



**PENGEMBANGAN KAMPAS REM BERBAHAN KOMPOSIT  
SERBUK ARANG KAYU GLUGU TERHADAP  
KARAKTERISTIK MEKANIK (KEAUSAN  
DAN KOEFISIEN GESEK)**

**SKRIPSI**

Oleh

**Khoirul Anam  
NIM 121910101090**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**



**PENGEMBANGAN KAMPAS REM BERBAHAN KOMPOSIT  
SERBUK ARANG KAYU GLUGU TERHADAP  
KARAKTERISTIK MEKANIK (KEAUSAN  
DAN KOEFISIEN GESEK)**

**SKRIPSI**

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Khoirul Anam  
NIM 121910101090**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**

## PERSEMBAHAN

Proyek Akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Bapak Samian dan ibu Muslihah yang tercinta, terima kasih atas pengorbanan, usaha, kasih sayang, dorongan, nasehat dan air mata yang menetes dalam setiap untaian do'a yang senantiasa mengiringi setiap langkah bagi perjuangan dan keberhasilan penulis;
2. Guru-guru sejak TK hingga SMA, dosen, dan seluruh civitas akademika Universitas Jember khususnya Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin yang telah menjadi tempat menimba ilmu dan telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran;
3. Almamater Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember.

**MOTTO**

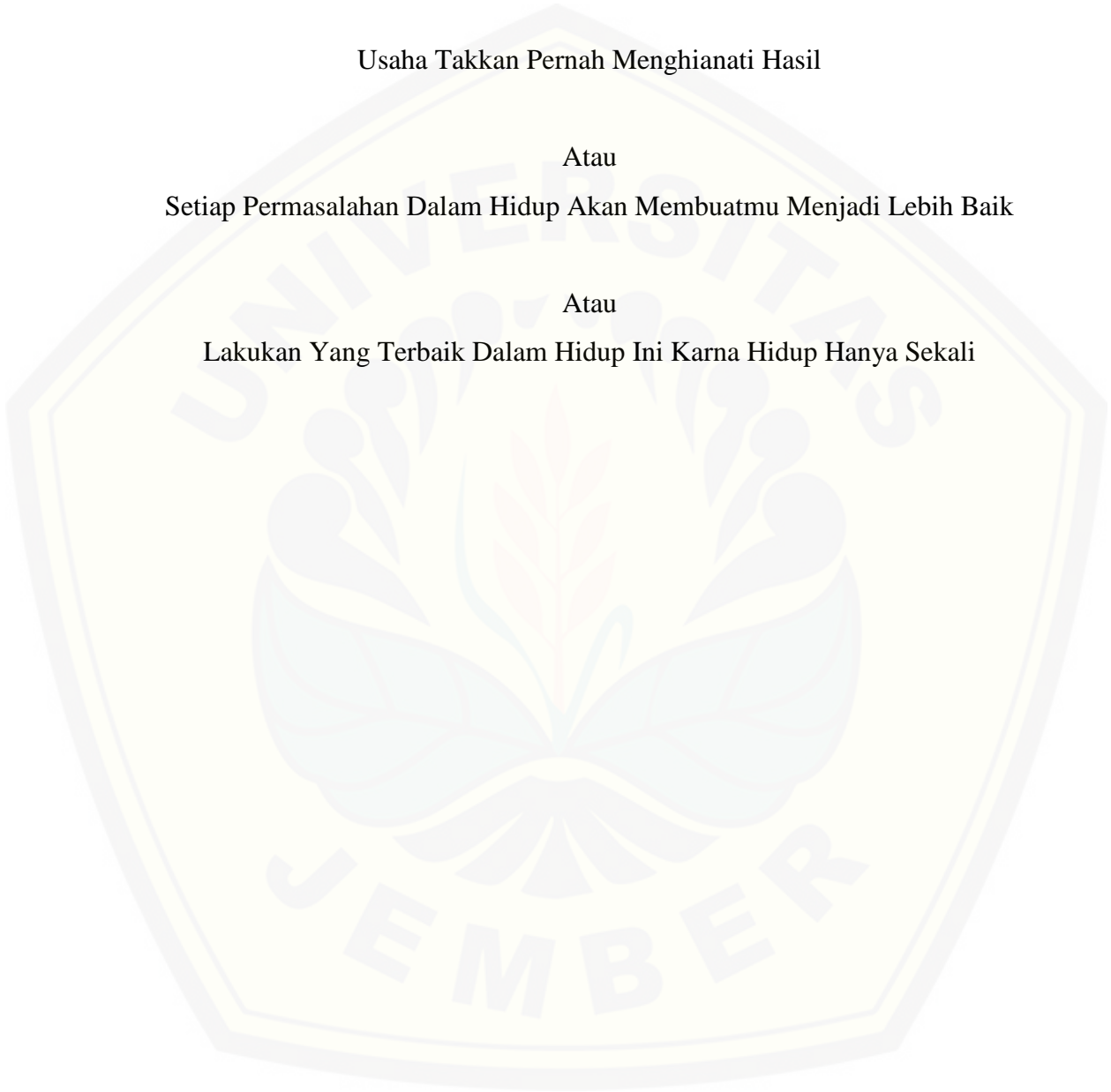
Usaha Takkan Pernah Menghianati Hasil

Atau

Setiap Permasalahan Dalam Hidup Akan Membuatmu Menjadi Lebih Baik

Atau

Lakukan Yang Terbaik Dalam Hidup Ini Karna Hidup Hanya Sekali



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Khoirul Anam

NIM : 121910101090

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul ” Pengembangan Kampas Rem Berbahan Komposit Serbuk Arang Kayu Glugu Terhadap Karakteristik Mekanik (Keausan Dan Koefisien Gesek)” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang telah saya sebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada instansi manapun. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanggung jawab tanpa ada unsur pemaksaan serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 26 Juli 2018

Yang Menyatakan,

Khoirul Anam  
121910101090

**SKRIPSI**

**PENGEMBANGAN KAMPAS REM BERBAHAN KOMPOSIT SERBUK  
ARANG KAYU GLUGU TERHADAP KARAKTERISTIK MEKANIK  
(KEAUSAN DAN KOEFISIEN GESEK)**

oleh  
**Khoirul Anam**  
**NIM 121910101090**

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Agus Triono, S.T., M.T..

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Salahudin Junus, S.T., M.T.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul "Pengembangan Kampas Rem Berbahan Komposit Serbuk Arang Kayu Glugu Terhadap Karakteristik Mekanik (Keausan Dan Koefisien Gesek)" telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

hari, tanggal : 26 Juli 2018

tempat : Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin

Pembimbing

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Agus Triono, S.T., M.T.  
NIP 19700807 200212 1 001

Dr. Salahudin Junus, S.T., M.T.  
NIP 19751006 200212 1 002

Penguji

Penguji I,

Penguji II,

Dr. Gaguk Jatisukamto, S.T., M.T.  
NIP 19690209 199802 1 001

Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T.  
NIP. 19681207 199512 1 002

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M, U. M.  
NIP 19661215 199503 2 001

## RINGKASAN

### **PENGEMBANGAN KAMPAS REM BERBAHAN KOMPOSIT SERBUK ARANG KAYU GLUGU TERHADAP KARAKTERISTIK MEKANIK (KEAUSAN DAN KOEFISIEN GESEK)**

Khoirul Anam, 121910101090; 2018; 58 halaman; Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Perkembangan teknologi dalam industri otomotif meliputi komponen-komponen sepeda motor dengan berbagai macam merek dan produk. Sehingga persaingan antar produsen semakin kuat. Dari segi kualitas, mutu, bahkan harga produk. kampas rem adalah salah satu komponen yang ada pada kendaraan bermotor yang berfungsi untuk memperlambat atau menghentikan laju kendaraan bermotor khususnya kendaraan yang ada di darat. Energi kinetik yang hilang dari benda bergerak diubah menjadi panas karena ada gaya gesekan. Jika rem tidak berfungsi dengan baik, maka dipastikan akan berakhir dengan kecelakaan. Maka dari itu konsumen harus lebih pintar dalam memilih komponen kendaraan bermotor terutama kampas rem. sehingga tidak dirugikan dari segi ekonomi ataupun keselamatan Faktor keamanan dari pengendara adalah hal yang sangat penting. Sehingga setiap produsen kendaraan bermotor merancang sistem dan menggunakan kampas rem yang sesuai dengan kemampuan kendaraan (Mubarrok, 2014).

Secara umum kampas rem terbuat dari bahan asbes tetapi ada juga yang menggunakan bahan non-asbes. Kampas rem yang berbahan asbes sangat membahayakan kesehatan manusia 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).

Pada bahan gesek semi logam, penambahan kandungan logam yang bertujuan meningkatkan koefisien gesek seringkali menyebabkan kerusakan pada tromol kendaraan. Kampas rem yang terbuat dari asbes maupun semi logam



kurang ramah lingkungan. Bahan kampas rem yang terbuat dari non-asbes yang hanya memanfaatkan serat-serat alam yang memiliki karakteristik yang baik dan harga yang relatif murah dan ramah lingkungan masih perlu dikembangkan. Bahan komposit sebenarnya banyak sekali terdapat di alam, karena bahan komposit bisa terdiri dari organik dan anorganik seperti bambu, kayu, daun, dan sebagainya. Secara tidak sadar sebenarnya kita telah mengenal berbagai jenis komposit. Seseorang memperkuat tanah liat dengan jerami, merupakan komposit yang sudah lama dikenal (Junus, 2011).

Serbuk gergaji kayu glugu sangat mudah didapatkan seiring dengan banyaknya kebutuhan kayu glugu sebagai bahan bangunan rumah hunian. Dengan banyaknya permintaan kayu glugu maka banyak pula berdiri perusahaan dan UKM penggergajian kayu. Limbah serbuk gergaji yang dihasilkan pun semakin bertambah. Serbuk gergaji tersebut belum atau tidak dimanfaatkan dan biasanya hanya dipakai sebagai kayu bakar (I Gusti, 2010).

Dari hasil penelitian selama bulan september-November, diketahui bahwa semakin lama waktu pengausan, maka semakin rendah nilai keausan kampas rem. Hal ini disebabkan karena terjadi pemadatan material yg diakibatkan oleh tekanan yang diberikan pada material semakin lama. Sehingga, nilai uji keausan yang paling rendah yaitu pada waktu 900 detik. Nilai keausan terendah yaitu pada kampas rem dengan fraksi massa arang 45% dalam waktu 900 detik sebesar  $1,05 \times 10^{-7}$  gram/detik.mm<sup>2</sup>, sedangkan nilai keausan tertinggi yaitu pada kampas rem dengan fraksi massa arang 65% dalam waktu 300 detik sebesar  $2,83 \times 10^{-7}$  gram/detik.mm<sup>2</sup>. Hal menunjukkan bahwa semakin banyak fraksi massa serbuk arang kayu glugu, maka semakin tinggi nilai keausan kampas rem. Hal ini disebabkan karena matrik *epoxy* sudah tidak dapat mengikat partikel dengan baik terhadap gaya rekat.

Nilai pengujian koefisien gesek dengan variasi fraksi massa (20%) Al, (45%, 55%, 65%) serbuk arang kayu glugu, (35%, 25%, 15%) resin epoksi. Dari hasil pengujian koefisien gesek semakin banyak fraksi massa serbuk arang kayu glugu semakin tinggi nilai koefisien geseknya. Nilai koefisien gesek tertinggi

pada fraksi volume 65% arang sebesar 0,170. Dan nilai koefisien gesek terendah pada fraksi volume 45% dengan perlakuan sintering sebesar 0,166. Sedangkan kampas rem asbestos diperoleh nilai koefisien gesek sebesar 0,233.



## SUMMARY

### **THE DEVELOPMENT BRAKE LINING MADE OF WOOD CHARCOAL POWDER TO MECHANICAL CHARACTERISTICS (WEAR AND COEFFICIENT OF FRICTION)**

Khoirul Anam, 121910101090; 2018; 58 pages; Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

Technological developments in the automotive industry include motorcycle components with a variety of brands and products. So the competition between producers is getting stronger. In terms of quality, quality, and even the price of the product. brake lining is one of the components that exist in motor vehicles that serve to slow or stop the rate of vehicles, especially vehicles on the ground. The kinetic energy lost from moving objects is converted to heat because there is a friction force. If the brakes do not work properly, then certainly will end in an accident. Therefore, consumers should be smarter in choosing components of motor vehicles, especially brake pads. so as not to be disadvantaged in terms of economy or safety The security factor of the rider is very important. So every motor vehicle manufacturer designs the system and uses a brake lining that suits the vehicle's capabilities (Mubarrok, 2014).

In general, brake lining is made of asbestos material but some are using non-asbestos materials. Brake lining made from asbestos is very harmful to human health because it can interfere with digestion and many developed countries have stopped the production of asbestos friction materials, because asbestos material can cause cancer in the lungs (sutikno, 2008).

In semi-metal friction materials, the addition of metal content which aims to improve the coefficient of friction often causes damage to the vehicle's tromol. Brake made of asbestos and semi-metal brakes are less environmentally friendly. The non-asbestos brake lining material that utilizes only natural fibers with good characteristics and relatively cheap and environmentally friendly prices still needs to be developed. Composite materials are actually very numerous in nature,

because composite materials can consist of organic and inorganic such as bamboo, wood, leaves, and so forth. Unconsciously we have actually known various types of composites. Someone strengthens clay with straw, a long-known composite (Junus, 2011).

Gloss wood sawdust is very easy to obtain along with the many needs of wood glugu as a residential building materials. With so many glugu timber demand, there are many companies and sawmills. The resulting sawdust waste is increasing. Sawdust is not yet or not utilized and usually only used as firewood (I Gusti, 2010).

From the results of the research during the month of September-November, it is known that the longer the wear time, the lower the wear rate of brake lining. This is due to the material compaction caused by the pressure applied to the material the longer. Thus, the lowest wear test value is at 900 seconds. The lowest wear rate is on brake lining with 45% charcoal mass fraction within 900 seconds of  $1.05 \times 10^{-7}$  gram / sec.mm<sup>2</sup>, while the highest wear value is on brake lining with a charcoal mass fraction of 65% within 300 seconds of  $2.83 \times 10^{-7}$  grams / sec. Mm<sup>2</sup>. It shows that more and more of the mass fraction of the glugu wood charcoal powder, the higher the wear value of the brake lining. This is because the epoxy matrix is not able to bind particles well to adhesive forces.

The value of friction coefficient test with variation of mass fraction (20%) Al, (45%, 55%, 65%) glugu wood charcoal, (35%, 25%, 15%) epoxy resin. From the results of friction coefficient testing the more fraction of the mass of wood charcoal powder glugu the higher the coefficient value of friction. The highest coefficient value of friction at volume fraction of 65% charcoal equal to 0,170. And the lowest coefficient of friction at 45% fraction with sintering treatment 0,166. While asbestos brake lining obtained coefficient of friction value of 0.233.

## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian sekaligus penyusunan skripsi yang berjudul ” Pengembangan Kampas Rem Berbahan Komposit Serbuk Arang Kayu Glugu Terhadap Karakteristik Mekanik (Keausan Dan Koefisien Gesek)”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Dalam penulisan ini tentunya banyak pihak yang telah memberikan bantuan baik moril maupun materil. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Teknik Universitas Dr. Ir. Entin Hidayah, M, U. M. atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menyelesaikan proyek akhir ini;
2. Ketua Jurusan Teknik Mesin Hari Arbiantara Basuki S.T., M.T. atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menyelesaikan proyek akhir ini;
3. Dr. Agus Triono, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dr. Salahudin Junus, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang penuh kesabaran memberi bimbingan, dorongan, meluangkan waktu, pikiran, perhatian dan saran kepada penulis selama penyusunan tugas akhir ini sehingga dapat terlaksana dengan baik;
4. Dr. Gaguk Jatisukamto, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I dan Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II, terima kasih atas saran dan kritiknya;
5. Ir. Ahmad Syuhri, M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis selama kuliah;
6. Seluruh Dosen Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember yang telah memberikan ilmu, bimbingan, pengorbanan, saran dan kritik kepada penulis;

7. Kedua orang tua saya Bapak Samian, Ibu Muslihah, adik Lailatul Firda Sari, yang telah memberikan segalanya kepada saya sehingga saya dapat menyelesaikan studi S1;
8. Hijrah Aji Saputa, S.T., Samsul Arifin, S.T., Adimas Hammam Ardianto, S.T., Lailatul Ahadia, S.pd., Septian Ari, S.pd., Mustain, Teman-temanku seperjuangan Teknik Mesin 2012 yang selalu memberi *support* dan saran kepada penulis;
9. Pihak lain yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan tugas akhir ini. Akhirnya penulis berharap, semoga tulisan ini dapat bermanfaat.

Jember, 26 Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN MOTO</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	vi
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>SUMMARY</b> .....	xi
<b>PRAKATA</b> .....	xiii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xviii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xix
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xx
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b>	
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	2
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	3
<b>1.4 Tujuan dan Manfaat</b> .....	3
1.4.1 Tujuan.....	3
1.4.2 Manfat .....	3
<b>1.5 Hipotesa</b> .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
<b>2.1 Keausan</b> .....	5
2.1.1 Pengujian keausan.....	9

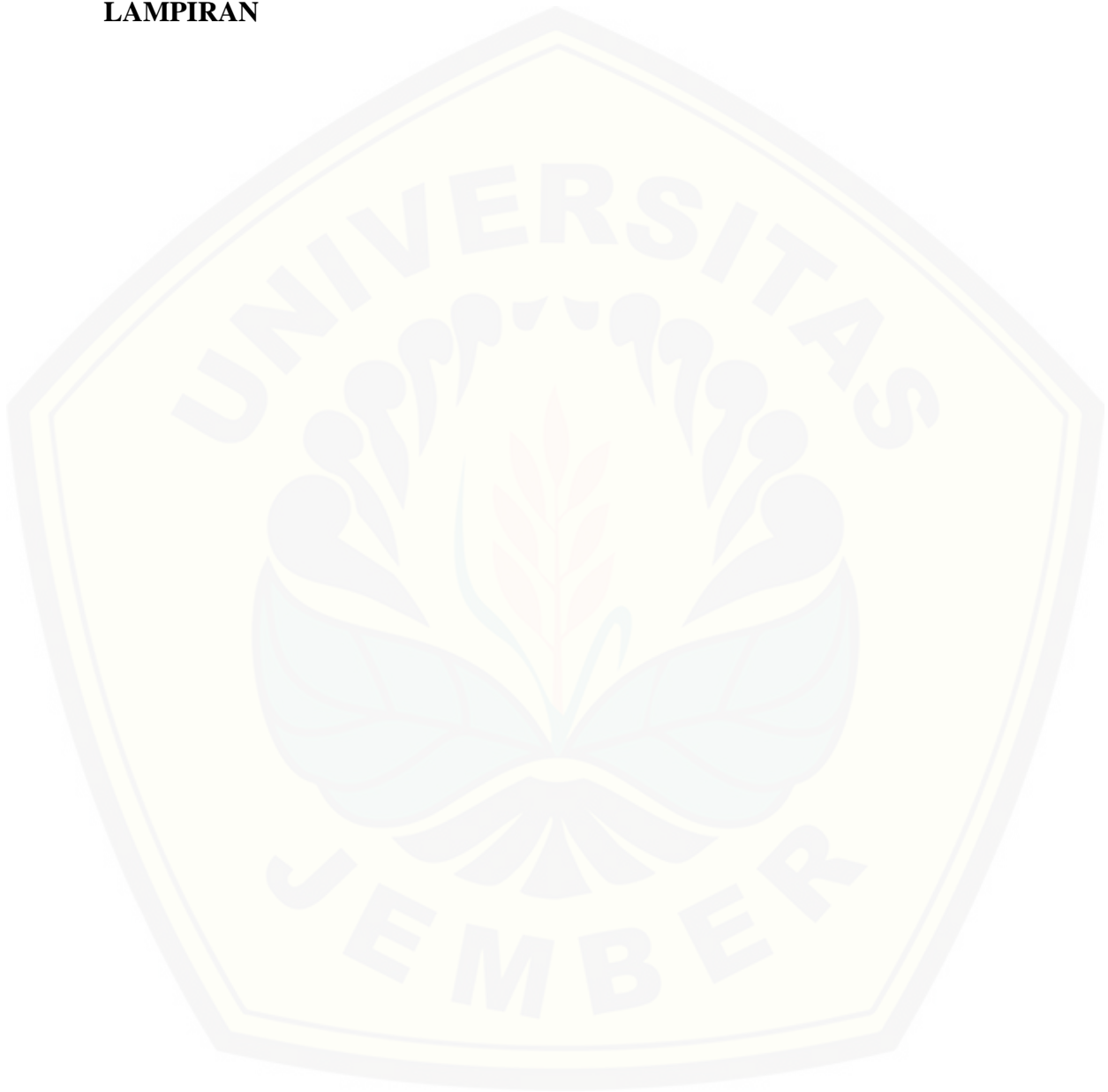
<b>2.2 Gesekan</b> .....	11
2.2.1 Koefisien Gesek .....	11
<b>2.3 Pengereman</b> .....	13
2.3.1 Konsep Dasar Pengereman .....	13
<b>2.4 Jenis Rem</b> .....	14
2.4.1 Rem Cakram.....	14
2.4.2 Rem Tromol.....	17
<b>2.5 Bahan dan Proses Pembuatan Pampas Rem</b> .....	19
2.5.1 Serbuk Kayu Glugu.....	19
2.5.2 Aluminium .....	21
2.5.3 Resin <i>epoxy</i> .....	21
2.5.4 Proses Kompaksi.....	22
2.5.5 Proses sintering.....	24
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b>	
<b>3.1 Alat Dan Bahan Penelitian</b> .....	26
3.1.1 Alat.....	26
3.1.2 Bahan .....	27
<b>3.2 Proses Pembuatan Spesimen</b> .....	28
3.2.1 Pembuatan Spesimen .....	28
3.2.2 Proses penekanan.....	29
<b>3.3 Pengujian Ketahanan Keausan dan Koefisien Gesek</b> .....	30
<b>3.4 Diagram Alir</b> .....	32
<b>3.5 Tempat dan Waktu Penelitian</b> .....	33
<b>BAB 4. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN</b>	
<b>4.1 Pengujian Laju Keausan</b> .....	34
<b>4.2 Pengujian Nilai Koefisien Gesek</b> .....	39
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	42



5.2 Saran ..... 43

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

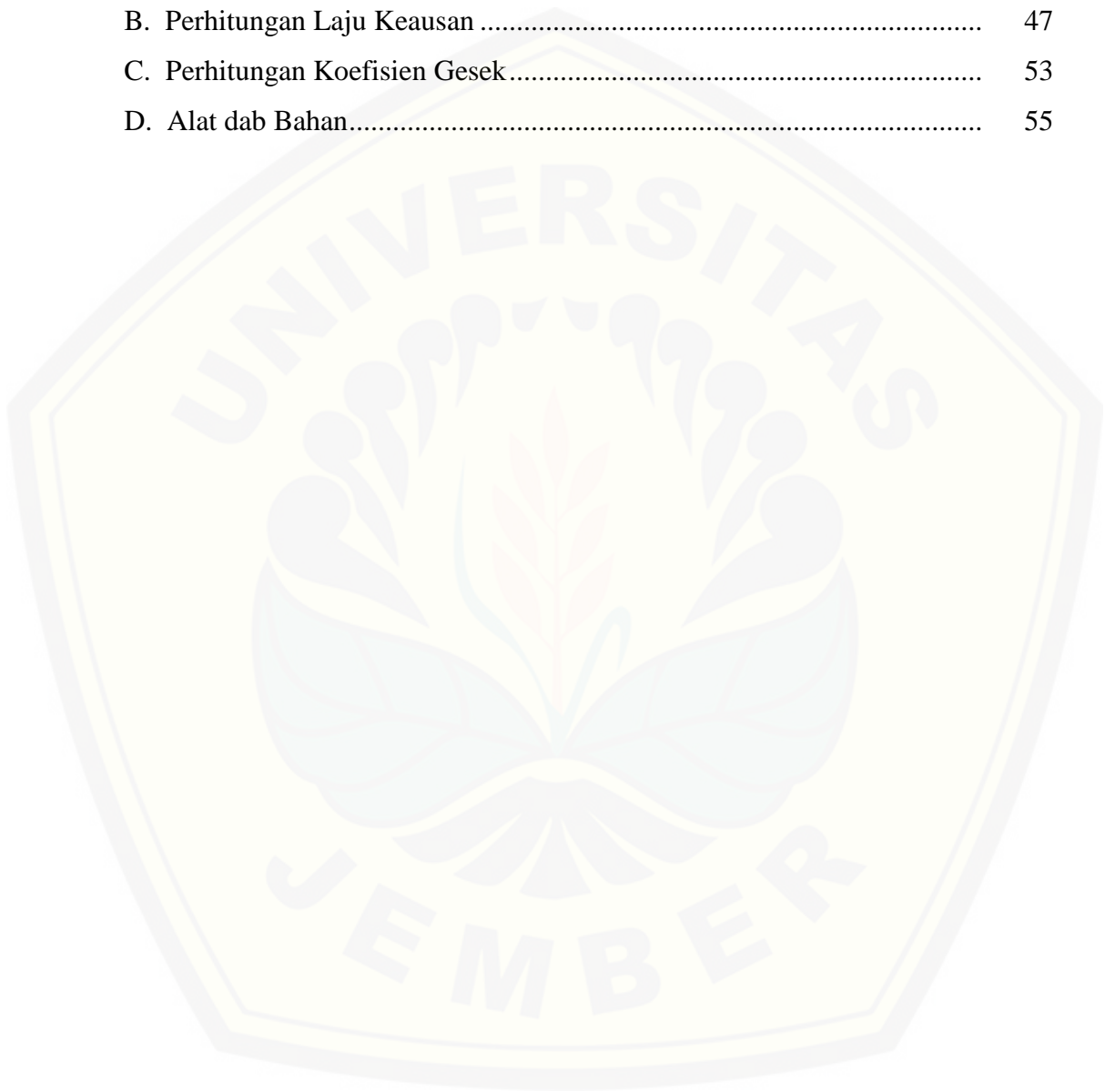
	Halaman
Gambar 2.1 Mekanisme <i>adhesive wear</i> .....	6
Gambar 2.2 Mekanisme <i>abrasive wear</i> .....	6
Gambar 2.3 Mekanisme <i>adhesive wear</i> .....	7
Gambar 2.4 Mekanisme <i>corrosive wear</i> .....	8
Gambar 2.5 Mekanisme <i>fatigue wear</i> .....	9
Gambar 2.6 Ilustrasi skematis <i>pengujian keausan metode Ogoshi</i> .....	10
Gambar 2.7 Mekanisme Rem Cakram.....	15
Gambar 2.8 Kampas rem.....	16
Gambar 2.9 Kontruksi Rem Tromol.....	18
Gambar 2.10 Cara Kerja Rem Tromol.....	19
Gambar 2.11 Proses Kompaksi.....	22
Gambar 2.12 <i>Hot compaction</i> .....	23
Gambar 2.13 <i>cold compaction</i> .....	24
Gambar 2.14 Proses sintering.....	24
Gambar 3.1 Desain penekan.....	26
Gambar 3.2 Desain cetakan.....	27
Gambar 3.3 Desain mesin pres.....	29
Gambar 3.4 Mesin Prony Brake.....	30
Gambar 4.1 Grafik Laju Keausan Selama 300 detik.....	35
Gambar 4.2 Grafik Laju Keausan Selama 600 detik.....	36
Gambar 4.3 Grafik Laju Keausan Selama 900 detik.....	37
Gambar 4.4 Grafik perbandingan nilai keausan.....	38
Gambar 4.5 Grafik perbandingan nilai koefisien gesek.....	40

**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Koefisien Gesek dan Tekanan Rem.....	14
Tabel 2.2 Komposisi Kayu Glugu.....	21
Tabel 3.1 Spesifikasi Serbuk Aluminium.....	27
Tabel 3.2 Spesifikasi Resin Epoxy .....	27
Tabel 3.3 Variasi Pencampuran Bahan Per Spesimen.....	28
Tabel 4.1 Tabel Nilai Pengujian Keausan Kampas Rem Dengan Waktu 300 Detik.....	34
Tabel 4.2 Tabel Nilai Pengujian Keausan Kampas Rem Dengan Waktu 600 Detik.....	35
Tabel 4.3 Tabel Nilai Pengujian Keausan Kampas Rem Dengan Waktu 900 Detik.....	36
Tabel 4.4 Tabel nilai Pengujian Keausan kampas rem asbestos.....	38
Tabel 4.5 Tabel Tabel Nilai Pengujian Koefisien Gesek.....	40

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
A. Contoh Perhitungan Prosentase Pencampuran Spesimen.....	46
B. Perhitungan Laju Keausan .....	47
C. Perhitungan Koefisien Gesek.....	53
D. Alat dan Bahan.....	55



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dalam industri otomotif meliputi komponen-komponen sepeda motor dengan berbagai macam merek dan produk. Sehingga persaingan antar produsen semakin kuat. Dari segi kualitas, mutu, bahkan harga produk. Kampas rem adalah salah satu komponen yang ada pada kendaraan bermotor yang berfungsi untuk memperlambat atau menghentikan laju kendaraan bermotor khususnya kendaraan yang ada di darat. Energi kinetik yang hilang dari benda bergerak diubah menjadi panas karena ada gaya gesekan. Jika rem tidak berfungsi dengan baik, maka dipastikan akan berakhir dengan kecelakaan. Maka dari itu konsumen harus lebih pintar dalam memilih komponen kendaraan bermotor terutama kampas rem. sehingga tidak dirugikan dari segi ekonomi ataupun keselamatan Faktor keamanan dari pengendara adalah hal yang sangat penting. Sehingga setiap produsen kendaraan bermotor merancang sistem dan menggunakan kampas rem yang sesuai dengan kemampuan kendaraan (Mubarrok, 2014).

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

Pada bahan gesek semi logam, penambahan kandungan logam yang bertujuan meningkatkan koefisien gesek seringkali menyebabkan kerusakan pada tromol kendaraan. Kampas rem yang terbuat dari asbes maupun semi logam kurang ramah lingkungan. Bahan kampas rem yang terbuat dari non-asbes yang hanya memanfaatkan serat-serat alam yang memiliki karakteristik yang baik dan harga yang relatif murah dan ramah lingkungan masih perlu dikembangkan.

Bahan komposit sebenarnya banyak sekali terdapat di alam, karena bahan komposit bisa terdiri dari organik dan anorganik seperti bambu, kayu, daun, dan sebagainya. Secara tidak sadar sebenarnya kita telah mengenal berbagai jenis komposit. Seseorang memperkuat tanah liat dengan jerami, merupakan komposit yang sudah lama dikenal (Junus, 2011).

Serbuk gergaji kayu glugu sangat mudah didapatkan seiring dengan banyaknya kebutuhan kayu glugu sebagai bahan bangunan rumah hunian. Dengan banyaknya permintaan kayu glugu maka banyak pula berdiri perusahaan dan UKM penggergajian kayu. Limbah serbuk gergaji yang dihasilkan pun semakin bertambah. Serbuk gergaji tersebut belum atau tidak dimanfaatkan dan biasanya hanya dipakai sebagai kayu bakar. Selain di perusahaan dan UKM penggergajian kayu, limbah serbuk gergaji kayu glugu juga banyak ditemukan di pedesaan. Serbuk gergaji kayu glugu banyak dijumpai di pedesaan karena populasi pohon kelapa banyak tumbuh subur di kawasan pedesaan. Masyarakat desa biasanya tidak menggergajikan pohon kelapa di UKM penggergajian kayu, namun mereka lebih suka menggunakan jasa penggergajian kayu keliling. Oleh karena itu, di pedesaan banyak dijumpai serbuk gergaji kayu glugu yang hanya menjadi sampah saja. (I Gusti, 2010).

Penulis akan melakukan penelitian mengenai pemanfaatan limbah serbuk kayu glugu sebagai bahan alternatif pengganti asbes untuk pembuatan kampas rem. Pada penelitian ini akan dilakukan analisa terhadap variasi fraksi massa serbuk arang kayu glugu pada komposit matrik *epoxy* berpenguat serbuk aluminium. Yang akan dilakukan pengujian koefisien gesek dan keausan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari penjelasan diatas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi fraksi massa serbuk kayu glugu pada komposit kampas rem terhadap nilai keausannya?
2. Bagaimana pengaruh variasi fraksi massa serbuk kayu glugu pada komposit kampas rem terhadap nilai koefisien gesek?

### 1.3 Batasan Masalah

Untuk mengetahui dan memberikan gambaran mengenai masalah-masalah apa saja yang akan dibahas pada penelitian ini. Maka perlu diberikan batas pembahasan yang nantinya akan terfokus pada masalah.

Adapun batasannya adalah sebagai berikut:

1. Pengujian yang dilakukan adalah koefisien gesek dan keausan kampas rem.
2. Spesimen yang dihasilkan dari perlakuan kompaksi seragam dengan gaya penekanan 400 bar.
3. Suhu ruangan pada proses pembuatan dan pengujian dianggap sama.

### 1.4 Tujuan dan Manfaat

#### 1.4.1 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh dari variasi fraksi massa 45%, 55%, 65% serbuk arang kayu glugu terhadap nilai laju keausan komposit kampas rem.
2. Mengetahui pengaruh dari variasi fraksi massa 45%, 55%, 65% serbuk arang kayu glugu terhadap nilai koefisien gesek komposit kampas rem.

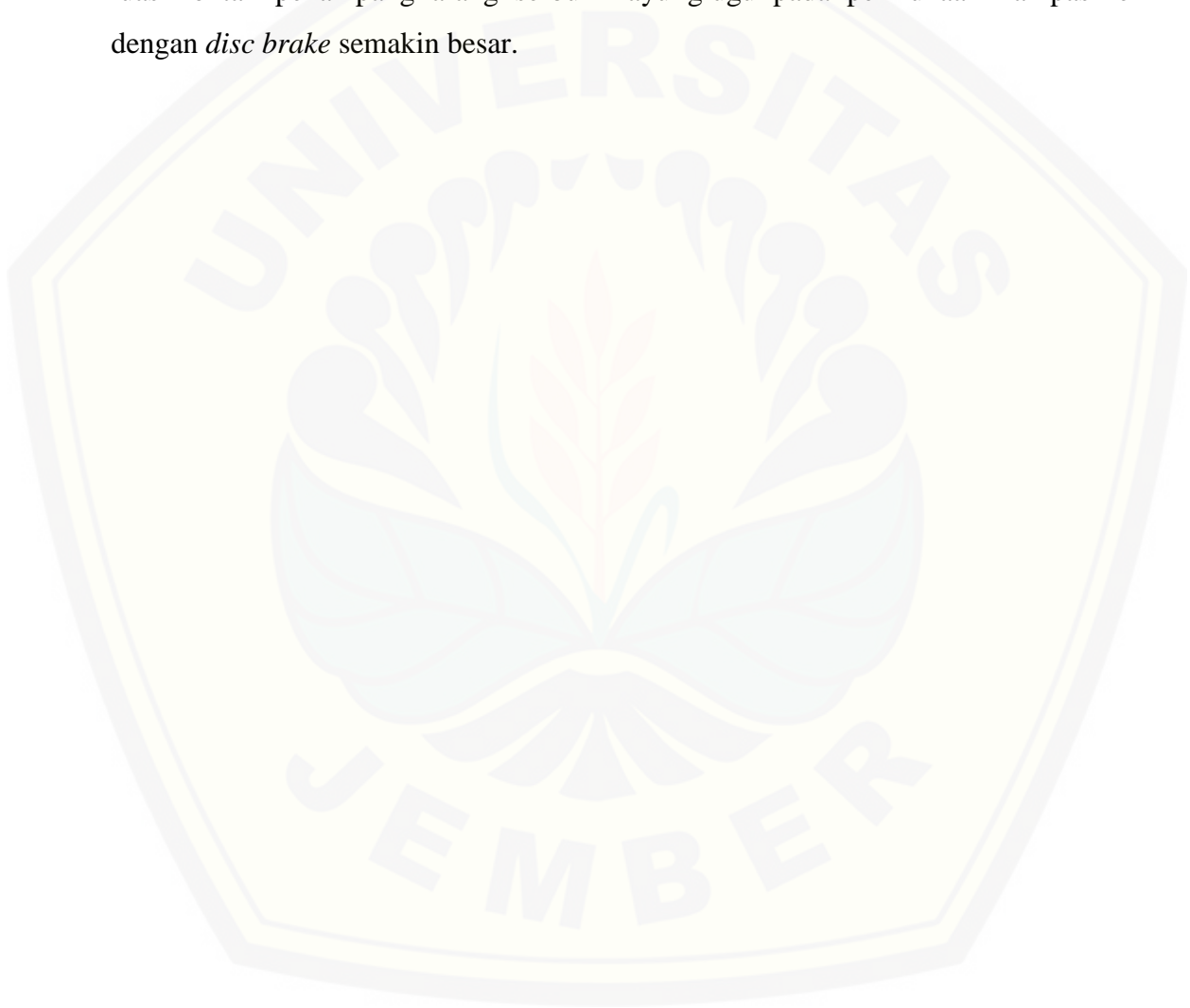
#### 1.4.2 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi mengenai karakteristik komposit berpenguat serbuk aluminium dan serbuk arang kayu glugu.
2. Memberikan keragaman penelitian masalah komposit dengan bahan alam kepada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

### 1.5 Hipotesa

Semakin banyak massa serbuk arang kayu glugu akan meningkatkan nilai koefisien gesek kampas rem. Peningkatan nilai koefisien gesek kampas rem ini disebabkan oleh adanya serbuk arang kayu glugu pada permukaan komposit kampas rem yang bersifat kasar. Semakin banyak kandungan arang serbuk kayu glugu maka luas kontak penampang arang serbuk kayu glugu pada permukaan kampas rem dengan *disc brake* semakin besar.





## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Keausan

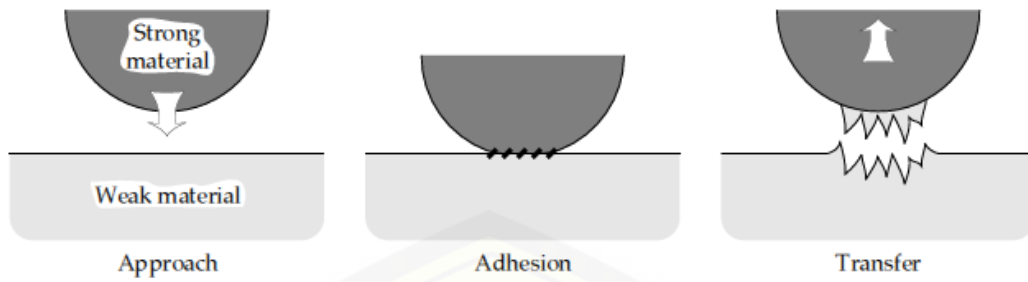
Keausan (*wear*) adalah hilangnya materi dari permukaan benda padat sebagai akibat dari gerakan mekanik (Rabinowicz,1995). Keausan umumnya dianalogikan sebagai hilangnya materi sebagai akibat interaksi mekanik dua permukaan yang bergerak *slidding* dan dibebani. Ini merupakan fenomena normal yang terjadi jika dua permukaan saling bergesekan, maka akan ada keausan atau perpindahan materi yang terjadi antara dua benda yang bergesekan. Dikenal ada 4 jenis keausan yaitu sebagai berikut :

#### 1. *Adhesive wear*

*Adhesive wear* adalah jenis yang paling umum, keausan ini timbul apabila terdapat gaya adesif kuat diantara dua materi padat. Apabila dua permukaan ditekan bersama, akan terjadi kontak pada bagian yang menonjol. Apabila digeser, akan terjadi penyambungan dan jika geseran dilanjutkan akan patah. Jika patahan tidak terjadi pada saat penyambungan maka yang timbul adalah keausan. Keausan adhesive tidak diinginkan karena dua alasan :

- Kehilangan materi yang pada akhirnya membawa pada menurunnya unjuk kerja suatu mekanisme.
- Pembentukan partikel keausan pada pasangan permukaan sliding yang sangat rapat dapat menyebabkan mekanisme terhambat atau bahkan macet, padahal umur peralatan masih baru.

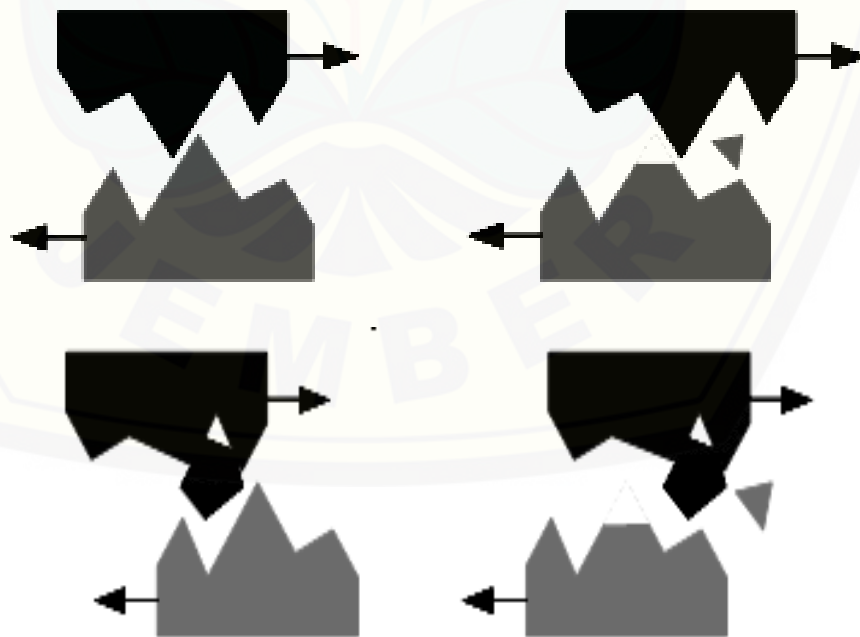
Keausan adhesi beberapa kali lebih besar pada kondisi tanpa pelumasan dibandingkan kondisi permukaan yang diberikan pelumas dengan baik. Faktor yang menyebabkan *adhesive wear* adalah kecenderungan dari material yang berbeda untuk membentuk larutan padat atau senyawa intermetalik dan kebersihan permukaan. Jumlah keausan melalui mekanisme *adhesive* ini dapat dikurangi dengan cara, antara lain yaitu menggunakan material keras atau material dengan jenis yang berbeda, misal berbeda struktur kristalnya.



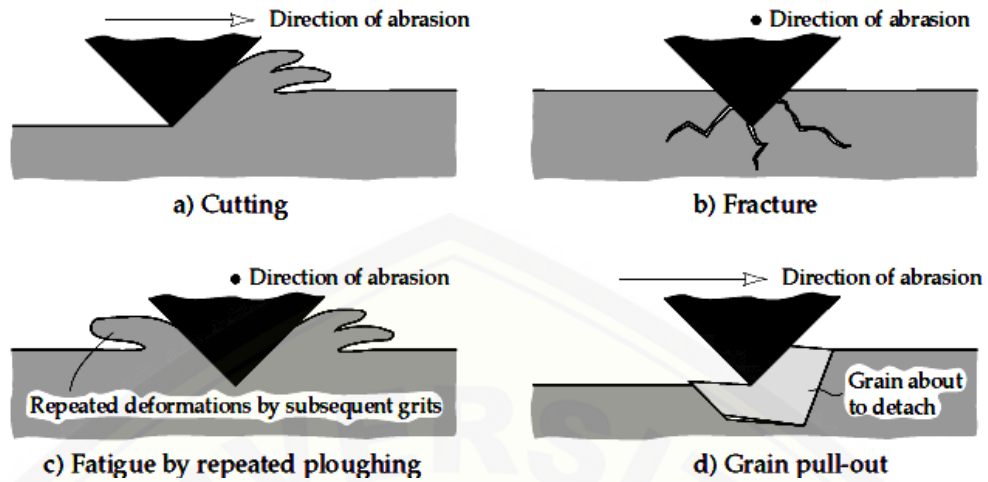
Gambar 2.1 Mekanisme *adhesive wear* (Stachowiak dan Batchelor 2001)

## 2. Keausan abrasi (*abrasive wear*)

Keausan abrasi (*abrasive wear*) terjadi apabila permukaan yang keras bergesekan dengan permukaan yang lebih lunak, meninggalkan goresan torehan pada permukaan lunak. Abrasi juga bisa disebabkan oleh patahan partikel keras yang bergeser diantara dua permukaan lunak. Fragmen abrasif yang ada dalam fluida mengalir cepat juga dapat menyebabkan tertorehnya permukaan jika membentur permukaan pada kecepatan tinggi. Karena keausan abrasi terjadi oleh adanya partikel lebih keras dari permukaan masuk sistem, maka pencegahannya adalah dengan mengeliminasi kontaminan keras.



Gambar 2.2 Mekanisme *abrasive wear* (Stachowiak dan Batchelor, 2001)

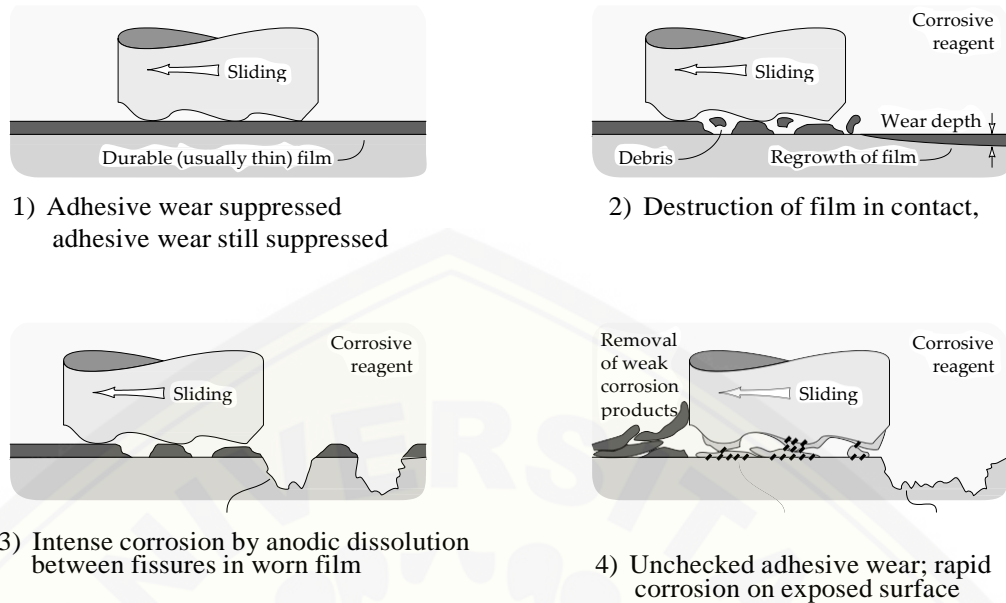


Gambar 2.3 Tipe adhesive wear : a. microcutting, b. fracture, c. fatigue d fatigue grain pull-out (Stachowiak dan Batchelor, 2001)

Faktor yang berperan dalam kaitannya dengan ketahanan material terhadap abrasive wear antara lain adalah *material hardness*, kondisi struktur mikro, ukuran abrasi dan bentuk. Bentuk kerusakan abrasif permukaan akibat keausan abrasif, antara lain *scratching*, *scoring* dan *gouging*.

### 3. Keausan korosif (*Corrosive wear*)

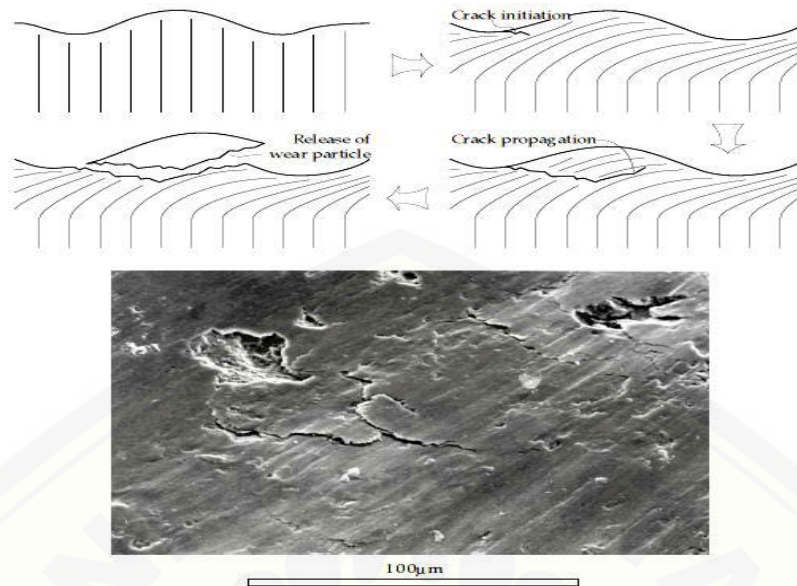
Keausan korosif terjadi setiap kali gas atau cairan kimia mengenai permukaan yang dibiarkan terbuka oleh proses pergeseran. Biasanya ketika permukaan produk korosi (seperti platina) cenderung tinggal di permukaan, sehingga memperlambat laju korosi. Tapi, jika pergeseran terus menerus terjadi, aksi geser menghilangkan endapan permukaan yang seharusnya melindungi terhadap korosi lebih lanjut yang dengan demikian terjadi lebih cepat.



Gambar 2.4 Tipe *corrosive wear*. (Stachowiak dan Batchelor, 2013)

#### 4. Keausan Kelelahan (*Fatigue wear*)

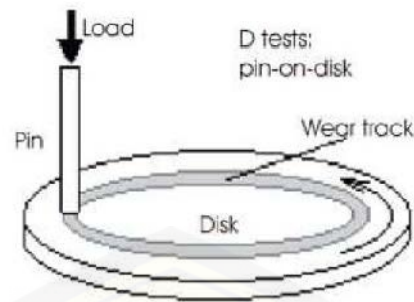
Kelelahan permukaan biasanya ditemukan pada benda yang menggunakan tekanan tinggi, misalnya gerakan rolling, seperti dari roda logam pada trek atau bantalan bola bergulir di mesin. Tekanan menyebabkan pembentukan retakan dibawah permukaan untuk baik bergerak atau komponen stasioner. Retakan ini tumbuh jika partikel besar yang terpisah dari permukaan dan kemudian terjadi *pitting*. Surface fatigue adalah bentuk paling umum dari keausan yang mempengaruhi elemen bergulir seperti bantalan atau gigi.



Gambar 2.5 Mekanisme *fatigue wear* pada besi tuang (Stachowiak dan Batchelor,2001)

#### 2.1.1 Pengujian keausan

Pengujian keausan dapat dilakukan dengan berbagai macam metode dan teknik yang semuanya bertujuan untuk mensimulasikan kondisi keausan aktual. Salah satu pengujian keausan adalah dengan metode Ogoshi dimana benda uji memperoleh beban gesek dari cincin yang berputar (*Revolving disc*). Pembebanan gesek ini akan menghasilkan kontak antar permukaan yang berulang-ulang yang pada akhirnya akan mengambil sebagian material pada permukaan benda uji. Besarnya jejak permukaan dari material tergesek itulah yang dijadikan dasar penentuan tingkat keausan pada material. Semakin besar dan dalam jejak keausan maka semakin tinggi volume material yang terlepas dari benda uji. Skema pengujian keausan dengan metode Ogoshi dapat dilihat pada gambar 2.6



Gambar 2.6 Ilustrasi skematis *pengujian keausan metode Ogoshi*  
(Nugroho, 2014)

Keausan pada kampas rem cakram dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$N = \frac{W_0 - W_1}{t \cdot A} \text{ gram/detik.mm}^2 \dots\dots\dots (2.1)$$

W<sub>0</sub> : massa mula benda uji (gram)

W<sub>1</sub> : massat pengausan setelah pengujian (gram)

N : Nilai laju keausan (gram/detik.mm<sup>2</sup>)

t : Waktu pengausan (detik)

A : Luas pengausan (mm<sup>2</sup>)

Secara umum bagian-bagian kampas rem terdiri dari daging kampas (bahan friksi), dudukan kampas (*body brake shoe*) dan 2 buah spiral. Pada aplikasi sistem pengereman otomotif yang aman dan efektif, bahan friksi harus memenuhi persyaratan minimum mengenai unjuk kerja, *noise* dan daya tahan. Bahan rem harus memenuhi persyaratan keamanan, ketahanan dan dapat mengerem dengan halus. Selain itu juga harus mempunyai koefisien gesek yang tinggi, keausan kecil, kuat, tidak melukai permukaan roda dan dapat menyerap getaran.

Sifat mekanik menyatakan kemampuan suatu bahan (seperti komponen yang terbuat dari bahan tersebut) untuk menerima beban/gaya/energi tanpa menimbulkan kerusakan pada bahan/komponen tersebut. Sering kali bila suatu bahan mempunyai sifat mekanik yang baik tetapi kurang baik pada sifat yang lain, maka diambil langkah untuk mengatasi kekurangan tersebut dengan berbagai cara yang diperlukan. Untuk mendapatkan standar acuan tentang spesifikasi teknik

kampas rem, maka nilai kekerasan, keausan, bending dan sifat mekanik lainnya harus mendekati nilai standar keamanannya. Adapun persyaratan teknik dari kampas rem komposit yakni:

Tabel 2.1 Standar Acuan Spesifikasi Teknik Kampas Rem (Sadri, 2009)

No	Sifat Mekanik	Nilai
1	Nilai kekerasan	68 – 105 (Rockwell R).
2	Ketahanan panas	360 °C
3	Nilai keausan	$5 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{kg}$
4	Koefisien gesek	0,14 – 0,27
5	Massa jenis	1,5 – 2,4 gr/cm <sup>3</sup>
6	Konduktivitas thermal	0,12 – 0,8 W.m.°K
7	Tekanan Spesifik	0,17 – 0,98 joule/g.°C
8	Kekuatan geser	1300 – 3500 N/cm <sup>2</sup>
9	Kekuatan perpatahan	480 – 1500 N/cm <sup>2</sup>

## 2.2 Gesekan (*Friction*)

*Friction* adalah resistensi terhadap gerakan suatu benda ke benda yang lainnya (Budinsky, 2007). *Friction* berasal dari kata kerja Latin *fricare*, yang berarti menggosok. Benda tersebut bisa gas dan padat (*aerodinamis friction*), atau cair dan padat (*fluid friction*), atau gesekan mungkin karena proses disipasi energi internal dalam satu bodi (*internal friction*). Ketika permukaan kontak bergerak relatif satu sama lain, *friction* antara dua permukaan mengubah energi kinetik menjadi panas. Konsekuensi penting lainnya dari berbagai jenis gesekan adalah terjadinya keausan, yang dapat menyebabkan penurunan kinerja dan / atau kerusakan komponen. Ada beberapa jenis *friction* antara lain :

a. *Dry friction*

b. *Fluid friction*

c. *Lubricated friction*

d. *Skin friction*

e. *Internal friction*

2.2.1 Koefisien Gesek (*Coefision of friction*)

$$\mu = \frac{F}{N} \dots\dots\dots(2.2)$$

*Friction coefficient* biasanya dalam batasan 0,03 pada bearing dengan pelumasan yang sangat baik, 0,3 sampai 0,7 untuk *dry sliding*, dan sampai dengan 5 untuk *clean metal surface* pada keadaan vakum. Koefisien gesekan tergantung pada bahan yang digunakan , misalnya , es pada baja memiliki koefisien gesek yang rendah, sedangkan karet di jalan memiliki koefisien gesekan yang besar (Budinsky, 2007).

Pada perhtungan koefisien gesek yang berdasarkan pada persamaan torsi dapat dilihat pada persamaan berikut dimana torsi atau usaha adalah hasil kali antara gaya berat yang dihasilkan pada timbangan dikalikan dengan jarak antara titik tekan timbangan dengan poros benda yang beregerak (panjang lengan). Dengan catatan bahwa lengan ayun tidak ikut berputar. Dari pernyataan berikut maka didapat rumus (Jossy, 2011).

$$T = w \times L = F\mu \times R \dots\dots\dots(2.2)$$

$$T = w \times L \dots\dots\dots(2.3)$$

$$w = m \times g \dots\dots\dots(2.4)$$

$$P = 2\pi n \times T \dots\dots\dots(2.5)$$

$$F\mu = \mu \times Fp \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\mu = \frac{F}{N} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$Fp = pe \times 0,785 (D2 + d2) \dots\dots\dots(2.8)$$



Keterangan :

$P$  = Daya pengereman (W)

$T$  = Torsi (Nm)

$R$  = Jari-jari bidang pengereman (m)

$F_{\mu}$  = Gaya pengereman (N)

$\mu$  = Koefisien Gesek

$F_p$  = Gaya yang menekan *brake pad* (N)

$L$  = Panjang lengan (m)

$n$  = Putaran motor (Rps)

$P_e$  = Tekanan minyak rem (Pa)

$w$  = Gaya berat (N)

$m$  = Massa (Kg)

$g$  = Percepatan gravitasi bumi ( $m/s^2$ )

$D$  = Diameter Piston Besar (m)

$d$  = Diameter Piston Kecil (m)

### 2.3 Pengereman

Rem dirancang untuk mengurangi kecepatan (memperlambat) dan menghentikan kendaraan atau memungkinkan parkir pada tempat yang menurun. Peralatan ini sangat penting pada kendaraan dan berfungsi sebagai alat keamanan dan menjamin untuk pengemudi yang aman. ( Yanuar, Satyadharma, 2007)

#### 2.3.1 Konsep Dasar Pengereman

Kendaraan tidak dapat berhenti dengan segera apabila mesin dibebaskan (tidak dihubungkan) dengan pemindahan daya. Kelemahan ini harus dikurangi dengan maksud untuk menurunkan kecepatan gerak kendaraan hingga berhenti. Mesin mengubah energi panas menjadi energi kinetik (energi gerak) untuk menggerakkan kendaraan.

Prinsip kerja rem adalah “*mengubah energi kinetik kembali menjadi energi panas untuk menghentikan kendaraan*”. Umumnya, rem bekerja disebabkan oleh adanya sistem gabungan penekanan melawan sistem gerak putar.

Efek pengereman (*braking effect*) diperoleh dari adanya gesekan yang timbul antara dua objek. ( Yanuar, Satyadharma, 2007)

Bahan rem harus memenuhi persyaratan keamanan, ketahanan, dan dapat mengerem dengan halus. Di samping itu juga harus mempunyai koefisien gesek yang tinggi, keausan kecil, kuat, tidak melukai permukaan drum, dan dapat menyerap getaran. Daerah tekanan yang diizinkan  $pa$  (kg/mm<sup>2</sup>) untuk bahan-bahan yang bersangkutan diperlihatkan dalam tabel dibawah ini (Sadri, 2009).

Tabel 2.2 Koefisien Gesek dan Tekanan Rem (Sadri, 2009)

Bahan drum	Bahan gesek	Koefisien gesek ( $\mu$ )	Tekanan permukaan Pa (Kg/mm <sup>2</sup> )	Keterangan
Besi cor, Baja cor, Besi cor khusus	Besi cor	0,10-0,20	0,09-0,17	Kering
		0,08-0,12		Dilumasi
	Perunggu	0,10-0,20	0,05-0,08	Kering-dilumasi
	Kayu	0,10-0,35	0,02-0,03	Dilumasi
	Tenunan	0,35-0,60	0,007-0,07	Kapas, asbes
	Cetakan (pasta)	0,30-0,60	0,30-0,60	Damar, asbes Setengah logam
	Paduan sinter	0,20-0,50	0,003-0,10	Logam

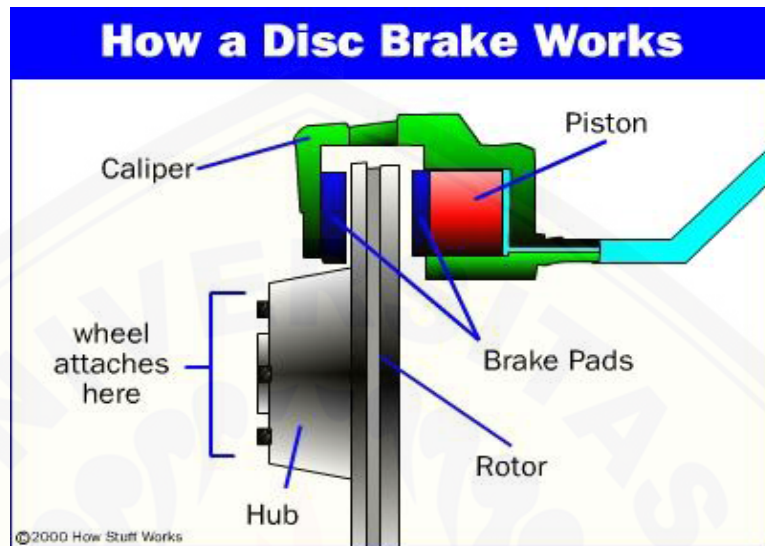
## 2.4 Jenis Rem

Secara umum rem terbagi menjadi dua jenis antara lain rem tromol dan rem cakram, dimana masing-masing rem tersebut memiliki keunggulan dan kelemahannya masing-masing.

### 2.4.1. Rem Cakram

Rem cakram terdiri dari piringan yang dibuat dari logam, piringan logam ini akan dijepit oleh kampas rem (*brake pad*) yang didorong oleh sebuah torak yang ada dalam silinder roda. Untuk menjepit piringan ini diperlukan tenaga yang cukup kuat. Guna untuk memenuhi kebutuhan tenaga ini, pada rem cakram

dilengkapi dengan sistem *hydraulic*, agar dapat menghasilkan tenaga yang cukup kuat. Sistem *hydraulic* terdiri dari master silinder, silinder roda, reservoir untuk tempat oli rem dan komponen penunjang lainnya. (Dedy Dharmawan, 2009 )



Gambar 2.7 Mekanisme Rem Cakram (Holifield, 2009)

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 prinsipnya sama dengan rem tromol yaitu menggunakan bahan friksi pada sepatu rem untuk mengurangi atau menghentikan laju kendaraan. Rem ini bekerja dengan dengan menjepit cakram yang biasanya dihubungkan dengan roda kendaraan serta untuk menjepit cakram digunakan bahan friksi atau kampas rem dalam bentuk sepatu rem yang mekanismenya diatur oleh kaliper rem. Serta untuk menggerakkan atau mengatur mekanisme *caliper* rem menggunakan gaya mekanik, hidrolis, pneumatik atau elektronik yang melawan gaya dari kedua sisi cakram (Dharmawan, 2009).

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* 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. Pada saat motor berjalan dan roda berputar maka disc ikut berputar.

#### 2) *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. *Master cylinder* terdiri atas reservoir tank yang berisi minyak rem dan didalamnya terdapat sistem katub searah yang berfungsi untuk menampung fluida agar bias dipompakan keselang 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* 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.



Gambar 2.8 Kampus rem (Dharmawan, 2009 )

#### 5) Pipa/ Selang Rem

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

#### 6) Minyak Rem

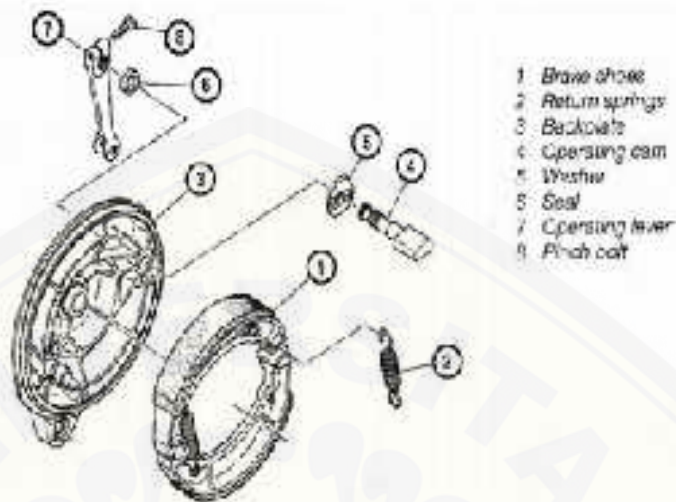
Minyak rem, merupakan fluida yang berfungsi sebagai media penerus gaya pengereman dalam bentuk tekanan hidrolis (*hydraulic pressure*) ke *brake piston* pada kaliper. Mekanisme kerja sistem rem cakram penggerak hidrolis dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

#### 2.4.2 Rem Tromol

Rem tromol terdiri dari sepasang kampus rem yang terletak pada piringan yang tetap (tidak ikut berputar bersama roda), namun drum yang berputar bersama roda. Dalam operasinya setiap kampus rem akan bergerak *radial* menekan drum sehingga terjadi gesekan antara drum dan kampus rem. (Dedy Dharmawan, 2009 )

Rem tromol merupakan sistem rem yang telah menjadi metode pengereman standar yang digunakan sepeda motor kapasitas kecil pada beberapa tahun belakangan ini. Alasannya adalah karena rem tromol sederhana dan murah. Konstruksi rem tromol umumnya terdiri dari komponen-komponen seperti: sepatu rem (brake shoe), tromol (drum), pegas pengembali (return springs), tuas penggerak (lever),udukan rem tromol (backplate), dan cam/nok penggerak. Cara pengoperasian rem tromol pada umumnya secara mekanik yang terdiri dari; pedal

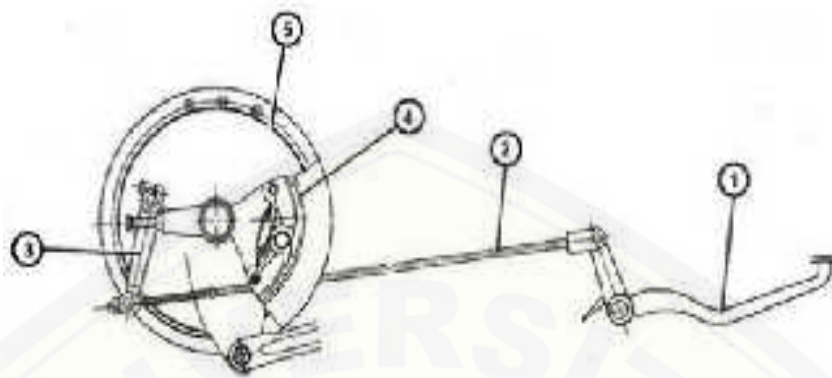
rem (brake pedal) dan batang (rod) penggerak. Konstruksi dan cara kerja rem tromol seperti terlihat pada gambar di bawah ini: ( Pieter W, 2015 )



Gambar 2.10 Kontruksi Rem Tromol ( Pieter W, 2015)

Pada saat kabel atau batang penghubung (tidak ditarik), sepatu rem dan tromol tidak saling kontak. Tromol rem berputar bebas mengikuti putaran roda. Tetapi saat kabel rem atau batang penghubung ditarik, lengan rem atau tuas rem memutar cam/nok pada sepatu rem sehingga sepatu rem menjadi mengembang dan kanvas rem (pirodo)nya bergesekan dengan tromol. Akibatnya putaran tromol dapat ditahan atau dihentikan, dan ini juga berarti menahan atau menghentikan putaran roda. Rem tromol terbuat dari besi tuang dan digabung dengan hub saat rem digunakan sehingga panas gesekan akan timbul dan gaya gesek dari brake lining dikurangi. *Drum brake* mempunyai sepatu rem (dengan lining) yang berputar berlawanan dengan putaran drum (wheel hub) untuk mengerem roda dengan gesekan. Pada sistem ini terjadi gesekan gesekan sepatu rem dengan tromol yang akan memberikan hasil energi panas sehingga bias menghentikan putaran tromol tersebut. Rem jenis tromol disebut “internal expansion lining brake”. Permukaan luar dari hub tersedia dengan sirip-sirip pendingin yang terbuat dari *aluminium-alloy* (paduan aluminium) yang mempunyai daya penyalur panas yang sangat baik. Bagian dalam tromol akan tetap terjaga bebas dari air dan debu kerana tromol mempunyai alur untuk menahan air dan debu yang masuk

dengan cara mengalirkannya lewat alur dan keluar dari lubang aliran (Adiwibowo, 2013).



Gambar 2.11 Cara Kerja Rem Tromol (Pieter W, 2015)

1. *Brake Pedal* (pedal rem)
2. *Operating Rod* (batang penghubung)
3. *Brake Lever* (tuas rem)
4. *Brake Shoe* (sepatu rem),
5. *Drum* (tromol)

## 2.5 Bahan dan Proses Pembuatan Pampas Rem

### 2.5.1 Serbuk Kayu glugu / pohon kelapa

Pohon kelapa (*Cocos nucifera* L.) adalah tanaman perkebunan yang banyak tersebar di wilayah tropis. Produk utamanya adalah kopra, yang berasal dari daging buah yang dikeringkan. Secara keseluruhan, luas perkebunan kelapa di Indonesia mencapai sekitar 3,71 juta hektar pada tahun 1995, dan sekitar 50%-nya perlu peremajaan. Pohon kelapa yang telah ditebang akan menjadi limbah yang merugikan bagi perkebunan tersebut karena akan menjadi sarang bagi perkembangbiakan kumbang badak (*Oryctes rhinoceros*) yang termasuk hama utama perkebunan kelapa di sekitarnya. Namun, karena ketersediaan kayu yang semakin terbatas, batang kelapa mulai banyak dimanfaatkan sebagai pengganti kayu sehingga pembuangan limbah dapat dikurangi (Arancon, 1997).

Kayu kelapa mudah digergaji, apalagi ketika masih segar (basah). Selain itu kayu kelapa tidak rentan terhadap serangan serangga penggerek kayu. Tanpa

pengawetanpun batang kayu kelapa akan tahan cukup lama bila diproteksi dari cuaca. Serbuk gergajian sebagai hasil limbah pemotongan kayu kelapa, oleh masyarakat digunakan sebagai bahan pembuatan kerajinan dan briket, atau kadang hanya ditimbun dan berpotensi menyebabkan pencemaran disekitar wilayah industri pengolahan. Berbeda dengan kayu pada umumnya, batang kelapa memiliki sel pembuluh yang berkelompok (*vascular bundles*) yang menyebar lebih rapat pada bagian tepi dari pada bagian tengah serta pada bagian bawah dan atas batang. Hal itu mengakibatkan kayu gergajian kelapa memiliki kekuatan yang berbeda-beda. Batang kelapa memiliki keawetan yang rendah, mudah diserang organisme perusak kayu seperti jamur dan serangga. Bagian keras batang kelapa yang tidak diawetkan dan dipasang ditempat terbuka langsung berhubungan dengan tanah maksimum dapat bertahan tiga tahun. Sedangkan untuk bagian lunak hanya beberapa bulan saja (Palomar dan Sulc, 1983).

Menurut *Department of Employment, Economic Development and Innovation* (DEEDI) (2004); Arancon, (1997); Gibe, Z.C., (1985), komponen kimia yang terdapat dalam kayu kelapa dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.3 Komposisi Kayu Glugu

No	Komposisi Kimia	Komposisi
1.	Abu nonorganik murni (%)	0,75 (0,25 – 2,4)
2.	Silika (%)	0,07 (0,01 – 0,2)
3.	Lignin (%)	25,1
4.	<i>Holocellulose</i> (%)	66,7
5.	<i>Pentosans</i> (%)	22,9
6.	<i>Starch</i> (%)	4,3 – 4,6 (> 6 months old ; <i>strach reduces with age</i> )
7.	pH	6,2



### 2.5.2 Alumunium

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai logam. Sebagai tambahan terhadap kekuatan mekaniknya yang sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni dan sebagainya secara satu persatu atau bersama-sama. Penambahan unsur tersebut juga memberikan sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus dan koefisien pemuaian rendah.

Saat ini serbuk logam telah diproduksi dalam jumlah besar dan penggunaan untuk pembuatan komponen pun sudah semakin meluas, di mana masing-masing jenis bahan memiliki keunggulan tersendiri, begitu pula serbuk aluminium memiliki karakteristik tersendiri. Serbuk aluminium yang disinter memiliki sifat yang berbeda dengan kebanyakan jenis material yang lainnya. Lapisan oksida akan terbentuk di permukaan serbuk logam aluminium jika kontak dengan udara sehingga produk yang dihasilkan akan mengandung sejumlah oksida aluminium. Oksida aluminium akan mencegah pertumbuhan butir sehingga memberikan kekuatan yang tinggi dan tahan temperatur tinggi. (Imam Setiyanto, 2009).

### 2.5.3 Resin epoxy

*Epoxy* adalah suatu kopolimer, terbentuk dari dua bahan kimia yang berbeda. Ini disebut sebagai “resin” dan “pengeras”. Resin ini terdiri dari monomer atau polimer rantai pendek dengan kelompok *epoxyda* di kedua ujung. Adapun beberapa sifat yang terdapat pada zat *epoxyresin* yaitu:

#### 1. Sifat Fisik

Sebagian besar plastik adalah isolator listrik dan konduktor panas yang buruk. Kecuali bila ditambahkan campuran, misalnya serbuk logam/karbon lain.

#### 2. Sifat Kimia

Secara kimia plastik termasuk inert. Dalam jangka lama, sinar ultraviolet dapat mempengaruhi struktur kimia plastik.

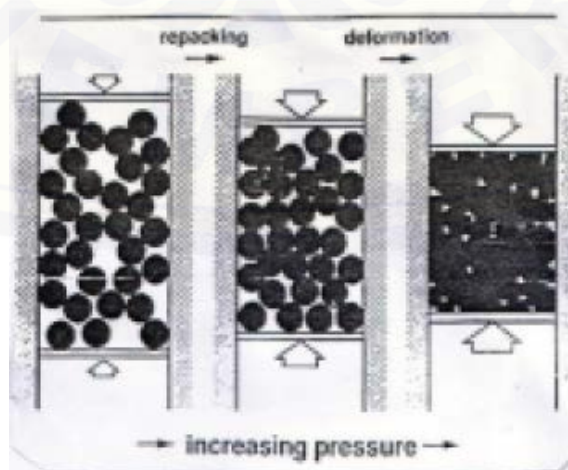
### 3. Sifat Mekanik

Dalam bentuk asli *epoxyresin* keras dan getas. Tetapi dalam penggunaan, plastik hampir selalu mengandung dalam campuran lain untuk menyesuaikan sifat mekaniknya. Sifat mekanik sangat banyak dimodifikasi sifatnya. Baik dari sisi kekuatan, kekenyalan, keuletan, sampai kearah sobekan.

Risiko utama yang terkait dengan penggunaan epoxy adalah sensitisasi ke pengeras, yang, dari waktu ke waktu, dapat menimbulkan reaksi alergi. Ini adalah sumber utama asma, kerja antara penggunaan dari plastik. Bisphenol A, yang digunakan dalam resin epoxy, adalah pengganggu endokrin. (Surya Syahputra , Rahmawaty :2015).

#### 2.5.4 Proses Kompaksi

Proses kompaksi adalah proses pemampatan serbuk sehingga serbuk akan saling merekat dan rongga udara antar partikel akan terdorong keluar. Semakin besar tekanan kompaksi jumlah udara (porositas) diantara partikel akan semakin sedikit, namun porositas tidak mungkin mencapai nilai nol. Hasil kompaksi biasa disebut *green body*. Proses pemampatan adalah suatu proses mesin kompaksi yang memberikan gaya penekanan *uniaksial*. Pemberian tekanan yang sangat besar terhadap material serbuk yang bertujuan untuk mendapatkan specimen benda uji yang di inginkan, proses kompaksi dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

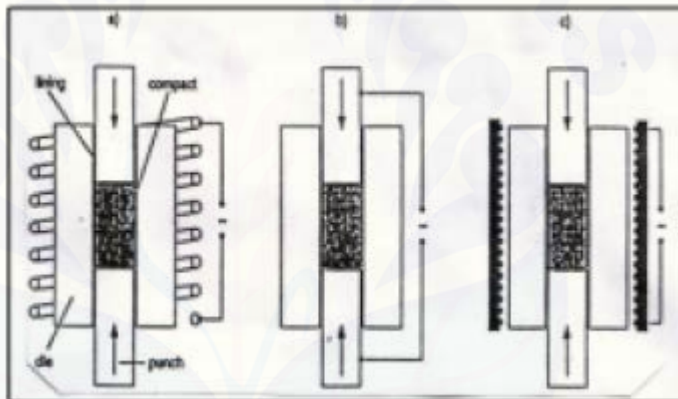


Gambar 2.5 proses kompaksi (Fuad dwi fitrianto ,2012).

Kompaksi dapat dilakukan dengan satu arah sumbu, dua arah sumbu atau dari segala arah. Kompaksi dua arah ini bias jadi dengan arah berlawanan. Kebanyakan proses menggunakan penekanan (*punch*) atas dan bawah. Penekanan bawah sekaligus berfungsi sebagai injector untuk mengeluarkan benda yang dicetak. Permukaan dalam cetakan (*dies*) harus halus untuk mengurangi gesekan. (Fuad dwi fitrianto, 2012). Berdasarkan cara kimpaksi dapat di bagi menjadi dua yaitu :

1. Hot Compaction (kompaksi dengan temperatur)

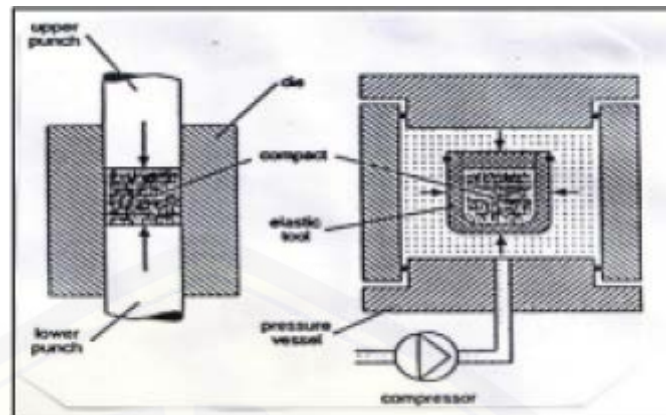
Proses kompaksi pada dies dimana terdapat dua *punch* yaitu *upper punch* dan *lower punch* yang berfungsi menekan campuran homogeny serbuk di dalam *die* dan diberikan temperature tertentu saat komaksi berlangsung.



Gambar 2.6 *Hot compaction* (Fitrianto, 2012)

2. *Cold Compaction* (kompaksi tanpa temperatur)

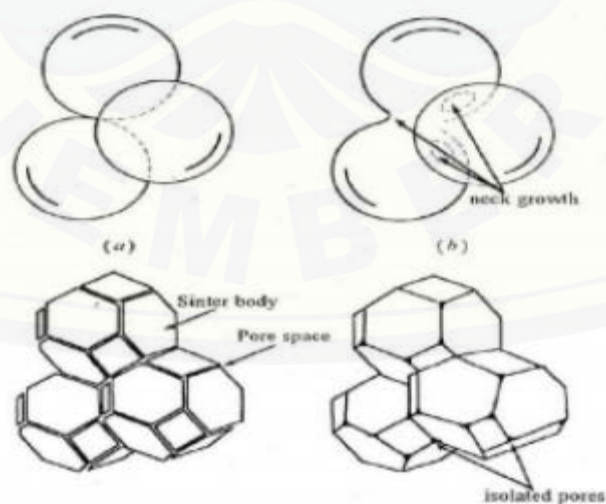
Proses pada kompaksi metode *cold compaction* adalah sama halnya dengan *hot compaction* pada *punch* serta *dies* yang di gunakan, akan tetapi tidak diberikan temperatue pada saat proses kompaksi berlangsung.



Gambar 2.7 *cold compaction* (Fitrianto, 2012)

### 2.2.5 Proses *sintering*

Istilah *sintering* berasal dari Jerman “*sinter*” dalam bahasa Inggris seasal dengan kata “*cinder*” yang berarti bara. *Sintering* merupakan metode pembuatan material dari serbuk dengan pemanasan sehingga terbentuk ikatan partikel. *Sintering* adalah pengikatan bersama antar partikel pada suhu tinggi. *Sintering* dapat terjadi di bawah suhu leleh (*melting point*) dengan melibatkan *transfer automatic* pada kondisi padat. Selama proses *sinter* akan terjadi penggabungan antar partikel, sehingga saling mengikat. Dengan adanya proses *sinter* maka akan terjadi proses penggerak partikel antar serbuk pada bagian permukaan serbuk.



Gambar 2.8 Proses *sintering* (Fitrianto, 2012).

Keterangan :

- a. ikatan partikel akibat proses kompaksi ikatan partikel masih rapuh, ikatan mudah terlepas.
- b. Ikatan partikel setelah disinterring, ikatan antara partikel satu dengan yang lain menjadi satu, ikatan tidak mudah terlepas.

Peralatan yang paling penting dalam proses sinterring adalah dapur *sinter*. Dapur ini harus dapat mengatur temoeratur, waktu pemanasan, kecepatan pemanasan dan lingkungan dalam dapur itu sendiri. Pemilihan dapur *sinter* bergantung pada penggunaannya. Secara umum pemeliharannya tergantung pada daerah kerja, ukuran *green body*, atmosfer atau lingkungan yang di inginkan dan biaya produksinya.

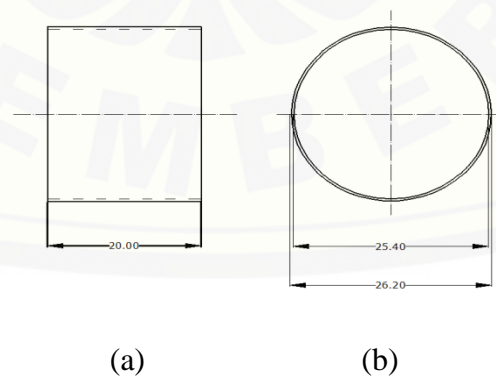
Ada dua tipe dapur *sinter*, yaitu dapur satu (*batch furnace*) dan dapur kontinyu (*continuous furnace*). *Batch furnace* diisi material yang akan disinter lalu temperature diatur sesuai dengan kebutuhan. Sedangkan dapur kontinyu dilengkapi dengan serbuk yang terdiri dari jalinan kawat dimana diletakkan green body. Sabuk ini bergerak menuju daerah pemanasan, kemudian ke daerah pendingin, proses sinter dengan jumlah banyak. *Batch furnace* digunakan pada siklus *sinterring* khusus dengan produksi terbatas. Pemilihan temperature *sinter* untuk terjadinya katan antar partikel akan sangat tergantung dari jenis material itu sendiri. Tidak ada kondisi temperature yang tepat untuk proses *sinter* pada suatu bahan tertentu, akan tetapi ada ketentuan umum mengenai *sinter* padat yang dilakukan di bawah temperature lebur dari bahan tersebut (Fitrianto, 2012).

### BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

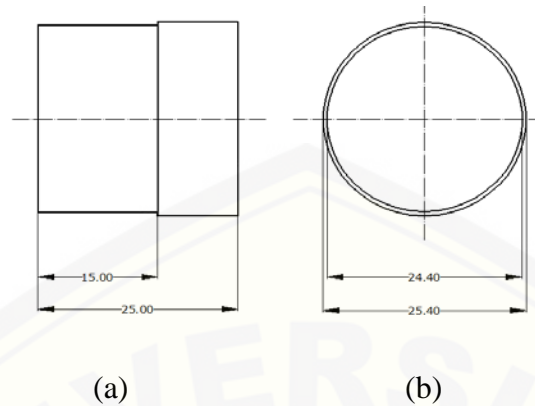
#### 3.1 Alat dan Bahan Penelitian

##### 3.1.1 Alat

1. Mesin Tribometer Tipe Prony Brake
2. Alat pres hidrolik
3. Mikrowave (pemanas) Merk Kirin KBO-90M Oven Elektrik
4. Timbangan digital
5. Ayakan mesh 50
6. Kamera 5 MP
7. Spidol/ pen
8. Gelas ukur
9. Mikrometer
10. Kertas gosok/amplas
11. Sendok
12. Masker
13. Gerinda
14. Cetakan specimen
15. Stopwatch
16. Pressure gauge



Gambar 3.1 Desain penekan (a) tampak samping, (b) tampak atas.(Ahmad Syahroni,2016)



Gambar 3.2 Desain cetakan (a) tampak samping, (b) tampak atas. (Ahmad Syahroni,2016)

### 3.1.2 Bahan

1. Serbuk Arang Kayu Glugu
2. Serbuk Aluminium

Tabel 3.1 Spesifikasi serbuk aluminium

No	Komposisi	Jumlah
1.	Assay (complexometric)	90 %
2.	Heavy Metals (as.Pb)	0.03 %
3.	As (Arsenic)	0.0005 %
4.	Fe (Iron)	1.0 %

3. *Hardener colorchem*
4. *Resin epoxy colorchem*

Tabel 3.2 Spesifikasi resin epoxy

No	Komposisi	Jumlah
1.	Epichlorohydrin	20 %
2.	<u>Bisphenol-A</u>	80 %

## 3.2 Proses Pembuatan Spesimen

### 3.2.1 Persiapan Bahan

Proses pertama yang dilakukan adalah persiapan bahan antara lain serbuk arang kayu, serbuk aluminium, dan cairan resin *epoxy*. Serbuk arang kayu yang merupakan partikel pengisi disaring dengan ayakan mesh 50. Setelah itu dilakukan penimbangan dan pencampuran serbuk arang kayu, aluminium, dan resin dengan variasi volume masing-masing yang mengacu pada tabel 3.1 berikut.

Table 3.3 Variasi Pencampuran Bahan per Spesimen

NAMA	Al (%)	Serbuk Arang Kayu Glugu (%)	Epoxy (%)
Sampel 1	20	45	35
Sampel 2	20	55	25
Sampel 3	20	65	15

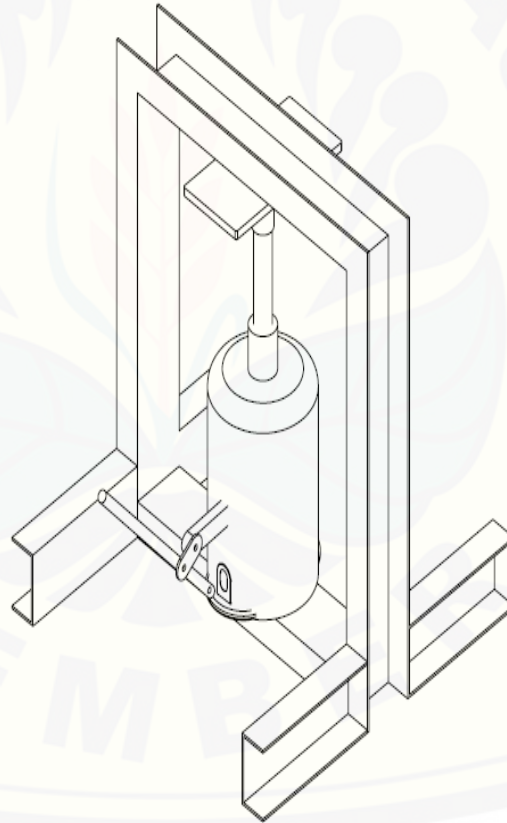
Cetakan pengujian keausan menggunakan bahan yang sama dengan cetakan pengujian kekerasan dengan ukuran diameter 2.5 cm dengan tinggi 1 cm. Satu kali pencetakan menghasilkan 3 spesimen. Akan tetapi dalam pembuatan adonan matriks banyak kerugian yang diakibatkan menempelnya adonan pada pengaduk dan terbangnya partikel aluminium ke udara akibat partikel aluminium yang sangat kecil, sehingga adonan di tambah untuk memnuhi dalam perhitungan teoritis. Dalam pengadukan, serbuk kayu dan aluminium di campur dan diaduk sebanyak 60 kali kemudian ditambahkan resin dan hardener dan diaduk sebanyak 100 kali.

Proses selanjutnya adalah proses memasukkan matriks kedalam spesimen, akan tetapi terlebih dahulu cetakan diberi margarin agar tidak lengket saat pelepasan. Setelah adonan di masukkan ke dalam cetakan semua, adonan di tutup bagian atas dan bawah dan juga penutup digunakan sebagai alat penekan untuk proses selanjutnya.



### 3.2.2 Proses Penekan

Proses kedua adalah proses penekanan, proses ini bertujuan untuk memadatkan adonan menjadi sampel dengan bentuk tertentu sesuai dengan cetakannya . Pada proses penekanan menggunakan metode penekanan dingin yaitu penekanan dengan temperatur kamar. Metode ini dipakai apabila bahan yang digunakan mudah teroksidasi seperti material Al (*Smallman dan Bishop, 2000*). Adonan ditekan menggunakan alat pres kapasitas 3 ton dengan pembebanan 2 ton dengan lama waktu 10 menit seperti pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Desain mesin pres

### 3.3 Pengujian Ketahanan Keausan dan Koefisien Gesek

Proses pengujian laju keausan dan koefisien gesek dilakukan menggunakan alat uji mesin tribometer *pony brake*. Dalam pengujian ini ada dua jenis perlakuan specimen yaitu kering dan basah untuk mengetahui koefisien gesek pada dua kondisi yang berbeda. Terdapat 3 jenis spesimen uji berdasarkan variasi volume serbuk arang, dimana setiap pengujian spesimen dilakukan 3 kali pengulangan, dan setiap pengujian spesimen terdapat 3 kali pengulangan waktu. Berikut langkah pengujian ketahanan aus dari spesimen :

1. Langkah pertama adalah menimbang spesimen uji dengan timbangan digital.
2. Memasang spesimen pada alat uji ( *Pony brake* ).
3. Setelah spesimen uji terpasang mulai jalankan alat uji selama 5 menit kemudian melepas spesimen dan melakukan penimbangan kembali. Lakukan langkah pengulangan waktu pengujian selama 10 menit dan 15 menit dan lakukan timbangan kembali dari setiap pengujian.
4. Melakukan langkah pertama sampai ketiga namun dalam kondisi basah yaitu spesimen uji dibasahi dengan air sebelum dimulai pengujian.

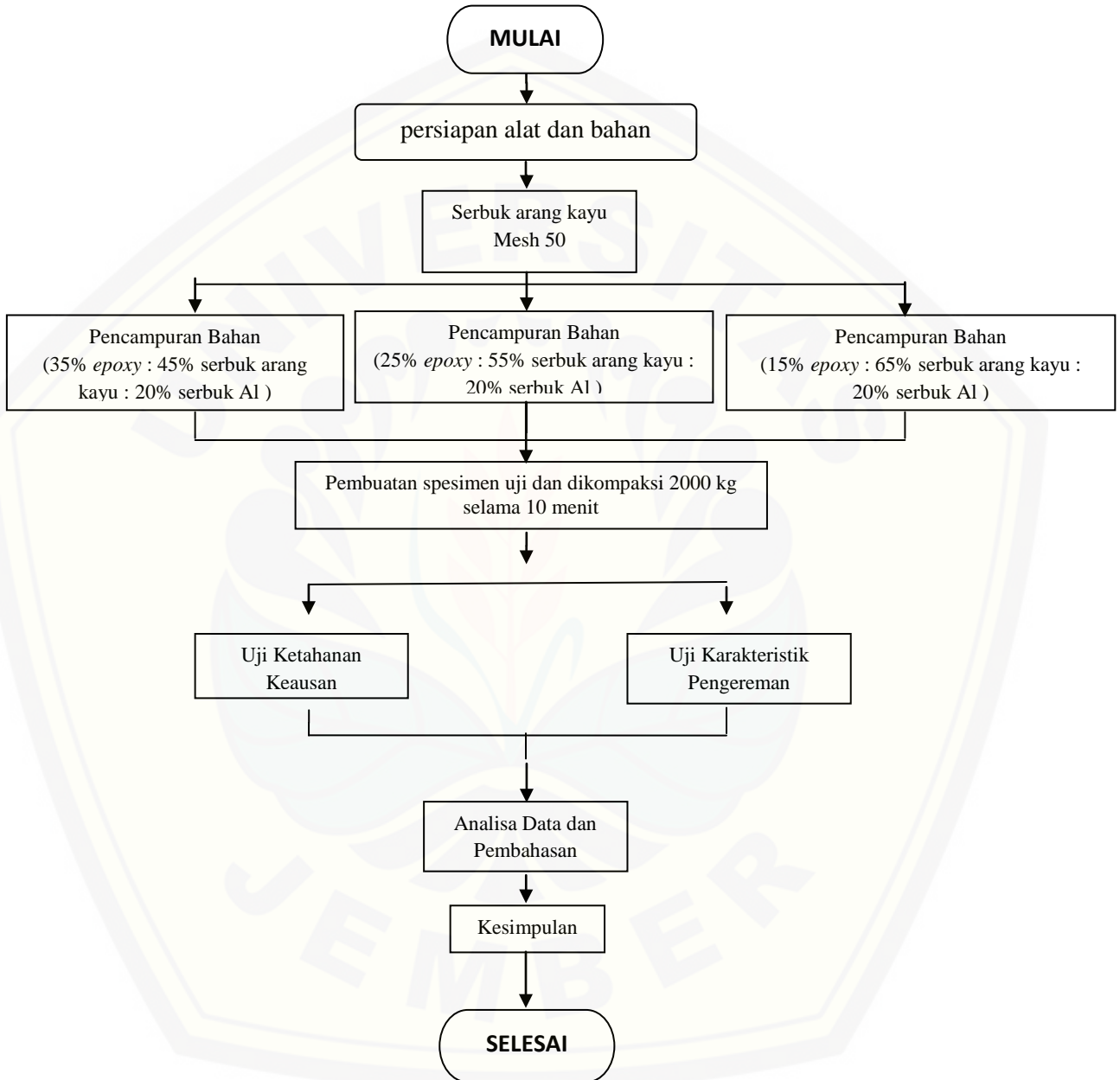


Gambar 3.4 Mesin Prony Brake

Tabel 3.4 Tabel Nilai Pengujian Keausan dan Koefisien Gesek

No	Variasi fraksi volume	Pengulangan Spesimen	Pengulangan waktu	Nilai laju keausan	Nilai koefisien gesek
1	Sampel 1	A1	5 menit		
2		A2	10 menit		
3		A3	15 menit		
Rata – rata					
4	Sampel 2	B1	5 menit		
5		B1	10 menit		
6		B3	15 menit		
Rata – rata					
7	Sampel 3	C1	5 menit		
8		C2	10 menit		
9		C3	15 menit		
Rata – rata					

### 3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.6 Diagram alir



## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai keausan terendah adalah  $1,05 \times 10^{-7}$  gram/detik  $\text{mm}^2$ . Nilai ini dicapai pada variasi fraksi massa 45% arang dengan perlakuan waktu selama 900 detik dan nilai keausan tertinggi terjadi pada fraksi massa 65% dengan waktu selama 900 detik sebesar  $1,46 \times 10^{-7}$  gram/detik  $\text{mm}^2$ . Selain itu, peneliti juga membandingkan nilai keausan kanvas rem serbuk arang dengan kanvas rem asbeston dan diperoleh hasil nilai keausan kanvas rem asbeston selama 900 detik sebesar  $2,20 \times 10^{-7}$  gram/detik. $\text{mm}^2$ . Sehingga dapat disimpulkan nilai keausan kanvas rem yang paling kecil dan paling bagus yaitu fraksi massa 45% arang dengan waktu 900 detik.
2. Nilai koefisien gesek tertinggi adalah 0,1705 dicapai pada variasi fraksi massa 65% arang, sedangkan nilai koefisien gesek terendah adalah 0,166 terjadi pada variasi fraksi volume 45% arang.

### 5.2 Saran

1. Penelitian ini hanya terbatas pada pengujian laju keausan dan koefisien gesek, oleh karena itu perlu adanya penelitian lanjutan pada pengujian kekerasan, struktur mikro, serta perhitungan aktual dan teoritis tentang energi serap pada pengereman.

2. Penelitian ini hanya menggunakan tiga variasi mass serbuk arang kayu glugu, serbuk alumunium dan resin epoksi, perlu adanya penambahan variasi material lain pada penelitian selanjutnya.



**DAFTAR PUSTAKA**

- Fuadd, dkk. 2007. *Pemanfaatan Serbuk Tongkol Jagung Sebagai Alternatif Bahan Friksi Kampas Rem Non-Asbestos Sepeda Motor*. Surakarta.
- Imam Setiyanto, Pramuko, 2009. *Pengaruh Variasi Temperatur Sintering Terhadap Ketahanan Aus Bahan Rem Gesek Sepatu*. Laporan Tugas Akhir Fakultas Teknik Mesin UMS, Agustus 2009, Surakarta.
- Irawan, A.P.2009. *Diktat Elemen Mesin*. Jakarta: Universitas Tarumanagara
- K.M Josyy. 2011. *Pengaruh Variasi Komposisi Bahan Serbuk Bambu, Serbuk Aluminium (Al), Magnesium Oksida (Mgo) Dan Resin Polyester Terhadap Nilai Koefisien Gesek* . Solo
- Lubi. 2001. *Perancangan Kampas Rem Beralur dalam Usaha Meningkatkan Kinerja serta Umur dari Kampas Rem*. Surabaya: Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS Surabaya
- Nugroho,fajar. 2014. *Ketahanan Keausan Kampas rem Beralur*. Surabaya: jurusan teknik Mesin Fakultas Teknik ITS
- Puja, I Gusti Ketut. 2010. *Studi Sifat Impak Ketahanan Aus dan Koefisien Gesek Bahan Komposit Arang Limbah Serbuk Gergaji Kayu Glugu Dengan Matrik Epoxy*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma
- Sadri., 2009, *Definisi Rem*, Diakses 15 April 2015 jam 18:45 dari ([http://www.google.com/Rem-Cakram/Sadri\\_zone.html](http://www.google.com/Rem-Cakram/Sadri_zone.html)).
- Stachowiak, Batchelor. 2001. *Engineering Tribology*. England: Engineering tribology third edition
- Stachowiak, Batchelor. 2014. *Engineering Tribology*. England: Engineering tribology fourth edition
- Sukamto. 2012. *Analisa keausan kampas rem sepeda motor*. Jember: Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember



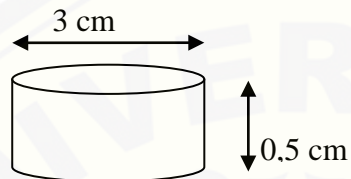
Yanuar, Dita Satyadharma. 2007. *Karakteristik Pengereman Rem Cakram*. Bali: Teknik Mesin Universitas Jember



## LAMPIRAN

## Lampiran A. Contoh perhitungan prosentase pencampuran spesimen

- Spesimen



Contoh perhitungan massa spesimen

Variasi 1 45% serbuk arang kayu glugu, 20% alumunium, 35% resin epoksi.

Massa spesimen = 4 gram  
 = 45% serbuk arang kayu glugu + 20%  
 alumunium + 35% resin epoksi.

Massa serbuk arang = prosentase serbuk arang x massa spesimen  
 = 45% x 4 gr  
 = 1,8 gr

Massa serbuk Al = prosentase serbuk Al x massa spesimen  
 = 20 % x 4 gr  
 = 0,8 gr

Massa serbuk resin = prosentase serbuk resin x massa spesimen  
 = 35% x 4 gr  
 = 1,4 gr

Catatan : Untuk perhitungan variasi lain sama dengan contoh di atas

Variasi	Massa serbuk arang	Massa serbuk Al	Massa resin
45% : 20% : 35%	1,8 gr	0,8 gr	1,4 gr
55% : 20% : 25%	2,2 gr	0,8 gr	1,0 gr
65% : 20% : 15%	2,6 gr	0,8 gr	0,6 gr

### Lampiran B. Perhitungan laju keausan

Data spesimen uji laju keausan dengan waktu pengujian 300 detik

Massa spesimen sebelum dilakukan pengujian (W0)

Variasi 1 : (45% serbuk arang, 20 % Al, 35% resin)

$$A1 = 3,75 \text{ gram}$$

$$A2 = 3,96 \text{ gram}$$

$$A3 = 3,89 \text{ gram}$$

Variasi 2 : (55% serbuk arang, 20 % Al, 25% resin)

$$B1 = 3,97 \text{ gram}$$

$$B2 = 3,71 \text{ gram}$$

$$B3 = 3,95 \text{ gram}$$

Variasi 3 : (65% serbuk arang, 20 % Al, 15% resin)

$$C1 = 3,91 \text{ gram}$$

$$C2 = 3,58 \text{ gram}$$

$$C3 = 3,57 \text{ gram}$$

Massa spesimen setelah dilakukan pengujian (W1)

Variasi 1 : (45% serbuk arang, 20 % Al, 35% resin)

$$A11 = 3,72 \text{ gram}$$

$$A22 = 3,93 \text{ gram}$$

A33 = 3,86 gram

Variasi 2 : (55% serbuk arang, 20 % Al, 25% resin)

B11 = 3,93 gram

B22 = 3,67 gram

B33 = 3,92 gram

Variasi 3 : (65% serbuk arang, 20 % Al, 15% resin)

C11 = 3,85 gram

C22 = 3,52 gram

C33 = 3,51 gram

Data spesimen uji laju keausan dengan waktu pengujian 600 detik

Massa spesimen sebelum dilakukan pengujian (W0)

Variasi 1 : (45% serbuk arang, 20 % Al, 35% resin)

A1 = 3,57 gram

A2 = 3,72 gram

A3 = 3,92 gram

Variasi 2 : (55% serbuk arang, 20 % Al, 25% resin)

B1 = 3,78 gram

B2 = 3,82 gram

B3 = 3,64 gram

Variasi 3 : (65% serbuk arang, 20 % Al, 15% resin)

C1 = 3,67 gram

C2 = 3,42 gram

C3 = 3,86 gram

Massa spesimen setelah dilakukan pengujian (W1)

Variasi 1 : (45% serbuk arang, 20 % Al, 35% resin)

A11 = 3,50 gram

A22 = 3,67 gram

A33 = 3,88 gram

Variasi 2 : (55% serbuk arang, 20 % Al, 25% resin)

B11 = 3,72 gram

B22 = 3,76 gram

B33 = 3,58 gram

Variasi 3 : (65% serbuk arang, 20 % Al, 15% resin)

C11 = 3,59 gram

C22 = 3,34 gram

C33 = 3,79 gram

Data spesimen uji laju keausan dengan waktu pengujian 900 detik

Massa spesimen sebelum dilakukan pengujian (W0)

Variasi 1 : (45% serbuk arang, 20 % Al, 35% resin)

A1 = 3,78 gram

A2 = 3,56 gram

A3 = 3,87 gram

Variasi 2 : (55% serbuk arang, 20 % Al, 25% resin)

B1 = 3,95 gram

B2 = 3,65 gram

B3 = 3,55 gram

Variasi 3 : (65% serbuk arang, 20 % Al, 15% resin)

C1 = 3,94 gram

C2 = 3,41 gram

C3 = 3,67 gram

Massa spesimen setelah dilakukan pengujian (W1)

Variasi 1 : (45% serbuk arang, 20 % Al, 35% resin)

A11 = 3,71 gram

A22 = 3,50 gram

$$A33 = 3,80 \text{ gram}$$

Variasi 2 : (55% serbuk arang, 20 % Al, 25% resin)

$$B11 = 3,86 \text{ gram}$$

$$B22 = 3,57 \text{ gram}$$

$$B33 = 3,47 \text{ gram}$$

Variasi 3 : (65% serbuk arang, 20 % Al, 15% resin)

$$C11 = 3,84 \text{ gram}$$

$$C22 = 3,32 \text{ gram}$$

$$C33 = 3,58 \text{ gram}$$

Contoh perhitungan laju keausan dengan waktu pengujian 300 detik

$$N = \frac{W_0 - W_1}{t \cdot A}$$

Keterangan :

N : Laju keausan (gram/detik. mm<sup>2</sup>)

W<sub>0</sub> : Berat awal (gram)

W<sub>1</sub> : Berat akhir (gram)

t : Waktu pengausan (detik)

A : Luas pengausan (mm<sup>2</sup>)

A = luas penampang specimen

$$= \pi r^2$$

$$= 3,14 \times (15)^2 \text{ mm}$$

$$= 706,5 \text{ mm}^2$$

$$N = \frac{3,75 - 3,72}{300 \times 706,5}$$

$$= 1,41 \times 10^{-7} \text{ gram/detik. mm}^2$$

Catatan : Untuk perhitungan variasi lain sama dengan contoh di atas

Tabel nilai Pengujian Keausan kampas rem dengan waktu 300 detik

Variasi fraksi massa	Nilai Rata-rata Laju Keausan(gram/detik.mm <sup>2</sup> )
45% Arang	1,41 x 10 <sup>-7</sup> gram/detik.mm <sup>2</sup>
55% Arang	1,74 x 10 <sup>-7</sup> gram/detik.mm <sup>2</sup>
65% Arang	2,83 x 10 <sup>-7</sup> gram/detik.mm <sup>2</sup>

Contoh perhitungan laju keausan dengan waktu pengujian 600 detik

$$N = \frac{W_0 - W_1}{t \cdot A}$$

Keterangan :

N : Laju keausan (gram/detik. mm<sup>2</sup>)

W<sub>0</sub> : Berat awal (gram)

W<sub>1</sub> : Berat akhir (gram)

t : Waktu pengausan (detik)

A : Luas pengausan (mm<sup>2</sup>)

A = luas penampang specimen

$$= \pi r^2$$

$$= 3,14 \times (15)^2 \text{ mm}$$

$$= 706,5 \text{ mm}^2$$

$$N = \frac{3,57 - 3,52}{600 \times 706,5}$$

$$= 1,10 \times 10^{-7} \text{ gram/detik. mm}^2$$

Catatan : Untuk perhitungan variasi lain sama dengan contoh di atas

Tabel nilai Pengujian Keausan kanvas rem dengan waktu 600 detik

Variasi fraksi massa	Nilai Rata-rata Laju Keausan(gram/detik.mm <sup>2</sup> )
45% Arang	$1,10 \times 10^{-7}$ gram/detik.mm <sup>2</sup>
55% Arang	$1,41 \times 10^{-7}$ gram/detik.mm <sup>2</sup>
65% Arang	$1,81 \times 10^{-7}$ gram/detik.mm <sup>2</sup>

Contoh perhitungan laju keausan dengan waktu pengujian 300 detik

$$N = \frac{W_0 - W_1}{t \cdot A}$$

Keterangan :

N : Laju keausan (gram/detik. mm<sup>2</sup>)

W<sub>0</sub> : Berat awal (gram)

W<sub>1</sub> : Berat akhir (gram)

t : Waktu pengausan (detik)

A : Luas pengausan (mm<sup>2</sup>)

A = luas penampang specimen

$$= \pi r^2$$

$$= 3,14 \times (15)^2 \text{ mm}$$

$$= 706,5 \text{ mm}^2$$

$$N = \frac{3,78 - 3,71}{900 \times 706,5}$$

$$= 2,20 \times 10^{-7} \text{ gram/detik. mm}^2$$

Catatan : Untuk perhitungan variasi lain sama dengan contoh di atas



Tabel nilai Pengujian Keausan kampas rem dengan waktu 900 detik

Variasi fraksi massa	Nilai Rata-rata Laju Keausan(gram/detik.mm <sup>2</sup> )
45% Arang	$1,05 \times 10^{-7}$ gram/detik.mm <sup>2</sup>
55% Arang	$1,30 \times 10^{-7}$ gram/detik.mm <sup>2</sup>
65% Arang	$1,46 \times 10^{-7}$ gram/detik.mm <sup>2</sup>

Tabel nilai Pengujian Keausan kampas rem asbestos dengan waktu 300 detik, 600 detik dan 900 detik.

Variasi waktu	Nilai Rata-rata Laju Keausan(gram/detik.mm <sup>2</sup> )
300 detik	$3,30 \times 10^{-7}$ gram/detik.mm <sup>2</sup>
600 detik	$2,50 \times 10^{-7}$ gram/detik.mm <sup>2</sup>
900 detik	$2,20 \times 10^{-7}$ gram/detik.mm <sup>2</sup>

### Lampiran C. Perhitungan koefisien gesek

Data uji koefisien gesek

variasi	Data uji		Diameter	
	F <sub>μ</sub> (N)	Pe (N/cm <sup>2</sup> )	D (m)	d (m)
v1	38,22	63,431	0,025	0,025
v2	35,28	59,295	0,025	0,025
v3	33,32	56,538	0,025	0,025
v4	28,42	34,474	0,025	0,025

Dimana V1 = variasi specimen 1

V2 = variasi specimen 2

V3 = variasi specimen 3

V4 = spesimen asbestos

Tabel data hasil perhitungan  $F_p$  (gaya menekan brake pad)

variasi fraksi massa	Pengambilan data		Hasil perhitungan	
	$\mu$ (N)	$P_e$ (N/cm <sup>2</sup> )	$F_p$ (N)	$\mu$
45 %	3,32	56,537	199,717	0,166
55 %	5,28	59,294	209,459	0,168
65 %	8,22	63,431	224,070	0,170
asbestos	8,42	34,437	121,776	0,233

Contoh perhitungan nilai koefisien gesek

$$F_p = p_e \times 0,785 (D^2 + d^2)$$

$$\mu = F_{\mu} / F_p$$

keterangan :

$\mu$  = koefisien gesek

$F_{\mu}$  = gaya pengereman (N)

$F_p$  = gaya menekan brake pad (N)

$$\mu = 56,537 / 199,717$$

$$= 0,166$$

Catatan : Untuk perhitungan variasi lain sama dengan contoh di atas

Lampiran D. Alat dan Bahan



A



B



C



D



E



F



G



H



I



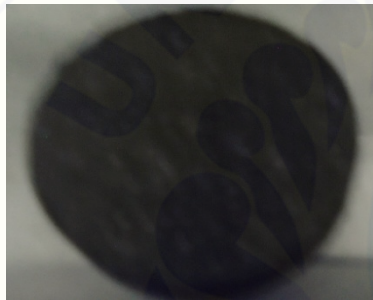
J



K



L



M

Keterangan :

- A : Mesin Prony Brake
- B : Timangan digital dengan ketelitian 0.001
- C : Alat pres
- D : Kampas rem
- E : Ayakan Mesh 50
- F : Cetakan Spesimen
- G : Amplas
- H : Lem Besi
- I : Aluminium Fine Powder
- J : Resin Epoxy Colorchem

- K : Hardener Colorchem
- L : Serbuk Arang Kayu Glugu
- M : Spesimen Uji

