

# **TUGAS AKHIR**

## **ANALISIS KEAUSAN KAMPAS REM SEPEDA MOTOR BERBAHAN KOMPOSIT SERBUK CANGKANG KELAPA SAWIT**

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

**Disusun Oleh:**

**ARYANSYAH PRATAMA HRP**  
**1507230169**



# **UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2019**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Aryansyah Pratama Hrp  
NPM : 1507230169  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Analisis Keausan Kampas Rem Sepeda Motor Berbahan  
Komposit Serbuk Cangkang Kelapa Sawit  
Bidang ilmu : Konstruksi & Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan 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, 11 September 2019


Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



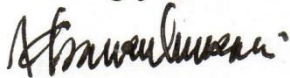
Bekti Suroso, S.T., M.Eng

Dosen Penguji II



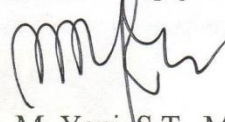
Chandra A Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji III



Khairul Umurani, S.T., M.T

Dosen Penguji IV



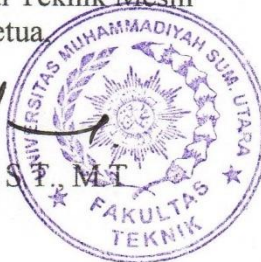
M. Yani, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin

Ketua



Affandi, S.T., M.T



## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Aryansyah Pratama Hrp  
Tempat /Tanggal Lahir : Medan/24 September 1997  
NPM : 1507230169  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

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

**“Analisis Keausan Kampas Rem Sepeda Motor Berbahan Komposit Serbuk Cangkang Kelapa Sawit”,**

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, 11 September 2019

Saya yang menyatakan,



Aryansyah Pratama Hp

## ABSTRAK

Ketersediaan cangkang sawit yang melimpah berdasarkan data dari Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPDPKS) produksi limbah kelapa sawit pada tahun 2017 adalah produksi *mesocarp fiber* sebanyak 20 juta ton, cangkang sawit sebanyak 9 juta ton dan tandan kosong sebanyak 31 juta ton. Dari data limbah cangkang sawit menghasilkan sebuah ide, salah satunya ialah dengan menggunakan cangkang sawit sebagai bahan pengisi komposit dalam pembuatan kampas rem sepeda motor matic Honda. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keausan kampas rem berbahan komposit serbuk cangkang kelapa sawit yang menggunakan variasi bahan cangkang sawit yang berbeda agar mendapatkan tingkat keausan yang paling kecil. Bahan yang digunakan untuk membuat kampas rem berbahan komposit ini adalah serbuk cangkang sawit, 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.1 dengan massa 3 gram serbuk cangkang sawit memiliki tingkat keausan paling kecil dengan beban pengereman minimum, menghasilkan nilai keausan  $1,943 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$  dan, nilai keausan  $2,551 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$  pada beban pengereman maximum. Sedangkan kampas rem yang tingkat keausannya paling besar adalah kampas rem no.2 dengan massa 4 gram serbuk cangkang sawit dengan pembebanan minimum menghasilkan nilai keausan  $2,429 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$  dan nilai keausan  $2,915 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$  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 Cangkang Sawit, 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  $1,943 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2$ .detik and, wear value  $2,551 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2$ .detik 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  $2.429 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2$ .detik and a wear value of  $2.915 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2$ .detik 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 kehadirat 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 Cangkang Kelapa Sawit ” 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 menghatakan 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 Bekti Suroso, S.T., M.Eng, selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Chandra A siregar, S.T.,M.T, selaku Dosen Pembanding II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Affandi, S.T., M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu Teknik Mesin kepada penulis.

8. Orang tua penulis: Bapak Mora Pardomuan Hrp dan Ibu Ely Suriani, yang telah berusaha payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Sahabat-sahabat penulis: Muhammad Arsad, Sainul Arifin Lubis, M.Dipo Pamungkas, dan sahabat 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 Teknik Mesin.

Medan, 11 September 2019



ARYANSYAH PRATAMA HRP

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAC</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
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
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>4</b>
2.1. Sistem Rem	4
2.2. Komposit	16
2.2.1. Klasifikasi Bahan Komposit	17
2.3. Kelapa Sawit	20
2.3.1. Cangkang Kelapa Sawit	22
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>	<b>24</b>
3.1. Tempat Dan Waktu Penelitian	24
3.1.1. Tempat	24
3.1.2. Waktu	24
3.2. Alat Dan Bahan	24
3.2.1. Alat	25
3.2.2. Bahan	30
3.3. Bagan Alir Penelitian	36
3.4. Prosedur Penelitian	37
3.4.1. Proses Pembuatan Kampas Rem	38
3.4.2. Proses Pengujian Kampas Rem	42
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>44</b>
4.1. Data Hasil Pengujian Kampas Rem	44
4.2. Analisa Data Uji Keausan	45
4.2.1. Massa Beban 500gram	45
4.2.2. Massa Beban 1000 Gram	46
4.2.3. Massa Beban 1500 Gram	47
4.3. Grafik Keausan Kampas Rem	48



<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>53</b>
5.1. Kesimpulan	53
5.2. Saran	53

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

**LEMBAR ASISTENSI**

**DAFTAR RIWAYAT HIDUP**

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.Jadwal Kegiatan Saat Melakukan Penelitian.	24
Tabel 3.2.Komposisi Dan Perbandingan Bahan.	37
Tabel 3.3. Komposisi dan Perbandingan Bahan Dalam (%).	37
Tabel 4.1.Data Uji Keausan Kampas Rem Berbahan Komposit Serbuk Cangkang Sawit Dengan Massa Gaya 500gr.	44
Tabel 4.2.Data Uji Keausan Kampas Rem Berbahan Komposit Serbuk Cangkang Sawit Dengan Massa Gaya 1000gr.	44
Tabel 4.3.Data Uji Keausan Kampas Rem Berbahan Komposit Serbuk Cangkang Sawit Dengan Massa Gaya 1500gr.	44
Tabel 4.4.Analisa Data Uji Keausan Dengan Massa Gaya Beban 500gr	45
Tabel 4.5.Analisa Data Uji Keausan Dengan Massa Gaya Beban 1000gr	46
Tabel 4.6.Analisa Data Uji Keausan Dengan Massa Gaya Beban 1500gr	47
Tabel 4.7.Massa Hilang Produk 1	48
Tabel 4.8.Massa Hilang Produk 2	49
Tabel 4.9.Massa Hilang Produk 3	50
Tabel 4.10.Massa Hilang Produk komersial	51
Tabel 4.11.Keausan Kampas Rem	52

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Sistem Rem Tromol	5
Gambar 2.2. Prinsip Rem Tromol	6
Gambar 2.3. Tipe Leading Traling	8
Gambar 2.4. Tipe Leading Shoes	9
Gambar 2.5. Tipe Servo	10
Gambar 2.6. Sistem Rem Cakram	11
Gambar 2.7. Prinsip Kerja Rem Cakram	12
Gambar 2.8. Piringan Rem Cakram	13
Gambar 2.9. Brake Caliper	14
Gambar 2.10. Kampas Rem	14
Gambar 2.11. Single Piston	15
Gambar 2.12. Multi Piston	15
Gambar 2.13. komposit	16
Gambar 2.14. Klasifikasi Bahan Komposit Secara Umum	19
Gambar 2.15. Kelapa Sawit	20
Gambar 2.16. Limbah Industri Kelapa Sawit	21
Gambar 2.17. Cangkang Kelapa Sawit	22
Gambar 3.1. Mesin Press Hidraulik	25
Gambar 3.2. Cetakan atau Mal	25
Gambar 3.3. Tachometer	26
Gambar 3.4. Mesin Gerinda	26
Gambar 3.5. Brake Dynamometer	27
Gambar 3.6. Sekrap	27
Gambar 3.7. Neraca Analitik Digital	28
Gambar 3.8. Alat Pemanas	28
Gambar 3.9. Kuas	29
Gambar 3.10. Lesung/Alu	29
Gambar 3.11. Serbuk Fiberglass	30
Gambar 3.12. Serbuk Barium Sulfat	30
Gambar 3.13. Serbuk Kalsium Karbonat	31
Gambar 3.14. Resin dan Katalis	31
Gambar 3.15. Serbuk Cangkang Sawit	32
Gambar 3.16. Grafit atau Arang	33
Gambar 3.17. Serbuk Alumunium.	33
Gambar 3.18. Mirror Glaze	34
Gambar 3.19. LemDextone.	34
Gambar 3.20. Plat Kampas Rem	35
Gambar 3.21. Diagram Alir	36
Gambar 3.22. Mengoleskan Mirror Glaze	39
Gambar 3.23. Plat Kampas Rem Bekas	39
Gambar 3.24. Meratakan Adonan Pada Cetakan	40
Gambar 3.25. Proses Kompaksi atau Penekanan	40
Gambar 2.26. Kampas Rem Selesai Proses Kompaksi	41
Gambar 3.27. Proses Sintering Atau Pemanasan	41

Gambar 3.28. Penimbangan Kampas Sebelum Diuji	42
Gambar 3.29. Letak Caliper Rem	42
Gambar 3.30. Mengukur Rotasi Mesin Menggunakan Tachometer	43
Gambar 4.1. Grafik Massa Hilang Produk 1	48
Gambar 4.2. Grafik Massa Hilang Produk 2	49
Gambar 4.3. Grafik Massa Hilang Produk 3	50
Gambar 4.4. Grafik Massa Hilang Produk Pomersial	51
Gambar 4.5. Tingkat Keausan	52

## DAFTAR NOTASI

<b>Simbol</b>	<b>Keterangan</b>	<b>Satuan</b>
W	Keausan	$\text{g/mm}^2 \cdot \text{detik}$
$m_0$	Massa Awal	g
$m_1$	Massa Akhir	g
A	Luas Kampas Rem	$\text{mm}^2$
Rpm	Revolusi Permenit	rpm
t	Waktu Pengausan	detik
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 bertahapa 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, 2011)

Ketersediaan cangkang sawit yang melimpah berdasarkan data dari Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPDPKS) produksi limbah kelapa sawit pada tahun 2017 adalah produksi *mesocarp fiber* sebanyak 20 juta ton, cangkang sawit sebanyak 9 juta ton dan tandan kosong sebanyak 31 juta ton. Dari data limbah cangkang sawit menghasilkan sebuah ide, salah satunya ialah dengan menggunakan cangkang sawit sebagai bahan pengisi komposit dalam pembuatan kampas rem sepeda motor matic Honda. Kampas rem adalah salah satu komponen penting pada kendaraan darat yang berfungsi untuk memperlambat dan menghentikan kendaraan. Pada saat kendaraan berkecepatan tinggi, fungsi kampas rem memiliki fungsi beban sebesar 90% dari komponen lainnya, bahkan keselamatan jiwa manusia bergantung pada kemampuan dari komponen tersebut.

Kampas rem pun ada yang memproduksi orisinil pabrik bersangkutan atau vendor yang telah ditunjuk pabrik tersebut (*original equipment manufacture/OEM*) dan ada pula pihak ketiga (*aftermarket*), meskipun kualitas tidak terlalu baik tetapi harga untuk kampas rem ini terbilang cukup murah dan konsumen lebih memilih suku cadang yang lebih murah. Secara umum bahan atau komposisi utama untuk pembuatan kampas rem yaitu bahan yang disebut komposit.

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.

Komposit merupakan gabungan antara bahan matriks atau pengikat dengan penguat. Penguat (*reinforcement*) adalah salah satu bagian utama dari komposit yang berperan untuk menahan beban yang diterima oleh material komposit sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari penguat yang digunakan. Matriks dalam struktur komposit berasal dari bahan polimer atau logam. Syarat pokok matriks yang digunakan dalam komposit adalah harus bisa meneruskan beban, sehingga serat bisa melekat pada matriks dan kompatibel antara serat dan matriks.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapakah komposisi bahan yang sesuai agar kampas rem yang dihasilkan lebih kecil tingkat keausannya?
2. Bagaimanakah cara mencari nilai tingkat keausan pada setiap kampas rem yang berbeda komposisi bahannya?

## 1.3 Ruang lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini memfokuskan hanya pada bahan utama yaitu serbuk cangkang kelapa sawit.
2. Variabel komposisi bahan serbuk cangkang kelapa sawit memiliki perbandingan massa 3gr untuk kampas rem 1, 4gr untuk kampas rem 2, dan 5gr untuk kampas rem 3.
3. Pengujian dilakukan dengan alat *Brake Dynamometer* dengan gaya beban pengereman 500gr, 1000gr, dan 1500gr.
4. Kampas rem yang di uji dalam keadaan kering

## 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari analisis penelitian ini adalah :

#### 1.4.1. Tujuan Umum

Untuk mengetahui nilai keausan kampas rem sepeda motor matic Honda berbahan komposit serbuk cangkang sawit

#### 1.4.2. Tujuan Khusus

1. Untuk menguji kampas rem sepeda motor
2. Untuk menghitung keausan rampas rem berbahan komposit serbuk cangkang kelapa sawit
3. Untuk membandingkan tingkat keausan dengan perbandingan komposisi bahan komposit serbuk cangkang kelapa sawit.

#### 1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Meminimalisir limbah cangkang sawit dari pabrik yang terbuang
2. Dapat mengetahui kampas rem mana yang terbaik dan lebih kecil untuk tingkat keausannya



## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### 2.1. 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 (keramik, asbes) yang memiliki permukaan lebih kasar, sehingga tetap memiliki gaya gesek yang besar.

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:

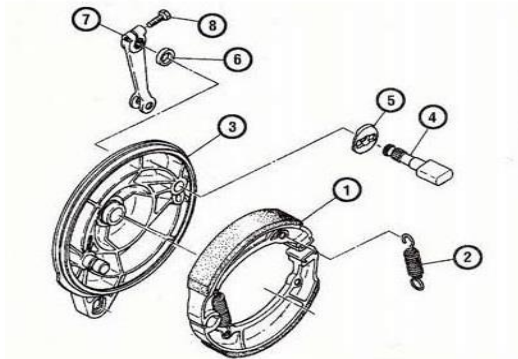
1. Pedal rem atau tuas rem
2. Penguat (*booster*)
3. Silinder master (*master cylinder*)
4. Saluran pengereman atau kabel (*lines*)

a. Jenis-jenis Sistem Rem

Secara umum ada dua macam jenis rem yaitu:

1. Rem Tromol

Rem tromol adalah system pengereman tertutup yang menggunakan komonen berbentuk mangkuk yang diletakan dibagian luar kanpas rem. Komponen berbentuk mangkuk ini dinamakan tromol dan terhubung dengan roda kendaraan, sementara didalam tromol terdapat dua buah kampas rem yang memiliki luas penampang cukup lebar. Saat rem diaktifkan maka dua kampas rem ini akan menekan permukaan dalam tromol kearah luar. Sehingga gerakan tromol dan roda bisa terhenti. Seperti terlihat pada gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1. Sistem Rem Tromol (Agus, 2015)

Kelebihan rem tromol

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

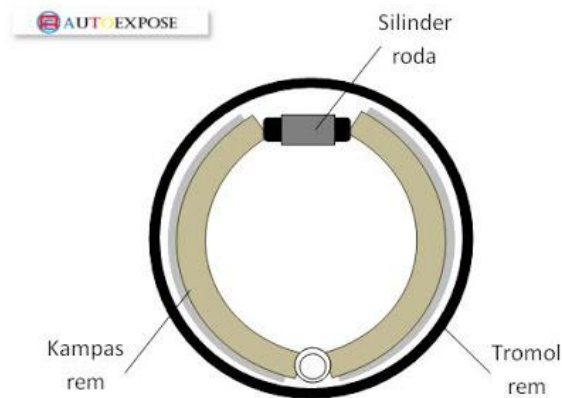
### Kekurangan rem tromol

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

### Prinsip Kerja Rem Tromol

Rem tromol bekerja dengan prinsip gesekan. Gesekan ini akan merubah energi putar dalam tromol rem menjadi energi panas. Sehingga putaran roda akan berhenti dan temperature sekitar rem akan meningkat. Konstruksi rem tromol memiliki dua buah kampas rem yang terletak dibagian dalam, lalu bagian luar kampas rem terdapat komponen berbentuk mangkuk yang kita kenal sebagai tromol rem. Arah gerakan tromol rem itu saling menjauhi, artinya saat rem ditekan maka dua buah kampas rem akan bergerak kearah luar (saling menjauhi). Gerakan tersebut akan membuat kampas rem menekan permukaan dalam tromol. Sehingga terjadilah gesekan yang akan menghentikan putaran roda dan tromol.

### Komponen Utama Rem Tromol



Gambar 2.2. Prinsip Rem Tromol (Amrie Muchta, 2018)

Secara umum, ada tiga komponen utama pada sistem pengereman tipe tromol. Yaitu ;

### 1. 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.

### 2. 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.

### 3. Tromol Rem

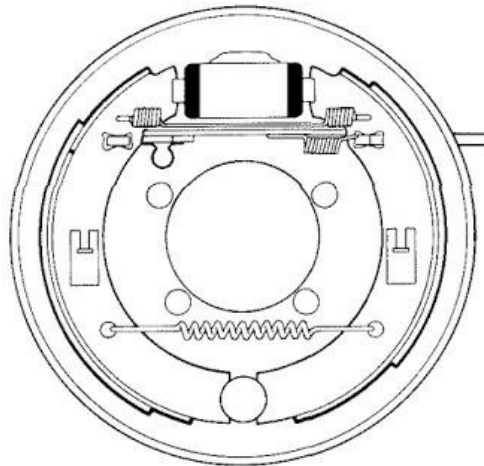
Tromol rem adalah komponen berbentuk seperti mangkuk yang dijadikan sebagai media gesekan. Fungsi tromol rem sebagai perantara putaran dari roda, artinya tromol rem itu akan berputar sesuai putaran roda. Sehingga ketika tromol rem dihentikan putarannya, otomatis roda kendaraan akan berhenti berputar. Tromol rem terbuat dari besi solid sehingga saat bergesekan dengan kampas rem, tidak terjadi keausan. Kalaupun terjadi keausan, itu akan berlangsung cukup lama. (Amrie Muchta, 2018)

## Jenis-Jenis Rem Tromol

Jika dilihat dari konstruksinya, ada 6 macam rem tromol. Yakni ;

### 1. Tipe *Leading Trailing*

Sesuai namanya, satu sepatu rem berperan sebagai leading dan satunya sebagai trailing. Leading shoe artinya sepatu rem menekan tromol dengan putaran tromol melawan arah gerakan kampas. Sementara trailing menekan tromol dengan putaran tromol searah dengan gerakan kampas. Ciri rem tipe leading trailing, adalah memiliki satu silinder roda di bagian atas dan ujung bawah sepatu rem itu *fixed* (dibaut) pada *backing plate*. Sehingga permukaan yang efektif menekan tromol adalah permukaan kampas bagian atas. Seperti terlihat pada gambar 2.3. dibawah ini.



Gambar 2.3. *Tipe Leading Trailing*. (Amrie Muchta, 2018)

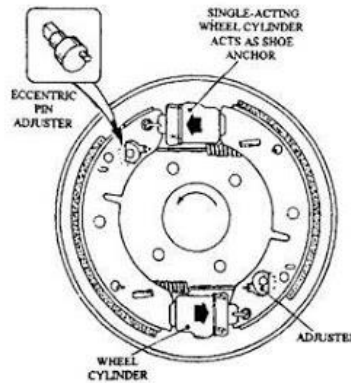
### 2. Tipe *Leading Shoes*

Tipe ini, memiliki dua silinder roda yang terletak di ujung atas dan bawah sepatu rem. sehingga, saat rem ditekan baik permukaan atas atau permukaan bawah kampas rem seluruhnya akan tertekan ke permukaan tromol rem.

Tipe leading shoes juga dibagi lagi menjadi dua tipe, yakni ;

- *Single leading*, artinya masing-masing silinder roda hanya memiliki satu buah piston. Sehingga hanya mampu menggerakkan salah satu sisi dari kampas rem.

- *Dual leading*, artinya masing-masing silinder memiliki dua buah piston. Sehingga semua permukaan kampas rem akan sempurna tertekan ke arah tromol rem. Seperti terlihat pada gambar 2.4. dibawah ini



Gambar 2.4. *Tipe Leading Shoes* (Amrie Muchta, 2018)

### 3. Tipe Servo

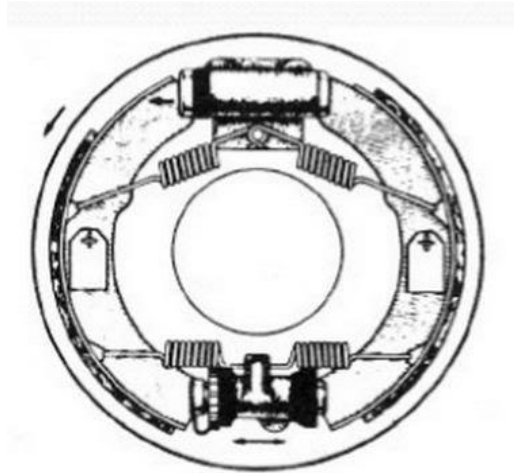
Tipe servo adalah tipe rem tromol yang memiliki *floating adjuster*. Artinya, adjuster atau penyetel celah rem bisa bergerak ke kanan dan kekiri. Tipe ini memiliki konstruksi sama seperti leading trailing, dengan satu silinder roda yang terletak di bagian atas dan sebuah adjuster dibagian bawah. namun adjuster ini, tidak dibaut ke backing plate. Sehingga bisa bergerak ke kanan dan kekiri dengan bebas.

Fungsi dari *floating adjuster* ini, sebenarnya merupakan penyempurnaan dari tipe leading trailing agar lebih banyak permukaan kampas rem yang dapat menekan permukaan tromol. (Amrie Muchta, 2018)

Tipe servo juga memiliki dua tipe lagi, yakni ;

- Uni servo, hanya memiliki satu silinder roda dengan satu piston.
- Duo servo, memiliki satu silinder roda dengan dua buah piston.

seperti terlihat pada gambar 2.5. dibawah ini



Gambar 2.5 Tipe Servo (Amrie Muchta, 2018)

Sementara kalau dikategorikan berdasarkan metode penggerak, maka ada dua tiga macam sistem rem tromol. Yakni

#### 1. Rem tromol Mekanis

Rem mekanis adalah rem yang masih digerakan oleh kawat secara mekanis. Konstruksi rem mekanis cukup sederhana, karena hanya menggunakan sebuah kawat untuk menghubungkan pedal rem/tuas rem ke aktuator rem. Namun kekurangannya, ada pada efisiensi pengereman. Sistem ini memiliki banyak kerugian tenaga, sehingga perlu menekan pedal rem cukup keras untuk mengentikan laju kendaraan. Selain itu, sifat kawat yang memuai membuat penyetulan rem ini harus dilakukan secara terus menerus.

Meski demikian, pada sepeda motor sistem rem tromol mekanis masih digunakan. Khususnya pada motor matic.

#### 2. Rem tromol hidrolik

Rem hidrolik adalah sistem penggerak rem yang memanfaatkan fluida sebagai pemindah tenaga. Karena fluida ini tidak dapat dikompresi serta tidak dapat memuai maka efisiensi penyaluran tenaga dari tuas rem akan berlangsung 100%. Selain itu, sistem hidrolik juga sangat fleksibel dan juga bisa digabungkan

dengan sistem rem cakram hidrolis. Sehingga rem cakram dan rem tromol dapat sama-sama berfungsi ketika pedal rem diinjak. Karena efisiensinya, hampir semua mobil yang diproduksi saat ini menggunakan sistem hidrolis sebagai penggerak sistem rem.

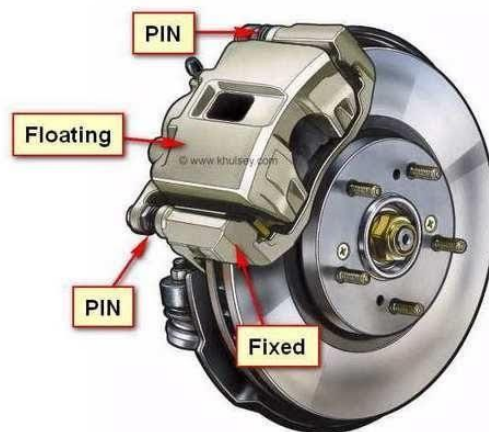
### 3. Rem angin

Sistem rem angin, merupakan penggerak rem yang memanfaatkan tekanan udara untuk menggerakkan tuas rem. kelebihan sistem rem angin, ada pada tenaga pengeremannya. Hal ini karena untuk menekan tuas rem, tidak menggunakan tenaga manusia melainkan menggunakan tekanan angin yang bisa diset cukup besar. Dalam hal ini, tenaga manusia hanya digunakan untuk mengatur katup yang membuka angin bertekanan tersebut untuk menekan tuas rem.

### 2. Rem Cakram

Rem cakram adalah sistem rem terbuka yang menggunakan metode penjepitan piringan untuk menghentikan putaran roda dan piringan rem. Untuk bentuk komponennya, terdapat sebuah piringan berbentuk lingkaran yang terhubung dengan roda. Lalu pada satu titik terdapat dua kampas rem yang terletak disamping kanan dan kiri piringan.

Prinsip kerjanya saat rem diaktifkan, kampas rem akan menjepit bagian piringan yang berputar, sehingga putaran roda serta piringan rem akan terhenti. Seperti terlihat pada gambar 2.6 dibawah ini.



Gambar 2.6. Rem Cakram (Agus, 2015)



### Kelebihan Rem Cakram

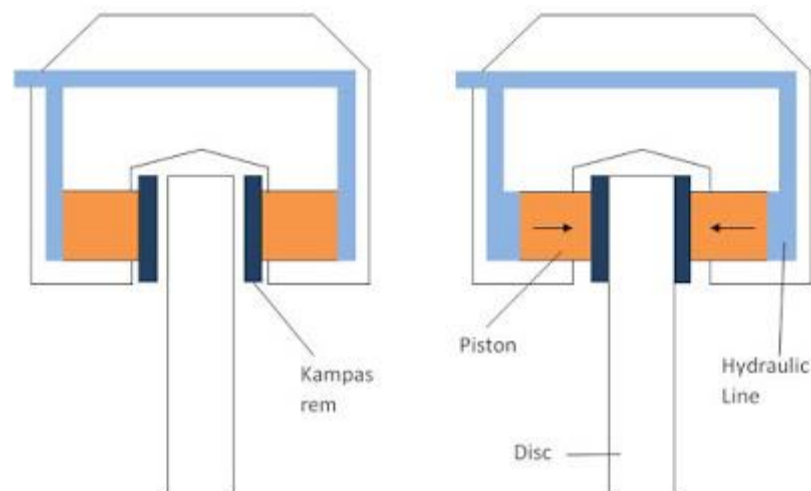
- Memiliki bentuk yang ringkas sehingga cocok untuk kendaraan kecil
- Dengan model yang terbuka, membuat pelepasan panas menjadi lebih baik sehingga rem tidak gampang panas
- Daya pengereman mencapai 100% karena metode yang digunakan adalah jepitan
- Durabilitas juga cukup baik meski kondisi rem basah

### Kekurangan Rem Cakram

- Memiliki luas kampas yang lebih kecil sehingga daya pengereman tidak sekuat rem tromol.
- Lebih cepat aus karena metode “jepitan” pada rem cakram membuat penekanan kampas menjadi besar
- Dengan model terbuka, caliper berpotensi memasukkan kotoran yang bisa merusak caliper
- Pada beberapa jenis, velg pada roda yang menggunakan rem cakram akan lebih kotor.

### Prinsip Kerja Rem Cakram

Seperti yang diketahui rem cakram bekerja dengan metode jepitan pada sebuah piringan.



Gambar 2.7. Prinsip Kerja Rem Cakram

Jepitan kampas rem pada sebuah piringan ini, digerakan oleh piston yang ada didalam caliper rem. Saat kita menginjak pedal rem, maka cairan hidrolik akan mengalir dan menekan piston didalam caliper rem. Piston yang tertekan ini akan bergerak menekan kedua kampas rem dengan arah saling mendekati secara segaris. Ditengah dua kampas rem terdapat sebuah piringan rem yang terhubung dengan roda, sehingga gerakan kampas rem yang saling mendekati akan menjepit piringan rem.

Komponen Yang Terdapat Pada Rem Cakram Adalah:

1. Piringan (disc)

Sesuai dengan namanya piringan ini berbentuk bulat menyerupai sebuah piringan yang fungsinya sebagai media yang bergesekan. Piringan rem berhubungan dengan roda, artinya saat roda berputar maka piringan akan ikut berutar. Disc ini menjadi komponen yang akan bergesekan dengan kampas rem

Sesuai desain, piringan rem dibagi menjadi dua jenis yaitu:

- Solid disc, berbahan baja solid dengan ketebalan hamper 2 cm. piringan jenis ini banyak diaplikasikan pada system rem cakram mobil
- Piringan ventilasi (Ventilated disc), jenis ini sering digunakan pada system rem cakram sepeda motor, piringan ini memiliki ketebalan yang lebih tipis dari piringan solid, namun disekitar piringan terdapat banyak lubang sebagai ventilasi.



Gambar 2.8 Piringan Rem Cakram (Amrie Muchta, 2018)

## 2. Brake Caliper

Fungsi brake caliper tidak jauh berbeda dengan master silinder yang ada pada rem tromol. Komponen ini akan merubah tekanan hidraulik menjadi energy gerak berupa tekanan.



Gambar 2.9. Brake Caliper

## 3. Kampas Rem (Brake Pad)

Brake pad atau kampas rem adalah komponen diam yang berfungsi sebagai media gesek. Sebagaimana cara kerjanya dengan menggesekan dua material yaitu adalah piringan dan kampas rem, kampas rem terbuat dari berbagai bahan organik, metal, dan keramik.



Gambar 2.10. Kampas Rem

## Tipe-Tipe Rem Cakram

Apabila dikategorikan berdasarkan jumlah piston, maka ada dua macam tipe caliper.

### 1. Single piston

Merupakan caliper rem yang hanya memiliki satu buah piston untuk menggerakkan dua kampas rem.



Gambar 2.11. Single Piston

### 2. Multi piston

Merupakan caliper rem yang memiliki dua atau lebih piston untuk menggerakkan caliper rem. Biasanya semakin banyak piston makasemakin tinggi pula permukaan gesek rem.

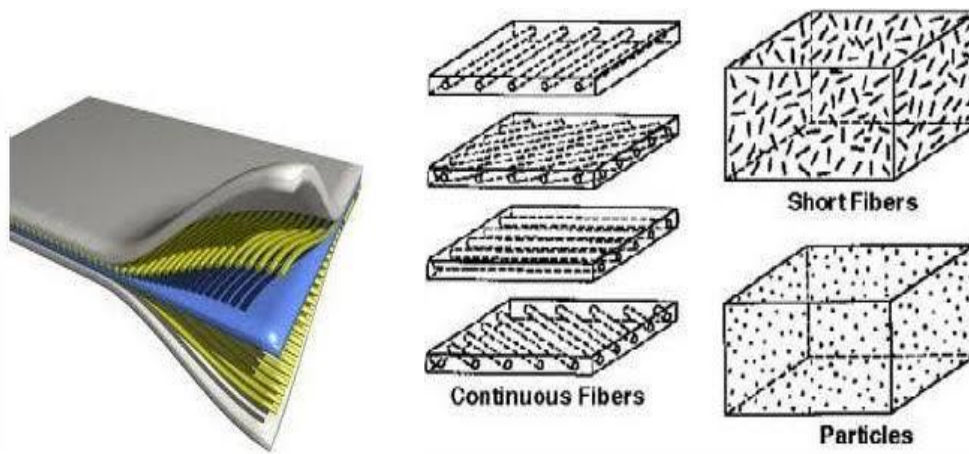


Gambar 2.12. Multi Piston

## 2.2. 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, kekuatan jenis (modulus elastisitas) dan kekuatan jenisnya lebih tinggi dari logam.

Komposit biasa digunakan pada industry, misalnya pada badan pesawat terbang, tali, kampas rem, dan masih banyak lagi. Seperti terlihat pada gambar 2.13. dibawah ini.



Gambar 2.13 komposit (Fanoti, 2008)

Komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu:

- Penguat (reinforcement), yang mempunyai sifat kurang ulet atau ductile tetapi lebih ringan serta lebih kuat, dalam penelitian ini penguat komposit yang digunakan yaitu dari serat alam.
- 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 :

- 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.

#### 2.2.1 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-form, seperti system matrik atau laminate.
3. Klasifikasi menurut distribusi unsur pokok, seperti continuous dan discontinous.
4. Klasifikasi menurut fungsinya, seperti elektrik atau structural.

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.

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.

#### 1. 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.

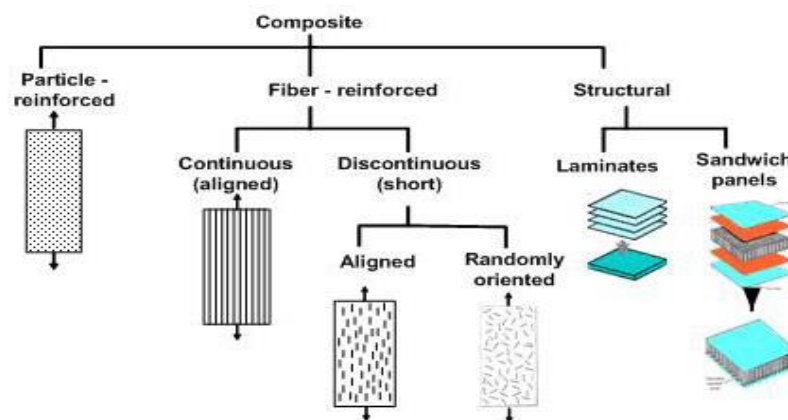
Bahan komposit partikel merupakan jenis dari bahan komposit dimana bahan penguatnya adalah terdiri dari partikel-partikel. Secara definisi partikel itu sendiri adalah bukan serat, sebab partikel itu tidak mempunyai ukuran panjang. Sedangkan pada bahan komposit ukuran dari bahan penguat menentukan kemampuan 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

fracture toughness-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. 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-serat yang terikat oleh matrik yang saling berhubungan. Bahan komposit serat ini terdiri dari dua macam, yaitu serat panjang (*continuous 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.

*Continuous* atau *uni-directional*, mempunyai serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriknya. Jenis komposit ini paling sering digunakan. Tipe ini mempunyai kelemahan, pada pemisahan antar lapisan dipengaruhi oleh matriknya. Komposit serat dalam dunia industri 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 matriks. Seperti terlihat pada gambar 2.14 dibawah ini.



Gambar 2.14. Klasifikasi Bahan Komposit Secara Umum (Fanoti, 2008)



### 2.3 Kelapa Sawit

Kelapa sawit merupakan tumbuhan industri sebagai bahan baku sebagai penghasil minyak masak, minyak industry, maupun bahan bakar. Kelapa sawit ini memiliki peranan yang penting dalam industri minyak yaitu dapat menggantikan kelapa sebagai sumber bahan bakunya. Di indonesia penyebarannya di daerah aceh, pantai timur sumatera, jawa, Kalimantan, dan Sulawesi. Terdapat beberapa jenis spesies kelapa sawit yaitu: *E. gueneensis jacq.*, *E. oleifera.*, dan *E odora.*

Bagian bagian dari kelapa sawit antara lain:

1. Akar (radix), mempunyai fungsi utama untuk menyangga bagian batang dan tajuk agar tetap tegak dan menyerap hara makanan
2. Batang (caulis), batang pokok berbentuk tegak dengan ukuran garis pusatnya 35 hingga 65 cm
3. Daun (folium)
4. Bunga (flos), tanaman kelapa sawit mulai berbunga mulai pada umur 12-14 bulan
5. Buah (fructus)
6. Biji
7. Cangkang sawit



Gambar 2.15. Kelapa Sawit

Dampak limbah industri kelapa sawit meliputi peningkatan produksi dan konsumsi dunia terhadap minyak sawit secara langsung dapat meningkatkan dampak negatif terhadap lingkungan. Pada proses produksi minyak sawit limbah berwujud padat, cair, dan gas yang dihasilkan dari berbagai stasiun kerja dari pabrik. Setiap ton TBS yang dihasilkan diolah menjadi efluen sebanyak 600 liter. Limbah tersebut berdampak negatif terhadap lingkungan jika tidak dimanfaatkan dengan baik. Sekarang ini mulai dikenal pengolahan lingkungan yang bersifat pencegahan terhadap sumber-sumber yang dihasilkan limbah, seperti eco-efficient, pollution prevention, waste minimization atau source reduction. United Nation Environment Programme (UNEP) menggunakan istilah cleaner production atau produksi bersih sebagai upaya preventif dan integrasi yang dilaksanakan secara berkesinambungan terhadap proses dan jasa untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi resiko terhadap manusia dan lingkungan.

Limbah dari industri dapat membahayakan kesehatan manusia karena merupakan sumber penyakit (sebagai vehicle). Limbah industri dapat merugikan dari segi ekonomi karena dapat menimbulkan kerusakan pada benda/bangunan, tanaman, peternakan, dan dapat merusak bahkan membunuh kehidupan yang ada didalam air seperti ikan, dan binatang peliharaan lainnya. (Ramsey, T. 2009). Seperti terlihat pada gambar 2.16. dibawah ini.



Gambar 2.16. Limbah Industri Kelapa Sawit

### 2.3.1. Cangkang Kelapa Sawit

Cangkang atau tempurung kelapa sawit adalah bagian dari buah kelapa sawit, di mana kulit selalu memiliki kontur yang lebih menonjol sisi kerasnya. Kebalikan dari isi buahnya. Hal ini berfungsi sebagai pelindung daging buah inti sawit dari segala kemungkinan, baik itu bakteri, serangga dan hama sekalipun. Kulit kelapa sawit sudah pasti mengalami transformasi corak warna. Mulai dari corak warna buah muda hingga hampir matang sampai dengan waktu siap panen (tua).

Cangkang sawit dalam dunia industri biasa digunakan sebagai bahan baku arang (sawit), sebagai bahan bakar untuk boiler, bahan campuran untuk makanan ternak, 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.

Cangkang kelapa sawit ini memiliki unsur-unsur yang sama sekali berbeda dengan yang lainnya. Misalnya dengan kelapa biasa pada umumnya. Seperti terlihat pada gambar 2.17 dibawah ini.



Gambar 2.17. Cangkang Kelapa Sawit (Gapki, 2017)

Adapun beberapa unsur yang menjadi kandungan cangkang kelapa sawit ialah terdiri dari sebagai berikut:

1. Mengandung kadar air yang lembab (moisture in analysis), lebih tepatnya yakni sebesar 15-25% (as received) atau 8-11% (air dried basis)
2. Mempunyai kadar abu (ash content) yang minim, kurang lebih sekitar 1-3%
3. Kadar penguapan yang lumayan tinggi, (volatile matter) yakni berkisar 68-70%

4. Mengandung karbon aktif murni (fixed carbon) sekitar kurang lebih sebanyak 20-22%
5. Memiliki kalori lebih kecil dari 4.200 kcal (*kilocalories*). (hafnida, usman, rahmi, 2016).

Kelebihan cangkang sawit dibandingkan dengan batu bara adalah cangkang sawit lebih ramah bagi lingkungan dan orang disekitar. 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.

## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

#### 3.1.1 Tempat

Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Fenomena Dasar Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara jl. 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	2019														
		Bulan														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	Pengajuan judul				■	■	■									
2	Studi literature					■	■	■	■	■						
3	Design rancangan						■	■	■	■						
4	Pembuatan cetakan							■	■	■						
5	Penyiapan alat dan bahan								■	■	■					
6	Pembuatan spesimen									■	■	■				
7	Pengujian spesimen										■	■	■			
8	Penyelesaian skripsi												■	■	■	

### 3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah alat-alat yang tersedia Laboratorium Fenomena Dasar Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara jl. Kapten muchtar basri no.3 medan. Untuk mempermudah penelitian diharuskan menggunakan alat yang sebelumnya sudah tersedia agar tidak terjadi kendala dan masalah saat melakukan penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah bahan-bahan kimia yang di beli dan mempunyai fungsinya masing-masing, sedangkan plat kamps yang digunakan adalah plat kamps bekas agar mengurangi biaya produksi.

### 3.2.1. Alat

#### 1. Mesin *Press Hydraulic*

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 Hydraulik

#### 2. 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 3.2.dibawah ini.



Gambar 3.2. Cetakan atau Mal

### 3. 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 poros engkol mesin . Seperti terlihat pada gambar 3.3.dibawah ini.



Gambar 3.3. Tachometer

### 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 pengujian 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 temperatur 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 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. 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 Analitik Digital

## 8. Alat Pemanas

Alat pemanas digunakan untuk memanaskan adonan kanvas 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 kanvas 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.



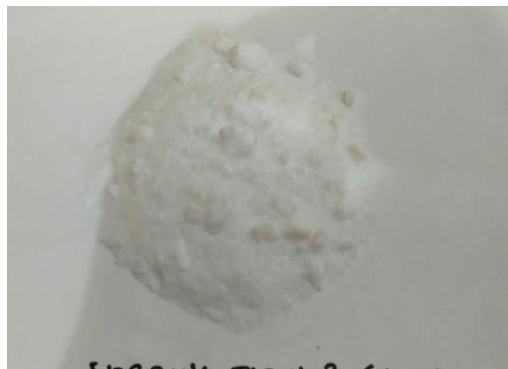
Gambar 3.10. Lesung/Alu

### 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 *Aerosol Fiberglass*

Serbuk Aerosil fiberglass ini berbentuk sangat halus jika dilihat kasatmata bentuknya seperti butiran halus cristal 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 ( $BaSO_4$ )

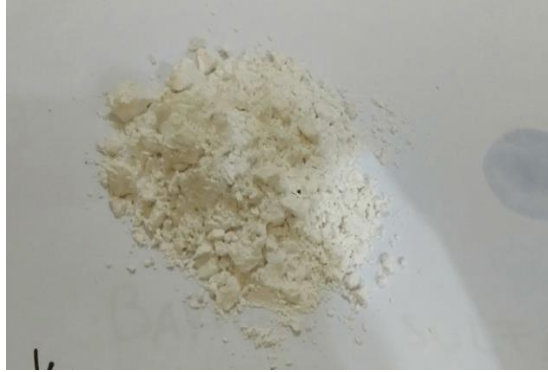
Barium sulfat adalah senyawa organik dengan rumus kimia  $BaSO_4$  digunakan sebagai *filler* atau pengisi yang selain untuk menurunkan biaya produksi juga untuk membantu menjaga kestabilan *friction* pada kampas rem. Barium sulfat merupakan kristal putih *solid* yang terkenal tidak larut dalam air. Seperti terlihat pada gambar 3.12.dibawah ini.



Gambar 3.12. Serbuk Barium Sulfat

### 3. Serbuk Kalsium Karbonat ( $\text{CaCO}_3$ )

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. Serbuk Cangkang Sawit

Serbuk cangkang sawit sebagai bahan utama dengan definisi sebagai berikut:

6. Mengandung kadar air yang lembab (*moisture in analysis*), lebih tepatnya yakni sebesar 15-25% (as received) atau 8-11% (*air dried basis*)
7. Mempunyai kadar abu (*ash content*) yang minim, kurang lebih sekitar 1-3%
8. Kadar penguapan yang lumayan tinggi, (*volatile matter*) yakni berkisar 68-70%
9. Mengandung karbon aktif murni (*fixed carbon*) sekitar kurang lebih sebanyak 20-22%
10. Memiliki kalori lebih kecil dari 4.200 kcal (*kilocalories*)

Seperti terlihat pada gambar 3.15.dibawah ini.



Gambar 3.15.Serbuk Cangkang Sawit

#### 6. 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 3.16. Grafit atau Arang

#### 7. Serbuk Aluminium

Serbuk aluminium dengan simbol Al nomor atom 13 dengan berat atom 26,981, serbuk aluminium dipakai sebagai bahan yang mudah dibentuk kuat, dan ringan. Dan juga sebagai bahan yang lembut agar kampas yang dihasilkan tidak terlalu keras. Seperti terlihat pada gambar 3.17.dibawah ini.



Gambar 3.17.Serbuk Aluminium.

## 8. *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 3.18. Mirror Glaze

## 9. 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 3.19.Lem Dextone

## 10. Plat Kampas Rem

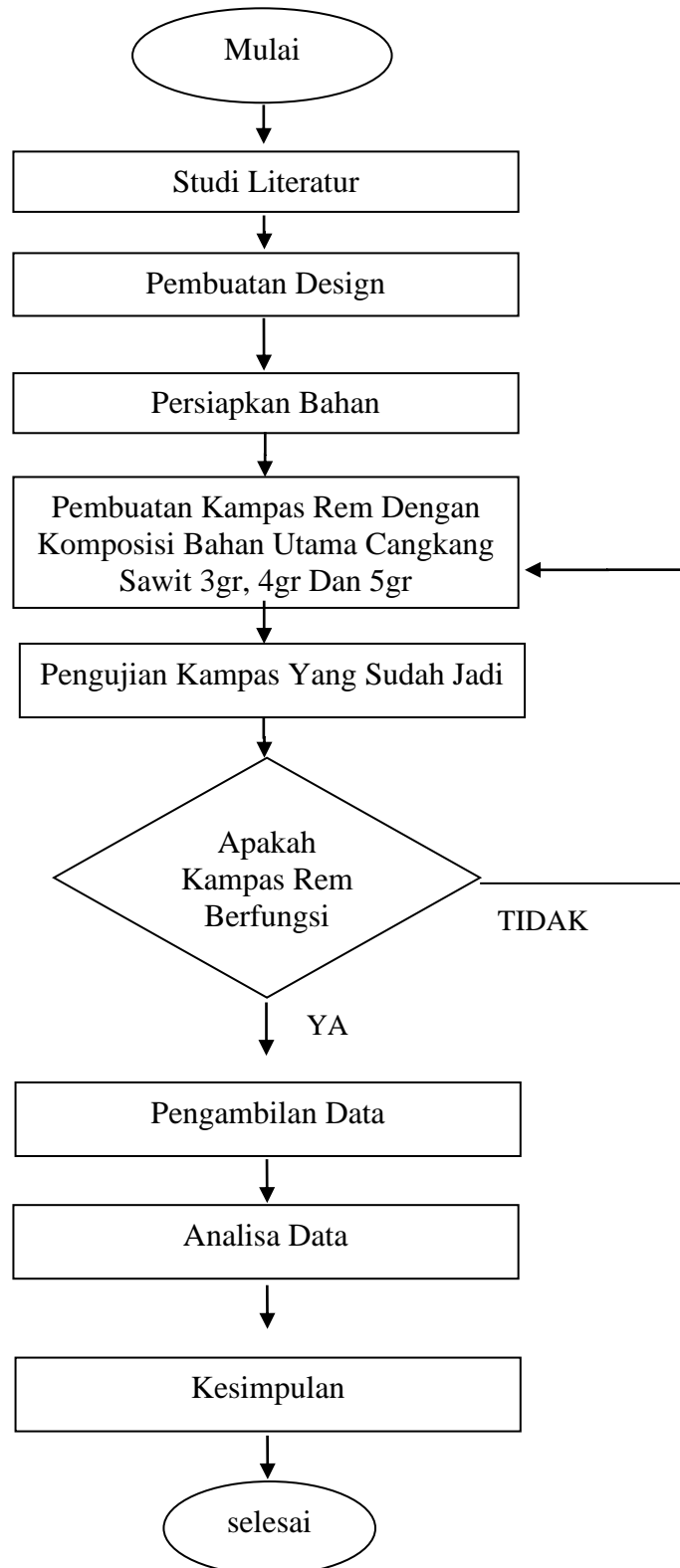
Plat yang digunakan adalah plat bekas yang telah habis kampas rem nya. Untuk mengurangi biaya produksi. Sepeti terlihat pada gambar 3.20.dibawah ini.



Gambar 3.20. Plat Kampas Rem



### 3.3. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.21. Bagan Alir Penelitian

### 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	<i>Aerosol Fiberglass</i>	0,5	0,5	0,5
2	Serbuk Cangkang Sawit	3	4	5
3	Serbuk Alumunium	1	1	1
4	Serbuk Barium Sulfat	4	4	4
5	Serbuk Kalsium Karbonat	1	1	1
6	Serbuk Graphite/Arang	0,5	0,5	0,5
7	Resin	20	20	20
8	Katalis	1	1	1

Perbandingan jumlah bahan dalam % ditunjukkan pada tabel 3.3. dibawah ini

Tabel 3.3. Komposisi dan Perbandingan Bahan Dalam (%)

NO	Bahan	Kampas Rem 1 (%)	Kampas Rem 2 (%)	Kampas Rem 3 (%)
1	<i>Aerosol Fiberglass</i>	1,61	1,56	1,51
2	Serbuk Cangkang Sawit	9,68	12,50	15,15
3	Serbuk Alumunium	3,23	3,13	3,03
4	Serbuk Barium Sulfat	12,90	12,50	12,12
5	Serbuk Kalsium Karbonat	3,32	3,13	3,03
6	Serbuk Graphite/Arang	1,61	1,56	1,51
7	Resin	64,52	62,50	60,60
8	Katalis	3,23	3,13	3,03

### 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 massanya.

#### Alat

- |                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| 1. Cetakan atau mal | 6. Wadah Atau Gelas      |
| 2. Sekrap           | 7. Sendok                |
| 3. Neraca Analitik  | 8. Lesung                |
| 4. Tachometer       | 9. Mesin Press Hidraulik |
| 5. Kuas             |                          |

#### Bahan

- |                              |                             |
|------------------------------|-----------------------------|
| 1. <i>Aerosol fiberglass</i> | 6. Serbuk Grafit Atau Arang |
| 2. Serbuk Cangkang Sawit     | 7. Resin                    |
| 3. Serbuk Aluminium          | 8. Katalis                  |
| 4. Serbuk Barium Sulfat      | 9. <i>Mirror Glaze</i>      |
| 5. Serbuk Kalsium Karbonat   | 10. Plat Kampas Rem Bekas   |

2. Menimbang masing-masing bahan dengan menggunakan Neraca Analitik sesuai massa yang sudah ditentukan dalam tabel 3.2 komposisi bahan. Penimbangan bahan dilakukan sebanyak 3 kali untuk setiap bahan, dikarenakan neraca analitik sangat sensitif dan agar massa bahan sesuai dengan yang diinginkan.
3. Membersihkan plat kampas rem bekas dengan menggunakan mesin gerinda untuk menghilangkan sisa-sisa kampas pabrikan yang masih menempel 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 3.22. 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 3.23. 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 3.24. 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 gaya sebesar 2000kgf dengan waktu penekanan selama 30 menit agar adonan terbentuk sempurna dan kering. Seperti terlihat pada gambar 3.25. dibawah ini.



Gambar 3.25. 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 2.26. 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 3.27. Proses Sintering Atau Pemanasan

11. kampas rem yang telah dipanaskan lalu ditimbang untuk mengetahui massa kering nya sebelum diuji.
12. Lakukan proses yang sama pada kampas rem no.2, 3, dan 4 hingga selesai.

### 3.4.2. Proses Pengujian Kampas Rem

Proses pengujian dilakukan dengan menggunakan alat *Brake Dynamometer* yang berada di Laboratorium Fenomena Dasar Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara jl.kapten muchtar basri No.3 Medan.

Ada 4 jenis kampas rem yang akan diuji dan berbeda komposisi bahan yang ditandai dengan no.1 (3gr cangkang sawit), no.2 (4gr cangkang sawit), no.3 (5gr cangkang sawit), dan no.4 (kampas komersial)

1. Hal yang pertama yang harus dilakukan adalah menimbang semua kampas rem yang akan diuji untuk mengetahui massa awal sebelum pengujian menggunakan neraca analitik digital. Seperti terlihat pada gambar 3.28. dibawah ini.



Gambar 3.28. Penimbangan Kampas Sebelum Diuji

2. Kemudian memasang kampas rem no.1 ke caliper rem yang berada pada Brake Dynamometer. Seperti terlihat pada gambar 3.29. dibawah ini.



Gambar 3.29. Letak Caliper Rem

3. Lalu nyalakan mesin *Brake Dynamometer* dan tentukan putara mesin dengan cara menggeser kan tuas gas untuk mendapatkan putaran mesin yang diinginkan yaitu 2100 rpm untuk melihat berapa putaran rpm mesin menggunakan alat ukur Tachometer. Seperti terlihat pada gambar 3.30. dibawah ini.



Gambar 3.30. Mengukur Rotasi Mesin Menggunakan Tachometer

4. Setelah putaran mesin sudah ditentukan kemudian beri beban pengereman terhadap kampas rem no.1 dengan massa beban pengereman 500gr selama 60 detik (1 menit), beban dapat dilihat pada timbangan gantung yang terdapat pada alat *Brake Dynamometer*
5. Setelah 60 detik matikan alat *Brake Dynamometer* dan lepaskan kampas rem kemudian ditimbang untuk mengetahui massa akhir setelah pengujian.
6. Lakukan pengujian pada kampas rem no.1 kembali dengan massa beban 1000gr, dan 1500gr dengan cara yang sama.
7. Selanjutnya lakukan pengujian kampas rem pada no.2, no.3, dan no.4 dengan cara dan beban yang sama pula hingga selesai.



## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Data Hasil Pengujian Kampas Rem

Prosedur percobaan pengujian kampas rem berbahan komposit serbuk cangkang sawit 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 Produk Komersial Dengan Gaya 500gr.

NO	Produk	Massa awal (g)	Massa akhir (g)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Putaran (RPM)	Waktu (detik)	Gaya (g)	Keausan (g/mm <sup>2</sup> .detik)
1	Produk 1	42,475	42,459	1372	2153,2	60	500	$1,943 \times 10^{-7}$
2	Produk 2	40,885	40,865	1372	2120,1	60	500	$2,429 \times 10^{-7}$
3	Produk 3	39,624	39,606	1372	2155,2	60	500	$2,186 \times 10^{-7}$
4	Produk Komersial	53,503	53,450	1372	2160,3	60	500	$6,438 \times 10^{-7}$

Tabel 4.2. Data Uji Keausan Kampas Rem Berbahan Komposit Serbuk Cangkang Sawit dan Produk Komersial Dengan Gaya 1000gr.

NO	Produk	Massa awal (g)	Massa akhir (g)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Putaran (RPM)	Waktu (detik)	Gaya (g)	Keausan (g/mm <sup>2</sup> .detik)
1	Produk 1	42,459	42,440	1372	2145,3	60	1000	$2,308 \times 10^{-7}$
2	Produk 2	40,865	40,842	1372	2117,3	60	1000	$2,793 \times 10^{-7}$
3	Produk 3	39,606	39,586	1372	2123,0	60	1000	$2,429 \times 10^{-7}$
4	Produk Komersial	53,450	53,386	1372	2153,2	60	1000	$7,774 \times 10^{-7}$

Tabel 4.3. Data Uji Keausan Kampas Rem Berbahan Komposit Serbuk Cangkang Sawit dan Produk Komersial Dengan Gaya 1500gr.

NO	Produk	Massa awal (g)	Massa akhir (g)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Putaran (RPM)	Waktu (detik)	Gaya (g)	Keausan (g/mm <sup>2</sup> .detik)
1	Produk 1	42,440	42,425	1372	2119,9	60	1500	$2,551 \times 10^{-7}$
2	Produk 2	40,842	40,818	1372	2135,2	60	1500	$2,915 \times 10^{-7}$
3	Produk 3	39,586	39,564	1372	2131,2	60	1500	$2,672 \times 10^{-7}$
4	Produk Komersial	53,386	53,317	1372	2165,4	60	1500	$8,381 \times 10^{-7}$

## 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 Produk Komersial Dengan Gaya Beban 500gr.

NO	Produk	Massa awal (g)	Massa akhir (g)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Putaran (RPM)	Waktu (detik)	Gaya (g)	Keausan (g/mm <sup>2</sup> .detik)
1	Produk 1	42,475	42,459	1372	2153,2	60	500	1,943x10 <sup>-7</sup>
2	Produk 2	40,885	40,865	1372	2120,1	60	500	2,429x10 <sup>-7</sup>
3	Produk 3	39,624	39,606	1372	2155,2	60	500	2,186x10 <sup>-7</sup>
4	Produk Komersial	53,503	53,450	1372	2160,3	60	500	6,438x10 <sup>-7</sup>

Untuk menghitung atau mencari nilai keausan menggunakan persamaan:

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

Beban 500gr

Produk no.1

$$W = \frac{42,475 - 42,459}{1372 \times 60} = \frac{0,016}{82320} = 1,943 \times 10^{-7} \text{ g / mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Produk no.2

$$W = \frac{40,885 - 40,865}{1372 \times 60} = \frac{0,02}{82320} = 2,429 \times 10^{-7} \text{ g / mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Produk no.3

$$W = \frac{39,624 - 39,606}{1372 \times 60} = \frac{0,018}{82320} = 2,186 \times 10^{-7} \text{ g / mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Produk 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. Gaya Pengereman 1000 gram

Tabel 4.5. Analisa Data Uji Keausan Kampas Rem Berbahan Komposit Serbuk Cangkang Sawit dan Produk Komersial Dengan Gaya Pengereman 1000gr

NO	Produk	Massa awal (g)	Massa akhir (g)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Putaran (RPM)	Waktu (detik)	Gaya (g)	Keausan (g/mm <sup>2</sup> .detik)
1	Produk 1	42,459	42,440	1372	2145,3	60	1000	2,308x10 <sup>-7</sup>
2	Produk 2	40,865	40,842	1372	2117,3	60	1000	2,793x10 <sup>-7</sup>
3	Produk 3	39,606	39,586	1372	2123,0	60	1000	2,429x10 <sup>-7</sup>
4	Produk Komersial	53,450	53,386	1372	2153,2	60	1000	7,774x10 <sup>-7</sup>

Untuk menghitung atau mencari nilai keausan menggunakan persamaan:

$$W = \frac{m_o - m_1}{A x t}$$

Beban 1000gr

Produk no.1

$$W = \frac{42,459 - 42,440}{1372 \times 60} = \frac{0,019}{82320} = 2,308 \times 10^{-7} \text{ g / mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Produk no.2

$$W = \frac{40,865 - 40,842}{1372 \times 60} = \frac{0,023}{82320} = 2,793 \times 10^{-7} \text{ g / mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Produk no.3

$$W = \frac{39,606 - 39,586}{1372 \times 60} = \frac{0,02}{82320} = 2,429 \times 10^{-7} \text{ g / mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Produk 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 4.6. Analisa Data Uji Keausan Kampas Rem Berbahan Komposit Serbuk Cangkang Sawit dan Produk Komersial Dengan Gaya Pengereman 1500gr

NO	Produk	Massa awal (g)	Massa akhir (g)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Putaran (RPM)	Waktu (detik)	Gaya (g)	Keausan (g/mm <sup>2</sup> .detik)
1	Produk 1	42,440	42,425	1372	2119,9	60	1500	2,551x10 <sup>-7</sup>
2	Produk 2	40,842	40,818	1372	2135,2	60	1500	2,915x10 <sup>-7</sup>
3	Produk 3	39,586	39,564	1372	2131,2	60	1500	2,672x10 <sup>-7</sup>
4	Produk Komersial	53,386	53,317	1372	2165,4	60	1500	8,381x10 <sup>-7</sup>

Untuk menghitung atau mencari nilai keausan menggunakan persamaan:

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

Beban 1500gr

Produk no.1

$$W = \frac{42,440 - 42,425}{1372 \times 60} = \frac{0,021}{82320} = 2,551 \times 10^{-7} \text{ g / mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Produk no.2

$$W = \frac{40,842 - 40,818}{1372 \times 60} = \frac{0,024}{82320} = 2,915 \times 10^{-7} \text{ g / mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Produk no.3

$$W = \frac{39,586 - 39,564}{1372 \times 60} = \frac{0,022}{82320} = 2,672 \times 10^{-7} \text{ g / mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Produk no.4 (komersial)

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

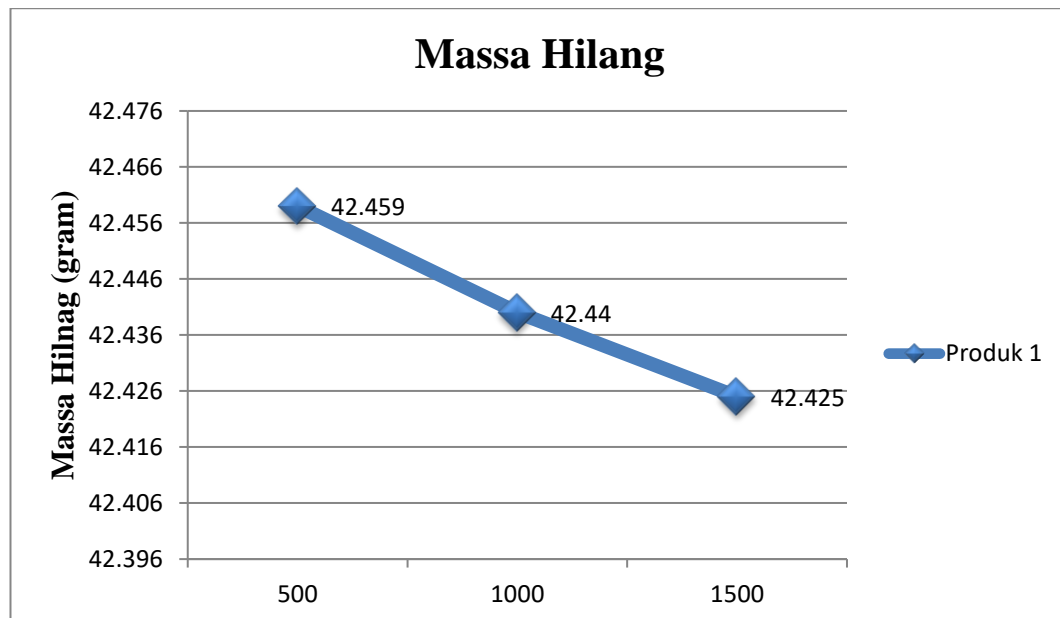
### 4.3. Grafik Keausan Kampas Rem

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 tabel 4.7 gambar 4.1 Grafik Massa Hilang dibawah ini.

Tabel 4.7. Massa Hilang Produk 1

No	Produk	Massa awal (g)	Massa akhir (g)	Gaya (g)
1	Produk 1	42,475	42,459	500
2	Produk 1	42,459	42,440	1000
3	Produk 1	42,440	42,425	1500

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



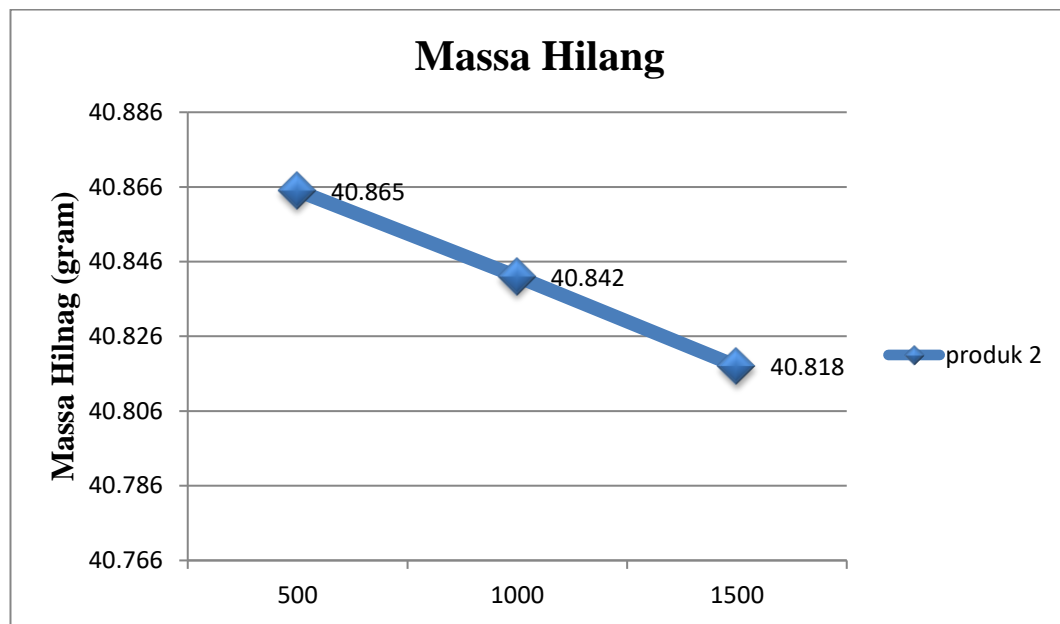
Gambar 4.1 Grafik Massa Hilang Produk 1

Terjadinya penurunan pada grafik disebabkan oleh penambahan beban pengereman dari 500g, 1000g, hingga 1500g, sehingga massa kampas rem akan berkurang dengan nilai 0,016g pada beban 500g, 0,019g pada beban 1000g, dan 0,021g pada beban 1500g.

Tabel 4.8. Massa Hilang Produk 2

No	Produk	Massa awal (g)	Massa akhir (g)	Gaya (g)
1	Produk 2	40,885	40,865	500
2	Produk 2	40,865	40,842	1000
3	Produk 2	40,842	40,818	1500

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



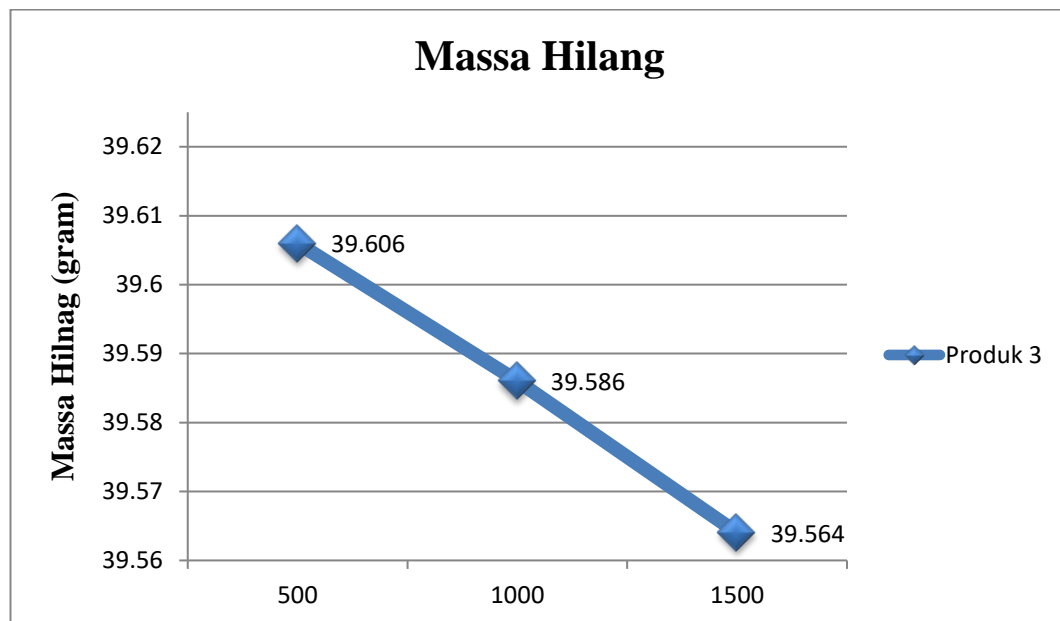
Gambar 4.2. Grafik Massa Hilang Produk 2

Terjadinya penurunan pada grafik disebabkan oleh penambahan beban pengereman dari 500g, 1000g, hingga 1500g, sehingga massa kampas rem akan berkurang dengan nilai 0,02g pada beban 500g, 0,023g pada beban 1000g, dan 0,024g pada beban 1500g.

Tabel 4.9. Massa Hilang Produk 3

No	Produk	Massa awal (g)	Massa akhir (g)	Gaya (g)
1	Produk 3	39,624	39,606	500
2	Produk 3	39,606	39,586	1000
3	Produk 3	39,586	39,564	1500

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



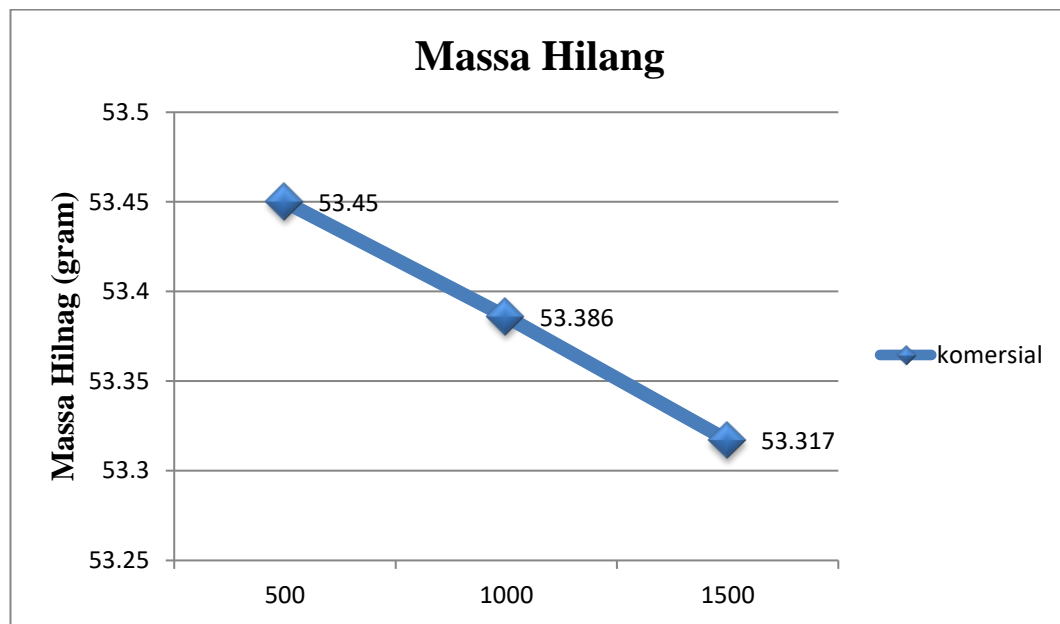
Gambar 4.3. Grafik Massa Hilang Produk 3

Terjadinya penurunan pada grafik disebabkan oleh penambahan beban pengereman dari 500g, 1000g, hingga 1500g, sehingga massa kampas rem akan berkurang dengan nilai 0,018g pada beban 500g, 0,02g pada beban 1000g, dan 0,022g pada beban 1500g.

Tabel 4.10. Massa Hilang Produk Komersial

No	Produk	Massa awal (g)	Massa akhir (g)	Gaya (g)
1	Produk komersial	53,503	53,450	500
2	Produk komersial	53,450	53,386	1000
3	Produk komersial	53,386	53,317	1500

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



Gambar 4.4. Grafik Massa Hilang Produk Komersial

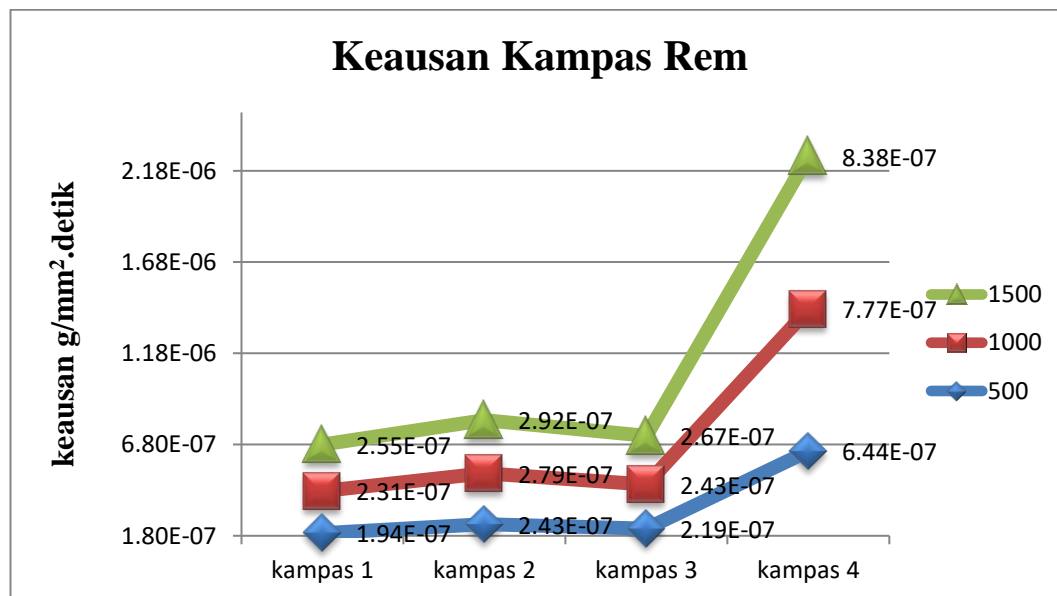
Terjadinya penurunan pada grafik disebabkan oleh penambahan beban pengereman dari 500g, 1000g, hingga 1500g, sehingga massa kampas rem akan berkurang dengan nilai 0,053g pada beban 500g, 0,064g pada beban 1000g, dan 0,069g pada beban 1500g.



Tabel 4.11. Keausan Kampas Rem

No	Produk	Gaya (500g)	Gaya (1000g)	Gaya (1500g)
		Keausan (g/mm <sup>2</sup> .detik)		
1	Produk 1	1,943x10 <sup>-7</sup>	2,308x10 <sup>-7</sup>	2,551x10 <sup>-7</sup>
2	Produk 2	2,429x10 <sup>-7</sup>	2,793x10 <sup>-7</sup>	2,915x10 <sup>-7</sup>
3	Produk 3	2,186x10 <sup>-7</sup>	2,429x10 <sup>-7</sup>	2,672x10 <sup>-7</sup>
4	Produk komersial	6,438x10 <sup>-7</sup>	7,774x10 <sup>-7</sup>	8,381x10 <sup>-7</sup>

Grafik yang dihasilkan dari tabel 4.11. dapat dilihat pada gambar 4.11. dibawah ini.



Gambar 4.5. Tingkat Keausan

Dari gaya pengereman 500g, 1000g, dan 1500g grafik di atas menghasilkan tingkat keausan yang berbeda dengan nilai tingkat keausan paling kecil pada kampas rem no.1 dikarenakan komposisi bahan yang berbeda dan pemakanan keausan yang tidak merata.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Kesimpulan dan saran dari penelitian dan pengujian keausan kampas rem berbahan komposit serbuk cangkang kelapa sawit ini dilakukan dengan menggunakan alat *Brake Dynamometer* yang berada di Laboratorium Fenomena 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 pada penelitian ini adalah didapatkan nya komposisi bahan terbaik untuk tingkat keausan paling kecil, dari hasil pengujian dapat dihasilkan kampas rem no.1 dengan massa 3 gram serbuk cangkang kelapa sawit memiliki tingkat keausan lebih kecil dengan nilai  $1,943 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$  pada gaya pengereman 500gr,  $2,308 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$  pada gaya pengereman 1000gr dan,  $2,551 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$  pada gaya pengereman 1500gr. Sedangkan kampas rem yang tingkat keausannya paling besar adalah kampas rem no.2 dengan massa 4 gram serbuk cangkang sawit dengan nilai  $2,429 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$  pada gaya pengereman 500gr,  $2,793 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$  pada gaya pengereman 1000gr dan,  $2,915 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$  pada gaya pengereman 1500gr. Perbedaan tingkat keausan dikarenakan perbedaan komposisi bahan dan pemakanan keausan yang tidak merata antara kampas rem dan piringan rem.

#### 5.2. Saran

Saran pada penelitian ini adalah :

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

## DAFTAR PUSTAKA

- Agus, (2015), *Sistem Rem Tromol*, diakses 16 july 2019 melalui <http://aotomotiff.blogspot.com/2015/02/sistem-rem-tromol.html>
- Fanoti, (2008), *Komponen Yang Ada Dalam Komposit*, diakses 16 july 2019 melalui <http://teknikmesinmanufaktur.blogspot.com/2008/04/apa-saja-komponen-yang-ada-di-dalam.html>
- Frandi, (2014), *Laporan Tugas Akhir Kaji Pembuatan Kampas Rem Sepeda Motor Bahan Komposit Dengan Filler Palm Slag*, Jom FTEKNIK Vol 1. No.2.
- Gapki, (2017), *Cangkang Sawit Solusi Bahan Bakar Murah Dan Berkelanjutan*, diakses 17 july 2019 melalui <https://gapki.id/news/3712/cangkang-sawit-solusi-bahan-bakar-murah-dan-berkelanjutan>
- Hafnida, Usman, Rahmi, (2016), *Pembuatan Karbon Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Menggunakan H<sub>2</sub>O Sebagai Aktivator Untuk Menganalisis Proksimat, Bilangan Iodine Dan Rendemen*, Jom Fmipa Volume 1 No.2
- Pramuko Ilmu Purboputro, (2016), *Pengembangan Bahan Kampas Rem Sepeda Motor Dari Komposit Serat Bambu Terhadap Ketahanan Aus Pada Kondisi Kering Dan Basah*, jurnal ilmiah teknik mesin Vol 17. No.2
- Ramsey, T, (2009), *Korelasi Antara Biological Oxygen Demand (BOD) Limbah Cair Kelapa Sawit Terhadap Ph, Total Suspend Solid (Tss), Alkaliniti Dan Minyak Atau Lemak*. Medan. 167 hal
- Syahza, (2011), *Potensi Perkembangan Industri Kelapa Sawit Riau*. Lembaga penelitian UR

# **LAMPIRAN**

## LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

### Analisa Kanvas Rem Sepeda Motor Berbahan Komposit..

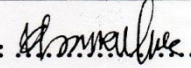
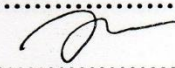
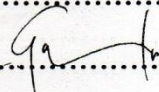
Nama : Aryansyah Pratama Hrp  
 NPM : 1507230169


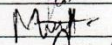




Dosen Pembimbing 1 : Khairul Umurani, S.T., M.T  
 Dosen Pembimbing 2 : M. Yani, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	Kamis 18 July 2019	- Pemberian spesifikasi tugas Akhir. - Perbaiki bab 1.	h h.
2.	Jumat 9 Agustus	- Perbaiki tugas pustaka	h
3.	Senin 12 Agustus.	- Perbaiki Metode	h
4.	Kamis 15 Agustus	- Jajant-kempubunby 2	h
5.	Jumat 16 Agustus	- Perbaiki penulisan, seminar dgn kaidah bahasa Indonesia	my
6.	Selasa. 20 Agustus.	- Perbaiki format, kerjakan dgn penduan	my
7.	Kamis. 22. Agustus	- lanjut ke pembimbing I Ace,	my my
8.	Kamis. 22. Agustus.	Ace, Simma	h.

**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2018 – 2019**

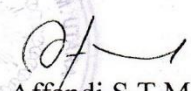
Peserta Seminar  
 Nama : Aryansyah Pratama Harahap  
 NPM : 1507230169  
 Judul Tugas Akhir : Analisis Keausan Kampas Rem Sepeda Motor Berbahan Komposit Serbuk Cangkang Kelapa Sawit.

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Khairul Umurani.S.T.M.T	:  .....
Pembimbing – II : M.Yani.S,T.M.T	: .....
Pembanding – I : Bekti Suroso.S.T.M.Eng	:  .....
Pembanding – II : Chandra A.Siregar.S.T.M.T	:  .....

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1507230167	Harun Soleh harahap	
2	1507230161	MELPAN	
3	1507230214	AGUS TOMMY KURNIAWAN	
4	1507230168	Muhammad Arsal	
5	1507230169	ARYANSYAH PRATAMA HARAHAP	
6	1507230238	Judi Rahmanio	
7			
8			
9			
10			

Medan, 11 Muharram 1440 H  
11 September 2019 M

Ketua Prodi. T.Mesin

  
Affandi.S.T.M.T



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

---

NAMA : Aryansyah Pratama Harahap.  
NPM : 1507230169  
Judul T.Akhir : Analisis Keausan Kampas Rem Sepeda Motor Berbahan Kompo  
Sit Serbuk Cangkang Kelapa Sawit.

Dosen Pembimbing – I : Khairul Umurani.S.,T.M.T  
Dosen Pembimbing – II : M.Yani.S.T.M.T  
Dosen Pembanding - I : Bekti Suroso.S.T.M.Eng  
Dosen Pembanding - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T

**KEPUTUSAN**

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

*Waktu pada masalah tugas Akhir*  
.....  
.....  
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

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

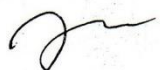
Medan 11 Muharram 1440H  
11 September 2019 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T.Mesin

  
Affandi.S.T.M.T



Dosen Pembanding- I

  
Bekti Suroso.S.T.M.Eng

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

---

NAMA : Aryansyah Pratama Harahap.  
NPM : 1507230169  
Judul T.Akhir : Analisis Keausan Kampas Rem Sepeda Motor Berbahan Kompo  
Sit Serbuk Cangkang Kelapa Sawit.

Dosen Pembimbing – I : Khairul Umurani.S.,T.M.T  
Dosen Pembimbing – II : M.Yani.S.T.M.T  
Dosen Pembanding - I : Bekti Suroso.S.T.M.Eng  
Dosen Pembanding - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T

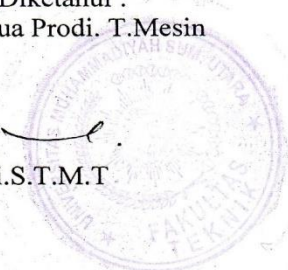
**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :  
..... *Libat Buku Ngas Akhir* .....  
.....  
.....
3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :  
.....  
.....  
.....

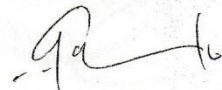
Medan 11 Muharram 1440H  
11 September 2019 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T.Mesin

  
Affandi.S.T.M.T



Dosen Pembanding- II

  
Chandra A Siregar.S.T.M.T





**UMSU**  
Unggul | Cerdas | Terpercaya

1. menjabab surat ini agar disebutkan  
nor dan tanggalnya

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

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

---

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN  
DOSEN PEMBIMBING**

---

**Nomor 649/3AU/UMSU-07/F/2019**

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 10 Mei 2019 dengan ini Menetapkan :

Nama : ARYANSYAH PRATAMA HARAHAP  
Npm : 1507230169  
Program Studi : TEKNIK Mesin  
Semester : VIII ( Delapan )  
Judul Tugas Akhir : ANALISIS KEAUSAN KANVAS REM SEPEDA MOTOR BERBAHAN  
KOMPOSIT SERBUK CANGKONG SAWIT

Pembimbing I : KHAIRUL UMURANI ST.MT  
Pembimbing II : M YANI ST.MT

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 05 Ramadhan 1440 H  
10 Mei 2019



Dekan

Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT  
NIDN: 0101017202

Cc. File

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### A. DATA PRIBADI

1. Nama : ARYANSYAH PRATAMA HRP
2. Jenis Kelamin : Laki-Laki
3. Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 24 September 1997
4. Kewarga Negara : Indonesia
5. Status : Belum Menikah
6. Agama : Islam
7. Alamat : Dusun XVIII Jl.Pusaka Psr.XII
8. No. Hp : 081263814004
9. Email : [aryansyahpratamahrp@yahoo.co.id](mailto:aryansyahpratamahrp@yahoo.co.id)

### B. RIWAYAT PENDIDIKAN

NO	PENDIDIKAN FORMAL	TAHUN
1	SD SWASTA SYARIFAH	2003 – 2009
2	SMP SWASTA BUDISATRYA	2009 – 2012
3	SMK SWASTA TELADAN MEDAN	2012 – 2015
4	TEKNIK MESIN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA	2015 – 2019