

TUGAS AKHIR

**ANALISIS KOMPOSIT DENGAN PENGUAT CANGKANG SAWIT
DAN SERBUK BESI (*FERRO*) UNTUK BAHAN KAMPAS REM
SEPEDA MOTOR**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

AULIA FERDIANDA
1807230057



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2022**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh: **AULIA FERDIANDA**

Nama : Aulia Ferdianda
NPM : 1807230057
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Analisis Komposit Dengan Penguat Cangkang Sawit Dan Serbuk Besi (Ferro) Untuk Bahan Kampas Rem Sepeda Motor
Bidang ilmu : Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai penelitian tugas akhir untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 16 September 2022

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I

H. Muharnif M.S.T., M.Sc

Dosen Penguji II

Chandra A Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji III

M. Yani, S.T., M.T



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Aulia Ferdianda
Tempat / Tanggal Lahir : Pangkalan Susu/08 November 2000
NPM : 1807230057
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Analisa Komposit Dengan Penguat Cangkang Sawit Dan Serbuk Besi (Ferro) Untuk Bahan Kampas Rem Sepeda Motor

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, September 2022

Saya yang menyatakan,



Aulia Ferdianda

ABSTRAK

Kampas rem merupakan komponen penting pada kendaraan bermotor di jalan raya. Pertambahan kendaraan bermotor roda dua dan empat saat ini meningkat pesat sejalan laju pertumbuhan ekonomi masyarakat. Maka dalam penelitian ini ingin membandingkan dan mengetahui nilai keausan kampas rem sepeda motor komersial dengan bahan komposit serbuk cangkang sawit dan serbuk besi (ferro) sebagai bahan utama kampas rem. Pengujian untuk mengetahui tingkat keausan dilakukan dengan alat Brake Dynamometer, dengan gaya beban pengeraman 500g, 1000g, dan 1500g. Dari hasil pengujian dapat dihasilkan kampas rem 1 dengan bahan serbuk cangkang sawit 17% dan serbuk besi (ferro) 17% yang memiliki tingkat keausan paling kecil. Jantan dengan pembebanan pengeraman minimum menghasilkan nilai keausan $9,718 \times 10^{-8}$ g/mm².detik dan, nilai keausan $8,503 \times 10^{-8}$ g/mm².detik pada beban pengeraman maximum. Betina dengan pembebanan pengeraman minimum menghasilkan nilai keausan $1,093 \times 10^{-7}$ g/mm².detik dan, nilai keausan $6,073 \times 10^{-8}$ g/mm².detik pada beban pengeraman maximum. Sedangkan kampas rem yang tingkat keausan terbesar adalah kampas rem komersial. Jantan dengan pembebanan pengeraman minimum menghasilkan nilai keausan $3,522 \times 10^{-7}$ g/mm².detik dan, nilai keausan $2,551 \times 10^{-7}$ g/mm².detik pada beban pengeraman maximum. Betina dengan pembebanan pengeraman minimum menghasilkan nilai keausan $1,700 \times 10^{-7}$ g/mm².detik dan, nilai keausan $1,579 \times 10^{-7}$ g/mm².detik pada beban pengeraman maximum. Dan jika sudah memenuhi karakteristik akan dibuat kampas rem yang terbaik dalam bentuk lebih baik.

Kata kunci : Kampas rem, keausan, cangkang sawit, serbuk besi (ferro)

ABSTRACT

Brake pads are an important component of motorized vehicles on the highway. The increase in two and four wheeled motorized vehicles is currently increasing in line with the rate of community economic growth. So in this study, we want to compare and determine the wear value of commercial motorcycle brake linings with composite materials of palm shell powder and iron powder (ferrous) as the main ingredients of brake linings. Tests to determine the level of wear are carried out using a Brake dynamometer, with 500g, 1000g, and 1500g braking loads. From the test results can be produced brake lining 1 with 17% palm shell powder and 17% iron powder (ferrous) which has the smallest wear rate. The male with the minimum braking load resulted in a wear value of 9.718×10^{-8} g/mm².second and a wear value of 8.503×10^{-8} g/mm².second at the maximum braking load. Females with a minimum braking load resulted in a wear value of 1.093×10^{-7} g/mm².second and a wear value of 6.073×10^{-8} g/mm².second at maximum braking load. Meanwhile, the brake pads with the highest wear rate are commercial brake pads. Males with a minimum braking load resulted in a wear value of 3.522×10^{-7} g/mm².second and a wear value of 2.551×10^{-7} g/mm².second at a maximum braking load. And if it meets the characteristics, the best brake pads will be made in batter shape.

Keywords : Brake lining, wear, palm shell, iron powder (ferrous)

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Komposit Dengan Penguat Cangkang Sawit Dan Serbuk Besi (Ferro) Untuk Bahan Kampas Rem Sepeda Motor” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak M. Yani, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Fakultas Teknik UMSU, yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini.
2. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T dan Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T sebagai Ketua dan Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
5. Orang tua penulis: Alm. Budiman dan Efriyanti Sarella, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Sahabat-sahabat penulis: Mhd. Maulana Husni, Muhammad Hakim, Abdul Bahri, Arif Fadilah Rais, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Proposal Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, 16 September 2022

Aulia Ferdianda

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Ruang lingkup	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Penelitian Terdahulu	3
2.2. Komposit	3
2.3. Serbuk Besi (<i>ferro</i>)	5
2.4. Cangkang Kelapa Sawit	6
2.5. Sistem Rem	7
2.5.1 Jenis-Jenis Rem	8
2.6. Kampas Rem	9
2.7. Pengujian Sifat Mekanik	10
2.7.1 Pengujian Kehausan	10
BAB 3 METODE PENELITIAN	14
3.1. Tempat dan Waktu	14
3.1.1 Tempat	14
3.1.2 Waktu	14
3.2. Bahan dan Alat	14
3.2.1 Bahan	14
3.2.2 Alat	18
3.3. Diagram Alir	24
3.4. Rancangan Alat Penelitian	25
3.5. Prosedur Penelitian	25
3.6. Pengujian Kampas Rem	26

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Data Hasil Pengujian Kampas Rem	29
4.2 Analisa Data Uji Keausan	32
4.2.1 Gaya Pengereman 500gram	32
4.2.2 Gaya Pengereman 1000gram	34
4.2.3 Gaya Pengereman 1500gram	36
4.3 Grafik Keausan Kampas Rem	38
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI	
SK PEMBIMBINGAN	
BERITA ACARA	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	3
Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan	14
Tabel 3.2 Komposisi Dan Perbandingan Bahan	26
Tabel 4.1 Data Uji Keausan Kampas Rem Berbahan Komposit Serbuk Cangkang Sawit Dan Serbuk Besi (Ferro), Dengan Kampas Rem Komersial. Gaya 500gr	29
Tabel 4.2 Data Uji Keausan Kampas Rem Berbahan Komposit Serbuk Cangkang Sawit Dan Serbuk Besi (Ferro), Dengan Kampas Rem Komersial. Gaya 1000gr	30
Tabel 4.3 Data Uji Keausan Kampas Rem Berbahan Komposit Serbuk Cangkang Sawit Dan Serbuk Besi (Ferro), Dengan Kampas Rem Komersial. Gaya 1500gr	31
Tabel 4.4 Analisa Data Uji Keausan Kampas Rem Berbahan Komposit Serbuk Cangkang Sawit Dan Serbuk Besi (Ferro), Dengan Kampas Rem Komersial. Gaya 500gr	32
Tabel 4.5 Analisa Data Uji Keausan Kampas Rem Berbahan Komposit Serbuk Cangkang Sawit Dan Serbuk Besi (Ferro), Dengan Kampas Rem Komersial. Gaya 1000gr	34
Tabel 4.6 Analisa Data Uji Keausan Kampas Rem Berbahan Komposit Serbuk Cangkang Sawit Dan Serbuk Besi (Ferro), Dengan Kampas Rem Komersial. Gaya 1500gr	36
Tabel 4.7 Massa Hilang Kampas Rem (Jantan)	38
Tabel 4.8 Keausan Kampas Rem (Jantan)	39
Tabel 4.9 Massa Hilang Kampas Rem (Betina)	40
Tabel 4.10 Keausan Kampas Rem (Betina)	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Komposit dan Penguatnya	4
Gambar 2.2 Ilustrasi Komposit dan Strukturnya	4
Gambar 2.3 Serbuk Besi (<i>ferro</i>)	5
Gambar 2.4 Cangkang Kelapa Sawit	6
Gambar 2.5 Rem Tromol	8
Gambar 2.6 Rem Cakram	9
Gambar 2.7 Kampas Rem	9
Gambar 2.8 Keausan Metode Adhesive	10
Gambar 2.9 Keausan Metode Abrasive	11
Gambar 2.10 Mekanisme Keausan Lelah	11
Gambar 2.11 Mekanisme Keausan Oksidasi	12
Gambar 2.12 Skematis Keausan Erosi	12
Gambar 2.13 Pengujian <i>Brake Dynamometer</i>	13
Gambar 3.1 Serbuk Barium Sulfat	15
Gambar 3.2 Resin Dan Katalis	15
Gambar 3.3 Serbuk Cangkang Sawit	16
Gambar 3.4 Serbuk Besi (<i>ferro</i>)	16
Gambar 3.5 Mirror Glaze	17
Gambar 3.6 Lem Dextone	17
Gambar 3.7 Plat Kampas Rem	18
Gambar 3.8 Mesin <i>Brake Dynamometer</i>	18
Gambar 3.9 Mesin <i>Press Hidraulik</i>	19
Gambar 3.10 Cetakan atau Mal Kampas Rem	19
Gambar 3.11 Jangka Sorong	20
Gambar 3.12 Sekrap	20
Gambar 3.13 Neraca Digital	21
Gambar 3.14 Alat Pemanas	21
Gambar 3.15 Kuas	22
Gambar 3.16 Tachometer	22
Gambar 3.17 Lesung/Alu	23
Gambar 3.18 Mesh/Ayakan	23
Gambar 3.19 Mesin <i>Brake Dynamometer</i>	25
Gambar 3.20 Penimbangan Kampas Rem Sebelum Diuji	26
Gambar 3.21 Letak Caliper Rem	27
Gambar 3.22 Mengukur RPM Menggunakan Tachometer	27
Gambar 3.23 Timbangan Gantung	28
Gambar 3.24 Penimbangan Kampas Rem Setelah Diuji	28
Gambar 4.1 Grafik Massa Hilang Kampas Rem (Jantan)	38
Gambar 4.2 Grafik Keausan Kampas Rem (Jantan)	39
Gambar 4.3 Grafik Massa Hilang Kampas Rem (Betina)	40
Gambar 4.4 Grafik Keausan Kampas Rem (Betina)	41

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
W	Keausan	$\text{g/mm}^2 \cdot \text{detik}$
M_0	Berat Awal	g
M_1	Berat Akhir	g
A	Luas Kampas Rem	mm^2
t	Waktu Pengausan	detik
Rpm	Revolusi Permenit	rpm
F	Gaya	g

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah salah satu Negara penghasil sawit terbesar di dunia, penyebaran sawit hampir diseluruh penjuru tanah air. Masyarakat petani secara bertahap mulai berpindah ke tanaman sawit. Perkembangan sawit yang pesat akan berdampak juga pada perkembangan cangkang sawit. Semakin banyak pengolahan sawit maka semakin banyak pula cangkang sawit yang dihasilkan. Karena cangkang sawit merupakan bagian dari buah sawit. Bagi industri pengolahan sawit sendiri, cangkang sawit merupakan nilai tambah bagi mereka. Karena cangkang sawit yang merupakan limbah industri, bisa mereka manfaatkan untuk sumber energi mereka. (Syahza, 2013)

Pada Industri minyak sawit di PTPN XIII Kabupaten Pasir, setiap harinya dihasilkan limbah berupa tandan kosong kelapa sawit dan cangkang yang pemanfaatannya sangat kecil. Setiap harinya dihasilkan tandan kosong sejumlah 22% per ton (158,4 ton) dan cangkang sebanyak 7 % per ton (50,4 ton) setiap harinya. (Kurniati, 2008). Dari data cangkang sawit, dilakukan penelitian salah satunya ialah dengan menggunakan cangkang sawit sebagai bahan pengisi komposit dalam pembuatan kampas rem sepeda motor.

Bahan gabungan lainnya adalah Serbuk Besi (ferro). Serbuk besi merupakan sisa potongan atau sisa dari pembubutan besi tuang dalam kegiatan industri. Limbah yang dihasilkan dari sisa bubut dibuang saja tanpa memikirkan dampak buruk pada lingkungan. (Bahri, 2019).

Kampas rem merupakan komponen penting pada kendaraan bermotor di jalan raya. Pertambahan kendaraan bermotor roda dua dan empat saat ini meningkat pesat sejalan laju pertumbuhan ekonomi masyarakat. Komponen kendaraan yaitu kampas rem sangat perlu mendapatkan perhatian yang lebih oleh pemegang kebijakan (pemerintah) dalam upaya melindungi konsumen dan mengurangi persentase penyebab kecelakaan di jalan raya. Fungsi kampas rem, pada kendaraan untuk memperlambat dan menghentikan laju kendaraan. Pada saat kendaraan berkecepatan tinggi, kampas rem memiliki fungsi beban sebesar 90%

dari komponen lainnya, bahkan keselamatan jiwa manusia bergantung pada keampuhan dari komponen tersebut. (Sipayung dkk, 2017)

Dari uraian diatas maka dilakukan penelitian sebagai tugas akhir yang berjudul “Analisis Komposit Dengan Penguat Cangkang Sawit Dan Serbuk Besi (Ferro) Untuk Bahan Kampas Rem Sepeda Motor”

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada analisis penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

1. Berapakah jumlah komposisi bahan yang tepat agar kampas rem yang dihasilkan lebih kecil tingkat kehausannya?
2. Bagaimana menghitung tingkat kehausan pada setiap kampas rem yang berbeda komposisinya?

1.3 Ruang Lingkup

1. Penelitian ini hanya memfokuskan pada bahan utama yaitu cangkang sawit dan serbuk besi (ferro)
2. Persamaan yang digunakan hanya berfokus pada hasil kehausan.
3. Kampas rem yang di uji dalam keadaan kering.
4. Komposisi Kampas Rem.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari analisis penelitian ini adalah :

1. Untuk menganalisis kehausan kampas rem berbahan komposit cangkang sawit dan serbuk besi (ferro).
2. Membandingkan tingkat kehausan dengan kampas rem komersial yang ada di pasaran.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Untuk menambah ilmu pengetahuan dan wawasan mengenai kampas rem berbahan komposit cangkang sawit dan serbuk besi (ferro).
2. Dapat mengetahui kampas rem mana yang terbaik dan lebih kecil untuk tingkat keausannya.
3. Meminimalisir limbah cangkang sawit dari pabrik yang terbuang.
4. Penggunaan kampas rem ini akan lebih ramah lingkungan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu ini menjadi suatu acuan dalam melakukan penelitian sehingga mendapatkan bahan perbandingan dan memperkaya teori yang digunakan dalam penelitian ini. Dari penelitian terlebih dahulu, menggunakan bahan komposit serbuk padi dan tempurung kelapa. Namun dalam penelitian ini menggunakan bahan komposit cangkang sawit dan serbuk besi(ferro). Berikut adalah tabel penelitian yang terlebih dahulu dilakukan.

Nama Peneliti	Judul Penelitian
Suhardiman	Analisa Keausan Kampas Rem Non Asbes Terbuat Dari Komposit Polimer Serbuk Padi Dan Tempurung Kelapa
Perbedaan : Penelitian yang dilakukan Suhardiman, menggunakan bahan komposit berupa serbuk padi dan tempurung kelapa di dalam penelitiannya tersebut.	

Tabel. 2.1 Penelitian Terdahulu (Suhardiman, 2017)

2.2 Komposit

Komposit adalah suatu system yang tersusun melalui pencampuran dua material atau lebih yang berbeda, dalam bentuk dan komposisi material yang tidak larut satu sama lain. Pada umumnya bahan komposit adalah bahan yang memiliki beberapa sifat yang tidak mungkin dimiliki oleh masing-masing komponennya. Dalam pengertian ini sudah tentu kombinasi tersebut tidak terbatas pada bahan matriknya. (Fajri dkk, 2013)

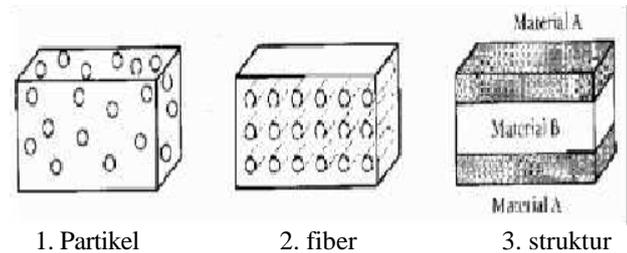
Material Komposit didefinisikan sebagai campuran antara dua atau lebih material yang menghasilkan sebuah material baru dengan sifat-sifat ataupun karakteristiknya yang masih didominasi oleh sifat-sifat material pembentuknya. (Bekti Suroso, 2019)

Pada umumnya material komposit dibentuk dalam dua jenis fasa, yaitu fasa matriks dan fasa penguat. Fasa matriks adalah material dengan fasa kontinu yang selalu tidak kaku dan lemah. Sedangkan fasa penguat selalu lebih kaku dan kuat, tetapi lebih rapuh. Penggabungan kedua fasa tersebut menghasilkan material yang dapat mendistribusikan beban yang diterima sepanjang penguat, sehingga material menjadi lebih tahan terhadap pengaruh beban. (M.Yani, 2016)

Sifat maupun Karakteristik dari komposit ditentukan oleh :

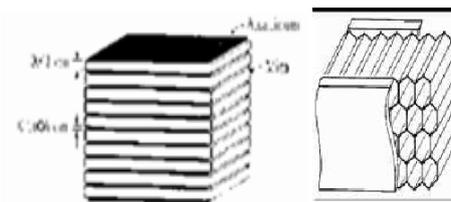
- a) Material yang menjadi penyusun komposit. Karakteristik komposit ditentukan berdasarkan karakteristik material penyusun. Menurut *rule ofmixture* sehingga hasilnya akan berbanding secara profesional.
- b) Bentuk dan penyusunan structural dari komposit. Bentuk dan cara penyusunan komposit akan mempengaruhi karakteristik komposit.
- c) Interaksi antar penyusun. Bila terjadi interaksi antar penyusun akan meningkatkan sifat dari komposit itu.

Adapun ilustrasi dari komposit berdasarkan penguatnya dapat dilihat pada Gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1 Ilustrasi Komposit dan Penguatnya (Fajri dkk, 2013)

Berdasarkan struktur komposit dapat dibagi menjadi dua yaitu : struktur *laminat* dan *sandwich*, ilustrasi dari kedua struktur komposit tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.2 Ilustrasi Komposit dan Strukturnya (Fajri dkk, 2013)

Secara garis besar ada 3 macam jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakannya, yaitu:

1. *Fibrous composites* (komposit serat) merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu laminat atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat atau *fiber*. *Fiber* yang digunakan bisa berupa *glass fibers, carbon fibers, aramid fibers (poly aramide)*, dan sebagainya. *Fiber* ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman.
2. *Laminated Composites* (Komposit Laminat) merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.
3. *Particulate Composites* (Komposit Partikel) merupakan komposit yang menggunakan partikel/serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya. (HRP, 2020)

2.3 Serbuk Besi (ferro)

Serbuk besi adalah bagian dari hasil sisa potongan atau sisa pembubutan besi tuang yang merupakan hasil di pemakaian industri. Biji besi yang didapatkan dari alam umumnya merupakan senyawa besi dengan oksigen seperti hematite, magnetite, limonite atau siderite. Pembentukan senyawa besi oksida tersebut sebagai proses alam yang terjadi selama beribu-ribu tahun. Kandungan senyawa besi di bumi mencapai 5% dari seluruh kerak bumi ini. Seperti terlihat pada Gambar 2.3 dibawah ini. (Bahri, 2019)



Gambar 2.3 Serbuk Besi (ferro)

2.4 Cangkang Kelapa Sawit

Cangkang kelapa sawit adalah salah satu jenis limbah padat yang dihasilkan oleh industri kelapa sawit memiliki tingkat ketersediaan yang berlimpah setiap tahunnya. Pengelolaan limbah terdiri dari 2 (dua) aspek yaitu penanganan limbah dan pemanfaatan limbah. Penanganan limbah untuk mengurangi daya cemar dan pemanfaatan limbah untuk mendapatkan nilai tambah dari limbah yang akan dibuang. Seperti terlihat pada Gambar 2.4 dibawah ini. (Sulhatun, 2012)



Gambar 2.4 Cangkang Kelapa Sawit

Cangkang sawit dalam dunia industri biasa digunakan sebagai bahan baku arang (sawit), sebagai bahan bakar untuk boiler, cangkang sawit dipakai untuk pengeras jalan atau pengganti aspal, dan cangkang sawit juga bisa menghasilkan asap cair, bahan baku untuk pembuatan lem dan vernis kayu.

Kelebihan cangkang sawit dibandingkan dengan batu bara adalah cangkang sawit lebih ramah bagi lingkungan dan orang sekitar. Unsur batu bara mengandung sulfur dan nitrogen sehingga pembuangan uap dari boiler akan mengganggu kesehatan masyarakat. Saat ini pemanfaatan cangkang sawit diberbagai industri pengolahan minyak CPO masih belum digunakan sepenuhnya, sehingga masih meninggalkan residu, yang akhirnya cangkang ini dijual mentah kepasar. (Aryansyah Pratama HRP, 2020)

2.5 Sistem Rem

Sistem rem adalah suatu peranti untuk memperlambat atau menghentikan gerakan roda kendaraan. Karena gerak roda diperlambat, secara otomatis gerak kendaraan menjadi lambat. Energi kinetik yang hilang dari benda yang bergerak ini biasanya diubah menjadi panas karena gesekan.

Perubahan energi sistem rem dari energi gerak ke panas yaitu dengan menggesekan dua material, panas yang timbul karena proses perubahan energi dari gerak yang saling bergesekan menjadi energi panas. Sehingga temperatur permukaan benda yang bergesekan lebih tinggi, namun gerakan benda tersebut melemah. Dalam sistem rem, gesekan ini diperoleh antara piringan yang terhubung dengan roda (berputar) dengan kampas rem yang terhubung dengan chasis kendaraan (diam). Namun gesekan ini pasti menghasilkan panas, dan panas bisa melelehkan logam. Sehingga harus ada penyesuaian material pada piringan dan kampas rem.

Jika dua benda ini berbahan logam, pasti gesekan akan menimbulkan panas yang cukup besar. Namun jika dua benda ini terbuat dari bahan organik (*isolator*) maka ketahanannya melemah sehingga akan cepat aus. Dalam kondisi ini, maka piringan rem yang berputar dibuat dari bahan besi solid. Besi ini, juga dibuat dengan permukaan gesek yang halus agar saat bergesekan tidak menimbulkan suara yang berisik. Sementara kampas rem, umumnya terbuat dari bahan organik (kremik, asbes) yang memiliki permukaan lebih kasar, sehingga tetap memiliki gaya gesek yang besar. (M. Hadi Al-fasyah, 2019)

Sistem rem dalam teknik otomotif adalah suatu sistem yang berfungsi untuk:

1. Mengurangi kecepatan kendaraan
2. Menghentikan kendaraan yang sedang berjalan
3. Menjaga agar kendaraan tetap berhenti.

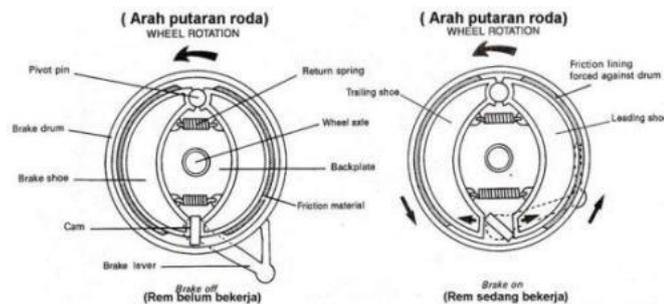
Komponen utama dalam sistem rem terdiri dari:

1. Pedal rem atau tuas rem
2. Penguat (*booster*)
3. Silinder master (*master cylinder*)
4. Saluran pengereman atau kabel (*lines*) (Multazam dkk, 2012)

2.5.1 Jenis-Jenis Rem

1. Rem Tromol (*Brake Drum*)

Tipe drum, rem ini terdiri dari sepasang kampas rem yang terletak pada piringan yang tetap (tidak ikut berputar bersama roda), dan drum yang berputar bersama roda. Dalam operasinya setiap kampas rem akan bergerak radial menekan drum sehingga terjadi gesekan antara drum dan kampas rem. Seperti terlihat pada Gambar 2.5 dibawah ini.



Gambar 2.5 Rem Tromol (Multazam dkk, 2012)

Pada rem tromol, penghentian atau pengurangan putaran roda dilakukan dengan adanya gesekan antara sepatu rem dengan tromolnya. Pada saat tuas rem tidak ditekan sepatu rem dengan tromol tidak saling kontak. Tromol rem berputar bebas mengikuti putaran roda, tetapi pada saat tuas rem ditekan lengan rem memutar cam pada sepatu rem sehingga sepatu rem menjadi mengembang dan bergesekan dengan tromolnya. Akibatnya putaran tromol dapat ditahan atau dihentikan. (Multazam dkk, 2012)

2. Rem Cakram

Rem cakram merupakan pengembangan sistem rem tromol yang ada sebelumnya, dan banyak perbedaan antara jenis rem tersebut. Rem cakram sangat memudahkan bagi penggunaannya dikarenakan konstruksi lebih sederhana dan lebih mudah perawatannya. Rem cakram pada dasarnya terdiri dari 3 komponen utama yaitu, piringan (cakram), kampas rem dan caliper. Cakram adalah sebuah piringan logam yang cukup tipis dan digunakan untuk proses pengereman kendaraan. Hal ini dilakukan dengan memberikan gaya gesek pada bagian cakram tersebut. Seperti terlihat pada Gambar 2.6 dibawah ini. (Wahyudi dkk, 2018)



Gambar 2.6 Rem Cakram

2.6 Kampas Rem

Kampas rem adalah komponen kendaraan bermotor yang berguna untuk memperlambat dan menghentikan laju kendaraan. Kampas rem adalah komponen yang memiliki bahan tinggi mencapai 90% dari komponen lainnya dari kendaraan, kampas rem umumnya terbuat dari bahan asbestos yang ditambahkan unsur lain seperti SiC dan Mn, atau Co.

proses pembuatannya melalui penekanan dan pemanasan yang akan menghasilkan kekuatan, kekerasan, serta meningkatkan gaya gesek. Pemanasan berkisar pada temperature 130°C - 150°C yang menyebabkan perubahan struktur yang membuat partikelnya saling melekat dan membuat bentuk solid yang baik serta matriks pengikat yang kuat. Seperti terlihat pada Gambar 2.7 dibawah ini. (Yudhanto dkk, 2019)



Gambar 2.7 Kampas Rem

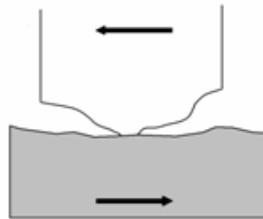
2.7 Pengujian Sifat Mekanik

2.7.1 Pengujian Keausan

Keausan pada umumnya di definisikan sebagai kehilangan material secara progresif atau pemindahan sejumlah material dari suatu permukaan suatu hasil. Pergerakan relatif antara permukaan tersebut dan permukaan lainnya. (Sipayung dkk, 2017)

Pengujian keausan dapat di lakukan dengan berbagai macam metode dan teknik, yang semuanya bertujuan untuk mensimulasikan kondisi keausan aktual. Adapun jenis-jenis uji keausan yaitu :

1. Keausan Adhesive (*Adhesive Wear*), terjadi bila kontak permukaan dari dua material atau lebih mengakibatkan adanya perlekatan satu sama lainnya (*adhesive*) serta deformasi plastis dan pada akhirnya terjadi pelepasan/ pengoyakan salah satu material. (Simanjorang, 2014) seperti di perhatikan pada Gambar di bawah ini :

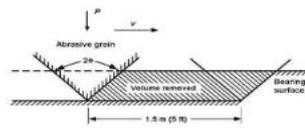


Gambar 4.3. Mekanisme keausan adhesif

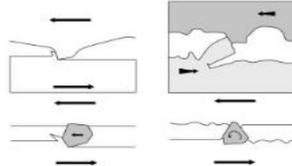
Gambar 2.8 Keausan Metode Adhesive (Simanjorang, 2014)

2. Keausan Abrasive (*Abrasive Wear*) Terjadi bila suatu partikel keras (*asperity*) dari material tertentu meluncur pada permukaan material lain yang lebih lunak sehingga terjadi penetrasi atau pemotongan material yang lebih lunak. Tingkat keausan pada mekanisme ini ditentukan oleh derajat kebebasan (*degree of freedom*) partikel keras atau asperity tersebut. Sebagai contoh partikel pasir silica akan menghasilkan keausan yang lebih tinggi ketika diikat pada suatu permukaan seperti pada kertas amplas, dibandingkan bila partikel tersebut berada di dalam sistem slurry. Pada kasus pertama, partikel tersebut kemungkinan akan tertarik sepanjang permukaan dan akhirnya mengakibatkan pengoyakan. (Simanjorang, 2014)

Sementara pada kasus terakhir, partikel tersebut mungkin hanya berputar (*rolling*) tanpa efek abrasi.



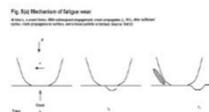
Gambar 4.4. Ilustrasi skematis keausan abrasif



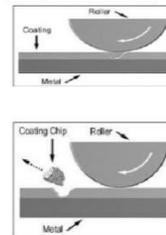
Gambar 3 keausan metode abrasif

Gambar 2.9 Keausan Metode Abrasif (Simanjorang, 2014)

- Keausan Fatik (lelah), keausan fatik dibutuhkan interaksi multi. Keausan ini terjadi akibat interaksi permukaan dimana permukaan yang mengalami beban berulang akan mengarah pada pembentukan retak-retak mikro, retak-retak mikro tersebut pada akhirnya menyatu dan menghasilkan pengelupasan material. Tingkat keausan sangat bergantung pada tingkat pembebanan. (Simanjorang, 2014)

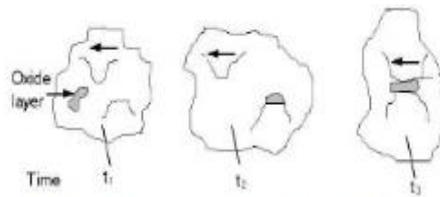


Gambar 4 mekanisme keausan lelah



Gambar 2.10 Mekanisme Keausan Lelah (Simanjorang, 2014)

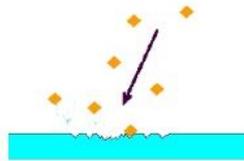
- Keausan Oksidasi/korosif (*Corrosive Wear*), proses kerusakan dimulai dengan adanya perubahan kimiawi material di permukaan oleh faktor lingkungan. Kontak dengan lingkungan ini menghasilkan pembentukan lapisan pada permukaan dengan sifat yang berbeda dengan material induk. Sebagai konsekuensinya, material akan mengarah kepada perpatahan interface antara lapisan permukaan dan material induk dan akhirnya seluruh lapisan permukaan itu akan tercabut. (Simanjorang, 2014)



Gambar 5 mekanisme keausan oksidative

Gambar 2.11 Mekanisme Keausan Oksidasi (Simanjourang, 2014)

- Keausan Erosi (*Erosi Wear*), proses erosi disebabkan oleh gas dan cairan yang membawa partikel padatan yang membentur permukaan material. Jika sudut benturannya kecil, keausan yang dihasilkan analog dengan abrasive. Namun, jika sudut benturannya membentuk sudut gaya normal (90°), maka keausan yang terjadi akan mengakibatkan *brittle failure* pada permukaannya, skematis pengujiannya. (Simanjourang, 2014) seperti terlihat pada Gambar di bawah ini :



Gambar 2.12 Skematis Keausan Erosi (Simanjourang, 2014)

Pada penelitian ini pengujiannya di lakukan dengan pengujian laju ke ausan metode brake dynamometer. Pengujian keausan dinyatakan dengan jumlah kehilangan atau pengurangan specimen tiap satuan luas bidang kontak dan lama pengausan.

Laju keausan dinyatakan dengan :

$$W = \frac{m_0 - m_1}{Axt}$$

Dengan, W = Laju keausan ($g/mm^2 \cdot \text{detik}$)

m_0 = Berat awal specimen sebelum pengausan (gram)

m_1 = Berat akhir specimen setelah pengausan (gram)

A = Luas bidang kontak dengan pengausan (mm^2)

t = Waktu/lama pengausan (detik)

Pengujian ini di lakukan dengan menggunakan metode brake dynamometer.



Gambar 2.13 Pengujian *Brake Dynamometer*

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat

Adapun tempat pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Manufaktur Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU) Jl. Kapten Muchtar Basri No.3 Medan.

3.1.2 Waktu

Adapun waktu penelitian ini adalah :

Tabel 3.1 Jadwal kegiatan

NO	Kegiatan Penelitian	Bulan								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Pengajuan Judul	■								
2	Studi Literatur		■	■						
3	Pembuatan Cetakan			■	■					
4	Penyiapan Alat dan Bahan				■	■				
5	Pembuatan Kampas Rem				■	■	■			
6	Pengujian Kampas Rem					■	■	■		
7	Penyelesaian Skripsi						■	■	■	■

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Serbuk Barium Sulfat ($BaSO_4$)

Barium sulfat adalah senyawa organik dengan rumus kimia $BaSO_4$ digunakan sebagai filler atau pengisi yang selain untuk menurunkan biaya produksi juga untuk membantu menjaga kestabilan friction pada kampas rem. Barium sulfat merupakan kristal putih *solid* yang terkenal tidak larut dalam air. Dapat dilihat pada Gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1 Serbuk Barium Sulfat

2. Resin dan Katalis

Resin 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. Dapat dilihat pada Gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.2 Resin dan katalis

3. Serbuk Cangkang Sawit

Serbuk cangkang sawit yang semakin halus, akan membuat nilai kekerasan cangkang sawit pada permukaan material komposit akan semakin rendah. Hal ini disebabkan oleh cangkang kelapa sawit telah terurai menjadi ukuran yang lebih kecil akan membuat cangkang tidak memberikan kemampuan yang lebih baik jika adanya penetrasi lokal pada permukaan material komposit. Dapat dilihat pada Gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3.3 Serbuk Cangkang Sawit

4. Serbuk Besi (Ferro)

Logam besi (ferro) adalah suatu paduan yang terdiri dari campuran unsur karbon dengan besi. Untuk menghasilkan suatu logam paduan yang memiliki dua sifat berbeda dengan besi dan karbon maka, dicampur dengan berbagai logam lainnya. Dapat dilihat pada Gambar 3.4 dibawah ini.



Gambar 3.4 Serbuk Besi (ferro)

5. Mirror Glaze

Mirror glaze atau anti lengket resin adalah untuk melapisi permukaan cetakan dengan bahan adonan, sehingga tidak ada kontak antara cetakan dengan adonan (misalnya adonan resin). Dapat dilihat pada Gambar 3.5 dibawah ini.



Gambar 3.5 Mirror Glaze

6. Lem Dextone

Lem dextone sebagai perekat antara plat kampas rem dengan adonan kampas rem yang telah dikeraskan. Dapat dilihat pada Gambar 3.6 dibawah ini.



Gambar 3.6 Lem Dextone

7. Plat Kampas Rem

Plat yang digunakan adalah plat bekas yang telah habis kampas remnya untuk mengurangi biaya produksi. Dapat dilihat pada Gambar 3.7 dibawah ini.



Gambar 3.7 Plat Kampas Rem

3.2.2 Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin *Brake Dynamometer*

Mesin *Brake Dynamometer* adalah mesin yang digunakan sebagai alat penguji kampas rem dan sebagai alat untuk praktikum fenomena dasar mesin. Dengan menggunakan Mesin tersebut kita dapat mengatur volume bahan bakar yang dibutuhkan dan beban yang diinginkan, serta melihat putaran RPM dan temperature mesin. Seperti terlihat pada Gambar 3.8 dibawah ini.



Gambar 3.8 Mesin *Brake Dynamometer*

2. Mesin *Press Hydraulik*

Mesin *press Hydraulik* adalah mesin yang difungsikan sebagai alat penekanan atau kompaksi untuk memadatkan serbuk dengan tekanan sebesar 2 ton selama 30 menit untuk menjadi bentuk yang diinginkan. Seperti terlihat pada Gambar 3.9 dibawah ini.



Gambar 3.9 Mesin *Press Hydraulik*

3. Cetakan atau Mal Kampas Rem

Cetakan atau mal adalah alat yang digunakan sebagai pembentuk adonan kampas rem agar menjadi bentuk yang diinginkan. Seperti terlihat pada Gambar 3.10 dibawah ini.



Gambar 3.10 Cetakan atau Mal Kampas Rem

4. Jangka Sorong

Jangka sorong adalah alat yang digunakan untuk mengukur diameter dalam dan diameter luar pada spesimen, pada kali ini jangka sorong digunakan untuk mengukur ketebalan plat dan kampas rem. Seperti terlihat pada Gambar 3.11 dibawah ini.



Gambar 3.11 Jangka Sorong

5. Sekrap

Sekrap digunakan sebagai alat untuk membersihkan sisa adonan yang melekat pada cetakan atau mal setelah selesai pembuatan kampas rem. Seperti terlihat pada Gambar 3.12 dibawah ini.



Gambar 3.12 Sekrap

6. Neraca Analitik Digital

Neraca analitik adalah neraca yang dirancang untuk mengukur massa kecil dalam rentang sub-miligram. Piringan pengukur neraca analitik berada dalam kotak transparan berpintu sehingga tidak berdebu dan angin didalam ruangan tidak mempengaruhi operasional penimbangan. Seperti terlihat pada Gambar 3.13 dibawah ini.



Gambar 3.13 Neraca Digital

7. Alat Pemanas

Alat pemanas digunakan untuk memanaskan adonan kampas rem yang telah selesai dicetak dan yang telah selesai melalui tahap kompaksi atau penekan, alat pemanas diatur dengan suhu 100°C selama 30 menit. Seperti terlihat pada Gambar 3.14 dibawah ini.



Gambar 3.14 Alat Pemanas

8. Kuas

Kuas digunakan sebagai alat yang akan membersihkan permukaan cetakan kanvas rem baik sebelum pencetakan dan sesudah pencetakan, dan digunakan untuk mengoleskan mirrir glaze. Seperti terlihat pada Gambar 3.15 dibawah ini.



Gambar 3.15 Kuas

9. Tachometer

Tachometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan rotasi dari sebuah objek, seperti alat pengukur dalam sebuah mobil yang mengukur putaran permenit (RPM) dari proses engkol mesin. Seperti terlihat pada Gambar 3.16 dibawah ini.



Gambar 3.16 Tachometer

10. Lesung/Alu

Lesung atau alu digunakan sebagai alat untuk menghaluskan cangkang sawit agar menjadi serbuk. Seperti terlihat pada Gambar 3.17 dibawah ini.



Gambar 3.17 Lesung/Alu

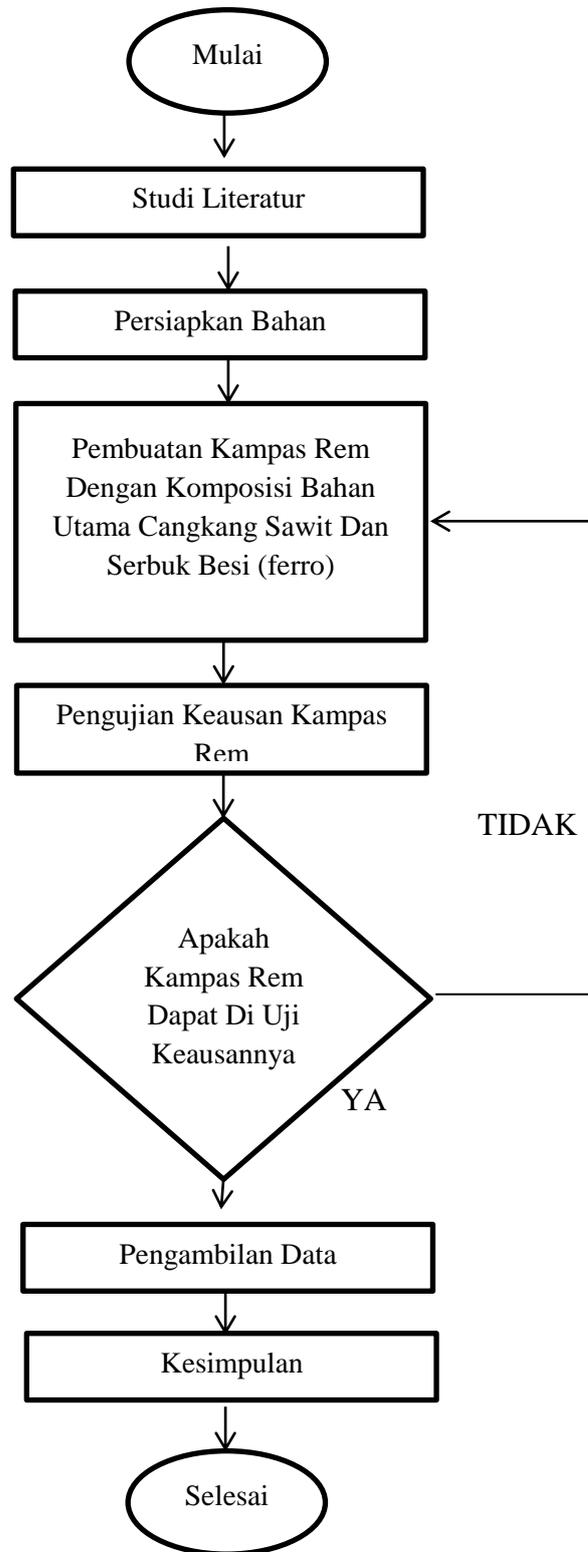
11. Mesh/Ayakan

Mesh atau ayakan digunakan sebagai alat untuk mentaring cangkang sawit agar lebih halus saat digunakan. Seperti terlihat pada Gambar 3.18 dibawah ini.



Gambar 3.18. Mesh/ Ayakan

3.3 Diagram Alir



3.4 Rancangan Alat Penelitian



Gambar 3.19 Mesin *Brake Dynamometer*

1. Siapkan spesimen kampas rem yang telah ditimbang menggunakan neraca analitik digital
2. Masukkan spesimen kampas rem yang mau diuji pada caliper rem mesin brake dynamometer.
3. Hidupkan mesin brake dynamometer lalu beri beban pada spesimen kampas rem.
4. Tekan tuas rem yang berada pada mesin brake dynamometer, sampai mesin mati.
5. Keluarkan spesimen kampas rem dari caliper lalu di timbang massa akhirnya.

3.5 Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini hal yang utama adalah mempersiapkan seluruh bahan yang dibutuhkan dengan komposisi massa yang tepat agar benda yang dihasilkan menjadi lebih baik. Serta mempersiapkan alat yang akan digunakan pada saat proses pembuatan dan pada saat pengujian.

Komposisi dan perbandingan bahan yang akan digunakan bisa dilihat pada tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3.2 komposisi dan perbandingan bahan

No	Bahan	Kampas Rem (%)			
		1	2	3	4
1	Serbuk Cangkang Sawit	17	20	24	27
2	Serbuk Besi (Ferro)	17	20	23	27
3	Serbuk Barium Sulfat	16	20	23	26
4	Resin	50	40	30	20

3.6 Pengujian Kampas Rem

Proses pengujian kampas rem dilakukan dengan menggunakan alat Brake Dynamometer yang berada di Laboratorium Manufaktur Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU).

1. Hal pertama yang harus dilakukan adalah menimbang semua kampas rem yang akan di uji untuk mengetahui massa awal sebelum pengujian menggunakan neraca analitik digital. Seperti terlihat pada Gambar 3.20 dibawah ini



Gambar 3.20 Penimbangan Kampas Rem Sebelum Diuji

2. Kemudian memasang kampas rem ke caliper rem yang berada pada Brake dynamometer. Seperti terlihat pada Gambar 3.21 dibawah ini



Gambar 3.21 Letak Caliper Rem

3. Lalu nyalakan mesin *Brake Dynamometer* dan tentukan putaran mesin dengan cara menggeserkan tuas gas untuk mendapatkan putaran mesin yang di inginkan yaitu 3000 rpm untuk melihat berapa putaran rpm mesin menggunakan alat ukur tachometer. Seperti terlihat pada Gambar 3.22 dibawah ini.



Gambar 3.22 Mengukur RPM Menggunakan *Tachometer*

4. Setelah putaran mesin sudah di tentukan kemudian beri beban pengereman terhadap kampas rem selama 60 detik (1 menit), beban dapat dilihat pada timbangan gantung yang terdapat pada alat *Brake Dynamometer*. Seperti terlihat pada Gambar 3.23 dibawah ini.



Gambar 3.23 Timbangan Gantung

5. Setelah 60 detik matikan alat *Brake Dynamometer* dan lepaskan kampas rem kemudian di timbang untuk mengetahui massa akhir setelah pengujian Seperti terlihat pada Gambar 3.24 dibawah ini.



Gambar 3.24 Penimbangan Kampas Rem Setelah Diuji

6. Selanjutnya lakukan pengujian kampas rem yang berikutnya dengan cara yang sama.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian Kampas Rem

Prosedur percobaan pengujian kampas rem berbahan komposit serbuk cangkang sawit dan serbuk besi (ferro) ini dilakukan dengan menggunakan alat *Brake dynamometer* yang berada di laboratorium Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Pengujian dilakukan dengan menggunakan variasi gaya pengereman yang berbeda yaitu 500gr, 1000gr dan 1500gr. Kampas rem komersial juga di uji sebagai perbandingan. Dari pengujian keausan kampas rem yang dilakukan, dihasilkan data yang dapat dilihat pada tabel 4.1, 4.2, dan 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.1. Data Uji Keausan Kampas Rem Berbahan Komposit Serbuk Cangkang Sawit dan Serbuk Besi (Ferro), Dengan Kampas Rem Komersial. Dengan Gaya 500 gr.

No	Produk	Massa Awal (g)	Massa Akhir (g)	Luas (mm ²)	Putaran (RPM)	Waktu (detik)	Gaya (g)	Keausan (g/mm ² .detik)
1	Kampas Rem 1 (Jantan)	69,086	69,078	1372	3112,2	60	500	9,718x10 ⁻⁸
2	Kampas Rem 1 (Betina)	61,624	61,615	1372	3112,2	60	500	1,093x10 ⁻⁷
3	Kampas Rem 2 (Jantan)	67,671	67,650	1372	3486,4	60	500	2,551x10 ⁻⁷
4	Kampas Rem 2 (Betina)	62,856	62,832	1372	3486,4	60	500	2,915x10 ⁻⁷
5	Kampas Rem 3 (Jantan)	67,734	67,715	1372	3295,1	60	500	2,308x10 ⁻⁷
6	Kampas Rem 3 (Betina)	57,870	57,851	1372	3295,1	60	500	2,308x10 ⁻⁷
7	Kampas Rem 4 (Jantan)	60,406	60,373	1372	3422,2	60	500	4,008x10 ⁻⁷
8	Kampas Rem 4 (Betina)	58,367	58,343	1372	3422,2	60	500	2,915x10 ⁻⁷

9	Komersial (Jantan)	52,768	52,739	1372	3419,5	60	500	$3,522 \times 10^{-7}$
10	Komersial (Betina)	47,900	47,886	1372	3419,5	60	500	$1,700 \times 10^{-7}$

Tabel 4.2. Data Uji Keausan Kampas Rem Berbahan Komposit Serbuk Cangkang Sawit dan Serbuk Besi (Ferro), Dengan Kampas Rem Komersial. Dengan Gaya 1000 gr.

No	Produk	Massa Awal (g)	Massa Akhir (g)	Luas (mm^2)	Putaran (RPM)	Waktu (detik)	Gaya (g)	Keausan ($\text{g}/\text{mm}^2 \cdot \text{detik}$)
1	Kampas Rem 1 (Jantan)	69,078	69,071	1372	3399,1	60	1000	$8,503 \times 10^{-8}$
2	Kampas Rem 1 (Betina)	61,615	61,606	1372	3399,1	60	1000	$1,093 \times 10^{-7}$
3	Kampas Rem 2 (Jantan)	67,650	67,636	1372	3494,2	60	1000	$1,700 \times 10^{-7}$
4	Kampas Rem 2 (Betina)	62,832	62,818	1372	3494,2	60	1000	$1,700 \times 10^{-7}$
5	Kampas Rem 3 (Jantan)	67,715	67,700	1372	3130,8	60	1000	$1,822 \times 10^{-7}$
6	Kampas Rem 3 (Betina)	57,851	57,845	1372	3130,8	60	1000	$7,288 \times 10^{-8}$
7	Kampas Rem 4 (Jantan)	60,373	60,359	1372	3156,0	60	1000	$1,700 \times 10^{-7}$
8	Kampas Rem 4 (Betina)	58,343	58,332	1372	3156,0	60	1000	$1,336 \times 10^{-7}$
9	Komersial (Jantan)	52,739	52,710	1372	3443,5	60	1000	$3,522 \times 10^{-7}$
10	Komersial (Betina)	47,886	47,871	1372	3443,5	60	1000	$1,822 \times 10^{-7}$

Tabel 4.3. Data Uji Keausan Kampas Rem Berbahan Komposit Serbuk Cangkang Sawit dan Serbuk Besi (Ferro), Dengan Kampas Rem Komersial. Dengan Gaya 1500 gr.

No	Produk	Massa Awal (g)	Massa Akhir (g)	Luas (mm ²)	Putaran (RPM)	Waktu (detik)	Gaya (g)	Keausan (g/mm ² .detik)
1	Kampas Rem 1 (Jantan)	69,071	69,064	1372	3551,1	60	1500	8,503x10 ⁻⁸
2	Kampas Rem 1 (Betina)	61,606	61,601	1372	3551,1	60	1500	6,073x10 ⁻⁸
3	Kampas Rem 2 (Jantan)	67,636	67,621	1372	3509,2	60	1500	1,822x10 ⁻⁷
4	Kampas Rem 2 (Betina)	62,818	62,804	1372	3509,2	60	1500	1,700x10 ⁻⁷
5	Kampas Rem 3 (Jantan)	67,700	67,696	1372	3127,9	60	1500	4,859x10 ⁻⁸
6	Kampas Rem 3 (Betina)	57,845	57,833	1372	3127,9	60	1500	1,457x10 ⁻⁷
7	Kampas Rem 4 (Jantan)	60,359	60,354	1372	3142,6	60	1500	6,073x10 ⁻⁸
8	Kampas Rem 4 (Betina)	58,332	58,321	1372	3142,6	60	1500	1,336x10 ⁻⁷
9	Komersial (Jantan)	52,710	52,689	1372	3453,2	60	1500	2,551x10 ⁻⁷
10	Komersial (Betina)	47,871	47,858	1372	3453,2	60	1500	1,579x10 ⁻⁷

4.2 Analisa Data Uji Keausan

4.2.1 Gaya Pengereman 500 gram

Tabel 4.4. Analisa Data Uji Keausan Kampas Rem Berbahan Komposit Serbuk Cangkang Sawit dan Serbuk Besi (Ferro), Dengan Kampas Rem Komersial. Dengan Gaya 500 gr.

No	Produk	Massa Awal (g)	Massa Akhir (g)	Luas (mm ²)	Putaran (RPM)	Waktu (detik)	Gaya (g)	Keausan (g/mm ² .detik)
1	Kampas Rem 1 (Jantan)	69,086	69,078	1372	3112,2	60	500	9,718x10 ⁻⁸
2	Kampas Rem 1 (Betina)	61,624	61,615	1372	3112,2	60	500	1,093x10 ⁻⁷
3	Kampas Rem 2 (Jantan)	67,671	67,650	1372	3486,4	60	500	2,551x10 ⁻⁷
4	Kampas Rem 2 (Betina)	62,856	62,832	1372	3486,4	60	500	2,915x10 ⁻⁷
5	Kampas Rem 3 (Jantan)	67,734	67,715	1372	3295,1	60	500	2,308x10 ⁻⁷
6	Kampas Rem 3 (Betina)	57,870	57,851	1372	3295,1	60	500	2,308x10 ⁻⁷
7	Kampas Rem 4 (Jantan)	60,406	60,373	1372	3422,2	60	500	4,008x10 ⁻⁷
8	Kampas Rem 4 (Betina)	58,367	58,343	1372	3422,2	60	500	2,915x10 ⁻⁷
9	Komersial (Jantan)	52,768	52,739	1372	3419,5	60	500	3,522x10 ⁻⁷
10	Komersial (Betina)	47,900	47,886	1372	3419,5	60	500	1,700x10 ⁻⁷

Untuk menghitung atau mencari nilai keausan menggunakan persamaan :

$$W = \frac{m_0 - m_1}{A \times t}$$

Beban 500 gr

Kampas Rem 1 Jantan

$$W = \frac{69,086 - 69,078}{1372 \times 60} = \frac{0,008}{82320} = 9,718 \times 10^{-8} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Kampas Rem 1 Betina

$$W = \frac{61,624 - 61,615}{1372 \times 60} = \frac{0,009}{82320} = 1,093 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Kampas Rem 2 Jantan

$$W = \frac{67,671 - 67,650}{1372 \times 60} = \frac{0,021}{82320} = 2,551 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Kampas Rem 2 Betina

$$W = \frac{62,856 - 62,832}{1372 \times 60} = \frac{0,024}{82320} = 2,915 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Kampas Rem 3 Jantan

$$W = \frac{67,734 - 67,715}{1372 \times 60} = \frac{0,019}{82320} = 2,308 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Kampas Rem 3 Betina

$$W = \frac{57,870 - 57,851}{1372 \times 60} = \frac{0,019}{82320} = 2,308 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Kampas Rem 4 Jantan

$$W = \frac{60,406 - 60,373}{1372 \times 60} = \frac{0,033}{82320} = 4,008 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Kampas Rem 4 Betina

$$W = \frac{58,367 - 58,343}{1372 \times 60} = \frac{0,024}{82320} = 2,915 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Komersial Jantan

$$W = \frac{52,768 - 52,739}{1372 \times 60} = \frac{0,029}{82320} = 3,522 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Komersial Betina

$$W = \frac{47,900 - 47,886}{1372 \times 60} = \frac{0,014}{82320} = 1,700 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$$

4.2.2 Gaya Pengereman 1000 gram

Tabel 4.5. Analisa Data Uji Keausan Kampas Rem Berbahan Komposit Serbuk Cangkang Sawit dan Serbuk Besi (Ferro), Dengan Kampas Rem Komersial. Dengan Gaya 1000 gr.

No	Produk	Massa Awal (g)	Massa Akhir (g)	Luas (mm ²)	Putaran (RPM)	Waktu (detik)	Gaya (g)	Keausan (g/mm ² .detik)
1	Kampas Rem 1 (Jantan)	69,078	69,071	1372	3399,1	60	1000	8,503x10 ⁻⁸
2	Kampas Rem 1 (Betina)	61,615	61,606	1372	3399,1	60	1000	1,093x10 ⁻⁷
3	Kampas Rem 2 (Jantan)	67,650	67,636	1372	3494,2	60	1000	1,700x10 ⁻⁷
4	Kampas Rem 2 (Betina)	62,832	62,818	1372	3494,2	60	1000	1,700x10 ⁻⁷
5	Kampas Rem 3 (Jantan)	67,715	67,700	1372	3130,8	60	1000	1,822x10 ⁻⁷
6	Kampas Rem 3 (Betina)	57,851	57,845	1372	3130,8	60	1000	7,288x10 ⁻⁸
7	Kampas Rem 4 (Jantan)	60,373	60,359	1372	3156,0	60	1000	1,700x10 ⁻⁷
8	Kampas Rem 4 (Betina)	58,343	58,332	1372	3156,0	60	1000	1,336x10 ⁻⁷
9	Komersial (Jantan)	52,739	52,710	1372	3443,5	60	1000	3,522x10 ⁻⁷
10	Komersial (Betina)	47,886	47,871	1372	3443,5	60	1000	1,822x10 ⁻⁷

Untuk menghitung atau mencari nilai keausan menggunakan persamaan :

$$W = \frac{m_0 - m_1}{A \cdot t}$$

Beban 1000 gr

Kampas Rem 1 Jantan

$$W = \frac{69,078 - 69,071}{1372 \times 60} = \frac{0,007}{82320} = 8,503 \times 10^{-8} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Kampas Rem 1 Betina

$$W = \frac{61,615 - 61,606}{1372 \times 60} = \frac{0,009}{82320} = 1,093 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Kampas Rem 2 Jantan

$$W = \frac{67,650 - 67,636}{1372 \times 60} = \frac{0,014}{82320} = 1,700 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Kampas Rem 2 Betina

$$W = \frac{62,832 - 62,818}{1372 \times 60} = \frac{0,014}{82320} = 1,700 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Kampas Rem 3 Jantan

$$W = \frac{67,715 - 67,700}{1372 \times 60} = \frac{0,015}{82320} = 1,822 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Kampas Rem 3 Betina

$$W = \frac{57,851 - 57,845}{1372 \times 60} = \frac{0,006}{82320} = 7,288 \times 10^{-8} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Kampas Rem 4 Jantan

$$W = \frac{60,373 - 60,359}{1372 \times 60} = \frac{0,014}{82320} = 1,700 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Kampas Rem 4 Betina

$$W = \frac{58,343 - 58,332}{1372 \times 60} = \frac{0,011}{82320} = 1,336 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Komersial Jantan

$$W = \frac{52,739 - 52,710}{1372 \times 60} = \frac{0,029}{82320} = 3,522 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Komersial Betina

$$W = \frac{47,886 - 47,871}{1372 \times 60} = \frac{0,015}{82320} = 1,822 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$$

4.2.3 Gaya Pengereman 1500 gram

Tabel 4.6. Analisa Data Uji Keausan Kampas Rem Berbahan Komposit Serbuk Cangkang Sawit dan Serbuk Besi (Ferro), Dengan Kampas Rem Komersial. Dengan Gaya 1500 gr.

No	Produk	Massa Awal (g)	Massa Akhir (g)	Luas (mm ²)	Putaran (RPM)	Waktu (detik)	Gaya (g)	Keausan (g/mm ² .detik)
1	Kampas Rem 1 (Jantan)	69,071	69,064	1372	3551,1	60	1500	8,503x10 ⁻⁸
2	Kampas Rem 1 (Betina)	61,606	61,601	1372	3551,1	60	1500	6,073x10 ⁻⁸
3	Kampas Rem 2 (Jantan)	67,636	67,621	1372	3509,2	60	1500	1,822x10 ⁻⁷
4	Kampas Rem 2 (Betina)	62,818	62,804	1372	3509,2	60	1500	1,700x10 ⁻⁷
5	Kampas Rem 3 (Jantan)	67,700	67,696	1372	3127,9	60	1500	4,859x10 ⁻⁸
6	Kampas Rem 3 (Betina)	57,845	57,833	1372	3127,9	60	1500	1,457x10 ⁻⁷
7	Kampas Rem 4 (Jantan)	60,359	60,354	1372	3142,6	60	1500	6,073x10 ⁻⁸
8	Kampas Rem 4 (Betina)	58,332	58,321	1372	3142,6	60	1500	1,336x10 ⁻⁷
9	Komersial (Jantan)	52,710	52,689	1372	3453,2	60	1500	2,551x10 ⁻⁷
10	Komersial (Betina)	47,871	47,858	1372	3453,2	60	1500	1,579x10 ⁻⁷

Untuk menghitung atau mencari nilai keausan menggunakan persamaan :

$$W = \frac{m_0 - m_1}{A \cdot t}$$

Beban 1500 gr

Kampas Rem 1 Jantan

$$W = \frac{69,071 - 69,064}{1372 \times 60} = \frac{0,007}{82320} = 8,503 \times 10^{-8} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Kampas Rem 1 Betina

$$W = \frac{61,606 - 61,601}{1372 \times 60} = \frac{0,005}{82320} = 6,073 \times 10^{-8} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Kampas Rem 2 Jantan

$$W = \frac{67,636 - 67,621}{1372 \times 60} = \frac{0,015}{82320} = 1,822 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Kampas Rem 2 Betina

$$W = \frac{62,818 - 62,804}{1372 \times 60} = \frac{0,014}{82320} = 1,700 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Kampas Rem 3 Jantan

$$W = \frac{67,700 - 67,696}{1372 \times 60} = \frac{0,004}{82320} = 4,859 \times 10^{-8} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Kampas Rem 3 Betina

$$W = \frac{57,845 - 57,833}{1372 \times 60} = \frac{0,012}{82320} = 1,457 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Kampas Rem 4 Jantan

$$W = \frac{60,359 - 60,354}{1372 \times 60} = \frac{0,005}{82320} = 6,073 \times 10^{-8} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Kampas Rem 4 Betina

$$W = \frac{58,332 - 58,321}{1372 \times 60} = \frac{0,011}{82320} = 1,336 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Komersial Jantan

$$W = \frac{52,710 - 52,689}{1372 \times 60} = \frac{0,021}{82320} = 2,551 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Komersial Betina

$$W = \frac{47,871 - 47,858}{1372 \times 60} = \frac{0,013}{82320} = 1,579 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$$

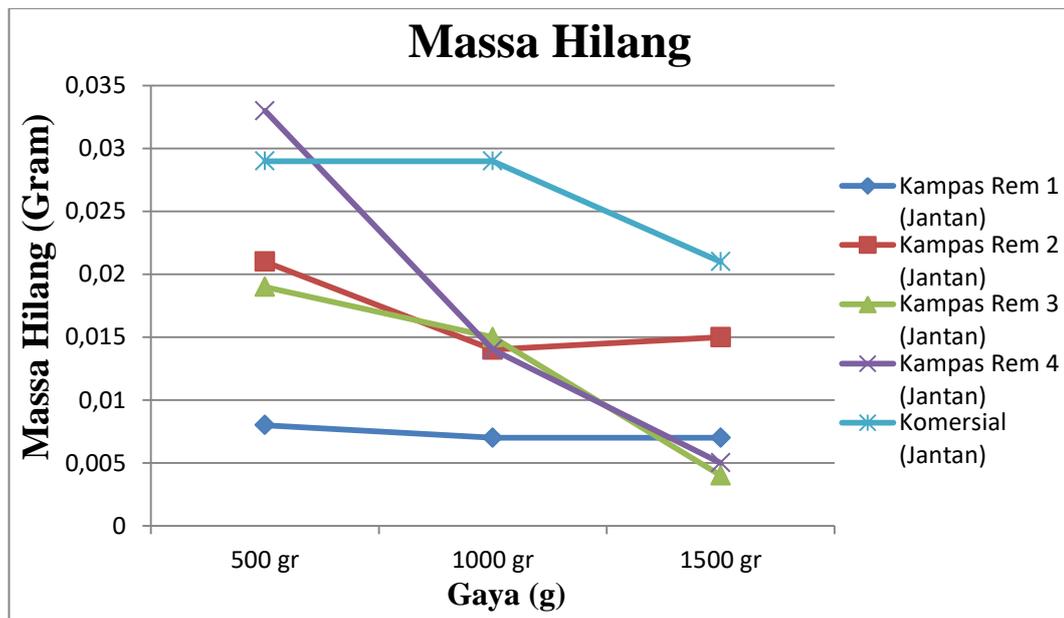
4.3 Grafik Keausan Kampas Rem

Grafik perbandingan massa yg hilang dari massa awal hingga massa akhir dengan variasi beban yang dilakukan pada kampas rem saat pengujian keausan. Dapat dilihat pada tabel 4.7 gambar 4.1 Grafik Massa Hilang dibawah ini.

Tabel 4.7. Massa Hilang Kampas Rem 1 (Jantan)

No	Produk	Massa Hilang		
		500 gr	1000 gr	1500 gr
1	Kampas Rem 1 (Jantan)	0,008	0,007	0,007
2	Kampas Rem 2 (Jantan)	0,021	0,014	0,015
3	Kampas Rem 3 (Jantan)	0,019	0,015	0,004
4	Kampas Rem 4 (Jantan)	0,033	0,014	0,005
5	Komersial (Jantan)	0,029	0,029	0,021

Grafik yang dihasilkan dari tabel 4.7. dapat dilihat pada Gambar 4.1 dibawah ini



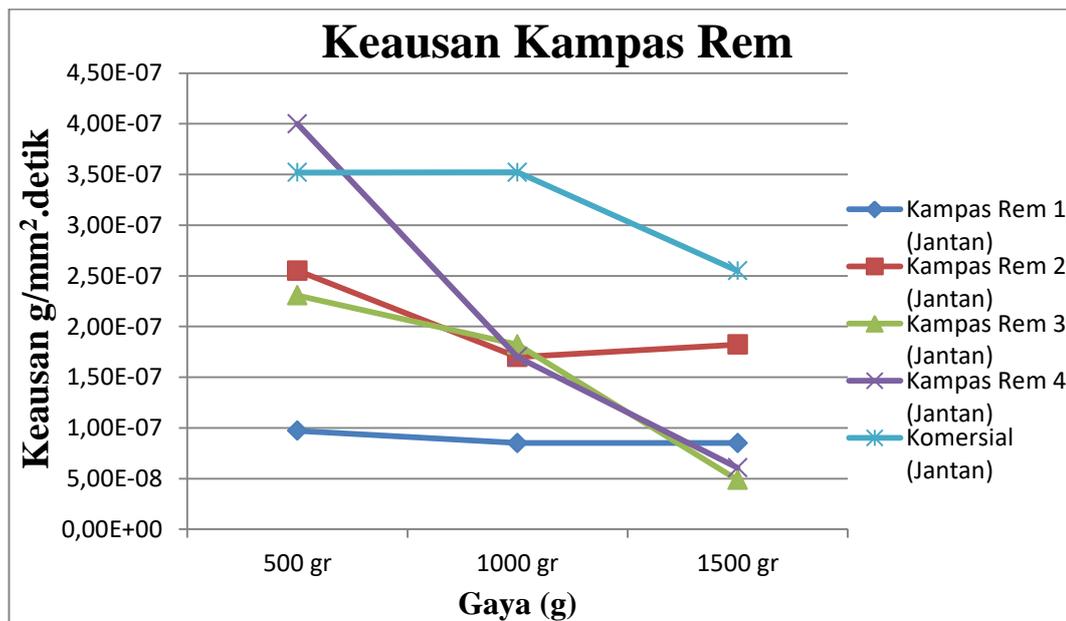
Gambar 4.1 Grafik Massa Hilang Kampas Rem (Jantan)

Terjadinya penurunan pada grafik disebabkan oleh penambahan beban pengereman dari 500g, 1000g, hingga 1500g, terhadap kampas rem.

Tabel 4.8. Keausan Kampas Rem (Jantan)

No	Produk	Gaya	Gaya	Gaya
		(500g)	(1000g)	(1500g)
		Keausan (g/mm ² .detik)		
1	Kampas Rem 1 (Jantan)	$9,718 \times 10^{-8}$	$8,503 \times 10^{-8}$	$8,503 \times 10^{-8}$
2	Kampas Rem 2 (Jantan)	$2,551 \times 10^{-7}$	$1,700 \times 10^{-7}$	$1,822 \times 10^{-7}$
3	Kampas Rem 3 (Jantan)	$2,308 \times 10^{-7}$	$1,822 \times 10^{-7}$	$4,859 \times 10^{-8}$
4	Kampas Rem 4 (Jantan)	$4,008 \times 10^{-7}$	$1,700 \times 10^{-7}$	$6,073 \times 10^{-8}$
5	Komersial (Jantan)	$3,522 \times 10^{-7}$	$3,522 \times 10^{-7}$	$2,551 \times 10^{-7}$

Grafik yang dihasilkan dari tabel 4.8. dapat dilihat pada Gambar 4.2 dibawah ini



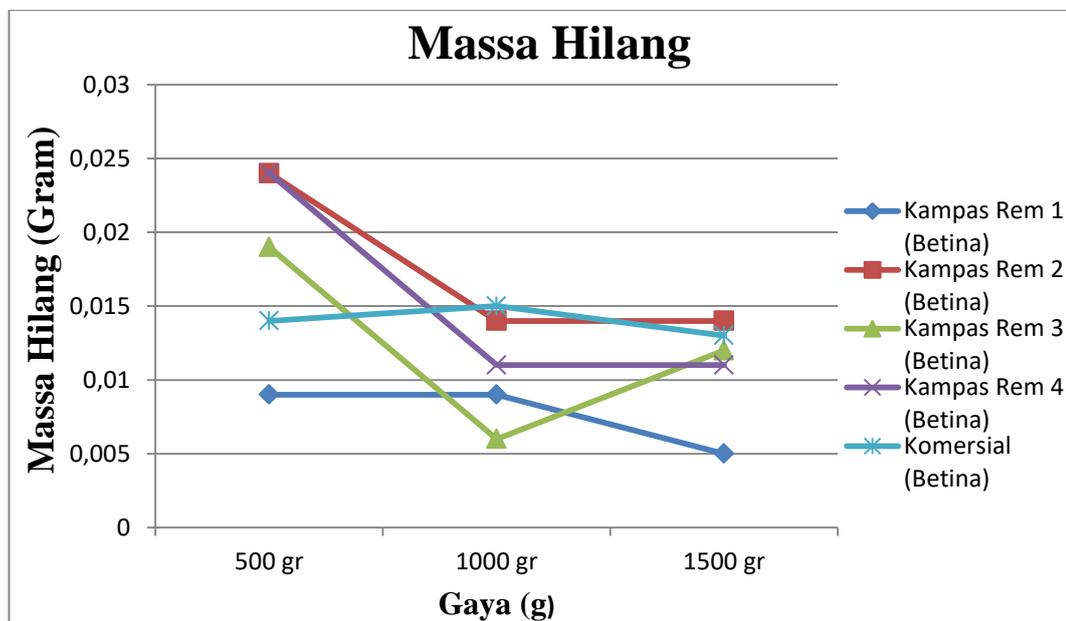
Gambar 4.2 Grafik keausan Kampas Rem (Jantan)

Dari gaya pengereman 500gr, 100gr, dan 1500gr grafik diatas menghasilkan tingkat keausan yang berbeda dengan nilai tingkat keausan paling kecil pada kampas rem 1 jantan dikarenakan bahan yang digunakan berbeda.

Tabel 4.9. Massa Hilang Kampas Rem (Betina)

No	Produk	Massa Hilang		
		500 gr	1000 gr	1500 gr
1	Kampas Rem 1 (Betina)	0,009	0,009	0,005
2	Kampas Rem 2 (Betina)	0,024	0,014	0,014
3	Kampas Rem 3 (Betina)	0,019	0,006	0,012
4	Kampas Rem 4 (Betina)	0,024	0,011	0,011
5	Komersial (Betina)	0,014	0,015	0,013

Grafik yang dihasilkan dari tabel 4.9. dapat dilihat pada Gambar 4.3 dibawah ini



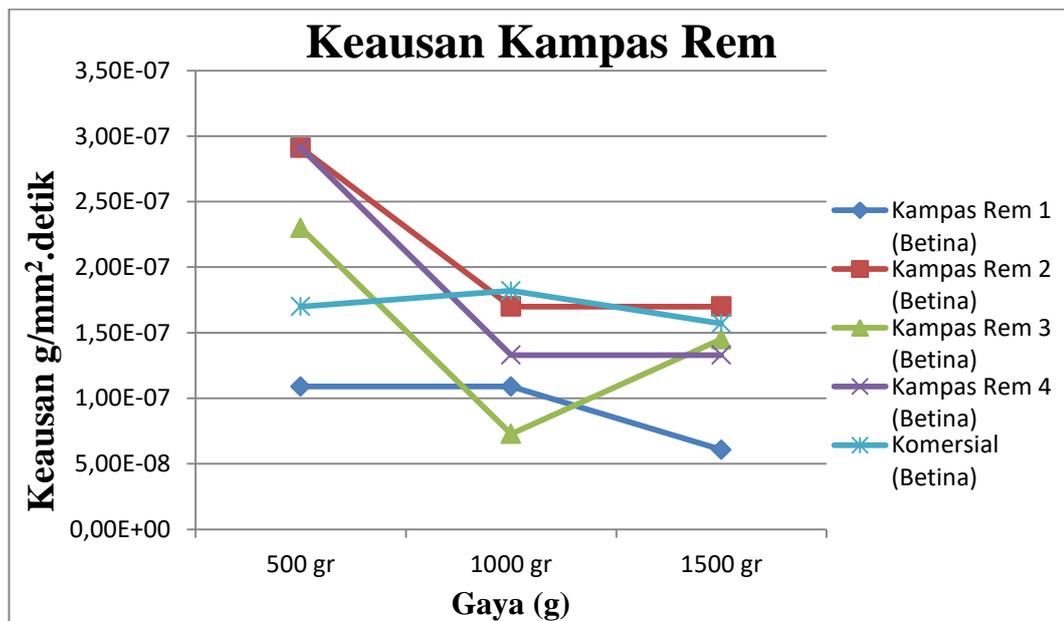
Gambar 4.3 Grafik Massa Hilang Kampas Rem (Betina)

Terjadinya penurunan pada grafik disebabkan oleh penambahan beban pengereman dari 500g, 1000g, hingga 1500g, terhadap kampas rem.

Tabel 4.10. Keausan Kampas Rem (Betina)

No	Produk	Gaya	Gaya	Gaya
		(500g)	(1000g)	(1500g)
		Keausan (g/mm ² .detik)		
1	Kampas Rem 1 (Betina)	1,093x10 ⁻⁷	1,093x10 ⁻⁷	6,073x10 ⁻⁸
2	Kampas Rem 2 (Betina)	2,915x10 ⁻⁷	1,700x10 ⁻⁷	1,700x10 ⁻⁷
3	Kampas Rem 3 (Betina)	2,308x10 ⁻⁷	7,288x10 ⁻⁸	1,457x10 ⁻⁷
4	Kampas Rem 4 (Betina)	2,915x10 ⁻⁷	1,336x10 ⁻⁷	1,336x10 ⁻⁷
5	Komersial (Betina)	1,700x10 ⁻⁷	1,822x10 ⁻⁷	1,579x10 ⁻⁷

Grafik yang dihasilkan dari tabel 4.10. dapat dilihat pada Gambar 4.4 dibawah ini



Gambar 4.4 Grafik keausan Kampas Rem (Betina)

Dari gaya pengereman 500gr, 100gr, dan 1500gr grafik diatas menghasilkan tingkat keausan yang berbeda dengan nilai tingkat keausan paling kecil pada kampas rem 1 betina dikarenakan bahan yang digunakan berbeda.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dan saran dari penelitian dan pengujian keausan kampas rem berbahan komposit serbuk cangkang sawit dan serbuk besi (ferro) ini dilakukan dengan menggunakan alat *Brake Dynamometer* yang berada di Laboratorium Fenoma Dasar Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Pengujian dilakukan dengan Menggunakan variasi bahan yang berbeda dan variasi gaya yang berbeda yaitu 500gr, 1000gr, dan 1500gr.

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah didapatkannya komposisi bahan terbaik untuk tingkat keausan paling kecil, dari hasil pengujian dapat dihasilkan kampas rem 1 dengan serbuk cangkang sawit 17% dan serbuk besi (Ferro) 17% memiliki tingkat keausan lebih kecil. Jantan dengan nilai keausan $9,718 \times 10^{-8}$ g/mm².detik pada gaya 500g, $8,503 \times 10^{-8}$ g/mm².detik pada gaya 1000g, dan $8,503 \times 10^{-8}$ g/mm².detik pada gaya 1500g. Betina dengan nilai keausan $1,093 \times 10^{-7}$ g/mm².detik pada gaya 500g, $1,093 \times 10^{-7}$ g/mm².detik pada gaya 1000g, dan $6,073 \times 10^{-8}$ g/mm².detik pada gaya 1500g. Sedangkan kampas rem yang tingkat kehausannya paling besar adalah kampas rem komersial. Jantan dengan nilai keausan $3,522 \times 10^{-7}$ g/mm².detik pada gaya 500g, $3,522 \times 10^{-7}$ g/mm².detik pada gaya 1000g, dan $2,551 \times 10^{-7}$ g/mm².detik pada gaya 1500g. Betina dengan nilai keausan $1,700 \times 10^{-7}$ g/mm².detik pada gaya 500g, $1,822 \times 10^{-7}$ g/mm².detik pada gaya 1000g, dan $1,579 \times 10^{-7}$ g/mm².detik pada gaya pengereman 1500g.

5.2 Saran

Saran pada Penelitian ini adalah :

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan komposisi serbuk cangkang sawit dengan massa yang lebih bervariasi lagi.
2. Perlu dilakukannya penelitian lanjutan dalam hal untuk mencari Kandungan cangkang kelapa sawit.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahri, S. (2019). Pemanfaatan Limbah Serbuk Besi Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Aspal Panas. *Inersia, Jurnal Teknik Sipil*, 9(2), 39–46.
<https://doi.org/10.33369/ijts.9.2.39-46>
- Fajri, R. I., Tarkono, ., & Sugiyanto, . (2013). Studi Sifat Mekanik Komposit Serat Sansevieria Cylindrica Dengan Variasi Fraksi Volume Bermatrik Polyester. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 1(2), 704947.
<https://journal.eng.unila.ac.id/index.php/fema/article/view/53>
- hidayah, S. nur. (2019). *PENGUJIAN KARAKTERISTIK KAMPAS REM CAKRAM BERBAHAN KOMPOSIT SERBUK ARANG LIDI KELAPA SAWIT*. <https://doi.org/10.31227/osf.io/n4f68>
- HRP, A. P. (2020). *Analisis Keausan Kampas Rem Sepeda Motor Berbahan Komposit Serbuk Cangkang Kelapa Sawit* (Vol. 2, Issue 1).
- Kurniati, E. (2008). Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Arang Aktif. *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik*, 8(2), 96–103.
- M.Yani. (2016). *Kekuatan Komposit Polymeric Foam Diperkuat Serat*. 4(2), 67–76.
- Mukmin, S. S. (2017). Analisa Keausan Kampas Rem Non Asbes Terbuat. *Inovtek Polbeng*, 07(2), 210–214.
- Multazam, A., Zainuri, A., & Sujita, S. (2012). Analisa Pengaruh Variasi Merek Kampas Rem Tromol Dan Kecepatan Sepeda Motor Honda Supra X125 Terhadap Keausan Kampas Rem. *Dinamika Teknik Mesin*, 2(2), 100–107.
<https://doi.org/10.29303/d.v2i2.101>
- Simanjorang, B. P. (2014). *Pembuatan dan analisa sifat mekanik komposit dengan penguat abu (fly ash) cangkang sawit untuk bahan kampas rem sepeda motor*.
- Sipayung, R. A., Ambarita, H., Nur, T. B., Pintoro, A., Mesin, D. T., Teknik, F., & Utara, U. S. (2017). Pembuatan dan analisa sifat mekanik komposit dengan penguat abu (fly ash) cangkang sawit untuk bahan kampas rem sepeda motor. *Jurnal Dinamis*, 5(1), 42–50.
- Sulhatun. (2012). Pemanfaatan Asap Cair Berbasis Cangkang Sawit Sebagai Bahan Pengawet Alternative. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 1(November),

91–100.

Bekti Suroso. (2019). Membandingkan Cetakan Terbuka Dengan Tertutup Pada Pembuatan Papan Skate Board Dari Limbah Sawit. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 2(2), 150–157.

<https://doi.org/10.30596/rmme.v2i2.3669>

Syahza, A. (2013). Potensi pengembangan industri kelapa sawit 1. *J. Penelitian MP3EI*, 1(1), 1–10.

Wahyudi, H. T., Mufarida, N. A., & Kosjoko, K. (2018). Pengaruh Variasi Lubang Piringan Cakram Terhadap Pelepasan Panas Pada Motor Matic 110 Cc. *J-Proteksion*, 2(2), 9. <https://doi.org/10.32528/jp.v2i2.2224>

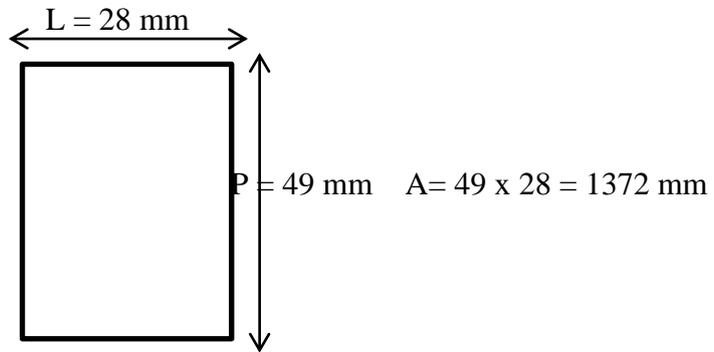
Yudhanto, F., Dhewanto, S. A., & Yakti, S. W. (2019). Karakterisasi Bahan Kampas Rem Sepeda Motor Dari Komposit Serbuk Kayu Jati. *Quantum Teknika : Jurnal Teknik Mesin Terapan*, 1(1), 19–27.

<https://doi.org/10.18196/jqt.010104>

LAMPIRAN

Luas Kampas Rem

$$A = p \times l$$





LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Analisis Komposit Dengan Penguat Cangkang Sawit Dan Serbuk Besi (Ferro) Untuk Bahan Kampas Rem Sepeda Motor

Nama : Aulia Ferdianda
NPM : 1807230057

Dosen Pembimbing : M. Yani, S.T.,M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	Senin/28-02-2022	Diberikan Spesifikasi Tugas Akhir	myfr
2.	Senin/28-02-2022	Bab I, Perbaiki latar belakang, rumusan masalah & tujuan	myfr
3.	Senin/28-02-2022	Bab II, Perbaiki Tinjauan Pustaka, tambahkan citasi dari dosen UMSI yg sesuai dgn judul	myfr
4.	Kamis/03-03-2022	Bab III, Perbaiki Flowchart	myfr
5.	Sabtu/20-08-2022	Ace seminar proposal	myfr
6.	Sabtu/20-08-2022	Perbaiki bab IV, tambahkan perhitungan yang sesuai dgn rumus yang berlaku	myfr
7.	Sabtu/20-08-2022	Perbaiki bab V, lengkapi dgn tujuan penelitian	myfr
8.	Kamis/01-09-2022	lengkapi semua lampiran & daftar isi	myfr
9.	Senin/05-09-2022	Ace seminar hasil	myfr



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya
Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 89/SK/BAN-PT/Akred/PT/III/2019
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003
<http://fatek.umsu.ac.id> fatek@umsu.ac.id [umsu](#) [umsu](#) [umsu](#) [umsu](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 1634/II.3AU/UMSU-07/F/2021

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 09 November 2021 dengan ini Menetapkan :

Nama : AULIA FERDIANDA
Npm : 1807230057
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : VII (TUJUH)
Judul Tugas Akhir : ANALISIS KOMPOSIT DENGAN PENGUAT CANGKANG SAWIT DAN SERBUK BESI (FERRO) UNTUK BAHAN KAMPAS REM SEPEDA MOTOR

Pembimbing : M. YANI, ST, MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.
Medan, 04 Rabi'ul Akhir 1443 H
09 November 2021 M



Dekan

Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202



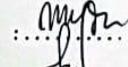
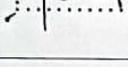
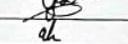
**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK - UMSU
TAHUN AKADEMIK 2021 - 2022**

Peserta seminar

Nama : Aulia Ferdianda

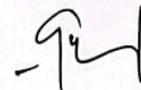
NPM : 1807230057

Judul Tugas Akhir : Analisis Komposit Dengan Penguat Cangkang Sawit Dan Serbuk Besi (Ferro) Untuk Bahan Kampas Rem Sepeda Motor

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing - I	: M. Yani, ST, MT		
Pemanding - I	: H. Muharnif, ST, M.Sc		
Pemanding - II	: Chandra A Siregar, ST, MT		
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1507230074	Jumardi	
2	1607230051	Mhd. Mulyana Husni	
3	1607230125	ARMAD Aji RAHBANA	
4	1807230142	Yusuf Lubis	
5	1607230007	Muhammad Akbar	
6	1707230078	RIZKI AGUSTIAR	
7	1607230028	RIZKI KURNIAWATI	
8	1607230161	M. ARIANDI	
9			
10			

Medan, 16 Shafar 1444 H
13 September 2022 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Aulia Ferdianda
NPM : 1807230057
Judul Tugas Akhir : Analisis Komposit Dengan Penguat Cangkang Sawit Dan Serbuk Besi (Ferro) Untuk Bahan Kampas Rem Sepeda Motor

Dosen Pembanding – I : H. Muharnif, ST, M.Sc
Dosen Pembanding – II : Chandra A Siregar, ST, MT
Dosen Pembimbing – I : M. Yani, ST, MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

.....
Ubat buku skripsi
.....
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

.....
.....
.....
.....

Medan, 16 Shafar 1444 H
13 September 2022 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- I



H. Muharnif, ST, M.Sc

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Aulia Ferdianda
NPM : 1807230057
Judul Tugas Akhir : Analisis Komposit Dengan Penguat Cangkang Sawit Dan Serbuk Besi (Ferro) Untuk Bahan Kampas Rem Sepeda Motor

Dosen Pembanding – I : H. Muharnif, ST, M.Sc
Dosen Pembanding – II : Chandra A Siregar, ST, MT
Dosen Pembimbing – I : M. Yani, ST, MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

..... *lihat bentuk pengus atikan*

.....

.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

.....

.....

.....

Medan 16 Shafar 1444 H
13 September 2022 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- II



Chandra A Siregar, ST, MT

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama : Aulia Ferdian
Jenis Kelamin : Laki-laki
Tempat, Tanggal Lahir : Pangkalan Susu, 08 November 2000
Alamat : Jln. Ksatria No.46 RT/RW :000/000
Kel/Des : Bukit Jengkol Kecamatan :
Pangkalan Susu
E-mail : auliaferdian33@gmail.com
No.Hp : 082277046311

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SD N 050771 Pangkalan Susu Tahun 2006-2012
2. SMP N 1 Pangkalan Susu Tahun 2012-2015
3. SMA N 1 Pangkalan Susu Tahun 2015-2018
4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2018-2022