

TUGAS AKHIR
ANALISIS KEAUSAN KAMPAS REM SEPEDA MOTOR
BERBAHAN KOMPOSIT SERBUK ALUMINIUM

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

Disusun Oleh:

SAINUL ARIFIN LUBIS
1507230114



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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Sainul Arifin Lubis
NPM : 1507230114
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisis Keausan Kampas Rem Sepeda Motor
Berbahan Komposit Serbuk Aluminium
Bidang Ilmu : Kontruksi & Manufaktur

Telah berhasil bertahan dihadapan tim penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 08 Maret 2022

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I

Rahmatullah S.T, M.Sc

Dosen Penguji II

Munawar Alfansury Siregar S.T, M.T

Dosen Penguji III

Khairul Umurani, S.T, M.T

Dosen Penguji IV

M. Yani, S.T, M.T



Program Studi Teknik Mesin

Hamara A Siregar, S.T, M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Sainul Arifin Lubis
Tempat/Tanggal Lahir : Medan, 21 Mei 1996
NPM : 1507230114
Bidang Konsentrasi : Manufaktur
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas sarjana saya ini yang berjudul :

“Analisis keausan kampas rem sepeda motor berbahan komposit serbuk aluminium”

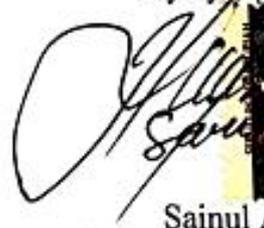
Bukan merupakan pencurian hasil karya milik orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material mauoun non material, ataupun segala kemungkinan lain yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas sarjana saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim fakultas yang dibentuk untuk verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran diri 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, 8 Maret 2022

Saya yang menyatakan



Sainul Arifin Lubis

ABSTRAK

Pemanfaatan limbah sisa proses pembubutan atau biasa disebut bram di perbengkelan industri manufactur. Dari adanya sisa proses pembubutan yaitu bram menghasilkan sebuah ide, salah satunya ialah dengan menggunakan sisa serbuk aluminium sebagai bahan pengisi komposit dalam pembuatan kampas rem sepeda motor matic Honda. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keausan kampas rem berbahan komposit serbuk aluminium yang menggunakan variasi bahan serbuk aluminium yang berbeda agar mendapatkan tingkat keausan yang paling kecil. Bahan yang digunakan untuk membuat kampas rem berbahan komposit ini adalah, serbuk aluminium, serbuk barium sulfat, serbuk kalsium karbonat, serbuk grafit/arang, *aerosol fiberglass*, resin dan katalis sebagai pengikat nya. 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.3 dengan massa 5 gram serbuk aluminium memiliki tingkat keausan paling kecil dengan beban pengereman minimum, menghasilkan nilai keausan $0,607 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$ dan, nilai keausan $0,729 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$ pada beban pengereman maximum. Sedangkan kampas rem yang tingkat keausannya paling besar adalah kampas rem no.2 dengan massa 4 gram serbuk aluminium dengan pembebanan minimum menghasilkan nilai keausan $1,093 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$ dan nilai keausan $1,700 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$ pada beban pengereman maximum. Dan jika sudah memenuhi karakteristik akan dibuat kampas rem yang terbaik dalam bentuk yang lebih baik.

Kata kunci: Kampas Rem, Serbuk Aluminium, Keausan, Brake Dynamometer

ABSTRAC

The availability of abundant palm shells based on data from the Palm Oil Plantation Fund Management Agency (BPDPKS) of palm oil waste production in 2017 is the production of 20 million tons of mesocarp fiber, 9 million tons of palm shells and 31 million tons of empty bunches. Data from the palm shell waste produced an idea, one of which was to use the palm shell as a composite filler in the manufacture of Honda matic motorcycle brake pads. This study aims to determine the level of wear of brake pads made from a composite of oil palm shell powder using different variations of the palm shell material in order to obtain the smallest level of wear. The materials used to make this composite brake lining are palm shell powder, aluminum powder, barium sulfate powder, calcium carbonate powder, graphite / charcoal powder, fiberglass aerosol, resin and catalyst as the binder. The manufacturing process is done by mixing all the ingredients according to a predetermined composition, after that through the process of compacting or pressing for 30 minutes with a force of 2000kgf then entering the process of sintering or heating for 30 minutes. Testing to determine the level of reliability is done by using the Brake Dynamometer, with a braking load force of 500gr, 1000gr, and 1500gr from the test results can be generated brake No. 1 with a mass of 3 grams of palm shell powder has the smallest wear rate with a minimum braking load, resulting wear value $1,943 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2$.det ik and, wear value $2,551 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2$.det ik at maximum braking load. While the brake lining with the highest level of wear is brake no.2 with a mass of 4 grams of palm shell powder with minimum loading resulting in a wear value of $2.429 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2$.det ik and a wear value of $2.915 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2$.det ik at maximum braking load. And if it meets the characteristics, the best brake lining will be made in a better shape.

Keywords: Brake Lining, Palm Shell Powder, Wear, Brake Dynamometer

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 laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “*Analisis keausan kampas rem sepeda motor berbahan komposit serbuk aluminium*” 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 laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Khairul Umurani, S.T, M.T, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak M. Yani, S.T, M.T, selaku Dosen Pimbimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Rahmatullah, S.T, M.Sc, selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Affandi, S.T, M.T, yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu kemesinan kepada penulis.

7. Orang tua penulis: Salamat Lubis dan Anna Sari Hasibuan, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat-sahabat penulis: Ariansyah Pratama, Muhammad Arsyad, Muhammad Syahdan Syafrizal S.T, M. Dipo Pamungkas, Yunita Ariani Nasution, ST dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan 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 dunia konstruksi Teknik Sipil/Mesin/Elektro.

Medan, 8 Maret 2022

Sainul Arifin Lubis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	i
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRAC</i>	iv
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang lingkup	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.4.1. Tujuan Umum	2
1.4.2. Tujuan Khusus	2
1.5 Manfaat	3
BAB 2	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Perkembangan Teknologi Bahan Kampas Rem	4
2.2 Sistem Rem	5
2.3 Pembahasan Rem	5
2.3.1 Pengertian Rem	5
2.3.2 Fungsi Rem	6
2.3.3 Prinsip Rem	6
2.3.4 Jenis-Jenis Rem	7
2.4 Defenisi kampas rem	12
2.4.1 Pengertian komposit	13
2.4.2 Klasifikasi Bahan Komposit	14
2.4.3 Bahan Komposit Partikel	15
2.4.4 Bahan Komposit Serat	16
2.4.5 Bagian utama komposit	17
2.4.6 Matriks	17
2.4.7 Macam-Macam Komposit	19
2.4.8 Karakteristik Material Komposit	20

2.4.9	Komposisi material kampas rem	22
2.5	Jenis kampas rem menurut klasifikasi internasional	25
2.6	Keausan	26
2.7	Koefisien Gesek	26
2.8	Ekspansi Panas	27
2.9	Toxicity (racun)	27
2.10	Aluminium (Al)	28
2.11	Keausan	29
2.12	Koefisien Gesek	30
2.12.1	Perhitungan berat kendaraan:	30
2.12.2	Gaya pada tuas rem	30
2.12.3	Waktu pengereman (t)	30
BAB 3		32
METODE PENELITIAN		32
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	32
3.1.1	Tempat	32
3.1.2	Waktu	32
3.2	Alat dan Bahan	32
3.2.1	Alat	32
3.2.2.	Bahan	37
3.3	Bagan Alir Penelitian	42
3.4	Prosedur Penelitian	43
3.4.1	Proses Pembuatan Kampas Rem	43
BAB 4		48
HASIL DAN PEMBAHASAN		48
4.1	Data Hasil Pengujian Kampas Rem	48
4.2	Analisa Data Uji Keausan	48
4.2.1	Massa Beban 500 gram	48
4.2.2	Massa Beban 1000 gram	49
4.2.3	Massa Beban 1500 gram	50
4.3	Grafik Keausan Kampas Rem	52
BAB 5		55
KESIMPULAN DAN SARAN		55
5.1	Kesimpulan	55
5.2	Saran	55
DAFTAR PUSTAKA		57
LAMPIRAN		1

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Aluminium (Al)	29
Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan saat Melakukan Penelitian	32
Tabel 3.2 Komposisi dan Perbandingan Bahan	43
Tabel 3.3 Massa Plat Kampas Rem	43
Tabel 4.1 Data Uji Keausan Kampas Rem Berbahan Komposit Serbuk Aluminium dengan Massa Gaya 500 gr	48
Tabel 4.2 Data Uji Keausan Kampas Rem Berbahan Komposit Serbuk Aluminium dengan Massa Gaya 1000 gr	49
Tabel 4.3 Data Uji Keausan Kampas Rem Berbahan Komposit Serbuk Aluminium dengan Massa Gaya 1500 gr	50
Tabel 4.4 Data Uji Keausan Kampas Rem Berbahan Komposit Serbuk Aluminium dengan massa gaya 500gr, 1000gr dan 1500 gr	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kampas Rem	4
Gambar 2.2 Kampas Rem Asbes	23
Gambar 2.3 Kampas Rem Organik	24
Gambar 2.4 Kampas Rem Semi Metalic	25
Gambar 2.5 Serbuk Aluminium	28
Gambar 3.1 Mesin Press Hidraulik	33
Gambar 3.2 Cetakan atau Mal	33
Gambar 3.3 Jangka Sorong	33
Gambar 3.4 Mesin Gerinda	34
Gambar 3.5 Brake Dynamometer	34
Gambar 3.6 Sekrap	35
Gambar 3.7 Neraca Analtik Digital	35
Gambar 3.8 Alat Pemanas	36
Gambar 3.9 Kuas	36
Gambar 3.10 Lesung/Alu	37
Gambar 3.11 Serbuk Fiberglass	37
Gambar 3.12 Serbuk Barium Sulfat	38
Gambar 3.13 Serbuk Kalsium Karbonat	38
Gambar 3.14 Resin dan Katalis	39
Gambar 3.15 Grafit atau Arang	39
Gambar 3.16 Serbuk Aluminium	40
Gambar 3.17 Mirror Glaze	40
Gambar 3.18 Lem Dextone	41
Gambar 3.19 Plat Kampas Rem	41
Gambar 3.20 Diagram Alir	42
Gambar 3.21 Mengoleskan Mirror Glaze	45
Gambar 3.22 Plat Kampas Rem Bekas	45
Gambar 3.23 Meratakan Adonan Pada Cetakan	46
Gambar 3.24 Proses Kompaksi atau Penekanan	46
Gambar 2.25 Kampas Rem Selesai Kompaksi	47
Gambar 3.26 Proses Sintering atau Pemanasan	47

Gambar 4.1 Grafik Massa Hilang Kampas Rem 1	52
Gambar 4.2. Grafik Massa Hilang Kampas Rem 2	53
Gambar 4.3 Grafik Massa Hilang Kampas Rem 3	53
Gambar 4.4. Grafik Massa Hilang Kampas Rem Komersial	54
Gambar 4.5. Grafik Perbandingan Massa Hilang	54

DAFTAR NOTASI

t_1 = Waktu Sebelum Pengereman

t_2 = Waktu Setelah Pengereman

m = Massa Kendaraan Dan Pengendara

v_1 = Kecepatan Sebelum Terjadi Pengereman

v_2 = Kecepatan Setelah Terjadi Pengereman

F = Gaya Pengereman

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Persaingan dunia otomotif khususnya kendaraan roda dua kini semakin gencar pula. Belum genap dua bulan setelah memproduksi merek terbarunya sudah keluar lagi produk baru dengan merek tertentu pula. Begitu juga merek lain juga mengeluarkan produk terbarunya. Tak jarang produk lama pun diperbaharui dengan merubah berbagai bagian seperti body atau mesin termasuk system remnya bahkan aksesoris pendukungnya. Semakin berkembangnya teknologi dalam dunia otomotif banyak sekali perkembangan dalam meningkatkan mutu produktifitas secara umum, sebuah kendaraan harus memiliki aspek keselamatan. Salah satu aspek keselamatan tersebut ada pada system pengereman. Sistem pengereman adalah perangkat mekanis pada kendaraan yang digunakan untuk memperlambat atau menurunkan laju kendaraan. Secara praktis untuk menghindari terjadinya kecelakaan lalu lintas.

Perkembangan mutu produktifitas pada system pengereman tersebut salah satunya adalah kampas rem, kampas rem adalah salah satu komponen yang terdapat pada kendaraan bermotor yang berfungsi untuk memperlambat atau menghentikan putaran cakram dan roda khususnya kendaraan yang ada di darat. Oleh karena itu, apabila tidak bekerja sempurna, akan sulit bagi pengemudi untuk menghentikan kendaraan. Meski fungsinya sangat penting, keberadaan kampas rem kerap terabaikan. Pengendara sepeda motor biasanya hanya memperhatikannya saat daya cengkaman kampas tersebut sudah mulai berkurang atau habis.

Keausan tidak merata pada kampas rem, bisa diakibatkan tekanan yang kuran seragam, akibat pemasangan yang kurang tepat, misalnya terlalu kencang pada pinnya, sehingga pin bukan berfungsi sebagai pin, tetapi sebagai titik putar yang mati (Gustav Niemann, 1981).

Komposit adalah material yang terbuat dari dua bahan atau lebih yang tetap terpisah dan berbeda dalam level makroskopik selagi membentuk komponen tunggal sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik

dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Komposit bersifat heterogen dalam skala makroskopik. Bahan penyusun komposit tersebut masing-masing memiliki sifat yang berbeda dan ketika digabungkan dalam komposisi tertentu terbentuk sifat-sifat baru yang disesuaikan dengan keinginan (Krevelen, 1994).

Kekuatan bahan komposit partikel rem, sangat dipengaruhi besar partikel, bahan matriknya dan proses pembuatannya. Kekuatan komposit partikel diperoleh maksimal pada ukuran 0,01 sampai 0,01 mm dan kekuatan *surface bonding*, pengepresan, dan *sintering* (Calister 2005) .

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada analisis penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

1. Berapakah jumlah komposisi bahan yang sesuai agar kampas rem yang dihasilkan lebih kecil kerugiannya?
2. Bagaimanakah cara menghitung tingkat keausan pada setiap kampas rem yang berbeda komposisi bahannya?
3. Bagaimanakah cara menganalisis dan menghitung kekuatan material dari setiap pengujian kampas rem agar bisa mencapai tingkat standart SNI?

1.3 Ruang lingkup

Ruang lingkup pada penelitian kali ini adalah system pengereman yang di dasari dengan bahan komposit serbuk aluminium

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari analisis penelitian ini adalah :

1.4.1. Tujuan Umum

Untuk menganalisis kampas rem sepeda motor berbahan komposit serbuk aluminium.

1.4.2. Tujuan Khusus

- 1) Menguji kampas rem sepeda motor.
- 2) Menghitung keausan ranvas rem berbahan komposit serbuk aluminium.
- 3) Membandingkan tingkat keausan dengan perbandingan komposisi bahan komposit serbuk aluminium.

1.5 Manfaat

Manfaat dari dilakukannya analisis penelitian ini adalah:

1. Mengetahui ketahanan ataupun kelebihan serbuk aluminium
2. Sebagai bahan masukan dan informasi bagi Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkembangan Teknologi Bahan Kampas Rem

Rem merupakan bagian kendaraan yang sangat penting dalam mendukung aspek keamanan berkendara, rem harus dapat menghentikan kendaraan secepat mungkin, dan memberikan kenyamanan saat sopir melakukan pengereman dengan tidak mengeluarkan suara berisik dan mempunyai tingkat kepakeman yang tinggi. Hal tersebut dipengaruhi oleh kandungan dan bentuk serbuk logam pada bahan kampas rem. (Supriyanto, 2016)



Gambar 2.1 Kampas Rem

Semakin beragamnya tipe, merk, dan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia, maka kebutuhan material otomotif juga semakin besar, makin tidak menentunya perekonomian Indonesia, maka dorongan untuk membuat produk material otomotif yang ekonomis, berkualitas, dan dapat di terima oleh pasar semakin tinggi. Pada kampas rem, alternatif bahan pengisi yang ramah lingkungan telah banyak diteliti dan dikembangkan untuk diproduksi. Bahan yang ramah lingkungan ini meliputi bahan organik yang banyak dan mudah didapat disekitar kita, serta menghasilkan limbah yang tidak beracun saat digunakan pada kendaraan.

2.2 Sistem Rem

Sistem rem adalah mekanisme perlambatan kecepatan kendaraan agar laju kendaraan bisa dikendalikan. Sistem pengereman, menggunakan prinsip perubahan energi dari energi gerak ke energi panas. Sehingga, gerakan pada roda kendaraan bisa berkurang.

2.3 Pembahasan Rem

2.3.1 Pengertian Rem

Pada dasarnya kendaraan tidak dapat segera berhenti walaupun katup gas ditutup penuh dan mesin tidak lagi dihubungkan dengan pemindah daya, akan tetapi akan tetap bergerak karena gaya kelembamannya. Kelemahan ini harus diatasi untuk menurunkan/mengurangi kecepatan kendaraan hingga berhenti. Solusi dalam mengatasi kelemahan tersebut sistem rem dirancang untuk mengontrol kecepatan/laju (mengurangi/memperlambat kecepatan dan menghentikan laju) kendaraan, dengan tujuan meningkatkan keselamatan dan untuk memperoleh pengendalian yang aman. Rem merupakan salah satu dari bagian kendaraan yang mempunyai peranan penting untuk kenyamanan dan keselamatan pengendara sepeda motor. Rem adalah suatu piranti untuk memperlambat atau menghentikan gerakan roda yang berputar. Gerak roda yang diperlambat otomatis gerak kendaraan menjadi lambat. Fungsi rem adalah menyerap baik energi kinetik dari bagian yang bergerak atau energi potensial yg ditimbulkan oleh komponen lain (K.M.Jossy, 2011).

Dengan kata lain, rem adalah komponen yang mengubah energi mekanik menjadi energi thermal / panas melalui gesekan. Selain itu rem adalah suatu komponen yang sangat penting bagi kendaraan/alat transportasi. Semakin cepat suatu kendaraan maka memerlukan kapasitas sistem pengereman yang efektif pula.

Menurut (K.M.Jossy, 2011) Kapasitas rem tergantung oleh faktor – faktor berikut:

- 1) Tekanan antara kampas rem dengan permukaan bidang pengereman.
- 2) Koefisien gesek antara kampas rem dengan bidang pengereman.
- 3) Batasan kecepatan motor.
- 4) Area yang terkena gesekan (bidang gesek).
- 5) Kemampuan kampas rem menyerap panas yang ditimbulkan oleh gesekan.

Sistem pengereman mobil dirancang untuk mengontrol kecepatan/laju (mengurangi/memperlambat kecepatan dan menghentikan laju) mobil, dengan tujuan meningkatkan keselamatan dan untuk memperoleh pengendalian yang aman. Prinsip kerja rem adalah dengan mengubah energi gerak/kinetik menjadi energi panas dalam bentuk gesekan. Berikut macam-macam rem menurut konstruksinya, yaitu :

- 1) Rem tromol (drum brake), dan
- 2) Rem cakram (disc brake).

2.3.2 Fungsi Rem

Rem berfungsi untuk mengurangi kecepatan (memperlambat) dan menghentikan kendaraan serta memberikan kemungkinan dapat memarkir kendaraan ditempat yang menurun.

2.3.3 Prinsip Rem

Kendaraan tidak dapat berhenti dengan segera apabila mesin dibebaskan (tidak dihubungkan) dengan pemindahan daya. Kendaraan cenderung tetap bergerak. Kelemahan ini harus dikurangi dengan maksud untuk menurunkan kecepatan gerak hingga berhenti. Mesin merubah energi panas menjadi energi kinetis (energi gerak) untuk menggerakkan kendaraan. Sebaliknya rem merubah energi kinetis kembali menjadi energi panas untuk menghentikan kendaraan. Umumnya rem bekerja disebabkan oleh adanya sistem gabungan penekanan melawan sistem gerak putar.

Efek pengereman (*breaking effect*) diperoleh dari adanya gesekan yang ditimbulkan antara dua obyek.

2.3.4 Jenis-Jenis Rem

Berdasarkan penggunaan atau fungsinya, ada dua macam rem yakni:

1. Rem Utama/Primer

Rem primer merupakan sistem pengereman utama pada kendaraan yang aktif menjaga keselamatan mobil. Dengan kata lain, rem utama adalah rem yang akan bekerja ketika kita menginjal pedal rem untuk memperlambat laju kendaraan. Rem ini, terletak pada masing masing roda. Pada mobil, rem utama digerakan oleh satu pedal yakni pedal rem sehingga ketika kita injak pedal rem maka keempat roda akan melakukan pengereman secara bersama-sama. Sementara pada motor, ada dua kontrol rem biasanya rem depan dan rem belakang.

2. Rem Tangan/Parkir

Jika rem utama fungsinya untuk mengurangi laju kendaraan, rem parkir dipakai untuk menahan kendaraan. Rem parkir ini, tidak difungsikan sebagai rem utama karena meski bisa prinsipnya sama seperti rem utama tapi mekanisme rem parkir tidak memiliki pegas pengembali. Sehingga, rem ini lebih cocok dipakai untuk mengunci roda kendaraan agar tidak berputar. Rem parkir ini sangat berguna ketika mobil terparkir pada jalanan menurun dan mengamankan kendaraan agar tidak berjalan sendiri. Rem ini, diaktifkan melalui sebuah tuas yang memiliki lock. Sehingga ketika ditarik otomatis roda akan terkunci. Selain memakai tuas, ada pula rem parkir yang diaktifkan melalui sebuah tombol. Sistem ini dikenal sebagai Electronic Park Brake (EPB) yang digerakan dengan bantuan motor listrik.

Berdasarkan cara kerjanya, prinsip rem memang menggunakan perubahan energi gerak ke panas melalui gesekan. Tetapi cara penggesekannya ada beberapa teknik yaitu:

1. Rem Tromol

Rem tromol adalah sistem pengereman pada kendaraan, yang menggunakan metode gesekan antara kampas dengan sebuah komponen berbentuk mangkuk. Perbedaannya dengan rem cakram ada pada arah gesekan. Rem cakram memiliki arah gesekan yang saling mendekati (menjepit), sehingga pada rem cakram piringan terdapat ditengah dua kampas. Namun pada rem tromol, arah gesekan saling menjauhi. Sehingga tromol yang terhubung dengan roda diletakan disisi luar dari dua kampas rem.

Kelebihan rem tromol

- Lebih awet karena memiliki kampas rem yang lebar,
- Permukaan kampas rem lebar membuat daya pengereman cukup kuat serta lembut, sehingga cocok dipakai pada mobil berbobot besar, dan
- Lebih bersih (aman dari kotoran luar) karena sistem rem ini bersifat tertutup.

Kekurangan rem tromol

- Sifatnya yang tertutup membuat pelepasan panas sedikit terganggu,
- Karena arah gerakan saling menjauhi, membuat rem kurang responsive, dan
- Memiliki efisiensi lebih buruk dibandingkan rem cakram, karena arah gerakan ini akan menimbulkan sedikit kerugian tenaga.

Seperti yang dijelaskan diatas, rem tromol bekerja dengan prinsip gesekan. Gesekan ini akan mengubah energi putar pada tromol rem menjadi energi panas. Sehingga putaran roda akan berhenti dan temperatur sekitar rem akan meningkat. Konstruksi rem tromol memiliki dua buah kampas rem yang terletak dibagian dalam. Lalu dibagian luar kampas rem terdapat komponen berbentuk mangkuk yang kita kenal sebagai tromol rem. Arah gerakan rem

tromol itu saling menjauhi, artinya saat rem ditekan maka dua buah kampas rem akan bergerak ke arah luar (saling menjauhi). Gerakan tersebut akan membuat kampas rem menekan permukaan dalam tromol rem. Sehingga terjadilah gesekan yang akan menghentikan putaran tromol dan roda.

Secara umum, ada tiga komponen utama pada sistem pengereman tipe tromol, yaitu:

- Sepatu rem

Sepatu rem adalah komponen yang berfungsi untuk menempelkan kampas rem. Sepatu rem berbentuk setengah lingkaran yang memiliki permukaan luar rata. Di permukaan luar inilah ditempelkan sebuah kampas rem.

Lebar kampas rem pada sepatu rem, itu cukup besar apabila dibandingkan dengan kampas rem cakram. Karena kampas rem ini, memanjang sepanjang permukaan sepatu rem. Hal tersebut membuat luas penampang rem menjadi semakin lebar dan kuat.

- Silinder roda

Fungsi silinder roda, hampir sama dengan kaliper pada rem cakram. Yakni untuk menggerakkan sepatu rem untuk bergerak menekan tromol rem. Bentuk silinder roda, seperti sebuah silinder yang memiliki dua buah piston pada dua ujungnya. Didalam silinder ini, terisi cairan hidrolik yang akan menggerakkan piston ke luar. Saat piston terdorong oleh cairan hidrolik maka kampas rem akan ikut bergerak ke arah luar. Sehingga penekanan kampas rem terhadap tromol bisa terjadi.

- Tromol rem

Tromol rem adalah komponen berbentuk seperti mangkuk yang dijadikan sebagai media gesekan. Fungsi tromol rem sebagai perantara putaran dari roda, artinya tromol rem itu akan berputar sesuai putaran roda. Sehingga ketika tromol rem dihentikan putarannya, otomatis roda kendaraan akan berhenti berputar. Tromol rem terbuat dari besi solid sehingga saat bergesekan dengan kampas rem, tidak terjadi keausan. Kalaupun terjadi keausan, itu akan berlangsung cukup lama.

- Rem Cakram

Rem cakram dewasa ini sangat banyak digunakan, hampir di semua produsen otomotif telah menggunakan rem cakram pada sistem pengeremannya dan sudah merupakan standar pada kendaraan model baru. Konstruksi rem cakram pada umumnya terdiri atas cakram (disc rotor) yang terbuat dari besi tuang yang berputar dengan roda, bahan gesek (disc pad) yang menjepit & mencengkeram cakram, serta kaliper rem yang berfungsi untuk menekan & mendorong bahan gesek. Konstruksi pada rem cakram hampir sama dengan rem tromol, dimana tromolnya ditiadakan dan sebagai gantinya dipasang sekeping cakram. Pada rem cakram terdapat sepatu-sepatu rem yang dilengkapi dengan pelapis sepatu rem, cara kerja rem ini secara hidrolis. Daya pengereman terjadi karena adanya gesekan antara cakram dengan pad, sehingga pengereman terjadi (Andun, Adhari, Agus, 2005:12).

Salah satu kelemahan pada sistem rem cakram yaitu Self energizing effect yang terjadi pada rem cakram sangat kecil, sehingga diperlukan tekanan pengereman yang lebih besar untuk mendapatkan daya pengereman yang efisien dan pad cenderung lebih cepat aus dibanding dengan sepatu rem pada rem tromol.

Disamping kelemahannya tersebut rem cakram mempunyai beberapa kelebihan, diantaranya: konstruksi sederhana, penggantian pad mudah, tanpa penyetelan, bidang gesek selalu terkena udara sehingga radiasi panasnya sangat baik dan water recovery sangat baik karena air akan terlempar keluar dari permukaan cakram dan pad karena adanya gaya sentrifugal.

Prinsip kerja rem cakram pada dasarnya adalah dengan membuat gaya gesek antara piringan cakram yang terhubung dengan roda kendaraan dengan breake pad yang ditekan oleh piston. Secara umum sama dengan rem tromol, yaitu menggunakan bahan friksi pada sepatu rem untuk mengurangi atau menghentikan laju kendaraan. Rem ini bekerja dengan menjepit cakram yang biasanya dihubungkan dengan roda kendaraan, serta untuk menjepit cakram digunakan bahan friksi atau kampas rem dalam

bentuk sepatu rem dengan mekanismenya diatur oleh kaliper rem. Serta untuk menggerakkan atau mengatur mekanisme kaliper rem menggunakan gaya mekanik, hidrolis, pneumatik atau elektronik yang melawan gaya dari kedua sisi cakram. Bahan friksi menyebabkan piringan cakram dan roda yang dihubungkan melambat atau berhenti. Rem mengubah energi kinetik menjadi energi panas, serta membuat bahan friksi menjadi panas pula, hal tersebut membuat rem menjadi tidak efektif atau tidak pakem, oleh karena itu perlu adanya pengembangan tentang kampas rem atau bahan friksi.

Berikut ini adalah bagian utama dari rem cakram :

1. Disc / piringan cakram Disc

Disc / piringan cakram Disc adalah komponen dari rem cakram yang terbuat dari besi tuang yang berfungsi untuk menerima gesekan dari brake pad saat proses pengereman dilakukan. Disc dihubungkan dengan roda yang berputar melalui sambungan baut. Jadi pada saat motor berjalan dan roda berputar maka disc ikut berputar.

2. Master Cylinder Master Cylinder

Master Cylinder Master Cylinder berfungsi mengubah gerak tuas rem ke dalam tekanan hidrolis terhadap piston. Prinsip kerjanya dengan memompakan fluida dari reservoir ke kaliper rem melalui selang rem. terdiri atas reservoir tank yang berisi minyak rem, juga terdapat sistem katub searah yang berfungsi untuk menjebak fluida agar bisa dipompakan ke selang rem saat ditekan tuasnya.

3. Kaliper rem

Kaliper rem adalah komponen rem yang berguna untuk menerima dan meneruskan gaya pengereman dari minyak rem untuk memberikan tekanan pada sepatu rem. Pada kaliper rem terdapat piston yang berfungsi menerima tekanan dari minyak rem dan akan bergerak maju keluar untuk menekan sepatu rem. Konstruksi pemasangan kaliper rem adalah statis atau tidak bergerak, serta kedudukannya terpisah dengan disc atau roda sehingga saat roda berputar maka kaliper rem akan diam saja.

4. Brake pad / kampas rem Brake pad

Brake pad / kampas rem Brake pad adalah komponen dari sistem pengereman yang sangat penting kedudukannya. Pada brake pad melekat kampas rem atau bahan friksi yang bersinggungan langsung dengan disc serta menerima gaya tekan dari kaliper rem.

5. Pipa/ Selang Rem Pipa/selang rem

Pipa/ Selang Rem Pipa/selang rem merupakan saluran yang berfungsi menyalurkan tekanan hydraulic fluida dari master cylinder ke kaliper.

6. Minyak Rem

Minyak Rem merupakan fluida yang berfungsi sebagai media penerus gaya pengereman dalam bentuk tekanan hidrolis (hydraulic pressure) ke brake piston pada kaliper. Mekanisme kerja sistem rem cakram penggerak hidrolik.

2.4 Defenisi kampas rem

Kampas rem yang secara umum bahannya terbuat dari asbes tetapi ada juga yang terbuat dari non-asbes. Bahan kampas rem yang terbuat dari asbes sangat membahayakan kesehatan karena dapat mengganggu pencernaan dan banyak negara-negara maju telah menghentikan produksi bahan gesek asbes, karena bahan asbes dapat menyebabkan penyakit kanker pada paru-paru. (Sutikno, 2008)

Fakta menunjukkan bahwa saat ini di pasaran banyak kampas rem yang terbuat dari bahan *asbestos*. Hal itu dikarenakan harga dari kampas rem berbahan *asbestos* ini murah. Pada kenyatannya kampas rem berbahan *asbestos* hanya mampu bertahan pada suhu 200°C dan debu dari kampas rem ini sangat beracun yang dapat menyebabkan fibrosis (penebalan dan luka gores pada paru-paru), apabila kampas rem ini terkena air maka daya pengeremannya akan terganggu. Berbeda dengan kampas rem non *asbestos* yang mampu bertahan hingga diatas 300°C dan kampas rem berbahan non *asbestos* tidak menghasilkan debu yang beracun sehingga ramah lingkungan dan apabila terkena air daya pengeremannya masih optimal. (Kiswiranti, 2007 dalam Eko dkk, 2016)

Bahan komposit merupakan salah satu bahan alternatif yang dapat digunakan untuk pembuatan kampas rem. Dalam perkembangan teknologi komposit mengalami kemajuan yang sangat pesat ini dikarenakan keistimewaan sifat yang renewable atau terbarukan dan juga rasio terhadap berat yang tinggi kekuatan, ketahanan terhadap korosi dan lain-lain, sehingga mengurangi konsumsi bahan kimia maupun gangguan lingkungan hidup.

Pada umumnya bahan baku kampas rem ialah *asbestos* dengan komposisi *asbestos* 40 s/d 60%, resin 12% s/d 15%, BaSO₄ 14% s/d 15%, sisanya karet ban bekas, tembaga sisa kerajinan dan *frictdust*. Bahan baku kampas rem *non asbestos*: *aramyd* atau *Kevlar*, *rockwool*, *fiberglass*, *potasiumtitanate*, *carbonfiber*, *graphite*, *cellulose*, *vemiculate*, *steelfiber*, BaSO₄, resin *phenolic*, *nitrile butadiene rubber*.

2.4.1 Pengertian komposit

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Komposit memiliki sifat mekanik yang lebih bagus dari logam, kekakuan jenis (modulus Young/density) dan kekuatan jenisnya lebih tinggi dari logam. Beberapa lamina komposit dapat ditumpuk dengan arah orientasi serat yang berbeda, gabungan lamina ini disebut sebagai laminat.

Komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu:

- a. Penguat (reinforcement), yang mempunyai sifat kurang ductile tetapi lebih rigid serta lebih kuat, dalam laporan ini penguat komposit yang digunakan yaitu dari serat alam.
- b. Matriks, umumnya lebih ductile tetapi mempunyai kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah.

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.

Sehingga komposit dapat disimpulkan sebagai dua macam atau lebih material yang digabungkan atau dikombinasikan dalam skala makroskopis (dapat terlihat langsung oleh mata) sehingga menjadi material baru yang lebih berguna. Komposit terdiri dari 2 bagian utama yaitu :

- a. Matriks berfungsi untuk perekat atau pengikat dan pelindung filler (pengisi) dari kerusakan eksternal. Matriks yang umum digunakan : carbon, glass, kevlar, dll
- b. Filler (pengisi), berfungsi sebagai Penguat dari matriks. Filler yang umum digunakan : carbon, glass, aramid, kevlar.

2.4.2 Klasifikasi Bahan Komposit

Klasifikasi bahan komposit dapat dibentuk dari sifat dan strukturnya. Bahan komposit dapat diklasifikasikan kedalam beberapa jenis. Secara umum klasifikasi komposit yang sering digunakan antara lain seperti :

1. Klasifikasi menurut kombinasi material utama, seperti metal-organic atau metal anorganic.
2. Klasifikasi menurut karakteristik built-from, seperti system matrik atau laminate.
3. Klasifikasi menurut intribusi unsur pokok, seperti continuous dan discontinous.

4. Klasifikasi menurut fungsinya, seperti elektrik atau structural (Schwartz,1984)

Sedangkan klasifikasi menurut komposit serat (fiber-matrik composites) dibedakan menjadi beberapa macam antara lain :

1. *Fiber composite* (komposit serat) adalah gabungan serat dengan matrik
2. *Filled composite* adalah gabungan matrik continuous skeletal dengan matrik yang kedua
3. *Flake composite* adalah gabungan serpih rata dengan matrik
4. *Particulate composite* adalah gabungan partikel dengan matrik
5. *Laminate composite* adalah gabungan lapisan atau unsur pokok lamina (Schwartz, 1984 : 16)

Secara umum bahan komposit terdiri dari dua macam, yaitu bahan komposit partikel (*particulate composite*) dan bahan komposit serat (*fiber composite*). Bahan komposit partikel terdiri dari partikel–partikel yang diikat oleh matrik. Bentuk partikel ini dapat bermacam–macam seperti bulat, kubik, tetragonal atau bahkan berbentuk yang tidak beraturan secara acak. Sedangkan bahan komposit serat terdiri dari serat – serat yang diikat oleh matrik. Bentuknya ada dua macam yaitu serat panjang dan serat pendek.

2.4.3 Bahan Komposit Partikel

Dalam struktur komposit, bahan komposit partikel tersusun dari partikel– partikel disebut bahan komposit partikel (*particulate composite*) menurut definisinya partikel ini berbentuk beberapa macam seperti bulat, kubik, tetragonal atau bahkan berbentuk yang tidak beraturan secara acak, tetapi rata–rata berdimensi sama. Bahan komposit partikel umumnya digunakan sebagai pengisi dan penguat bahan komposit keramik (*ceramic matrik composites*). Bahan komposit partikel pada umumnya lebih lemah dibanding bahan komposit serat. bahan komposit partikel mempunyai keunggulan, seperti ketahanan terhadap aus, tidak muda retak dan mempunyai daya pengikat dengan matrik yang baik.

Bahan komposit partikel merupakan jenis dari bahan komposit dimana bahan penguatnya adalah terdiri dari partikel-partikel. Secara definisi partikel itu sendiri adalah bukan serat, sebab partikel itu tidak mempunyai ukuran panjang. Sedangkan pada bahan komposit ukuran dari bahan penguat menentukan kemampuan bahan komposit menahan gaya dari luar. Dimana semakin panjang ukuran serat maka semakin kuat bahan menahan beban dari luar, begitu juga dengan sebaliknya. Bahan komposit partikel pada umumnya lemah dan *fracturetoughness*-nya lebih rendah dibandingkan dengan serat panjang, namun disisi lain bahan ini mempunyai keunggulan dalam ketahanan terhadap aus.

Pada bahan komposit keramik (*Ceramic Matrix Composite*), partikel ini umumnya digunakan sebagai pengisi dan penguat, sedangkan keramik digunakan sebagai matrik.

2.4.4 Bahan Komposit Serat

Unsur utama komposit adalah serat yang mempunyai banyak keunggulan, oleh karena itu bahan komposit serat yang paling banyak dipakai. Bahan komposit

Serat terdiri dari serat–serta yang terikat oleh matrik yang saling berhubungan. Bahan komposit serat ini terdiri dari dua macam, yaitu serat panjang (*continous fiber*) dan serat pendek (*short fiber dan whisker*). Dalam laporan ini diambil bahan komposit serat (*fiber composite*). Penggunaan bahan komposit serat sangat efisien dalam menerima beban dan gaya. Karena itu bahan komposit serat sangat kuat dan kaku bila dibebani searah serat, sebaliknya sangat lemah bila dibebani dalam arah tegak lurus serat.

Komposisi serat dalam dunia industry mulai dikembangkan dari pada menggunakan bahan partikel. Bahan komposit serat mempunyai keunggulan yang utama yaitu *strong* (kuat), *stiff* (tangguh), dan lebih tahan terhadap panas pada saat didalam matrik (Schwartz, 1984). Dalam pengembangan teknologi pengolahan serat, membuat serat sekarang semakin diunggulkan dibandingkan material– material yang digunakan. Cara yang digunakan untuk mengkombinasi serat berkekuatan tarik tinggi dan bermodulus elastisitas

tinggi dengan matrik yang bermassa ringan, berkekuatan tarik rendah, serta bermodulus elastisitas rendah makin banyak dikembangkan guna untuk memperoleh hasil yang maksimal. Komposit pada umumnya menggunakan bahan plastik yang merupakan material yang paling sering digunakan sebagai bahan pengikat seratnya selain itu plastik mudah didapat dan mudah perlakuannya, dari pada bahan dari logam yang membutuhkan bahan sendiri.

2.4.5 Bagian utama komposit

a. Reinforcement

Salah satu bagian utama dari komposit adalah reinforcement (penguat) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit seperti contoh serat. Serat (fiber) adalah suatu jenis bahan berupa potongan-potongan komponen yang membentuk jaringan memanjang yang utuh. Serat dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu :

- i. Serat Alami
- ii. Serat Sintesis (serat buatan manusia)

2.4.6 Matriks

Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Matrik mempunyai fungsi sebagai berikut :

- a. Mentransfer tegangan ke serat secara merata,
- b. Melindungi serat dari gesekan mekanik,
- c. Memegang dan mempertahankan serat pada posisinya,
- d. Melindungi dari lingkungan yang merugikan,
- e. Tetap stabil setelah proses manufaktur.

Menurut Gibson (1994) matrik dalam struktur komposit dapat dibedakan menjadi:

- A. Komposit Matrik Polimer (*Polymer Matrix Composites – PMC*)

Bahan ini merupakan bahan komposit yang sering digunakan, biasa disebut polimer berpenguat serat (*FRP – Fibre Reinforced Polymers or Plastics*). Bahan ini menggunakan suatu polimer berbahan resin sebagai matriknya, dan suatu jenis serat seperti kaca, karbon dan aramid (*Kevlar*) sebagai penguatannya.

Komposit ini bersifat :

- 1) Biaya pembuatan lebih rendah
- 2) Dapat dibuat dengan produksi massal
- 3) Ketangguhan baik
- 4) Tahan simpan
- 5) Siklus pabrikan dapat dipersingkat
- 6) Kemampuan mengikuti bentuk
- 7) Lebih ringan.

Jenis polimer yang sering digunakan (Sudira, 1985) :

1 Thermoplastic

Thermoplastic adalah plastik yang dapat dilunakkan berulang kali (*recycle*) dengan menggunakan panas. *Thermoplastic* merupakan polimer yang akan menjadi keras apabila didinginkan. *Thermoplastic* akan meleleh pada suhu tertentu, melekat mengikuti perubahan suhu dan mempunyai sifat dapat balik (*reversibel*) kepada sifat aslinya, yaitu kembali mengeras bila didinginkan. Contoh dari thermoplastic yaitu Poliester, Nylon 66, PP, PTFE, PET, Polieter sulfon, PES, dan Polieter eterketon (PEEK).

2 Thermoset

Thermoset tidak dapat mengikuti perubahan suhu (*irreversibel*). Bila sekali pengerasan telah terjadi maka bahan tidak dapat dilunakkan kembali. Pemanasan yang tinggi tidak akan melunakkan thermoset melainkan akan membentuk arang dan terurai karena sifatnya yang demikian sering digunakan sebagai tutup ketel, seperti jenis-jenis melamin. Plastik jenis thermoset tidak begitu menarik dalam proses daur ulang karena selain sulit penanganannya juga volumenya jauh

lebih sedikit (sekitar 10%) dari volume jenis plastik yang bersifat thermoplastic. Contoh dari thermoset yaitu Epoksida, Bismaleimida (BMI), dan Poli-imida (PI).

2.4.7 Macam-Macam Komposit

Ditinjau dari unsur pokok penyusun komposit, maka komposit dapat dibedakan menjadi beberapa macam, antara lain :

a. Komposit Lapis

Komposit lapis merupakan jenis komposit yang terdiri atas dua lapisan atau lebih yang digabung menjadi satu dimana setiap lapisannya memiliki karakteristik berbeda. Sebagai contoh adalah Polywood Laminated Glass yang merupakan komposit yang terdiri dari lapisan serat dan lapisan matriks, komposit ini sering digunakan sebagai bangunan.

b. Komposit Serpihan

Suatu komposit serpihan terdiri atas serpih-serpih yang saling menahan dengan mengikat permukaan atau dimasukkan kedalam matriks. Sifat-sifat khusus yang dapat diperoleh adalah bentuknya yang besar dan permukaannya yang datar.

c. Komposit Partikel

Komposit yang dihasilkan dengan menempatkan partikel-partikel dan sekaligus mengikatnya dengan suatu matriks bersama-sama. Contoh komposit partikel yang sering dijumpai adalah beton, dimana butiran-butiran pasir diikat bersama dengan matriks semen.

d. Komposit Serat

Komposit serat yaitu komposit yang terdiri dari serat dan matriks. Komposit jenis ini hanya terdiri dari satu lapisan. Serat yang digunakan dapat berupa serat sintesis (asbes, kaca, boron) atau serat organik (selulosa, polipropilena, polietilena bermodulus tinggi, sabut kelapa, ijuk, tandan kosong sawit, dll). Berdasarkan ukuran seratnya, komposit serat

dapat dibedakan menjadi komposit berserat panjang dan diameternya sebesar $< 100\text{mm}$ serat pendek ini dapat diorientasikan atau didistribusikan secara acak. Komposit serat panjang lebih mudah diorientasikan dibanding serat pendek, akan tetapi komposit serat pendek lebih memiliki rancang design lebih banyak.

2.4.8 Karakteristik Material Komposit

1. Sifat – Sifat Material Komposit

Dalam pembuatan sebuah material komposit, suatu pengkombinasian optimum dari sifat-sifat bahan penyusunnya untuk mendapatkan sifat-sifat tunggal sangat diharapkan. Beberapa material komposit polymer diperkuat serbuk yang memiliki kombinasi sifat-sifat yang ringan, kaku, kuat dan mempunyai nilai kekerasan yang cukup tinggi. Disamping itu juga sifat dari material komposit dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu material yang digunakan sebagai bentuk komponen dalam komposit, bentuk geometri dari unsur-unsur pokok dan akibat struktur dari sistem komposit, cara dimana bentuk satu mempengaruhi bentuk lainnya Menurut Agarwal dan Broutman, yaitu menyatakan bahwa bahan komposit mempunyai ciri-ciri yang berbeda dan komposisi untuk menghasilkan suatu bahan yang mempunyai sifat dan ciri tertentu yang berbeda dari sifat dan ciri konstituen asalnya. Disamping itu konstituen asal masih kekal dan dihubungkan melalui suatu antarmuka.

Dengan kata lain, bahan komposit adalah bahan yang heterogen yang terdiri dari fasa yang tersebar dan fasa yang berterusan. Fasa tersebar selalu terdiri dari serat atau bahan pengukuh.

2. Jenis – jenis Material Komposit

- Material Komposit Serat

Material komposit serat yaitu komposit yang terdiri dari serat dan bahan dasar yang diproduksi secara fabrikasi,

misalnya serat + resin sebagai bahan perekat, sebagai contoh adalah FRP (*Fiber Reinforce Plastic*) plastik diperkuat dengan serat dan banyak digunakan, yang sering disebut fiber glass.

- Komposit Lapis (*Laminated Composite*)

Komposit lapis yaitu komposit yang terdiri dari lapisan dan bahan penguat, contohnya polywood, laminated glass yang sering digunakan sebagai bahan bangunan dan kelengkapannya.

- Komposit Partikel (*Particulate Composite*)

Komposit partikel yaitu komposit yang terdiri dari partikel dan bahan penguat seperti butiran (batu dan pasir) yang diperkuat dengan semen yang sering kita jumpai sebagai beton.

3. Propertis Material Komposit

Kemajuan kini telah mendorong peningkatan dalam permintaan terhadap bahan komposit. Perkembangan bidang sciences dan teknologi mulai menyulitkan bahan konvensional seperti logam untuk memenuhi keperluan aplikasi baru. Bidang angkasa lepas, perkapalan, automobile dan industry pengangkutan merupakan contoh aplikasi yang memerlukan bahan-bahan yang berdensity rendah, tahan karat, kuat, kokoh dan tegar. Dalam kebanyakan bahan konvensional seperti keluli, walaupun kuat ia mempunyai density yang tinggi dan rapuh. Sifat maupun karakteristik dari komposit ditentukan oleh :

4. Material yang menjadi penyusun komposit

Karakteristik komposit ditentukan berdasarkan karakteristik material penyusun menurut rule of mixture sehingga akan berbanding secara proporsional. Bentuk dan penyusunan struktural dari penyusun. Bentuk dan cara penyusunan komposit akan mempengaruhi karakteristik komposit.

5. Interaksi antar penyusun

Bila terjadi interaksi antar penyusun akan meningkatkan sifat dari komposit.

6. Kelebihan Material Komposit

Material komposit mempunyai beberapa kelebihan berbanding dengan bahan konvensional seperti logam. Kelebihan tersebut pada umumnya dapat dilihat dari beberapa sudut yang penting seperti sifat-sifat mekanikal dan fisikal dan biaya.

Seperti yang diuraikan dibawah ini :

a. Sifat-sifat mekanikal dan fisikal

Pada umumnya pemilihan bahan matriks dan serat memainkan peranan penting dalam menentukan sifat-sifat mekanik dan sifat komposit. Gabungan matriks dan serat dapat menghasilkan komposit yang mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih tinggi dari bahan konvensional seperti keluli.

b. Biaya

Faktor biaya juga memainkan peranan yang sangat penting dalam membantu perkembangan industri komposit. Biaya yang berkaitan erat dengan penghasilan suatu produk yang seharusnya memperhitungkan beberapa aspek seperti biaya bahan mentah, pemrosesan, tenaga manusia, dan sebagainya.

2.4.9 Komposisi material kampas rem

Untuk membuat kampas rem lebih lunak tanpa menghilangkan daya gesek, maka kampas rem dibuat dari beberapa komposit bahan. Beberapa bahan penyusun kampas rem adalah ;

1. Asbes

Bahan penyusun rem pertama yaitu asbes. Bahan penyusun ini dulu sangat populer dipakai sebagai bahan kampas rem.

Keunggulan :

- Karakteristik yang baik untuk sistem pengereman dan berharga murah, memiliki ketahanan, jangkauan temperature dan umur yang lebih tinggi.

Kelemahan :

- Bersifat karsinogenik ketika masuk kedalam tubuh manusia.



Gambar 2.2 Kampas Rem Asbes

2. Bahan Organik

Material kampas rem pertama terbuat dari beberapa campuran bahan organik. Jenis kampas ini dikenal dengan istilah NAO (Non Asbestos Organic). Yang menjadi bahan pengganti dari kampas rem berbahan asbes. Kampas rem organik disusun dari bahan serbuk kaca, serat, kevlar, dan karbon.

Jenis ini banyak digunakan sebagai kampas bawaan mobil dari pabrik. Hal itu karena kampas rem jenis ini memiliki daya gesek yang baik dan lebih ramah lingkungan meski memiliki lebih banyak debu.

- Kelebihan kampas rem organik :
 - a. Lembut, lebih tenang, mudah mencengkram piringan rem.
 - b. Tidak memerlukan pemanasan untuk menghasilkan daya pengereman.

- c. Memiliki lebih sedikit debu daripada kampas metal.
- d. Sangat cocok untuk pengemudian normal.
- Kekurangan kampas rem organik
 - a. Hanya sanggup bekerja pada range suhu tertentu
 - b. Lebih cepat aus jika dibandingkan jenis bahan lainnya.
 - c. Bersifat high compressed, sehingga menyebabkan efek lembek bila pedal rem diinjak.
 - d. Akan kehilangan daya gesekan saat overheat.



Gambar 2.3 Kampas Rem Organik

3. Semi Metallic

Jenis yang kedua sesuai namanya, kampas rem metallic memiliki bahan metal atau besi dengan komposisi 30-60%. Kampas rem jenis ini tersusun dari bahan tembaga, besi, yang dilapisi grafit sebagai pelumas.

Keunggulan :

- Pendinginan yang cukup baik untuk mendinginkan rotor. Sehingga cocok untuk digunakan saat performance driving.

Kelemahan :

- adanya efek keracunan



Gambar 2.4 Kampas Rem Semi Metalic

2.5 Jenis kampas rem menurut klasifikasi internasional

1. OEM (Original Equipment Manufactured) adalah kampas rem yang terpasang pada saat kita membeli motor baru, dimana untuk Yamaha dikeluarkan oleh Akebono, sedang untuk Honda, Suzuki dan Kawasaki dikeluarkan oleh Nissin.
2. OES (original equipment spare part) adalah kampas rem yang digunakan sebagai pengganti kampas rem OEM, dimana kampas rem ini dibuat oleh pabrikan OEM sehingga mempunyai kode formula yang sama, process yang sama, kualitas yang sama dan bahan yang sama dengan kampas rem OEM.
3. After market adalah kampas rem yang beredar di pasaran, dengan kualitas yang beragam, ada yang lebih rendah dari OEM, ada yang lebih tinggi dari OEM.
4. Genuine, pada dasarnya kampas rem ini masuk dalam kategori aftermarket, istilah genuine hanya untuk membedakan antara asli dan palsu tidaknya produk tersebut.

Adapun berbagai merk kampas rem yang ada dipasaran :

1. AHM

Fading temperatur 281,4°C, Koefisien gesek 0,00998

2. Indopart

Fading temperatur 229,7 °C, Koefisien gesek 0,108175

2.6 Keausan

Keausan suatu bahan komposit semakin besar atau semakin mudah aus dapat dipengaruhi oleh besarnya waktu yang diberikan pada proses kompaksi. Bila waktu penekanannya semakin besar maka tingkat keausan pun juga semakin besar.

Pengujian keausan dilakukan dengan metode uji jalan atau bisa juga dengan pengujian dengan metode pin on disc. Uji jalan sepeda motor dimaksudkan untuk mengetahui kondisi pembebanan riil kendaraan saat dikendarai melintasi rute yang sudah ditentukan.

Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui:

1. Ekuivalensi waktu tempuh dan rata-rata kilometer jarak yang bisa dicapai.
2. Frekuensi pengereman sepanjang lintasan yang dilalui.

Pada pengujian ini, pengamatan/ pembongkaran dilakukan dimaksudkan untuk mengukur ketebalan kampas, yaitu berkurangnya ketebalan kampas selama dipakai pengujian. Dari pengukuran ketebalan kampas tersebut nantinya akan dianalisa laju keausan dari kampas remnya. Dalam analisa laju keausan dapat didasarkan pada waktu pengereman, jarak yang ditempuh dan frekuensi injakan rem. Keadaan engine tidak diperiksa secara detail, hanya dilakukan service rutin dan ganti oli mesin sesaat sebelum dilakukan pengujian.

Hasil dari pengujian untuk mengetahui laju keausan dari kampas rem berdasarkan waktu pengereman, jarak yang ditempuh serta jumlah frekuensi injakan rem yang nanti pada akhirnya dapat memprediksi umur kampas rem. Data-data yang diperoleh pada pengujian ini juga berguna untuk melengkapi penyusunan schedule perawatan sepeda motor.

2.7 Koefisien Gesek

Rem menyerap energi kinetik dari bagian yang bergerak. Energi yang diserap oleh rem berubah dalam bentuk panas. Panas ini akan menghilang dalam lingkungan udara supaya pemanasan yang hebat dari rem tidak terjadi. Kekasaran permukaan merupakan indikator yang menunjukkan tingkat koefisien gesekan suatu benda ketika kedua benda sedang bergesekan.

Perilaku kampas rem terhadap temperature dapat menunjukkan kemampuan dari kampas rem itu sendiri dan harga koefisien gesek (μ) yang stabil pada rentang temperatur kerjanya merupakan suatu hal yang ideal. Penurunan yang besar dari harga koefisien gesek pada temperatur tinggi dapat mengakibatkan *fade* (pudar) dan ini dapat menurunkan daya pengereman.

2.8 Ekspansi Panas

Pengereman merupakan salah satu bentuk perubahan energi kinetik menjadi energi panas yang tercemin dari adanya kenaikan temperatur, baik pada kampas maupun pada drum. Pada proses pengereman terjadi gesekan antara kampas rem dan *drum* karena kedua elemen tersebut berada pada putaran yang berbeda, energi yang diserap dalam bentuk panas menyebabkan adanya kenaikan temperatur baik pada kampas atau pada *drum* (Lubi, 2001).

Walaupun kenaikan temperature memerlukan selang waktu tertentu, namun hal tersebut diasumsikan terjadi secara singkat. Temperatur kemudian turun jika rem dilepas kecuali diikuti kembali oleh pengereman yang berikutnya, sehingga pada pengereman yang kedua temperatur kembali mengalami kenaikan dan kembali akan menurun secara eksponensial seperti sebelumnya jika tidak dilakukan pengereman kembali (Lubi, 2001).

2.9 Toxicity (racun)

Bahan penyusun rem terbagi menjadi 2 yaitu asbes dan non asbes, namun yang memiliki tingkat racun tinggi terdapat pada kampas rem berbahan asbes. Bahan penyusun asbes dulu sangat populer dipakai sebagai bahan kampas rem. Hal itu dikarenakan bahan asbes memiliki karakteristik yang baik untuk sistem pengereman dan berharga murah. Jenis ini memiliki ketahanan, jangkauan temperature dan umur yang lebih tinggi. Kampas rem berbahan asbes dilengkapi dengan bahan *inorganic* seperti: logam oksida, *sulphat*, *Mn* atau *Co* dan *silikat*. Semuanya dilekatkan bersama dengan berbagai resin *organik*, karet dan lain-lain. Kampas rem ini memiliki kelemahan pada saat kondisi basah yang mengakibatkan efek licin waktu pengereman.

Saat ini penggunaan komponen otomotif berbahan asbes sudah dilarang. Dimulai pada tahun 1980-an saat Health Conscious Scandinavians menyatakan pelarangan komponen berbahan asbes karena membahayakan kesehatan

manusia. Bahan asbes ini berbahaya karena dapat bersifat karsinogenik ketika masuk kedalam tubuh manusia. Debu asbes ini dapat masuk ke tubuh siapa saja khususnya saat melakukan pembersihan sistem pengereman. Ketika debu asbes mencemari udara, maka semua orang yang berada di area tersebut berpotensi keracunan asbes.

Untuk itu dimasa sekarang ini banyak diciptakan kampas rem berbahan non asbes dengan memanfaatkan serat alam seperti : serat bambu, tempurung kelapa, serat rotan, dan lain sebagainya yang bisa ditemukan dengan mudah disekitar kita. Tentunya kemampuan kampas rem tersebut tidak kalah dengan kampas rem yang beredar dipasaran.

2.10 Aluminium (Al)

Aluminium (Al) merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat- sifat yang baik lainnya sebagai logam. Serbuk aluminium (Al) yang disinter memiliki sifat yang berbeda dengan kebanyakan jenis material yang lainnya.



Gambar 2.5 Serbuk Aluminium

Alumina adalah bahan baku utama dalam industri peleburan aluminium. Alumina ini berasal dari bermacam-macam bahan baku seperti: bauksit, dowsit, kaolinit, anorthosit, dan lain-lain. Aluminium oksida memiliki kekerasan yang cukup tinggi sehingga sering dipakai sebagai bahan abrasif dan sebagai komponen dalam alat pemotong. Alumina yang dihasilkan melalui anodisasi bersifat amorf, namun beberapa proses oksidasi seperti *plasma electrolytic oxidation* menghasilkan sebagian besar alumina dalam bentuk kristalin, yang meningkatkan kekerasan.

Tabel 2.1 Tabel karakteristik Aluminium (Al).

Nama, Simbol, dan Nomor	Aluminium, Al, 13
Sifat Fisik	
Wujud	Padat
Massa jenis	2,70 gram/cm ³
Massa jenis pada wujud cair	2,375 gram/cm ³
Titik lebur	933,47 K, 660,32 °C, 1220,58 ^{oF}
Titik didih	2792 K, 2519 °C, 4566 °F
Kalor jenis (25 °C)	24,2 J/mol K
Resistansi listrik (20 °C)	28,2 nΩ m
Konduktivitas termal (300 K)	237 W/m K
Pemuaian termal (25 °C)	23,1 μm/m K
Modulus Young	70 Gpa
Modulus geser	26 Gpa
Poisson ratio	0,35
Kekerasan skala Mohs	2,75
Kekerasan skala Vickers	167 Mpa
Kekerasan skala Brinell	245 Mpa

Aluminium pertama kali ditemukan tahun 1825, logam ini dialam bebas terdapat pada bauksit yang berupa senyawa oksida lumanium yang tidak murni, selain itu terdapat silika dan oksida besi. Untuk memisahkan aluminium dari unsur-unsur diatas dikembangkan proses reduksi elektrolisa, sehingga dihasilkan aluminium dengan kadar Al (90-98) %, Berat Jenis Alumunium murni 2643 kg/m³ sedangkan titik cair aluminium 660 C. Kekerasan permukaan aluminium murni 17 BHN sedangkan kekuatan tarik maksimum adalah 4,9 kg/m². Untuk memperbaiki sifat mekanis aluminium dilakukan dengan memadukan dengan unsur-unsur lain seperti tembaga, silisium, magnesium, mangan, dan nikel.

2.11 Keausan

Keausan suatu bahan komposit semakin besar atau semakin mudah aus dapat dipengaruhi oleh besarnya waktu yang diberikan pada proses kompaksi. Bila waktu penekanannya semakin besar maka tingkat keausan pun juga semakin besar. Nilai kekerasan suatu bahan juga terpengaruh oleh besar waktu penekanan kompaksi yang diberikan dalam proses pembuatan bahan kampak rem. Dalam pembuatan kampak, nilai kekerasan kampak juga berpengaruh dengan semakin besar kompaksi yang dibebankan maka semakin keras pula komposit tersebut. Karena komposit tersebut sendiri dipengaruhi oleh beberapa faktor dalam proses pembuatan dari bahan menjadi komposit dan beberapa

penyebabnya yaitu: variasi bahan, beban kompaksi yang diberikan serta lamanya beban kompaksi.

2.12 Koefisien Gesek

Gaya gesek adalah hambatan yang terjadi pada suatu bagian saat bergerak. Gerakan yang dimaksud yaitu meluncur dan berputar. Gesekan juga dipengaruhi oleh daya (P), apabila beban yang diterima pada sumber gesekan besar maka daya yang dibutuhkan juga akan semakin besar dan begitu pula sebaliknya. Hal ini juga dapat menunjukkan tingkat kekasatan atau kepakeman dari bahan gesekan.

2.12.1 Perhitungan berat kendaraan:

Selanjutnya dilakukan kalkulasi berat kendaraan (W_{total}) yang merupakan jumlah dari seluruh bagian kendaraan dan isi kendaraan.

2.12.2 Gaya pada tuas rem

Perhitungan gaya pada tuas rem dilakukan secara langsung yaitu dengan cara menghitung berat yang dibutuhkan untuk menarik tuas sehingga terjadi gaya pengereman.

2.12.3 Waktu pengereman (t)

Waktu pengereman merupakan suatu perhitungan yang dihasilkan dari sistem rem yang bekerja pada kendaraan. Waktu pengereman sangatlah penting efeknya terhadap jarak pengereman dan keamanan pengendara. Jika suatu rem memiliki daya cengkram yang baik, maka butuh waktu pengereman yang singkat hingga kendaraan tersebut berhenti dari lajunya. Tetapi jika suatu rem telah habis bagian kampas remnya akan membuat daya cengkram pengereman berkurang dan menghasilkan waktu pengereman yang lebih lambat. Kinerja dari suatu alat pengereman didasarkan pada waktu berhenti dari uji pengereman. Waktu berhenti adalah waktu yang dicapai oleh kendaraan dari saat ketika pengemudi memulai menggerakkan pengendali sistem pengereman sampai saat ketika kendaraan berhenti. Waktu pengereman

adalah hasil bagi massa dikali perubahan kecepatan dengan gaya sewaktu mengerem,

$$F = m \cdot a = m \frac{dv}{dt} = \frac{m(v_1 - v_2)}{(t_1 - t_2)}$$

Dimana :

t_1 = Waktu sebelum pengereman

t_2 = Waktu setelah pengereman

m = massa kendaraan dan pengendara

v_1 = Kecepatan sebelum terjadi pengereman

v_2 = Kecepatan setelah terjadi pengereman

F = gaya pengereman

Waktu rem sesungguhnya

$$te = \frac{v}{a}$$

Jarak pengereman

$$s = \frac{v^2}{2a}$$

Koefisien gesek pada kampas rem:

$$P = V \times I$$

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat

Adapun tempat pelaksanaan analisis keausan kampas rem sepeda motor berbahan komposit serbuk aluminium yang dilaksanakan di Laboratorium Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan.

3.1.2 Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan setelah mendapat persetujuan dari pembimbing pada tanggal 10 Mei 2019 sampai tanggal 30 agustus 2019 seperti terlihat pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 Jadwal kegiatan saat melakukan penelitian.

NO	Uraian kegiatan	Apr 2019	Mei 2019	Juni 2019	Juli 2019	Ags 2019
1	Pengajuan judul					
2	Studi literatur					
3	Desain rancangan					
4	Pembuatan cetakan atau mal					
5	Penyiapan alat dan bahan					
6	Pembuatan alat					
7	Pengujian alat					
8	Penyelesaian skripsi					

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

1. Mesin Press Hidraulik

Mesin press hydraulic adalah mesin yang difungsikan sebagai alat penekan atau kompaksi untuk memadatkan serbuk dengan tekanan sebesar 2 ton selama 30 menit untuk menjadi bentuk yang diinginkan. Seperti terlihat pada gambar 3.1.dibawah ini.



Gambar 3.1.Mesin Press Hidraulik

2. Cetakan atau mal kanvas rem

Cetakan atau mal adalah alat yang digunakan sebagai pembentuk adonan kanvas rem agar menjadi bentuk yang diinginkan. Seperti terlihat pada gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.2 Cetakan atau Mal

3. Jangka sorong

Jangka sorong adalah alat yang digunakan untuk mengukur diameter dalam dan diameter luar pada specimen, pada kali ini jangka sorong digunakan untuk mengukur ketebalan plat dan kanvas rem. Seperti terlihat pada gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3.3 Jangka Sorong

4. Mesin Gerinda

Mesin gerinda digunakan untuk meratakan plat agar adonan kampas rem bisa melekat dengan posisi yang benar. Seperti terlihat pada gambar 3.4 dibawah ini.



Gambar 3.4 Mesin Gerinda

5. 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 3.5 dibawah ini.



Gambar 3.5 Brake Dynamometer

6. Sekrap

Sekrap digunakan sebagai alat untuk membersihkan sisa adonan yang melekat pada cetakan atau mal setelah selesai pembuatan kampas rem. Seperti terlihat pada gambar 3.6 dibawah ini.



Gambar 3.6 Sekrap

7. Neraca Analtik 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. Pada penelitian ini neraca difungsikan sebagai alat untuk mencari massa suatu bahan agar menemukan campuran bahan yang terbaik. Seperti terlihat pada gambar 3.7 dibawah ini.



Gambar 3.7. Neraca Analtik Digital

8. Alat Pemanas

Alat pemanas digunakan untuk memanaskan adonan kampas rem yang telah selesai dicetak dan yang telah selesai melalui tahap kompaksi atau penekanan, alat pemanas diatur dengan suhu 100°C selama 30 menit. Seperti terlihat pada gambar 3.8 dibawah ini.



Gambar 3.8. Alat Pemanas

9. Kuas

Kuas digunakan sebagai alat yang akan membersihkan permukaan cetakan kampas rem baik sebelum pencetakan dan sesudah pencetakan. Dan digunakan untuk mengoleskan mirror glaze. Seperti terlihat pada gambar 3.9 dibawah ini.



Gambar 3.9. Kuas

10. Lesung/alu

Lesung atau alu digunakan sebagai alat untuk menghaluskan cangkang sawit agar menjadi serbuk. Seperti terlihat pada gambar 3.10 dibawah ini.



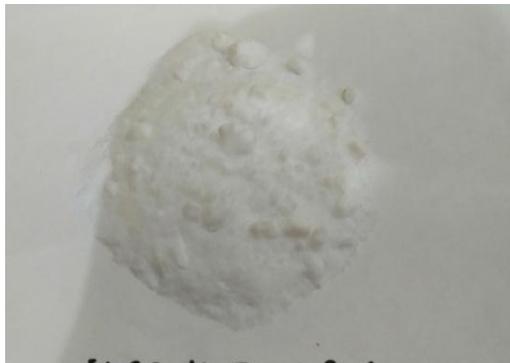
Gambar 3.10. Lesung/Alu

3.2.2. Bahan

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

1. Serbuk Aerosil Fiberglass

Serbuk Aerosil fiberglass ini berbentuk sangat halus jika dilihat kasatmata bentuknya seperti butiran halus kristal dan sangat ringan. Bahan ini adalah kekuatan yang mendasar dalam membuat barang, penggunaan bahan aerosol ini sangat kuat sehingga seringkali dijadikan sebuah pondasi dibandingkan talk fiber. Seperti terlihat pada gambar 3.11 dibawah ini.



Gambar 3.11. Serbuk Fiberglass

2. 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. Seperti terlihat pada gambar 3.12 dibawah ini.



Gambar 3.12. Serbuk Barium Sulfat

3. Serbuk Kalsium Karbonat (CaCO_3)

Serbuk kalsium karbonat adalah sebagai filler atau pengisi dengan biaya yang murah. Seperti terlihat pada gambar 3.13 dibawah ini.



Gambar 3.13. Serbuk Kalsium Karbonat

4. Resin dan Katalis

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 3.14 dibawah ini.



Gambar 3.14. Resin dan Katalis

5. Grafit atau Arang

Grafit atau arang terdiri dari lapisan atom karbon yang dapat menggelincir dengan mudah. Grafit amat lembut dan bisa digunakan sebagai *lubricant* untuk membuat peralatan mekanis bekerja lebih lancar, grafit merupakan penghantar listrik dan panas yang cukup baik tetapi bersifat rapuh ditinjau dari segi ketahanan terhadap korosi, grafit merupakan bahan yang bidang penggunaannya sangat luas. Seperti terlihat pada gambar 3.16 dibawah ini.



Gambar 3.15. Grafit atau Arang

6. Serbuk Alumunium

Serbuk alumunium dengan simbol Al nomor atom 13 dengan berat atom 26.981, serbuk alumunium dipakai sebagai bahan yang mudah dibentuk kuat, dan ringan. Dan juga sebagai bahan yang lembut agar kanvas yang dihasilkan tidak terlalu keras. Seperti terlihat pada gambar 3.17 dibawah ini.



Gambar 3.16.Serbuk Alumunium.

7. 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). Seperti terlihat pada gambar 3.18 dibawah ini.



Gambar 3.17. Mirror Glaze

8. Lem Dextone

Lem Dextone sebagai perekat antara plat kampas rem dengan adonan kampas rem yang dikeraskan. Seperti terlihat pada gambar 3.19 dibawah ini.



Gambar 3.18 .Lem Dextone

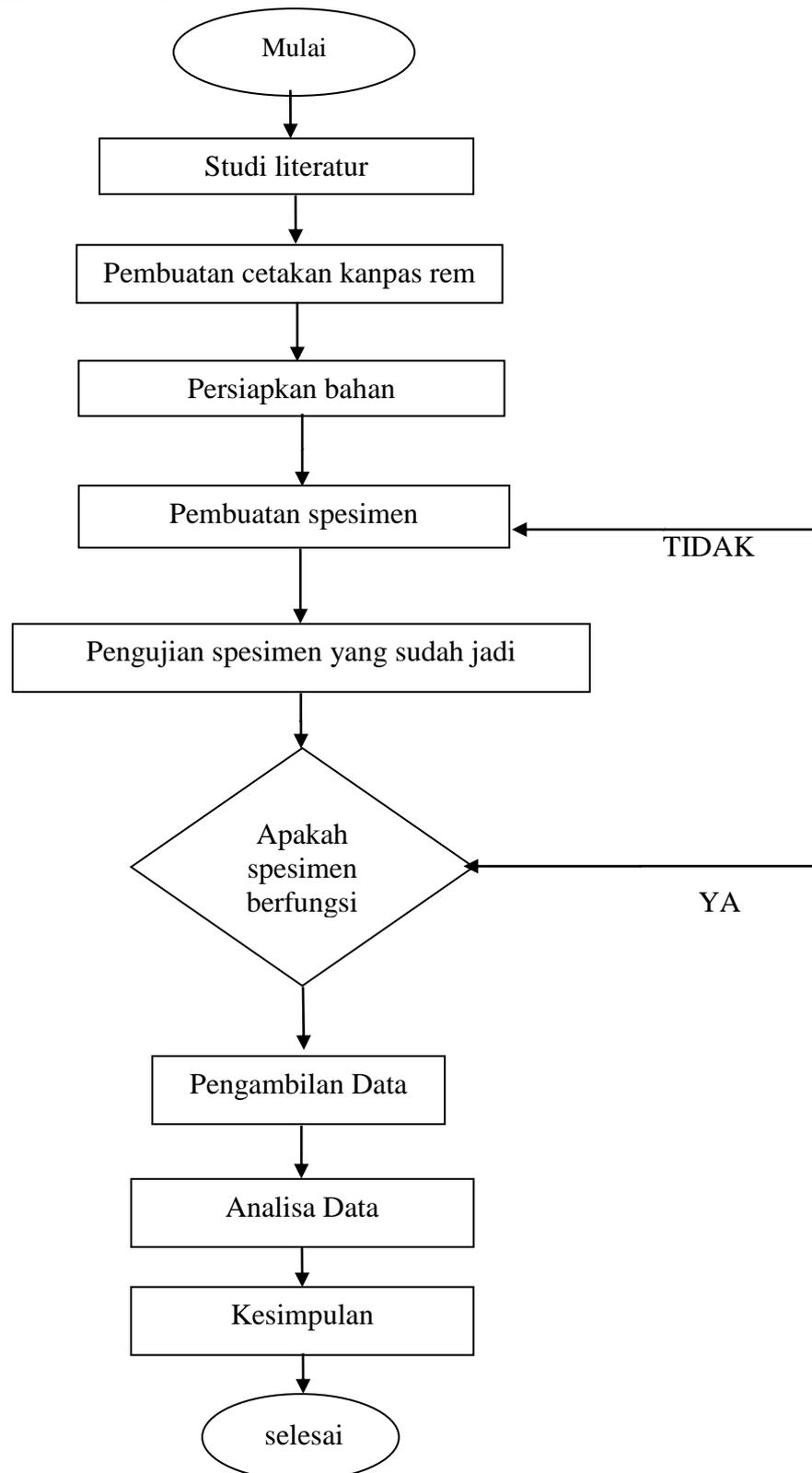
9. Plat Kampas Rem

Plat yang digunakan adalah plat bekas yang telahhabiskampas rem nya. Untuk mengurangi biaya produksi. Sepeti terlihat pada gambar 3.20 dibawah ini.



Gambar 3.19 Plat kampas rem

3.3 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.20 Diagram Alir

3.4 Prosedur Penelitian

Pada penelitian kali ini hal yang utama adalah mempersiapkan seluruh bahan yang dibutuhkan dan dengan komposisi massa yang tepat agar spesimen 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 (gram)	Kampas Rem 2 (gram)	Kampas Rem 3 (gram)
1	Aerosol fiberglass	0,5	0,5	0,5
2	Serbuk alumunium	3,5	2,5	1,5
3	Serbuk Barium sulfat	4	4	4
4	Serbuk Kalsium karbonat	1	1	1
5	Serbuk graphite/arang	0,5	0,5	0,5
6	Resin	20	20	20
7	Katalis	1	1	1

Plat besi yang digunakan sebagai tempat atau dudukan adonan kampas rem adalah plat besi bekas yang sudah tidak ada lagi kampas rem nya, dengan massa yang terlihat pada tabel 3.3 dibawah ini

Tabel 3.3. Massa Plat Kampas Rem

NO	Plat	(gram)
1	Plat 1	35
2	Plat 2	32
3	Plat 3	30

3.4.1 Proses Pembuatan Kampas Rem

1. Proses pembuatan dan pencetakan kampas rem ini terlebih dahulu mempersiapkan alat sesuai dengan fungsinya dan bahan sesuai dengan komposisi massa nya.

Alat:

- Cetakan atau mal
- Sekrap
- Neraca analitik
- Kuas
- Wadah atau gelas
- Sendok
- Lesung
- Mesin press hydraulic

Bahan:

- Aerosol fiberglass
- Serbuk cangkang sawit
- Serbuk aluminium
- Serbuk Barium sulfat
- Serbuk kalsium karbonat
- Serbuk graphite/arang
- Resin
- Katalis
- Mirror glaze
- Plat kampas rem bekas

2. Menimbang masing-masing bahan dengan menggunakan neraca analitik sesuai massa yang sudah ditentukan dalam tabel 3.2 komposisi bahan.
3. Menimbang massa plat besi yang akan digunakan untuk tempat adonan kampas rem.
4. Mempersiapkan cetakan atau mal sebagai tempat untuk membentuk kampas rem bersihkan permukaan cetakan dengan kuas dan oleskan mirror glaze keseluruh bagian cetakan agar adona kampas rem tidak melekat pada cetakan. Seperti terlihat pada gambar 3.22 dibawah ini.



Gambar 3.21 Mengoleskan Mirror Glaze

5. Membersihkan plat kampas rem dan memberikan lem dextone pada plat dan memasukan plat kedalam dudukan yang terdapat pada cetakan. Seperti terlihat pada gambar 3.23 dibawah ini.



Gambar 3.22 Plat Kampas Rem Bekas.

6. Selesai semua bahan ditimbang lalu campurkan semua bahan kedalam gelas dan diaduk sampai merata.
7. Setelah semua merata masukan adonan kedalam cetakan dan tekan secara perlahan agar adonan dapat masuk ke dalam cetakan secara merata. Seperti terlihat pada gambar 3.24 dibawah ini.



Gambar 3.23 Meratakan Adonan Pada Cetakan

8. Setelah adonan merata lalu nyalakan mesin press hydraulic untuk melakukan proses kompaksi atau penekanan, posisikan cetakan tepat pada mata press hydraulic agar penekanan bisa sempurna. Penekanan diatur dengan massa sebesar 2 ton dengan waktu penekanan selama 30 menit agar adonan terbentuk sempurna dan kering. Seperti terlihat pada gambar 3.25 dibawah ini.



Gambar 3.24 Proses Kompaksi atau Penekanan

9. Kemudian setelah selesai proses kompaksi matikan mesin press hydraulic dan lepaskan cetakan dari mata press, lalu buka bagian atas cetakan dan keluarkan kampas rem dari dalam cetakan. Dan terlihat bentuk kampas rem sementara. Seperti terlihat pada gambar 3.26 dibawah ini.



Gambar 2.25 Kampas Rem Selesai Proses Kompaksi

10. Kampas rem yang telah dicetak memasuki tahap *sintering* atau pemanasan. Alat pemanas diatur dengan suhu 100°C dengan waktu 20 menit, agar adonan kampas rem lebih merekat dan kuat. Seperti terlihat pada gambar 3.27 dibawah ini.



Gambar 3.26 Proses sintering atau pemanasan

11. Kampas rem yang telah dipanaskan lalu ditimbang untuk mengetahui massa kering nya.
12. Lakukan proses yang sama pada kampas rem no.2 hingga selesai.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian Kampas Rem

Prosedur percobaan pengujian kampas rem berbahan komposit serbuk aluminium ini dilakukan dengan menggunakan alat Brake Dynamometer yang berada di laboratorium Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan variasi beban yang berbeda yaitu 500gr, 1000gr dan 1500gr. Dari pengujian keausan kampas rem yang dilakukan, dihasilkan data yang dapat dilihat pada tabel 4.1, 4.2, dan 4.3 dibawah ini.

4.2 Analisa Data Uji Keausan

4.2.1 Massa Beban 500 gram

Tabel 4.1 Data Uji Keausan Kampas Rem Berbahan Komposit Serbuk Aluminium dengan massa gaya 500gr.

NO	Produk	m_0 (g)	m_1 (g)	A (mm ²)	Putaran (RPM)	t (detik)	F (g)	W (g/mm ² .detik)
1	Kampas Rem 1	50,723	50,711	1372	2133,2	60	500	$1,457 \times 10^{-7}$
2	Kampas Rem 2	36,962	36,953	1372	2160,0	60	500	$1,093 \times 10^{-7}$
3	Kampas Rem 3	45,228	45,223	1372	2143,5	60	500	$0,607 \times 10^{-7}$
4	Kampas Rem Komersial	53,503	53,450	1372	2160,3	60	500	$6,438 \times 10^{-7}$

Sumber: Hasil Penelitian 2019

Untuk menghitung atau mencari nilai keausan menggunakan persamaan:

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

Beban 500gr

Kampas rem no.1

$$W = \frac{50,723 - 50,711}{1372 \times 60} = \frac{0,012}{82320} = 1,457 \times 10^{-7} \text{ g / mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Kampas rem no.2

$$W = \frac{36,962 - 36,953}{1372 \times 60} = \frac{2,991}{82320} = 1,093 \times 10^{-7} \text{ g / mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Kampas rem no.3

$$W = \frac{45,228 - 45,223}{1372 \times 60} = \frac{0,005}{82320} = 6,073 \times 10^{-7} \text{ g / mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Kampas rem no.4 (komersial)

$$W = \frac{53,503 - 53,450}{1372 \times 60} = \frac{0,053}{82320} = 6,438 \times 10^{-7} \text{ g / mm}^2 \cdot \text{detik}$$

4.2.2 Massa Beban 1000 gram

Tabel 4.2 Data Uji Keausan Kampas Rem Berbahan Komposit Serbuk Aluminium dengan massa gaya 1000gr

NO	Produk	m_0 (g)	m_1 (g)	A (mm ²)	Putaran (RPM)	t (detik)	F (g)	W (g/mm ² .detik)
1	Kampas Rem 1	50,711	50,705	1372	2142,6	60	1000	$0,723 \times 10^{-7}$
2	Kampas Rem 2	36,953	36,949	1372	2140,7	60	1000	$0,486 \times 10^{-7}$
3	Kampas Rem 3	45,223	45,215	1372	2130,8	60	1000	$0,972 \times 10^{-7}$
4	Kampas Rem Komersial	53,450	53,386	1372	2160,3	60	1000	$7,774 \times 10^{-7}$

Sumber: Hasil Penelitian 2019

Untuk menghitung atau mencari nilai keausan menggunakan persamaan:

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

Beban 1000gr

Kampas rem no.1

$$W = \frac{50,711 - 50,705}{1372 \times 60} = \frac{0,006}{82320} = 0,723 \times 10^{-7} \text{ g / mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Kampas rem no.2

$$W = \frac{36,953 - 36,949}{1372 \times 60} = \frac{2,996}{82320} = 0,486 \times 10^{-7} \text{ g / mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Kampas rem no.3

$$W = \frac{45,223 - 45,215}{1372 \times 60} = \frac{0,008}{82320} = 0,972 \times 10^{-7} \text{ g / mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Kampas rem no.4 (komersial)

$$W = \frac{53,450 - 53,386}{1372 \times 60} = \frac{0,064}{82320} = 7,774 \times 10^{-7} \text{ g / mm}^2 \cdot \text{detik}$$

4.2.3 Massa Beban 1500 gram

Tabel 4.3 Data Uji Keausan Kampas Rem Berbahan Komposit Serbuk Aluminium dengan massa gaya 1500 gr.

NO	Produk	m_0 (g)	m_1 (g)	A (mm ²)	Putaran (RPM)	t (detik)	F (g)	W (g/mm ² ·detik)
1	Kampas Rem 1	50,705	50,701	1372	2165,3	60	1500	$0,486 \times 10^{-7}$
2	Kampas Rem 2	36,949	36,935	1372	2146,3	60	1500	$1,700 \times 10^{-7}$
3	Kampas Rem 3	45,215	45,209	1372	2120,8	60	1500	$0,729 \times 10^{-7}$
4	Kampas Rem Komersial	53,386	53,317	1372	2165,4	60	1500	$8,381 \times 10^{-7}$

Sumber: Hasil Penelitian 2019

Untuk menghitung atau mencari nilai keausan menggunakan persamaan:

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

Beban 1500gr

Kampas rem no.1

$$W = \frac{50,705 - 50,701}{1372 \times 60} = \frac{0,004}{82320} = 0,486 \times 10^{-7} \text{ g / mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Kampas rem no.2

$$W = \frac{36,949 - 36,935}{1372 \times 60} = \frac{0,014}{82320} = 1,700 \times 10^{-7} \text{ g / mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Kampas rem no.3

$$W = \frac{45,215 - 45,209}{1372 \times 60} = \frac{0,006}{82320} = 0,729 \times 10^{-7} \text{ g / mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Kampas rem no.4 (komersial)

$$W = \frac{53,386 - 53,317}{1372 \times 60} = \frac{0,069}{82320} = 8,381 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Maka dari itu, berdasarkan Data Uji Keausan Kampas Rem Berbahan Komposit Serbuk Aluminium dengan massa gaya 500gr, 1000gr dan 1500gr yang sudah didapat adalah sebagai berikut:

Tabel 4.4 Data Uji Keausan Kampas Rem Berbahan Komposit Serbuk Aluminium dengan massa gaya 500gr, 1000gr dan 1500 gr.

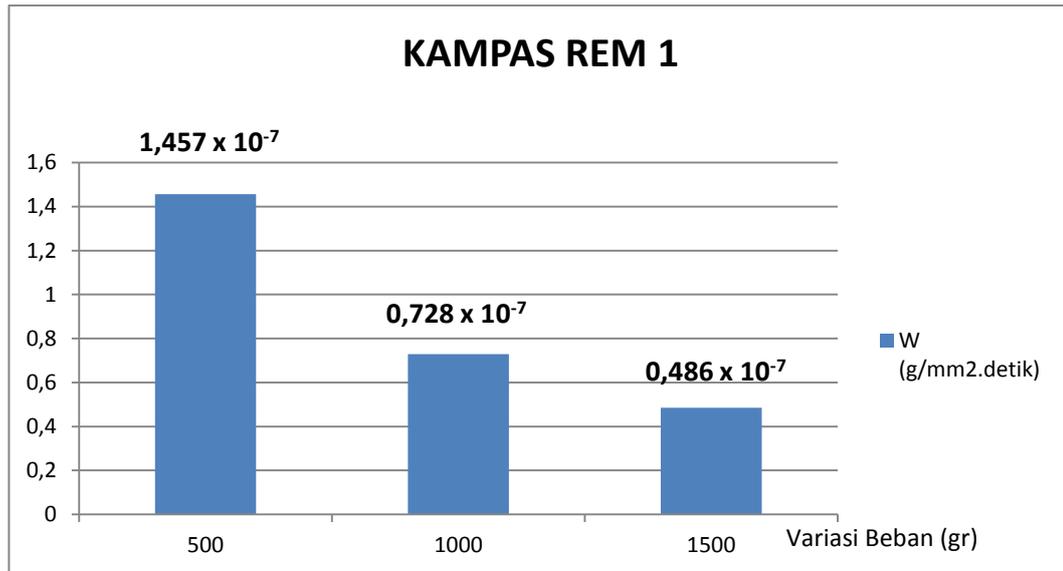
No	Produk	F (g)	A (mm ²)	t (detik)	m ₀ (g)	m ₁ (g)	Putaran (RPM)	W (g/mm ² .detik)
1	Kampas Rem 1	500	1372	60	50,723	50,711	2133,2	1,457x10 ⁻⁷
		1000			50,711	50,705	2142,6	0,729x10 ⁻⁷
		1500			50,705	50,701	2165,3	0,486x10 ⁻⁷
2	Kampas Rem 2	500	1372	60	36,962	36,953	2160,0	1,093x10 ⁻⁷
		1000			36,953	36,949	2140,7	0,486x10 ⁻⁷
		1500			36,949	36,935	2146,3	1,700x10 ⁻⁷
3	Kampas Rem 3	500	1372	60	45,228	45,223	2143,5	0,607x10 ⁻⁷
		1000			45,223	45,215	2130,8	0,972x10 ⁻⁷
		1500			45,215	45,209	2120,8	0,729x10 ⁻⁷
4	Kampas Rem Komersial	500	1372	60	53,503	53,450	2160,3	6,438x10 ⁻⁷
		1000			53,450	53,386	2153,2	7,774x10 ⁻⁷
		1500			53,386	53,317	2165,4	8,381x10 ⁻⁷

Sumber: Hasil Penelitian 2019

4.3 Grafik Keausan Kampas Rem

1. Kampas 1 (*3,5 gram serbuk aluminium*)

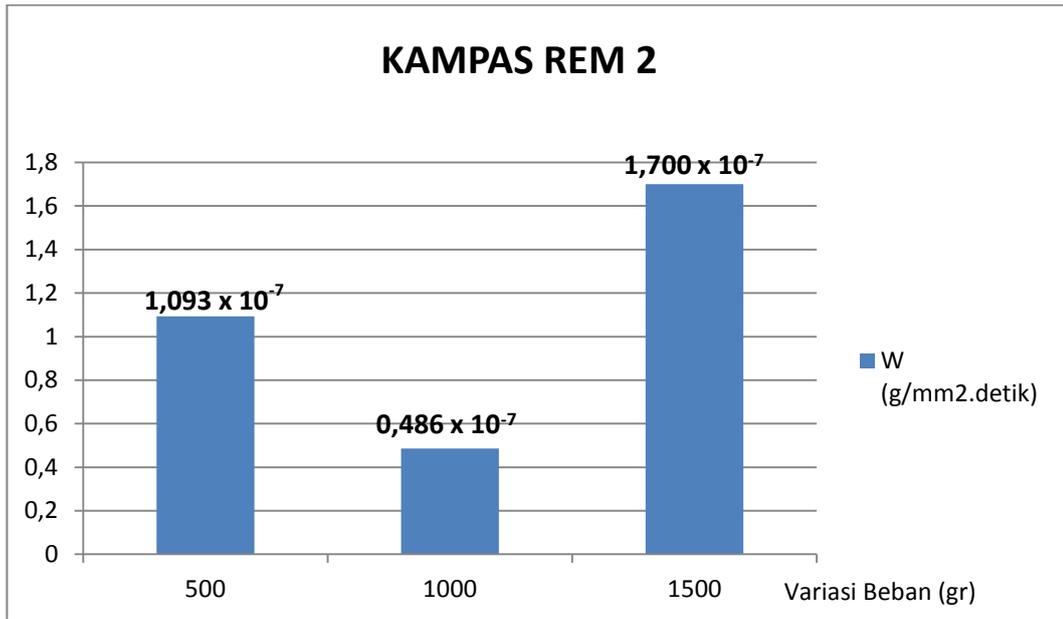
Grafik perbandingan masa yang hilang dari massa awal hingga massa akhir dengan variasi beban yang dilakukan pada kampas rem saat pengujian keausan. Dapat dilihat pada gambar 4.1 Grafik Massa Hilang dibawah ini.



Gambar 4.1 Grafik Massa Hilang Kampas Rem 1

2. Kampas 2 (*4 gram serbuk aluminium*)

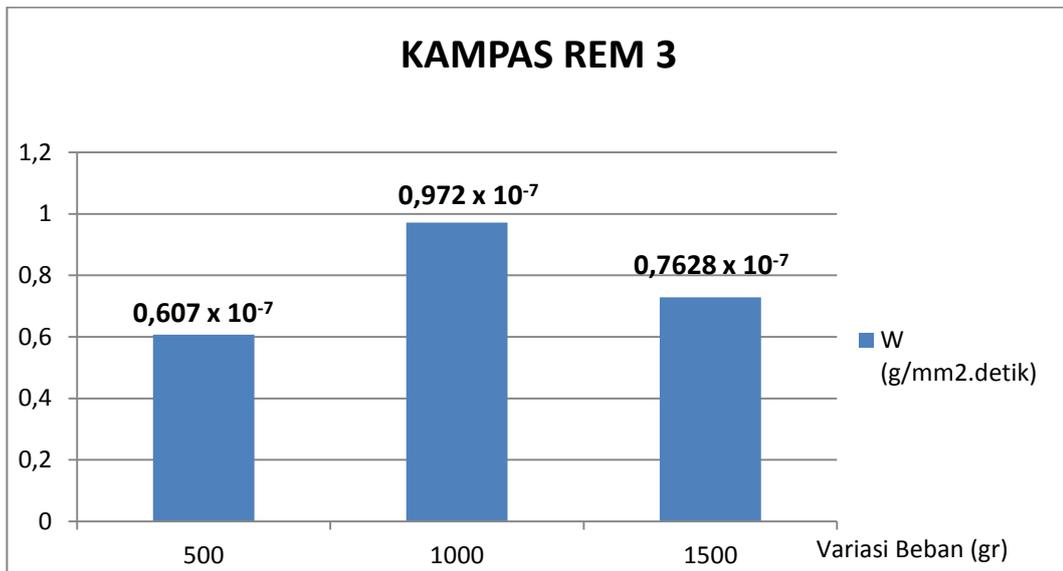
Grafik perbandingan masa yang hilang dari massa awal hingga massa akhir dengan variasi beban yang dilakukan pada kampas rem saat pengujian keausan. Dapat dilihat pada gambar 4.2 Grafik Massa Hilang dibawah ini.



Gambar 4.2. Grafik Massa Hilang Kampas Rem 2

3. Kampas 3 (5 gram serbuk aluminium)

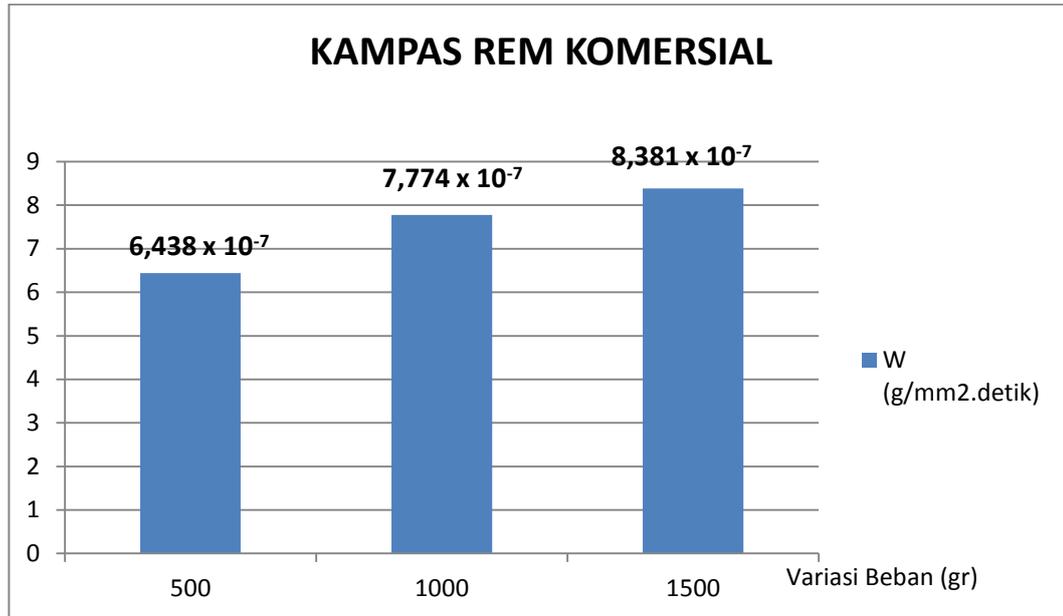
Grafik perbandingan masa yang hilang dari massa awal hingga massa akhir dengan variasi beban yang dilakukan pada kampas rem saat pengujian keausan. Dapat dilihat pada gambar 4.3 Grafik Massa Hilang dibawah ini.



Gambar 4.3 Grafik Massa Hilang Kampas Rem 3

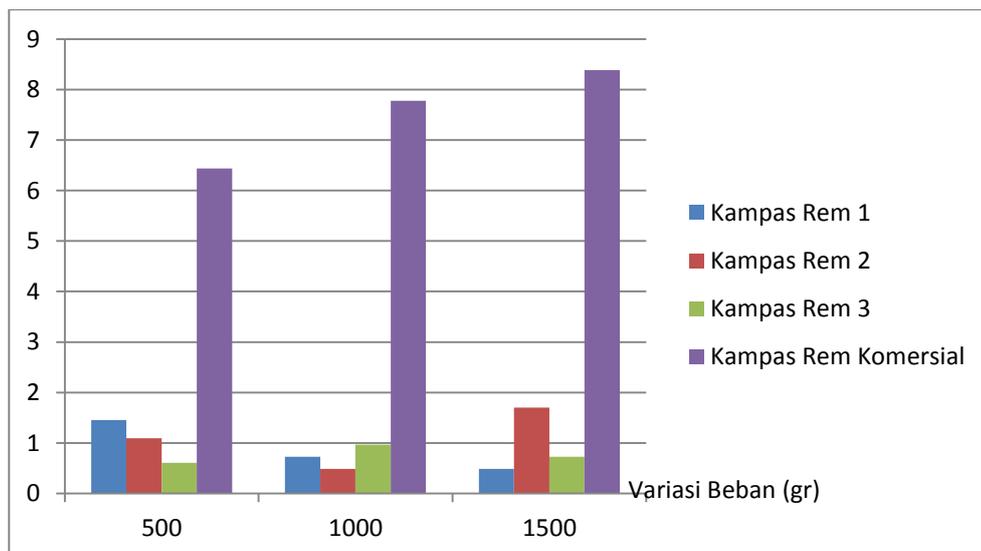
4. Kampas 4 (*Produk Komersial*)

Grafik perbandingan masa yang hilang dari massa awal hingga massa akhir dengan variasi beban yang dilakukan pada kampas rem saat pengujian keausan. Dapat dilihat pada gambar 4.4 Grafik Massa Hilang dibawah ini.



Gambar 4.4. Grafik Massa Hilang Kampas Rem Komersial

Maka dari itu, data hasil perhitungan keausan dan perbandingan keausan dari tiap-tiap kampas rem dan masa beban dapat dilihat pada grafik 4.5 dibawah ini.



Gambar 4.5. Grafik Perbandingan Massa Hilang

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dan saran dari penelitian pembuatan kampas rem dan pengujian kampas rem berbahan komposit serbuk aluminium ini dilakukan dengan menggunakan alat Brake Dynamometer yang berada di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan variasi bahan yang berbeda dan variasi beban yang berbeda yaitu 500gr, 1000gr dan 1500gr.

5.1 Kesimpulan

1. Persamaan yang digunakan untuk mencari atau menghitung tingkat keausan kampas rem berbahan komposit serbuk aluminium adalah

$$W = \frac{m_o - m_i}{A \times t}$$

2. Komposisi bahan yang baik untuk mendapatkan kampas rem dengan tingkat keausan paling sedikit adalah kampas rem No. 3. Dengan menggunakan bahan serbuk aluminium dengan massa 5 gram memiliki tingkat keausan yang lebih kecil. Dan kampas rem yang memiliki tingkat keausan paling besar yaitu kampas rem komersial, yang ditunjukkan perbandingannya pada data dibawah ini.

- Kampas rem serbuk aluminium

Kampas 3 (5gr aluminium) = $0,607 \times 10^{-7}$ (massa beban 500gr)

Kampas 3 (5gr aluminium) = $0,48 \times 10^{-7}$ (massa beban 1000gr)

Kampas 3 (5gr aluminium) = $1,700 \times 10^{-7}$ (massa beban 1500gr)

- Kampas rem komersial

Kampas komersial = $6,438 \times 10^{-7}$ (massa beban 500gr)

Kampas komersial = $7,774 \times 10^{-7}$ (massa beban 1000gr)

Kampas komersial = $8,381 \times 10^{-7}$ (massa beban 1500gr)

5.2 Saran

Adapun saran kali ini untuk alat ataupun mesin brake dinamo meter, supaya ditambahkan alat peredam getaran mesin yaitu kate peredam getaran agar

getaran mesin tidak terlalu mengganggu hasil pengambilan nilai di alat ukur timbangan yang mengukur beban yang di hasilkan oleh gesekan piringan cakram ke kanpas rem agar mendapat hasil yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

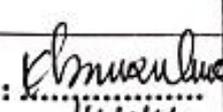
- Aditya Eko Saputro, Ranto, Y. E. (n.d.). No Title. *Kaji Eksperimental Performansi Pengereman Kampas Rem Serat Bambu Sebagai Bahan Alternatif Kampas Rem Mobil*, (271), 1–10.
- Andun, Adhari, dan Agus Prasetyo. (2005). *Overhoule Komponen Sistim Rem, Progam Keahlian Teknik Mekanik Otomotif*
- Gustav Niemann, 1981. *Design of Machine Elemen*, Mc. Graw Hill, India
- Kiswiranti, D., Sugianto D., Hindarto N. Dan Sutikno, 2009. *Pemanfaatan Serbuk Tempurung Kelapa Sebagai Alternatif Serat Penguat Bahan Friksi NonAsbes Pada Kampas Rem Sepeda Motor*. Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia, ISSN : 1693-1246
- K.M. Jossy. (2011). *Brake and Dynamometer*. SSAS Institute of Technology
- Sandi, Suci N dkk, 2019. *Analisa Simulasi Performansi Kampas Rem Komposit Dengan Variasi Beban Pemodelan Metode Elemen Hingga*. Jurnal Dinamis, 7(4), 21-27
- Siallagan, Randy Putra, 2018. *Studi Eksperimental Performansi Kampas ream Berbahan Serbuk Bambu, Aluminium, Magnesium pada Kendaraan Satria FU*. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Supriyanto, 2016. *Pengujian Kampas Rem Non Asbes Variasi Calcium Carbonate Dengan Perekat Phenolic Resin*. Laporan Tugas Akhir Fakutas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, Maret 2016, Surakarta

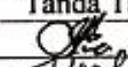
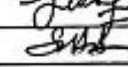
LAMPIRAN

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

Peserta seminar

Nama : Sainul Arifin Lubis
 NPM : 1507230114
 Judul Tugas Akhir : Analisis Keausan Kampas Rem Sepeda Motor Berbahan Komposit Serbuk Aluminium

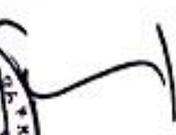
DAFTAR HADIR TANGAN	TANDA
Pembimbing – I : Khairul Umurani, S.T, M.T	: 
Pemanding – I : Rahmatullah S.T, M.Sc	: 
Pemanding – II : Munawar Alfansury Siregar S.T, M.T	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1507230114	Sainul Arifin Lubis	
2	1507230188	Danu Tirta Dewa Surya	
3	1507230248	Suwanda	
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 14 Rajab 1441 H
09 Maret 2020 M

Ketua Prodi. T.Mesin




Siregar, S.T, M.T

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

NAMA : Sainul Arifin Lubis
NPM : 1507230114
Judul T.Akhir : Analisis Keausan Kampas Rem Sepeda Motor Berbahan Komposit Serbuk Aluminium

Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani, S.T, M.T
Dosen Pembanding - I : Rahmatullah S.T, M.Sc
Dosen Pembanding - II : Munawar Alfansury Siregar S.T, M.T

KEPUTUSAN

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

Perbaikan sesuai catatan di 'Glosyri'

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

Medan 14 Rajab 1441 H
09 Maret 2020 M

Diketahui :

Ketua Prodi. T.Mesin



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

Dosen Pembanding- II

Munawar Alfansury Siregar S.T, M.T



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila mungkin surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

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

Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12
Website : <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail : fatek@umsu.ac.id

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 538/III.3AU/UMSU-07/F/2021

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 19 Maret 2021 dengan ini Menetapkan :

Nama : SAINUL ARIFIN LUBIS
Npm : 1507230114
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : XII (DUA BELAS)
Judul Tugas Akhir : ANALISIS KEAUSAN KANVAS REM SEPEDA MOTOR BERBAHAN KOMPOSIT SERBUK ALUMINIUM

Pembimbing -I : KHAIRUL UMURANI, ST, MT
Pembimbing -II : 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, 06 Sya'ban 1442 H

20 Maret 2021 M



Dekan

Munawar Alfansury Siregar, ST, MT

NIDN: 0101017202



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Analisis Keausan Kanvas Rem Sepeda Motor Berbahan Komposit Serbuk Aluminium

Nama : Sainul Arifin Lubis

NPM : 1507230114

Dosen Pembimbing 1 : Khairul Umurani, S.T., M.T

Dosen Pembimbing 2 : M. Yani ST., MT

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
-		Pemboran spesifikasi tugas	6
-		Perbaiki presentasi	4
-		Perbaiki bagian poster	4
-		Perbaiki Metode	4
-		Ignor ke pembantu 2	4
-		Perbaiki spasi	My
-		Perbaiki format penulisan	My
-		Perbaiki flow chart	My
-		Kembali ke pembantu 3	My
-		Ace, Review	6