sebagai contoh aluminium, magnesium, tembaga) sebagai pengikatnya sedangkan bahan penguatnya dapat berupa partikel, serat kontinu dan putus-putus. Keunggulan *Metal Matrix Composite* adalah bahan dapat digunakan pada temperature tinggi, dapat meningkatkan kekuatan, kekakuan, tahan terhadap abrasi, tahan terhadap laju mulur, konduktifitas thermal dan ukuran yang stabil. *Metal Matrix Composite* memiliki keunggulan dibandingkan *Polymers Matrix Composite* yaitu penggunaan pada temperature tinggi, tidak mudah terbakar dan lebih tahan terhadap degradasi yang terjadi oleh cairan organik (Primaningtyas, 2018)

Beberapa kombinasi pada *Metal Matrix Composite* sangat reaktif pada saat dilakukan penurunan temperatur. Konsekuensinya terjadi degradasi pada saat pemrosesan suhu tinggi atau pada saat dilakukan penurunan suhu pada proses pembuatan. Masalah ini biasanya diatasi dengan menerapkan lapisan pelindung pada permukaan pengikat komposit atau dengan menerapkan lapisan pelindung pada permukaan pengikat komposit atau dengan memodifikasi komposisi

paduan matriks. Sebagai contoh *Metal Matrix Composite* adalah komponen mesin mobil menggunakan komposit paduan aluminium sebagai pengikatnya dan berupa serat aluminium oksida dan karbon. Komposit berpengikat logam jauh lebih mahal dalam hal biaya pembuatan dibanding komposit berpengikat polimer. Oleh karena hal tersebut penggunaan komposit berpengikat logam menjadi sangat terbatas. (Rusnoto 2020)

- c. *Ceramic Matrix Composite* (CMC) merupakan bahan material pembuat komposit yang menggunakan keramik sebagai matriknya dan sebagai penguat biasanya digunakan adalah oksida, carbide dan nitrid. Salah satu pembuatan CMC yaitu dengan DIMOX, yaitu proses pembentukan komposit dengan reaksi oksidasi leburan logam untuk pertumbuhan matriks keramik disekeliling daerah penguat. Komposit berperingkat keramik memiliki dimensi yang lebih stabil dibanding komposit berperingkat logam, ketangguhan yang baik, karakteristik permukaan tahan aus, unsur kimianya stabil pada temperature tinggi. Proses pembuatan komposit berperingkat keramik cukup sulit dan rumit. Pembuatannya harus dilakukan secara hati-hati karena sensitifitas sifat bahan pada mikrostrukturnya yang tidak dapat dihindari. Sebagai contoh penggunaan komposit berperingkat keramik yaitu pada

pembuatan perkakas potong yang menggunakan pengikat alumina (Al_2O_3), karbida silikon (SiC) dan kombinasi serat *wisker*.(Sopian 2021)

3. Komposit berpenguat serat

Serat adalah unsur utama pada bahan komposit berpenguat serat. Serat menempati fraksi volume terbesar pada lapisan komposit dan membagi porsi yang besar dari beban pada struktur komposit. Pemilihan serat yang tepat, tipe, fraksi volume serat, Panjang dan orientasi serat sangatlah penting. Serat mempengaruhi beberapa karakteristik dari lapisan komposit (Mallick,2007) seperti:

- a. Densitas
- b. Kekuatan dan modulus tarik
- c. Kekuatan dan modulus tekan
- d. Kekuatan terhadap kegagalan kelelahan yang baik
- e. Konduktivitas termal dan listrik
- f. Biaya

Serat memiliki banyak bentuk panjang, oleh karena itu serat memiliki kemungkinan ketidaksempurnaan. Kekuatan serat memiliki variabel yang berbeda. Data kekuatan yang tidak seragam ini bisa digunakan untuk membentuk pendistribusian kekuatan sesungguhnya. Kekuatan rata-rata dan variasi penyebaran kekuatan

menjadi kualitas penting dalam menentukan sifat dari suatu serat. Karena kekuatan serat yang acak secara alami, banyak dilakukan penelitian dengan berbagai metode untuk mempelajari kekuatan bahan komposit (Hyer, 1998). Pada komposit yang dilihat dari bahan penguat berupa serat, dapat digolongkan menjadi dua yaitu :

1) Komposit alam (Komposit organic)

Komposit alam menggunakan serat yang berasal dari tumbuhan atau hewan, yang biasanya berupa serat kayu, jerami, kapas, wol, sutera, serat sabut kelapa, dll.(Khotimah 2018)

2) Komposit sintetis (Komposit anorganik)

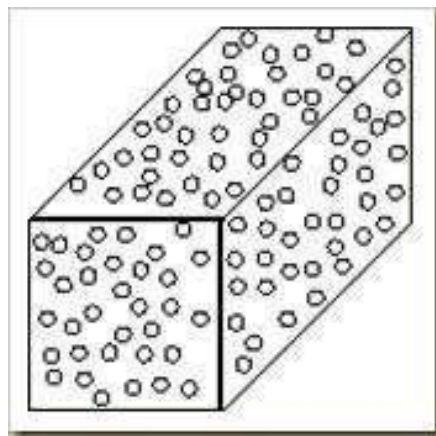
Komposit sintetis adalah komposit yang mempunyai bahan penguat serat yang diproduksi dengan industry manufaktur. Dimana komponen-komponen diproduksi secara terpisah, kemudian digabungkan dengan Teknik tertentu. Sehingga didapatkan serat dengan sifat, struktur dan geometri yang diinginkan. Serat sintetis dapat berupa serat karbon, serat nilon serat gelas. Karakteristik mekanis dari komposit berpenguat serat tidak hanya ditentukan dari sifat serat tersebut. Tetapi juga pada sudut yang menerima pembebanan melalui pengikat yang diteruskan ke serat. Susunan atau orientasi dari serat, konsentrasi serat dan distribusi serat memiliki pengaruh yang

signifikan pada kekuatan dan sifat lain dari komposit berpenguat serat.(Sulaiman and Rahmat 2018)

4. Komposit berpenguat serbuk

Particulate composite, adalah salah satu jenis komposit dimana dalam matriks ditambahkan material lain berupa serbuk/butir. Perbedaan dengan flake dan fiber composites terletak pada distribusi dari material penambahnya. Dalam particulate composites, material penambah terdistribusi secara acak atau kurang terkontrol dari pada flake composites. Sebagai contoh adalah beton (Schwartz, 1984).

Komposit jenis ini memiliki beberapa keuntungan diantaranya dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan meningkatkan kekerasan material, kekuatannya lebih seragam pada berbagai arah, dan cara penguatan dan pengerasan oleh pertikulat adalah dengan menghalangi pergerakan dislokasi.

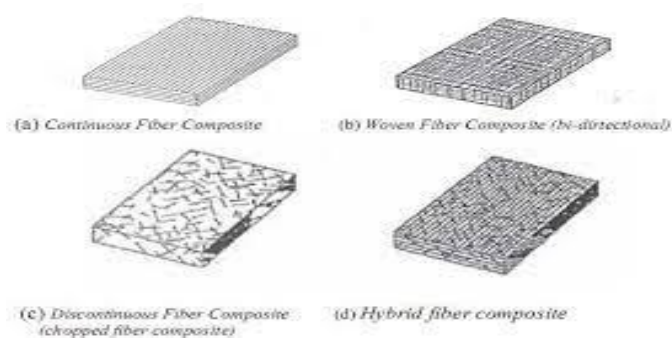


Gambar 2. 6 Komposit partikel (*Particulate Composites*)

(Sumber : http://www.onkian.com/2009/10/skripsi-pengaruh-lebar-spesimen-pada_6420.html)

2. Orientasi serat

Orientasi serat dapat menentukan sifat dan karakteristik komposit yang akan dihasilkan. Secara umum penyusunan serat pada komposit dapat dibedakan pada Gambar 2.7 berikut :



Gambar 2. 7 Penyusun serat komposit

(Sumber: Gibson, 1994)

a. *Continuous Fiber Composite* atau *Unidirectional*

Continuous Fiber Composite, mempunyai bentuk serat Panjang, lurus dan serat disusun parallel satu sama lain. Kekuatan tarik yang paling tinggi terdapat pada bahan yang sejajar dengan arah serat (Sopian 2021)

b. *Woven Fiber Composite* atau *Bi-directional*

Woven Fiber Composite, komposit ini tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya juga mengikat serat pemisahan antar lapisan. Akan tetapi susunan serat memanjangnya

yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan akan melemah.(Khotimah 2018)

c. Discontinuous/Chopped Fibber Composite

Discontinuous Fiber Composite, mempunyai bentuk serat pendek. Jenis komposit ini dibedakan menjadi tiga golongan (Gibson, 1994):

1) Aligned discontinuous fiber

Pada golongan ini penyusunan serat dilakukan secara searah.

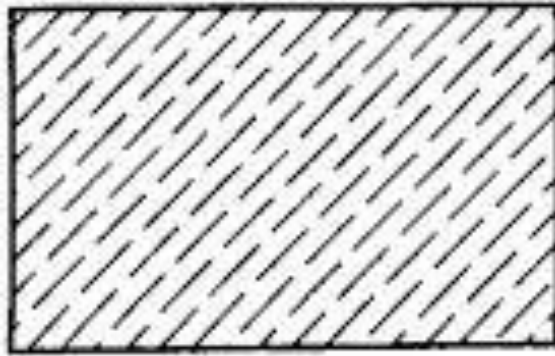
Dapat dilihat pada Gambar 2.8 berikut :



Gambar 2. 8 Aligned discontinuous fiber

2) Off-axis aligned discontinuous fiber

Pada golongan ini penyusunan serat dilakukan secara menyilang. Dapat dilihat pada Gambar 2.9 berikut :



Gambar 2. 9 Off-axis aligned discontinuous fiber

3) *Randomly oriented discontinuous fiber*

Pada golongan ini penyusunan serat dilakukan secara acak.

Dapat dilihat pada Gambar 2.10 berikut :



Gambar 2. 10 Randomly oriented discontinuous fiber

Serat adalah suatu jenis bahan berupa potongan komponen yang membentuk jaringan memanjang yang utuh. Serat dikelompokkan menjadi serat alami (polimer alami) dan serat sintetis (polimer sintetis). Bahan Serat alami diperoleh dari tumbuhan, hewan, dan mineral. Contoh serat alami adalah dari selulosa tumbuhan yaitu dari kapas, kapuk, dan rami. Untuk serat hewan berupa serat protein yang dapat diperoleh dari rambut domba, benang jala yang dihasilkan oleh laba-laba, dan kempongpong ulat

sutera, sedangkan serat mineral umumnya dibuat dari mineral asbestos (Dwi Handoko, dkk 2022)

Pada Industri tekstil bahan dari serat alam mempunyai sifat yang hamper sama yaitu kuat, padat, mudah kusut. Serat sintetis merupakan serat yang dibuat 16 oleh manusia, bahan dasarnya tidak tersedia secara langsung dari alam. Contoh dari serat sintetis adalah rayon, polyester, dakron, dan nilon (Hidayat 2019). Tabel 2.1 meperlihatkan spesifikasi serat yang biasa digunakan dalam bidang industri.

3. Sifat Mekanik

Sifat mekanik adalah sifat yang menunjukkan kelakuan material apabila material tersebut diberi beban mekanik (static atau dinamik), contoh sifat mekanik diantaranya adalah : kekuatan (*strength*), kekerasan (*hardness*), kekakuan (*stiffness*), kegetasan (*btittleness*), ketangguhan (*toughness*), dll.

- a) Kekuatan (*strength*) merupakan kemampuan suatu material untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan material menjadi patah.
- b) Kekakuan (*stiffness*) adalah kemampuan suatu material untuk menerima tegangan/beban tanpa mengakibatkan terjadinya deformasi
- c) Plastisitas (*plasticity*) adalah kemampuan material untuk mengalami deformasi plastic (perubahan bentuk secara permanen) tanpa mengalami kerusakan.

- d) Keuletan (*ductility*) adalah suatu sifat material yang digambarkan seperti kabel dengan aplikasi kekuatan Tarik.
- e) Ketangguhan (*toughness*) merupakan kemampuan material untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan.
- f) Kegetasan (*brittleness*) adalah suatu bahan yang mempunyai sifat berlawanan dengan keuletan.
- g) Kekerasan (*hardness*) merupakan ketahanan material terhadap penekanan atau indentasi/penetrasi.

4. Serat Serabut Kelapa

Buah kelapa terdiri dari *epicarp* yaitu bagian luar yang permukaannya licin, agak keras dan tebalnya $\pm 0,7$ mm, *mesocarp* yaitu bagian tengah yang disebut, bagian ini terdiri dari serat keras yang tebalnya 3-5 cm, *endocarp* yaitu tempurung tebalnya 3-6 mm. Sabut merupakan bagian tengah (*mesocarp*) *epicarp* dan *endocarp* (sriyono 2022).

Kelapa memiliki nama latin *Cocos nucifera*, tanaman ini merupakan jenis tanaman perkebunan atau industri dengan bentuk batangnya yang lurus menjulang. Pohon kelapa termasuk dalam *family Palmae*, tanaman ini dianggap memiliki nilai ekonomis karena bagian-bagian yang ada di pohon kelapa dapat dimanfaatkan kembali. Sabut kelapa berada diantara tempurung kelapa dan kulit kelapa. Sel seratnya memiliki bentuk panjang dan berongga dan berdinding tipis dari selulosa. Dinding ini akan mengeras dan menguning saat sudah tua dan

membentuk lapisan lignin. Setiap sel memiliki panjang 1 mm dengan diameter 10-20 μm (0,0004 – 0,0008 inch), sedangkan seratnya memiliki panjang sekitar 10-20 cm (Sopian 2021).

Pada bagian luar buah kelapa terdapat tempurung kelapa dan terbungkus sabut kelapa. Buah kelapa sendiri merupakan kompoen utama yang dihasilkan oleh pohon kelapa, sedangkan tempurung kelapa ataupun sabut kelapa merupakan produk samping yang dihasilkan. Pengolahan sabut kelapa dapat menghasilkan produk primer berupa serat panjang, serat halus dan pendek, serta debu sabut. Serat sendiri dapat di proses kembali menghasilkan beberapa jenis produk yang dapat digunakan sesuai kebutuhan misalnya seperti produk kerajinan atau industri rumah tangga seperti karpet ataupun keset, sedangkan debu sabut dapat diolah menjadi kompos dan cocopeat (arshad mhammad 2019).

Dapat dilihat bahwa hasil produk buah kelapa yang dihasilkan oleh Indonesia menurut Badan Pusat Statistik (BPS) cukup melimpah, hal ini dikarenakan ketersediaan pohon kelapa di Indonesia cukup banyak. Sehingga jika serat kelapa yang dihasilkan dari buah kelapa tidak dimanfaatkan secara optimal tentunya akan menimbulkan masalah karena dapat menyebabkan pencemaran lingkungan (Mastur, Sutarno, and Sugiarto 2020).

Tabel 2. 1 Hasil Produk Buah Kelapa di Indonesia

Tahun	Hasil per tahun (ribuan ton)
2017	2854,20
2018	2840,20
2019	2839,90
2020	2811,90
2021	2853,30

Sumber : Badan Pusat Statiska 2021

Komposisi kimia sabut kelapa terdiri atas seluosa, lignin, pyroligneus acid, gas, arang, ter, tannin, dan potassium. Dilihat sifat fisisnya sabut kelapa terdiri dari :

- a) Seratnya terdiri dari serat kasar dan halus dan tidak kaku.
- b) Mutu serat ditentukan dari warna dan ketebalan.
- c) Mengandung unsur kayu seperti lignin, suberin, kutin, tannin dan zatlilin.

5. Serbuk Tembaga

Serbuk tembaga adalah bahan tembaga yang ditemukan sebagai bijih tembaga yang masih bersenyawa dengan zat asam, asam belerang atau bersenyawa dengan kedua zat tadi. Dalam bijih tembaga juga terkandung batu-batu. Tembaga terdapat di Amerika Utara, Chili, Serbia, Pegunungan Ural, Irian jaya dan sebagainya (Surdia 1999). Tembaga sebagian besar produksinya digunakan dalam industry kelistrikan. Karena tembaga memiliki daya hantar yang tinggi.

Sifat fisik tembaga murni dalam bentuk massif diberikan pada tabel 2.2. Yang luar biasa adalah konduktivitas listrik dan termal yang jauh lebih tinggi dibandingkan logam tidak mulia lainnya dan hanya dilampaui oleh perak. Tersedia bubuk tembaga dengan kemurnian melebihi 99,95%, dan tentu saja masing-masing partikel memiliki sifat yang sama dengan tembaga masif. Namun, tidak praktis untuk mencapai kepadatan 8,94g/cm, hanya dengan menekan dan sintering, dan oleh karena itu sifat bagian P/M dipengaruhi oleh kepadatan yang dicapai. Densifikasi dapat ditingkatkan dengan operasi tambahan seperti pengepresan ganda, sintering ganda atau penempaan, misalnya dan sifat bagian P/M mendekati sifat logam masif sebagai batasnya.

Tabel 2. 2 Sifat fisik tembaga masif (padat penuh)

	Satuan Bahasa Inggris	Satuan CGS
Titik lebur	1981 F	1083 C
Kepadatan	0,323 pon/dalam ³ 68 F	8,94 g/cm ³ 20 C
Koefisien, Ekspansi termal	9,4 x 10 ⁶ / F (68-212F)	17,0 x 10 ⁶ / C (20-100 C)
Konduktivitas termal	226 Btu/kaki ² /kaki/jam/F 68F	0,934 kal/cm ² /cm/detik/C 20C
Resistivitas listrik	10,3ohm(keliling mil/kaki) 68F	1,71 mikrohm-cm 20C
Konduktivitas listrik	101% IACS 68F	0,586 megmho-cm 20C
Panas spesifik	0,092 Btu/lb/F 68F	0,092 kal/g/C 20C
Modulus elastisitas	17.000 xi	117.000 MPa

Modulus kekakuan	6.400 xi	44.000 MPa
------------------	----------	------------

(Sumber : Buku pegangan standar,Asosiasi pengembangan tembaga Inc., 1973)

6. Kampas Rem

Kampas rem adalah salah satu media pada kendaraan bermotor yang berfungsi untuk memperlambat laju kendaraan bermotor (Maltazam et al., 2012). Komponen kendaraan khususnya kampas rem merupakan komponen yang sangat penting, kerana terkait dengan keamanan bagi pengendara terutama dalam hal kecelakaan lalu lintas. Untuk mendapatkan pengereman yang maksimal maka dibutuhkan kampas rem dengan kualitas pengereman yang baik. Selain itu peran pemerintah juga sangat penting dalam hal regulasi penerbitan Standar Nasional Indonesia (SNI) kualitas kampas rem yang baik (Mastur, Sutarno, and Sugiarto 2020).

Standar Nasional Indonesia (SNI) kampas rem telah diatur sejak tahun 1987 yang tercantum dalam SNI 09-0143-1987 untuk kampas rem roda 2 dan SNI 09-2779-1992 untuk kampas rem kendaraan bermotor roda 4. Berdasarkan konstruksinya, rem dibagi menjadi dua yaitu rem tromol dan rem cakram.

Rem tromol biasanya diaplikasikan pada rem roda belakang pada kendaraan, sedangkan pada rem depan hampir seluruh kendaraan bermotor telah memakai rem cakram. Rem cakram terdiri dari tiga komponen utama yaitu kaliper, kampas dan piringan (Nurul Ihsan, Wicaksono, and Sehonu 2022).

Prinsip kerja rem cakram secara umum sama dengan rem tromol yaitu menggunakan bahan friksi pada sepatu rem untuk mengurangi atau menghentikan laju kendaraan (arshad mhammad 2019).

Rem ini bekerja dengan menjepit cakram yang 12 dihubungkan dengan roda kendaraan, serta untuk menjepit cakram digunakan bahan friksi atau kampas rem dalam bentuk sepatu rem dengan mekanismenya diatur oleh kaliper rem. Untuk menggerakkan atau mengatur mekanisme kaliper rem biasanya menggunakan gaya mekanik, hidrolis, pneumatik atau elektronik yang melawan gaya dari kedua sisi cakram. Bahan friksi menyebabkan piringan cakram dan roda yang dihubungkan melambat dan berhenti (Dwi Handoko, Setiawan, and Sehonno 2022).

Rem mengubah energi kinetik menjadi energi panas, serta membuat bahan friksi menjadi panas, peristiwa tersebut membuat rem menjadi tidak efektif atau tidak pakem, oleh karena itu perlu adanya pengembangan tentang kampas rem atau bahan friksi (Ming et al., 2016).

Getaran pada sistem rem dapat terjadi karena ketidakrataannya permukaan piringan rem dan faktor gesekan antara kampas dan piringan rem, yang mengakibatkan kampas rem bertumbuk dan berguncangan. Pada akhirnya kampas rem bergetar pada kaliper dan menyebabkan kaliper ikut bergetar (Yunfeng et al., 2017).

Getaran yang timbul akibat gesekan kampas rem dengan piringan rem akan sangat mengganggu kenyamanan berkendara, dan dapat menyebabkan kinerja dari sistem pengereman kurang maksimal. Oleh

karena itu, bahan kampas rem memegang peranan yang sangat penting dalam fenomena getaran yang terjadi dalam sistem rem cakram (Partono and Purboputro 2021).

Di Indonesia sejak tahun 1987 kampas rem sudah dibuat untuk kendaraan bermotor yang sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI). Ada beberapa parameter dan spesifikasi dalam pembuatan kampas rem yang dapat diperbaiki dan ditinjau sesuai perkembangannya. Dalam perkembangannya proses pembuatan kampas rem harus mengacu pada standar Internasional yang telah diterapkan di negara maju agar mampu menopang pada produksi teknologi otomotif khususnya pada kampas rem yang sesuai dengan perkembangan di zaman modern saat ini (Gibson 2007).

Gesekan (*friction*) merupakan faktor utama dalam pengereman. Oleh karena itu komponen yang dibuat untuk sistem rem harus tahan terhadap gesekan dan tidak menghasilkan panas yang dapat menyebabkan bahan tersebut meleleh atau berubah bentuk. Bahan-bahan yang tahan terhadap gesekan tersebut biasanya merupakan gabungan dari beberapa bahan yang disatukan dengan melakukan perlakuan tertentu. Sejumlah bahan tersebut antara lain tembaga, kuningan, timah, grafit, karbon, kevlar, resin, fiber dan bahan-bahan adiktif (Talib et al., 2014).

Bahan friksi komponen penyusun kampas rem terdiri dari serat, bahan pengisi dan bahan pengikat. Serat berfungsi untuk meningkatkan

koefisien gesek dan kekuatan mekanik bahan. Ada dua jenis serat yang biasa digunakan yaitu serat buatan dan alami (Primaningtyas, Suheni, and Pradana 2018).

Contoh serat buatan yang digunakan adalah serat nilon dan serat gelas, serta serat alami biasanya menggunakan serat serabut kelapa, bambu, rami, dan jut. Penggunaan bahan pengisi berupa mineral tambang juga dilakukan karena bersifat fire resistant sehingga tahan terhadap panas atau memiliki koefisien perpindahan panas yang lebih kecil seperti tembaga, Paduan tembaga dan seng atau biasa disebut kuningan, aluminium, dan seng.

Bahan pengisi terdiri dari bahan pengisi organik dan anorganik. Bahan pengisi organik misalnya C.N.S.L (*Cashew Nut Shell Liquid*), dust dan remah karet. Bahan pengisi anorganik misalnya $BaSO_4$, $Cu-Zn$, Al , dan Zn . Untuk memodifikasi tingkat gesek dan membersihkan permukaan rotor juga ditambahkan bahan abrasif seperti Al_2O_3 , MgO , Fe_3O_4 , SiC , dan Al_3SiO_4 . Selain sebagai pembersih permukaan, bahan abrasif dapat juga berfungsi untuk menstabilkan koefisien gesek. Bahan terakhir pada komponen kampas rem adalah bahan pengikat. Bahan pengikat berfungsi untuk mengikat berbagai bahan diantaranya filler dan serat. Bahan pengikat dapat membentuk sebuah matriks pada suhu yang relatif stabil. Bahan pengikat terdiri dari berbagai jenis resin diantaranya *phenolic*, *epoxy*, *polyester* dan *rubber*. Resin tersebut

berfungsi untuk mengikat berbagai zat penyusun di dalam bahan friksi (Kiswiranti et al., 2009).

Pada aplikasi sistem pengereman, bahan kampas rem dibuat secara khusus dengan memenuhi standar keamanan, ketahanan, serta pada kendaraan mampu mengerem dengan halus. Kampas rem juga harus mempunyai koefisien gesek yang tinggi, keausan kecil, memiliki karakter kuat, dan dapat meredam getaran saat terjadi pengereman. Sifat mekanik pada kendaraan menyatakan kemampuan suatu bahan yang mampu untuk menerima beban gaya tanpa menimbulkan kerusakan pada komponen tersebut. Oleh sebab itu, diperlukan standar acuan tentang spesifikasi teknik kampas rem yang mempunyai nilai kekerasan, keausan, bending dan sifat mekanik lainnya serta harus memiliki nilai yang sesuai mendekati pada nilai standar keamanan pada kampas rem berikut:

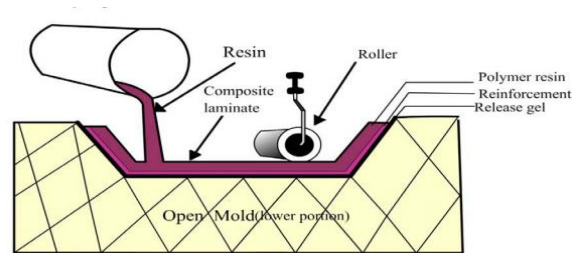
- a. Memiliki nilai kekerasan sesuai standar keamanan sebesar 68 – 105 (*Rockwell*).
- b. Memiliki ketahanan panas 600°C, sedangkan pada pemakaian secara terus menerus maka ketahanan panas mencapai 1200°C.
- c. Memiliki nilai keausan kampas rem antara $(5 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-3} \text{mm}^2 / \text{kg})$.
- d. Memiliki koefisien gesek 0,14 – 0,27.
- e. Memiliki massa jenis kampas rem sebesar 1.5 – 2.4 gr/cm³.
- f. Memiliki konduktivitas thermal antara 0.12 – 0.8 W.m. °K.

- g. Memiliki tekanan spesifik sekitar $0.17 - 0.98 \text{ joule/g } ^\circ\text{C}$.
- h. Memiliki kekuatan geser sebesar $1300 - 3500 \text{ N/cm}^3$. Memiliki kekuatan perpatahan sebesar $480 - 1500 \text{ N/cm}^3$.

7. *Hand Lay Up*

Terdapat beberapa jenis metode yang dapat digunakan dalam pembuatan komposit, diantaranya adalah *hand lay up*, *compression molding*, *resin transfer molding*, *injection molding*, dan *pultrusion*. Metode *hand lay up* merupakan salah satu metode pembuatan komposit yang cukup sering digunakan karena relatif sederhana. Umumnya dalam pembuatan komposit dengan metode ini, matriks yang digunakan berbentuk resin lalu ditambahkan serat sebagai penguat atau reinforcement (Wijaya dan Hidayat, 2022).

Hand lay up merupakan proses pembuatan komposit *open molding* atau metode cetakan terbuka. Proses pembuatan komposit dengan menggunakan metode ini yaitu dengan cara menuangkan resin ke dalam cetakan, kemudian tunggu hingga resin mengering lalu ditambahkan penguat berupa serat kemudian resin dituangkan kembali dan diratakan menggunakan rol supaya resin dapat menutupi seluruh permukaan komposit dan berikan tekanan sedikit supaya tidak ada udara yang terperangkap dalam komposit, karena udara yang terperangkap tersebut dapat berpengaruh terhadap sifat mekanik komposit yang dihasilkan (Buntaram, 2019).



Gambar 2. 11 Hand Lay up

Sumber: Kumar dan Hiremath (2019)

Beberapa alasan mengapa metode ini cukup sering digunakan dalam pembuatan komposit yaitu sebagai berikut:

- a. Proses pengerjaan yang relatif mudah
- b. Dapat digunakan untuk pencetakan komponen yang cukup besar
- c. Variasi ketebalan dan komposisi serat dapat diatur

8. Pengujian Tarik (*Tensile Testing*)

Tensile testing merupakan suatu metode pengujian mekanik yang digunakan untuk mengevaluasi sifat-sifat mekanik seperti kekuatan tarik, modulus elastisitas, dan elongasi. Pengujian tarik dilakukan dengan memperkenalkan beban pada sampel bahan secara perlahan-lahan hingga sampel tersebut patah atau pecah (Amin and Samsudi 2010).

Hasil pengujian tarik digunakan untuk mengevaluasi kekuatan dan ketahanan suatu bahan terhadap tegangan dan regangan, Dengan mengetahui sifat mekanik material dapat membantu dalam proses perancangan dan pengembangan material baru.

Persamaan berikut dapat digunakan untuk menyatakan besarnya tegangan dan regangan pada uji tarik sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \dots\dots\dots(2.1)$$

σ = tegangan kekuatan tarik (*MPa*)

P = beban (*N*)

A_0 = luas penampang (*mm²*)

$$A_0 = L \times P \dots\dots\dots(2.2)$$

L = Lebar (*mm*)

P = Panjang (*mm*)

Pertambahan Panjang kumulatif yang disebabkan oleh pembebanan sehubungan dengan panjang area pengukuran (panjang pengukur) dikenal sebagai regangan. Pada grafik tegangan – tegangan hasil uji tarik komposit, dapat digunakan garis proposional untuk menentukan nilai regangan yang ekuivalen dengan regangan proposional.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \dots\dots\dots(2.3)$$

ε = regangan (*mm / mm*)

ΔL = pertambahan panjang (*mm*)

$L = \text{panjang daerah / tengah (mm)}$

Persamaan tersebut dapat digunakan untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas komposit, yang juga merupakan perbandingan tegangan terhadap regangan pada luas proposional. (Khotomah 2018).

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots(2.4)$$

$E = \text{modulus elastisitas tarik (MPa)}$

$\sigma = \text{kekuatan tarik (MPa)}$

$\varepsilon = \text{regangan (mm / mm)}$

Pengolahan data tersebut dihasilkan dari pengujian tarik pada mesin uji tarik *universal testing machine* HT 2402 dengan spesimen material komposit serat yang telah disesuaikan standar ASTM D638-02 dengan panjang spesimen 200mm, lebar 20mm, lebar bagian tengah 14mm, dan ketebalan 5mm (Diana, Safitra, and Ariansyah 2020).

9. Pengujian Kekerasan (*Hardeness*)

Pada penelitian ini menggunakan pengujian kekerasan *Brinell* (DIN 50351). Pada pengujian kekerasan dengan metode Brinell sebuah bola baja yang telah dikeraskan ditekankan pada permukaan benda uji dengan gaya tertentu selama beberapa saat. Sebelum dilakukan pengujian sebaiknya dilakukan penghalusan permukaan dan pemolesan

dengan menggunakan autosol agar hasil pengujian mudah dibaca pada mikroskop (Muhamad Furqon Maulana 2023).

Kekerasan *Brinell* dapat dicari dengan rumus dibawah ini :

$$\text{BHN} = \frac{2 \times P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

.....(2.5)

Keterangan :

HB : Brinell Hardness Number (Kg/mm^2)

P : Beban Indentasi (Kgf)

D : Diameter penetrator (mm)

d : Diameter injakan penetrator (mm)

Berikut proses pengujian kekerasan Brinell terlihat pada gambar dibawah ini .

10. Pengujian Keausan (*Wearness*)

Keausan dapat didefinisikan sebagai rusaknya permukaan padatan, umumnya melibatkan kehilangan material yang progresif akibat adanya gesekan antar permukaan padatan. Keausan bukan merupakan sifat dasar material, melainkan respon material terhadap sistem luar (kontak permukaan).

Pengujian ogoshi yaitu pengujian keausan yang pada akhirnya akan mendapatkan nilai dari specific wear rate (W_s). Specific wear rate adalah nilai keausan spesifik pada suatu material yang saling bergesekan dan dipengaruhi oleh beban kontak pada kedua material dan jarak lintasan selama kedua material tersebut bergesekan (Szeri, 1980).

Keausan Ogoshi dapat dicari dengan rumus dibawah ini.

$$W_s = \frac{1,5 \cdot W}{P \cdot L_o} \dots\dots\dots$$

(2.6)

$$W = \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r} \dots\dots\dots$$

(2.7)

Keterangan :

W_s = harga keausan spesifik (mm^3/kg)

W = Volume yang tergores (mm^3)

B = lebar piringan pengaus (mm)

b = lebar keausan pada benda uji (mm)

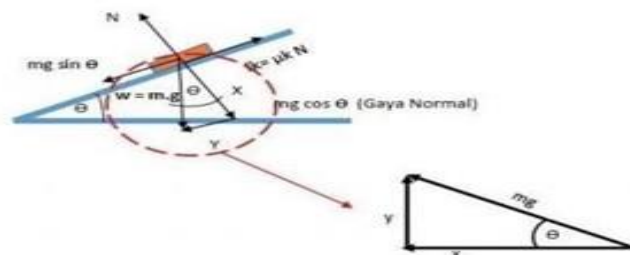
r = jari – jari piringan pengaus (mm)

P = gaya tekan pada proses keausan berlangsung (Kg)

L_o = Jarak tempuh pada proses pengaus (m)

11. Uji Koefisien Gesek

Pengujian koefisien gesek dilakukan dengan merujuk pada jurnal “Karakterisasi bahan kampas rem sepeda motor dari komposit serbuk kayu jati” (Ferriawan Yudhanto dkk. (2019) pada rumus yang didapat dengan melakukan pengujian berdasarkan bidang miring yang memiliki Panjang lintasan 55cm. Spesimen akan diluncurkan dari jarak 0 cm sampai 55 cm dengan sudut kemiringan 30°.



Gambar 2. 12 Metode Bidang Miring

(Sumber : Ferriawan Yudhanto dkk. 2019)

Rumus uji koefisien gesek dicari menggunakan rumus ini :

$$\mu_k = \frac{f_k}{N} \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan :

f_k = Gaya gesek kinetik

N = Gaya normal

μ_k = Koefisien gesek kinetik

12. Pengujian Ketahanan Thermal

Uji ketahanan thermal atau ketahanan panas dapat dilihat secara visual dari bentuk retakan yang terjadi pada permukaan material spesimen

uji. Pengujian ini menggunakan alat / mesin *Magnetic Stirrer* di laboratorium Teknik mesin universitas pancasakti tegal. Spesimen uji dengan variasi *Raw material*, SB3% : SR7%, SB5% : SR5%, SB7% : SR3% ini akan di letakan diatas mesin *Magnetic Stirrer* selama 30 menit dalam suhu 200 °C.

B. Tinjauan Pustaka

1. Gururaja 2013, penulis jurnal yang berjudul “Penelitian Pembuatan Rem Komposit Kereta Api Menggunakan Serbuk Pasir Besi Fero Dan Serat Kulit Kelapa” Tujuan penelitian pembuatan rem komposit kereta api menggunakan pasir besi ferro ini untuk mengetahui keausan bahan komposit rem kereta api, mengetahui kekerasan bahan komposit kereta api dan mengetahui sifat fisis bahan komposit dengan foto struktur makro. Bahan yang digunakan, serbuk pasir besi ferro sebagai penguat dengan variasi mesh 60,80,100. Serat buah kelapa (sabut kelapa) sebagai bahan campuran, serat ini dibersihkan dengan air panas dengan suhu 100 OC dan alkohol 70% bertujuan untuk memisahkan serat dengan gabus, serat ini menggantikan asbes karena asbes tidak ramah lingkungan, dan sebagai bahan pengikat menggunakan *epoxy resin*.
2. Mahmuda dkk. (2017), melakukan penelitian terhadap pengaruh panjang serat ijuk terhadap nilai kekuatan tarik komposit dengan menggunakan resin epoksi. Ukuran serat ijuk yang digunakan yaitu 30 mm, 60 mm, dan 90 mm, sebelum digunakan serat juga diberi perlakuan alkalisasi dengan

menggunakan larutan NaOH 5% selama 2 jam, dan untuk fraksi massa antara resin dan serat yaitu 80:20%. Komposit kemudian dilakukan pengujian kekuatan tarik dan diperoleh nilai kekuatan tarik tertinggi yaitu pada komposit dengan panjang serat 90 mm yaitu sebesar 36,37 MPa, sedangkan untuk nilai kekuatan tarik terendah berada pada komposit dengan panjang serat 30 mm yaitu sebesar 27,23 MPa. Berdasarkan hasil tersebut dapat dilihat bahwa panjang serat yang digunakan sebagai penguat dalam pembuatan komposit berpengaruh terhadap peningkatan nilai kekuatan tarik dari komposit yang dihasilkan.

3. Khotimah 2018, penulis jurnal artikel yang berjudul “ Analisis serat eceng gondok dan HDPE (*High Density Polyethylene*) Sebagai Material Alternatif Pada Lambung Kapal “ Peneliti Mengkaji penggunaan serat eceng gondok untuk material komposit digunakan pada lambung kapal kekuatan tarik dan tekuk material komposit eceng gondok diteliti kaitanya dengan perubahan persentase volume serat. Standar ASTM D-638 dan ASTM D-790 digunakan untuk pengujian tarik serta pengujian komparatif. Analisis Kekuatan tarik dan kuat tarik dilakukan berdasarkan temuan pengujian spesimen, dan HDPE digunakan sebagai patokan pengujian.
4. Muahammad 2019, penulis jurnal yang berjudul “Analisis Keausan Kampas Rem Sepeda Motor Berbahan Komposit Serbuk Tempurung Kelapa” Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keausan yang paling kecil. Bahan yang digunakan untuk membuat kampas rem berbahan komposit ini adalah serbuk tempurung kelapa, serbuk alumunium, serbuk

barium sulfat, serbuk kalsium karbonat, serbuk grafit/arang, aerosol fiberglass, resin dan katalis sebagai pengikatnya. Proses pembuatan dilakukan dengan mencampurkan semua bahan sesuai komposisi yang telah ditentukan, setelah itu melalui proses kompaksi atau penekanan selama 30 menit dengan gaya sebesar 2000kgf kemudian memasuki proses sintering atau pemanasan selama 30 menit. Pengujian untuk mengetahui tingkat keausan dilakukan dengan menggunakan alat Brake Dynamometer, dengan gaya beban pengereman 500gr, 1000gr, dan 1500gr dari hasil pengujian dapat dihasilkan kampas rem no.1 dengan massa 3gr serbuk tempurung kelapa memiliki tingkat keausan paling kecil dengan beban pengereman minimum, menghasilkan nilai keausan $1,579 \times 10^{-7}$ dan, nilai keausan $2,793 \times 10^{-7}$ pada beban pengereman maximum. Sedangkan kampas rem yang tingkat keausannya paling besar adalah kampas rem no.3 dengan massa beban 5gr serbuk tempurung kelapa dengan pembebanan minimum menghasilkan nilai keausan $1,214 \times 10^{-7}$ dan nilai keausan $3,158 \times 10^{-7}$ pada beban pengereman maximum. Jika sudah memenuhi karakteristik akan dibuat kampas rem yang terbaik dalam bentuk yang lebih baik.

5. Neher dkk. (2019), tentang pembuatan komposit dengan menggunakan polimer Akrilonitril Butadien Stiren (ABS) dan menambahkan serat ijuk sebagai penguat dan memvariasikan komposisi serat ijuk yang digunakannya yaitu 5%, 10%, dan 20%. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukannya, diperoleh hasil bahwa pada penambahan serat ijuk

sebanyak 10% menghasilkan nilai kekuatan tarik yang optimum, lalu terjadi penurunan kekuatan tarik pada komposit dengan penambahan 20% serat ijuk. Penurunan nilai kekuatan tarik yang terjadi saat komposisi serat ditambahkan kemungkinan akibat dari adhesi yang kurang baik antara matriks dan serat, hal ini karena matriks dan serat tidak kompatibel. Matriks sendiri umumnya bersifat hidrofobik sedangkan serat bersifat hidrofilik. Selain pengujian tarik, Neher dkk juga melakukan pengujian kekerasan. Hasil uji kekerasan juga menunjukkan nilai kekerasan tertinggi berada pada komposit dengan penambahan serat ijuk sebanyak 10%. Dalam penelitian Neher dkk disebutkan beberapa kemungkinan yang dapat mempengaruhi sifat mekanik komposit, diantaranya ialah akibat sifat penyerapan air yang mungkin cukup tinggi sehingga menyebabkan adanya void di dalam komposit, kekuatan serat dalam menahan beban, kekuatan matriks, adhesi antara matriks dan serat, lalu orientasi serat. Hal-hal tersebut dapat menyebabkan penurunan sifat mekanik komposit.

6. Ferriawan Yudhanto dkk. (2019) melakukan penelitian “ Karakterisasi bahan kampas rem sepeda motor dari komposit serbuk kayu jati “. Umumnya bahan dasar kampas rem sepeda motor niaga menggunakan asbes, bahan ini menimbulkan penyakit seperti kanker pernafasan jika partikel abrasifnya terendus. Kampas rem SKJ (Serbuk Kayu Jati) merupakan alternatif pengganti kampas rem asbes. Pengujian mekanis meliputi uji keausan, uji kekerasan, uji koefisien gesek, dan uji tahan panas. Proses pengepresan panas SKJ sebagai bahan utama kampas rem

didasarkan pada variasi suhu yaitu 160°C, 170°C, dan 180°C. Hasil pengujian kampas rem SKJ yang optimum pada variasi suhu 180°C dengan hasil uji keausan $3,36 \times 10^{-7}$ mm²/kg, hasil kekerasan 25,1 BHN, uji koefisien gesek 0,59 dan tidak rusak pada uji tahan panas dengan suhu 300°C selama satu jam.

7. Nurdin Akhmad dkk (2019), penelitian yang berjudul Pengaruh Alkali dan Fraksi Volume terhadap Sifat Mekanik Komposit Serat Akar Wangi – Epoxy Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh dari perlakuan alkali dan fraksi volume serat terhadap sifat mekanik dari komposit. Pada penelitian pertama, serat akar wangi yang bersih direndam larutan alkali (5% NaOH) selama 0, 2, 4, dan 6 jam. Selanjutnya dicuci sampai bersih dan didiamkan sampai kering. Pada penelitian kedua, hasil terbaik dari penelitian pertama digunakan sebagai acuan perendaman alkali, selanjutnya variasi yang digunakan fraksi volume serat 10%, 20%, 30%, dan 40%. Matrik yang digunakan pada penelitian ini adalah Epoxy A dengan Hardener B. Spesimen untuk uji bending mengacu pada ASTM D790-02 dan uji impak ASTM D 5942-9. Hasil dari penelitian pertama, pengaruh perendaman alkali didapat tegangan bending dan harga impak terbesar 39,05 MPa dan 8,28 kJ/mm² pada perendaman 6 Jam. Sedangkan hasil penelitian kedua, pengaruh penambahan fraksi volume serat didapat tegangan bending dan harga impak terbesar 43,40 MPa dan 20,5 kJ/mm² pada fraksi volume serat 20%.

8. Rusnoto 2020, penulis jurnal yang berjudul “Pemanfaatan Serbuk Pohon Tebu Pada Material Komposit Matrik Epoksi” Penelitian ini mempunyai tujuan untuk mengetahui sifat mekanik yaitu kekuatan tarik dan bending pada material komposit matrik epoksi yang ditambahkan dengan serbuk tebu sebesar 0%, 3%, 6% dan 9%. Bahan matrik yang digunakan adalah resin epoksi dan hardener dari PT. Justus Kimia Raya Semarang. Kemudian alat yang digunakan adalah cetakan, plastisin, kaca sebagai penekan, alat uji tarik, uji bending.
9. Pratonoparna (2020), Penelitian yang berjudul Analisis Pengaruh Penambahan Serbuk Tembaga (Cu) Dengan Variasi Mesh 40, 50, 60 Pada Las Titik Pada Pengelasan Plat Logam Aluminium, penelitian ini bertujuan untuk pengaruh penambahan serbuk tembaga (Cu), dengan ukuran mesh yang berbeda-beda pada las titik pelat aluminium. Karakterisasi yang akan diinvestigasi adalah pada: kekuatan tarik, foto mikro dan kekerasan. Bahan baku penelitian ini adalah pelat aluminium tipe 1100. Pada penelitian ini akan dikaji pengaruh besar ukuran serbuk tembaga mesh 40, 50, dan 60 pada karakteristik pengelasan plat aluminium. Pengujian yang dilakukan antara lain uji kekuatan tarik (standar ASME QW-462.9), uji foto mikro dengan mikroskop metalografi, dan uji *vickers* (standar AWS D8.9-97). Penelitian ini mendapatkan kesimpulan bahwa bahwa angka pada pengujian geser pada mesh 40 adalah 556.38 kg/mm², pada mesh 50 adalah 739.13 kg/mm², dan pada mesh 60 adalah 1316.10kg/mm². Harga kekerasan tertinggi terdapat pada

daerah fusion zone (nugget), kemudian daerah *heat affected zone*, terakhir pada daerah base metal, dengan urutan kekerasan ukuran mesh 60, 50, dan 40.

10. Ajithram, A, and B, (2020) Menulis jurnal artikel yang berjudul “ Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Metode Dan Sifat Ekstraksi Komposit Alami – Tinjauan ” Artikel ini memfokuskan pada metode dan sifat komposit eceng gondok. Eceng gondok merupakan tanaman air terapung bebas yang banyak terdapat di daerah tropis dan subtropis. Tanaman ini diperlakukan sebagai berbahaya dan mengandung karakteristik pertumbuhan tertinggi. Tinjauan ini membahas sifat mekanik seperti tarik, lentur dan dampak dibandingkan dengan serat alam lainnya dan juga membahas berbagai proses ekstraksi dan teknik produksi komposit dari juga beberapa produk komersial terutama mempertimbangkan aspek masalah situasi ekonomi sekarang dan masa depan serta mengurangi aspek masalah sosial ekonomi komersial eceng gondok ini, produk berbasis sifat rekayasa juga alternatif yang lebih baik untuk aplikasi biaya tinggi proses.
11. Nugroho, (2021) Menulis jurnal artikel yang berjudul “ Pengaruh Curing Time Terhadap Sifat Mekanis Komposit *Epoxy/Carbon Fiber* dan *Epoxy/Glass Fiber* dengan Metode Manufaktur *Bladder Compression Moulding* “ Jurnal ini mengulas tentang metode pembuatan komposit Metode pembentukan komposit yang umum ditemui diantaranya adalah *hand lay Up*, *spary lay up*, *vacung beging*, *resin tranver molding*, dan lain-lain. Jenis perlakuan dalam pembuatan komposit pada umumnya

melibatkan pemanasan dan penekanan. Tujuan penelitian ini untuk memperoleh waktu optimum untuk proses komposit dengan metode *bladder compression* molding serta mempelajari pengaruh variasi curing timeterhadap sifat mekanis produk komposit.

12. Sulardjaka *et al.* (2022) Menulis jurnal artikel yang berjudul “ Karakterisasi Serat Eceng Gondok Searah Dan Anyaman Yang Diperkuat Dengan Komposit Resin Epoksi “ mengulas penerapan arah serat eceng gondok untuk komposit resin epoksi, Kekuatan tarik terendah yang dihasilkan pada penelitian ini juga lebih tinggi dibandingkan dengan kekuatan tarik tertinggi yang dihasilkan oleh peneliti sebelumnya. Meningkatkan % berat. serat tenun WH menurunkan kekuatan tarik komposit resin epoksi. Selanjutnya, %wt. serat anyaman WH berbanding lurus dengan jumlah pori atau rongga antara serat dan matriks yang menyebabkan fraktur mode delaminasi. Kenaikan % berat. Serat meningkat kekakuan tarik dan dampak komposit.
13. Dwi Handoko rahman dkk (2022) penelitian yang berjudul Pengaruh Fraksi Serbuk Kayu Jati Terhadap Kekuatan Komposit Partikel Dengan Pengujian Impact Pada penelitian ini dilakukan pembuatan komposit partikel yang berasal dari limbah serbuk kayu jati. Untuk variasi dilakukan dengan perlakuan heat treatment dan tanpa heat treatment. Selanjutnya melakukan perbedaan fraksi volume untuk dilakukan pengujian *impact*. Dari hasil pengujian *impact* dari masing-masing perlakuan memiliki pola yang sama terkait fraksi volume. Pada perlakuan *heat treatment* dengan

fraksi 20:80 memiliki nilai 5.27 J dan harga *impact* 0.06 J/mm² sedangkan tanpa perlakuan heat treatment dengan nilai energi yang dapat diserap 4.3 J dan harga *impact* 0.05 J/mm² Sehingga dengan melakukan *heat treatment* pada serbuk kayu jati dapat menaikkan nilai energi yang dapat diserap.

14. Jingga Anisa (2022), penelitian yang berjudul Pembuatan Biokomposit Epoksi/Serat Ijuk/Serat Kelapa Menggunakan Metode Hand Lay Up Variabel penelitian ini adalah variasi komposisi massa resin epoksi/serat ijuk/serat kelapa yaitu 70:30:0, 70:0:30, 70:15:15, dan 60:30:10. Pembuatan komposit dilakukan dengan menggunakan metode Hand Lay Up tujuan dari penelitian ini adalah Mengetahui pengaruh penambahan serat ijuk, serat kelapa, serta gabungan serat ijuk dan serat kelapa terhadap nilai kekuatan tarik pada komposit epoksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit dengan nilai kekuatan tarik tertinggi berada pada variasi komposisi resin:serat ijuk:serat kelapa 70:15:15 yaitu sebesar 26,45 MPa,hal ini menunjukkan bahwa dengan penambahan serat ijuk dan serat kelapa dengan komposisi seimbang dapat memberikan nilai kekuatan tarik optimum, sedangkan komposit dengan nilai kekerasan tertinggi berada pada variasi komposisi resin:serat ijuk:serat kelapa 70:0:30 yaitu sebesar 77,5 Shore D, hal ini menunjukkan bahwa dengan penambahan serat kelapa pada pembuatan komposit memberikan pengaruh terhadap peningkatan nilai kekerasan.

15. Carto, 2024 “Analisis Kekuatan Blade Turbin Angin Vertikal Dengan Menggunakan Campuran Serat Eceng Gondok Dengan Resin Polyester”. Hasil pengujian sifat mekanik material komposit serat eceng gondok, dengan hasil data pengujian tegangan tarik rata-rata terbesar penambahan serat 0% sebesar 53,83 N/mm² sehingga penambahan serat eceng gondok menurunkan kekuatan tarik, pengujian bending menghasilkan data tegangan rata-rata bending terbesar pada 0,50% dengan hasil 43,03 N/mm², sehingga penambahan serat mempengaruhi kekuatan bending, kekuatan impak pada penambahan serat 1,50% dengan kekuatan impak 0,021 N/mm² hasil tersebut mempengaruhi kekuatan impak dengan penambahan serat eceng gondok.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan untuk menjawab dari rumusan masalah dengan metode eksperimen, Metode eksperimen merupakan metode dengan cara memanipulasi satu atau lebih variabel untuk mengamati perubahan yang terjadi pada masing-masing variabel.

Pada penelitian ini menggunakan variabel perbandingan jumlah serat serabut kelapa dan serbuk tembaga mulai dari 5:5%, 7:3%, dan 3:7% dengan matriks resin *epoxy* 90%, untuk mengetahui sifat mekanik dari komposit dengan perbedaan jumlah serat menggunakan pengujian kekerasan, pengujian tarik, dan pengujian keausan.

B. Waktu dan Tempat Penelitian

1. Waktu Penelitian

No	Kegiatan	Bulan ke-					
		1	2	3	4	5	6
1	Studi Literature	✓					
	Persiapan alat dan bahan	✓					
	Penyusunan Proposal		✓	✓			
2	Pelaksanaan				✓		
	Seminar Proposal					✓	
	Pembuatan Spesimen					✓	
	Pengujian Spesimen					✓	
3	Penyelesaian						✓
	Pengolahan Data						✓
	Penyusunan Laporan						✓
	Ujian Skripsi						✓

Tabel 3. 1 Kalender Penelitian

(Sumber : Dokumen Pribadi)

2. Tempat Penelitian

1. Tempat pembuatan Spesimen

Tempat pembuatan spesimen bertempat di Laboratorium Fakultas Teknik UPS Tegal, 01, Jl. Halmahera No. KM Mintaragen, Kec. Tegal timur, Kota Tegal, Jawa Tengah 52121.

2. Tempat Pengujian

Tempat pengujian di Laboratorium Pengujian Material Universitas Gajah Mada Yogyakarta, Jl.Sosio Yustisia No. 1, Karang malang, Caturtunggal, Kec.Depok, Kab. Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281.

C. Instrument Penelitian

Instrumen penelitian merupakan kebutuhan untuk menjalankan penelitian membuat material komposit dari serat eceng gondok dengan resin poliyester mulai dari alat-alat dan bahan.

1. Alat

Adapun alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

a) Alat Press

Alat yang difungsikan sebagai alat penekan atau kompaksi untuk menempelkan kampak komposit ke plat kampak

b) Cetakan Material Komposit

Cetakan atau mal adalah alat yang digunakan sebagai pembentuk adonan kampas rem agar menjadi bentuk yang diinginkan.

c) Alat Pengaduk

Alat pengaduk adalah alat untuk mengaduk material serbuk serbuk serabut kelapa yang akan di olah menjadi komposit rem. poros engkol mesin.

d) Alat Pemotong Serabut Kelapa

Alat pemotong sabut kelapa digunakan untuk memisahkan antara batok kelapa dengan serabut kelapa. Seperti terlihat pada gambar 3.1. Dibawah ini.



Gambar 3. 1 Alat Pemotong Serabut Kelapa

(Sumber : Dokumen Pribadi)

e) Timbangan Digital

Timbangan Digital digunakan untuk menimbang serat dan serbuk material yang akan dibuat komposit rem.

f) Mesin uji Tarik

Alat yang mengukur sifat mekanik suatu material. Mesin uji tarik menggunakan sistem elektromekanis atau hidrolik untuk menerapkan beban tarik pada benda uji.

g) Mesin uji Kekerasan

Hardness tester atau alat penguji kekerasan adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengukur nilai kekerasan atau kekakuan suatu material. Nilai kekerasan tersebut didapat dengan menekan indentor ke permukaan benda uji.

h) Mesin Pengujian Keausan

Mesin uji Keausan merupakan perangkat alat uji yang digunakan untuk mengetahui angka keausan yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus terhadap berat semula. Keausan dapat diartikan dengan seberapa cepat rusak/ringsek kah suatu mesin tersebut selama dipakai.

i) Alat Pengujian koefisien gesek

Alat pengujian koefisien gesek merupakan alat uji yang dibuat menggunakan papan kayu membentuk bidang miring dengan kemiringan sudut 30°

j) Mesin Pengujian Ketahanan thermal

Mesin uji ketahanan thermal disini menggunakan mesin Magnetic Stirrer dimana mesin/alat ini menimbulkan panas pada bahan saat bahan diletakan diatas alat tersebut.

k) Thermometer

Thermometer digunakan untuk mengukur suhu pada saat uji ketahanan thermal

l) Kuas Cat

Kuas digunakan sebagai alat yang akan membersihkan permukaan cetakan kampas rem baik sebelum pencetakan dan sesudah pencetakan. Dan digunakan untuk mengoleskan mirror glaze.

2. Bahan

Pada penelitian kali ini bahan-bahan yang digunakan adalah bahan-bahan kimia yang memiliki fungsi nya masing-masing, bahan-bahan tersebut adalah:

a) Lem dexstone

Sebagai perekat pada kampas komposit ke plat kampas

b) Serbuk Tembaga

Serbuk Tembaga Serbuk tembaga adalah bahan tembaga yang ditemukan sebagai bijih tembaga yang masih bersenyawa dengan zat asam, asam belerang atau bersenyawa dengan kedua zat tadi. Dalam bijih tembaga juga terkandung batu-batu. Seperti terlihat pada gambar 3.2. Dibawah ini.



Gambar 3. 2 Serbuk Tembaga

(Sumber : Dokumen Pribadi)

c) Serat Serabut Kelapa

Serat serabut kelapa merupakan bagian mesokarp yang berupa serat-serat kasar kelapa. Sabut biasanya disebut sebagai limbah yang hanya ditumpuk di bawah tegakan tanaman kelapa lalu dibiarkan membusuk atau kering. Pemanfaatannya paling banyak hanyalah untuk kayu bakar. Seperti terlihat pada gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Serat Serabut Kelapa

(Sumber : Dokumen Pribadi)

d) Resin Epoxy

Resin adalah merupakan salah satu bahan material yang berfungsi sebagai pembentuk dalam pembuatan komposit dan katalis sebagai bahan aktif untuk mempercepat pengerasan resin,

apabila menggunakan katalis terlalu sedikit akan memperlama waktu pengerasan resin. Pada umumnya resin Memiliki bentuk atau wujud berupa cairan kental seperti lem pada umumnya. Seperti terlihat pada gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Resin dan Katalis (Hardener)

(Sumber : Dokumen Pribadi)

e) Larutan $NaOH$

untuk memisahkan serat serabut kelapa dari serat gabusnya.



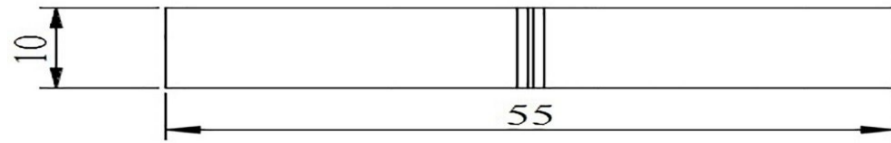
Gambar 3. 5 Larutan $NaOH$

(Sumber : <https://www.sciencephoto.com>)

D. Langkah-langkah Pembuatan Spesimen

Langkah pembuatan spesimen uji material komposit serat serabut kelapa dan serbuk tembaga dengan resin epoxy

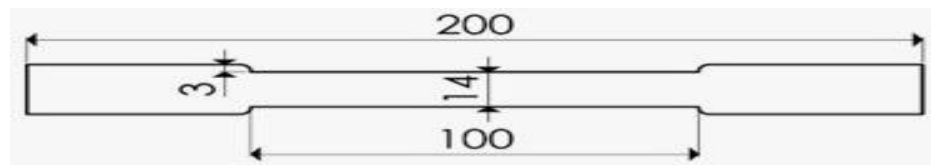
1. Siapkan larutan NaOH
2. Siapkan alat dan bahan seperti alat pemotong serabut kelapa, pengaduk, cetakan, serabut kelapa, serbuk tembaga, resin, dll.
3. Potong serat serabut kelapa kering sesuai ketentuan.
4. Rendam serat serabut kelapa ke larutan NaOH lalu sikat serat secara perlahan untuk memisahkan serat dari serat gabus pada serabut kelapa.
5. Campurkan resin dan katalis sesuai kebutuhan perbandingan 2:1 (300gram : 150gram) aduk hingga merata.
6. Siapkan cetakan dan oleskan dengan gress/ margarin agar mudah saat melepas komposit dari cetakan.
7. Masukkan serat dan serbuk yang telah dicampur dengan resin sesuai kebutuhan perbandingan mulai dari 5:5% (25gram : 25gram), 7:3% (35gram : 15gram), dan 3:7% (15gram : 35gram) kedalam cetakan kaca.
8. Masukkan campuran resin, serat serabut kelapa dan serbuk tembaga, menggunakan metode *hand lay up* kedalam cetakan.
9. Spesimen uji kekerasan menggunakan standar ASTM E10 dengan ketentuan panjang 55mm, lebar 55mm, tebal 10mm.



Gambar 3. 6 Spesimen uji kekerasan

(Sumber : Dokumen pribadi)

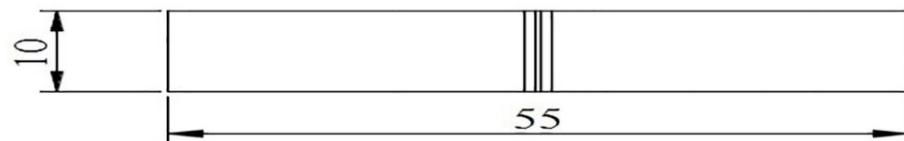
10. Spesimen uji tarik menggunakan standar ASTM D638-20 dengan ketentuan Panjang 200mm, Lebar 20mm, Tebal 10mm.



Gambar 3. 7 Spesimen Uji Tarik

(Sumber : Dokumen pribadi)

11. Spesimen Uji keausan menggunakan standar ASTM G65 dengan ketentuan Panjang 55mm, lebar 55mm, tebal 10mm.



Gambar 3. 8 Spesimen Uji Keausan

(Sumber : Dokumen pribadi)

12. Spesimen uji bidang miring / uji koefisien gesek menggunakan spesimen berbentuk balok dengan berat 500 gram.
13. Spesimen uji ketahanan thermal menggunakan spesimen yang dipakai saat pengujian keausan dan kekerasan.

E. Teknik Pengambilan Sampel

Pada penelitian ini jumlah sampel seluruhnya adalah 30 sampel. Kumpulkan data uji kekerasan, uji tarik, uji keausan. Semua pengujian dilakukan berdasarkan variasi resin 90%, serat serabut kelapa dan serbuk tembaga (5:5%, 7:3%, 3:7%).

Tabel 3. 2 Jumlah Spesimen Pengujian

No	Spesimen	Banyak spesimen			Jumlah
		Uji Kekerasan	Uji Tarik	Uji Keausan	
1	Raw material	1	3	3	7
2	5:5%	1	3	3	7
3	7:3%	1	3	3	7
4	3:7%	1	3	3	7
Jumlah Spesimen					28

(Sumber : Dokumen Pribadi)

F. Variabel Penelitian

Variabel yang diukur dalam penelitian ini variabel bebas dan variabel terikat yaitu:

1. Variabel Bebas

Variabel bebas yang digunakan penelitian yaitu perbandingan antara matriks (resin) dengan penguat yaitu 90%:10% dengan komposisi perbandingan :

- a. 90% berat matriks (resin), 5% serat serabut kelapa, dan 5% serbuk tembaga
- b. 90% berat matriks (resin), 3% serat serabut kelapa, dan 7% serbuk tembaga
- c. 90% berat matriks (resin), 7% serat serabut kelapa, dan 3% serbuk tembaga

2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang di pengaruhi oleh variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah mengetahui sifat mekanik komposit dari hasil uji tarik, kausan, dan kekerasan.

G. Metode Pengumpulan Data

1. Observasi

Observasi dilakukan di laboratorium Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancaakti Tegal, Meliputi bagaimana pengaruh variasi banyaknya serat serabut kelapa pada pembuatan material komposit.

2. Studi pustaka

Metode yang dilaksanakan yang mana dengan mempelajari buku buku, jurnal, artikel ilmiah maupun tugas akhir dari mahasiswa yang berkaitan dengan Teknik mesin dan berhubungan dengan tema penelitian yang akan dilakukan.

Berdasarkan kedua metode yang telah dilakukan maka akan dianalisis dengan cara pengolahan data hasil uji dengan memasukan kedalam permasalahan yang ada sehingga diperoleh data yang kuantitatif yakni data berupa dengan angka-angka yang berkaitan dengan penjelasan perbandingan.

Melihat metode diatas maka akan dilakukan eksperimen penyusunan variasi berupa :

- a. Resin 90%, serat serabut kelapa 5% dan serbuk tembaga 5%
- b. Resin 90%, serat serabut kelapa 7% dan serbuk tembaga 3%
- c. Resin 90%, serat serabut kelapa 3% dan serbuk tembaga 7%

Proses pencampuran untuk mengukur matriks resin dengan penguat sesuai ukuran perbandingan komposisi yaitu sebesar 90% : 10% dengan 3 variasi perhitungan yaitu untuk spesimen uji kekerasan, uji tarik, uji keausan 500 gram.

Tabel 3. 3 Komposisi Perbandingan

Variasi (%)	Resin epoxy (gram)	Hardener (gram)	Serabut kelapa (gram)	Serbuk tembaga (gram)	Total (gram)
5:5%	300 gr	150 gr	25 gr	25 gr	500 gr
7:3%	300 gr	150 gr	35 gr	15 gr	500 gr
3:7%	300 gr	150 gr	15 gr	35 gr	500 gr

(Sumber : Dokumen Pribadi)

H. Metode Analisa Data

Tabel 3. 4 Lembar Pengambilan Data Pengujian Kekerasan

Variasi	Daerah Uji	Diameter Indentor (mm)	Diemeter Penetrator (mm)	Beban Indentasi (Kgf)	Nilai Kekerasan (BHN)
Raw Material	Titik 1				
	Titik 2				
	Titik 3				
Rata-rata					
Serat 5% Serbuk 5%	Titik 1				
	Titik 2				
	Titik 3				
Rata-rata					
Serat 7% Serbuk 3%	Titik 1				
	Titik 2				
	Titik 3				
Rata-rata					
Serat 3% Serbuk 7%	Titik 1				
	Titik 2				
	Titik 3				
Rata-rata					
Rata-rata					

(Sumber : Dokumen Pribadi)

Tabel 3. 5 Lembar Pengambilan Data Pengujian Tarik

No.	Variasi campuran	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Pmax (KN)	Pmax (N)	ΔL (mm)	Tegangan (MPa)	Regangan (%)	Rata-rata Tegangan $\sigma = \frac{P_{max}}{A_0}$ (MPa)
1	Raw								
2	Raw								
3	Raw								
4	5% : 5%								
5	5% : 5%								
6	5% : 5%								
7	7% : 3%								
8	7% : 3%								
9	7% : 3%								
10	3% : 7%								
11	3% : 7%								
12	3% : 7%								

(Sumber : Dokumen Pribadi)

Tabel 3. 6 Lembar Pengambilan data Pengujian Keausan

Variasi campuran	Titik uji	Tebal Disc (B;mm)	Jari-jari disc (r;mm)	Panjang Wear (b;mm)	Volume Wear (W;mm ³)	Keausan (Ws;mm ³ /kg.m)	Keausan rata-rata (Ws;mm ³ /kg.m)
Raw_1							
Raw_2							
Raw_3							
SR15_SB35_1							
SR15_SB35_2							
SR15_SB35_3							
SR25_SB25_1							
SR25_SB25_2							
SR25_SB25_3							
SR35_SB15_1							
SR35_SB15_2							

SR35_SB15_3							

(Sumber : Dokumen Pribadi)

Tabel 3. 7 Lembar Pengambilan Data Pengujian Koefisien Gesek

No	m (Kg)	W (N)	N (N)	S (cm)	t (s)	V (cm/s)	a (cm/s)	f_k (N)	u_k
1									
2									
3									
Rata – rata Nilai U_k									

(Sumber : Dokumen Pribadi)

I. Diagram alur

