



**PENGARUH SERBUK ARANG KAYU GLUGU DAN SERBUK
ALUMINIUM TERHADAP KARAKTERISTIK KOMPOSIT
HYBRID KAMPAS REM**

SKRIPSI

Oleh

**Moh. Sya'roni
NIM 121910101037**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2016**



**PENGARUH SERBUK ARANG KAYU GLUGU DAN SERBUK
ALUMINIUM TERHADAP KARAKTERISTIK KOMPOSIT
HYBRID KAMPAS REM**

SKRIPSI

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

Oleh

Moh. Sya'roni
NIM 121910101037

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2016**

PERSEMBAHAN

Dengan mengucap puji syukur kepada Allah SWT serta dengan tulus ikhlas dan segala kerendahan hati skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Allah SWT atas segala rizki dan karuniaNya yang telah dilimpahkan, serta kepada junjungan Nabi Muhammad SAW.
2. Keluargaku, Ibunda Umi Rosidah, Ayahanda Saefudin, adik safak, atas semua cinta, kasih sayang, perhatian, doa, pengorbanan, semangat, bantuan, motivasi dan bimbingan.
3. Semua keluarga dari ibu dan semua keluarga dari ayah.
4. Staf pengajar semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan bimbingan kepada saya terutama Bapak Dr. Salahudin Junus, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama, Bapak Dr. Agus Triono, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing anggota, Bapak Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T., selaku dosen penguji I, Bapak Sumarji, S.T., M.T., selaku dosen penguji II, dan Bapak Ir. Digdo Listyadi S M.Sc. selaku dosen pembimbing akademik.
5. Wahyu Sri Pamungkas yang tiada henti memberikan semangat untuk mengerjakan penelitian ini.
6. Almamater tercinta Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

“Jika kamu bersungguh-sungguh, kesungguhan itu untuk kebaikanmu sendiri.”
(*Terjemahan Surat Al- Ankabut ayat 6*)^{*})

Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum hingga mereka
mengubah diri mereka sendiri.
(*terjemahan Surat Ar-Ra'ad ayat 11*)^{**})

Allah mencintai pekerjaan yang apabila bekerja ia menyelesaikannya dengan baik
(*HR. Thabrani*)^{***})

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Moh. Sya'roni

NIM : 121910101037

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “ pengaruh serbuk arang kayu glugu dan serbuk aluminium terhadap karakteristik komposit *hybrid* kanvas rem ” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 20 Agustus 2016

Yang menyatakan,

(Moh. Sya'roni)

NIM 121910101037

SKRIPSI

**PENGARUH SERBUK ARANG KAYU GLUGU DAN SERBUK
ALUMINIUM TERHADAP KARAKTERISTIK KOMPOSIT
HYBRID KAMPAS REM**

Oleh

Moh. Sya'roni
NIM 121910101037

Pembimbing

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh Serbuk Arang Kayu Glugu Dan Serbuk Aluminium Terhadap Karakteristik Komposit *Hybrid* Kampas Rem ” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Selasa, 20 Agustus 2016

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

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

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

Anggota I,

Anggota II,

Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T.
NIP 19850117 2012121001

Sumarji, S.T., M.T.
NIP 19680202 199702 1 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.
NIP. 196612151995032001

RINGKASAN

Pengaruh Serbuk Arang Kayu Glugu dan Serbuk Aluminium Terhadap Karakteristik Komposit Hybrid Kampas Rem; Moh. Sya'roni, 121910101037; 2016: 62 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, dan 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. Pada bahan bahan gesek semi logam, penambahan kandungan logam yang bertujuan meningkatkan koefisien gesek seringkali menyebabkan kerusakan pada tromol kendaraan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh serbuk arang kayu glugu dan serbuk aluminium terhadap karakteristik komposit hybrid kampas rem. Penelitian ini menganalisa variasi fraksi volume serbuk arang kayu glugu dan serbuk aluminium dengan matrik resin epoxy, dengan variasi fraksi volume (40%,50%,60%) serbuk arang kayu glugu, (20%) serbuk Aluminium, (40%, 30%, 20%) resin epoxy. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini meliputi uji kekerasan, uji laju keausan, uji koefisien gesek, uji struktur mikro. Ada beberapa tahap dalam pembuatan spesimen kampas rem, pertama menyiapkan bahan, kemudian bahan di campur secara merata, tahap selanjutnya proses penekanan atau pencetakan spesimen, kemudian beberapa spesimen dilakukan pemanasan sebagai perbandingan antara spesimen dengan perlakuan sintering dan tanpa sintering, selanjutnya proses pengujian spesimen.

Penambahan fraksi volume serbuk arang kayu glugu akan meningkatkan kekerasan kampas rem. Nilai kekerasan tertinggi adalah 62 BHN. Nilai ini dicapai

dengan variasi fraksi volume 60% arang dengan perlakuan tanpa sintering. Sedangkan nilai kekerasan terendah adalah 35 BHN yang terjadi pada variasi fraksi volume 40% arang dengan perlakuan sintering. Sedangkan pada laju keausan kampas rem nilai yang terendah dicapai pada variasi fraksi volume 50% arang dengan perlakuan tanpa sintering sebesar $5,5 \times 10^{-6}$ gram/detik mm^2 dan nilai keausan tertinggi adalah $9,4 \times 10^{-6}$ gram/detik mm^2 yang terjadi pada variasi fraksi volume 60% arang dengan perlakuan sintering. Penambahan fraksi volume serbuk arang juga dapat meningkatkan nilai koefisien gesek. Nilai koefisien gesek tertinggi adalah 1,79 dicapai pada variasi fraksi volume 60% arang dengan perlakuan tanpa sintering. Sedangkan nilai koefisien gesek terendah adalah 0,057 terjadi pada variasi fraksi volume 40% arang dengan perlakuan sintering. Dari hasil pengamatan struktur mikro. Campuran komposisi partikel yang terbaik adalah pada fraksi volume 50% serbuk arang kayu glugu dengan perlakuan tanpa sintering. Pada gambar struktur mikronya campuran komposisi antara serbuk arang, serbuk Al dan epoksi terlihat merata. Sedangkan struktur mikro kampas rem yang kurang baik terjadi pada fraksi volume 40% serbuk arang dengan perlakuan sintering. Pada struktur mikronya terlihat adanya gumpalan warna putih yang menunjukkan serbuk Al tidak tersebar merata. Hal ini disebabkan serbuk Al yang meleleh pada saat proses sintering.

SUMMARY

Influence glugu Wood Charcoal Powder and Powder Characteristics Of Aluminium Composite Hybrid brake lining; Moh. Sya'roni, 121910101037; 2016; 61 page ; Departement of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

Technological developments in the automotive industry include the components of motorcycle with a variety of brands and products. So that competition among manufacturers is getting stronger. In terms of quality, quality, and even the price of the product. brake pad is one of the components in the motor vehicle that serves to slow down or stop the rate of speed vehicles, especially vehicles on the land. In the metallic friction materials, additional of metal content that aim to improve the coefficient of friction often causes damage on the vehicle drum.

This study aims to determine the effect “glugu” wood charcoal powder and the aluminum powder on the characteristics of the hybrid composite brake pad. This study analyze the variations of volume fraction “glugu” wood charcoal powder and powder aluminum with epoxy resin matrix. By variation of the volume fraction (40%, 50%, 60%) “glugu” wood charcoal powder, (20%) Aluminum powder, (40%, 30%, 20%) epoxy resin. The tests performed on the study include hardness test, the wear rate test, friction coefficient test, microstructure test. There are overal step on the brake pad specimen manufacturing, first prepare ingredients, then the material is mixed evenly, the next stage of the process of compressing or molding the specimen, and then some specimens made warming as a comparison between the sintering specimens and non sintering with sintering, then, process of testing the specimen

The addition of charcoal powder volume fraction “glugu” will increase the hardness of brake pad. The highest hardness value is 62 BHN. This value is achieved with a variation of volume fraction of 60% charcoal-treated non

sintering. While the value of the lowest hardness is 35 BHN that occurred in variation volume fraction of 40% charcoal with sintering treatment. While on the brake pad wear rate reached the lowest values in the variation of volume fraction of 50% charcoal-treated without sintering of $5,5 \times 10^{-6}$ gram / sec mm^2 and the value of the highest wear is $9,4 \times 10^{-6}$ gram / sec mm^2 that occur variation of fractions volume 60% charcoal with sintering treatment. The addition of the volume fraction of charcoal powder can also increase the value of the coefficient of friction. The highest value of the friction coefficient is 1.79 is achieved in the variation of volume fraction of 60% charcoal-treated without sintering. While the value of the lowest friction coefficient 0.057 occurs at variation of 40% volume fraction variation charcoal with sintering treatment. From the observation of the microstructure. The best mix particle composition is the volume fraction of 50% charcoal powder glugu with treatment without sintering. In the picture composition microstructure mixture of charcoal powder, Al and epoxy powder looks uneven. While micro structure brake unfavorable occurred on volume fraction of 40% charcoal powder with a sintering treatment. At the microstructure visible of white color lump that indicates Al powder is not distributed evenly. This is due to Al powder that melts during the sintering process

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Pengaruh Serbuk Arang Kayu Glugu Dan Serbuk Aluminium Terhadap Karakteristik Komposit *Hybrid* Kampas Rem”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunia yang tidak pernah henti dalam hidup ini.
2. Ayah Saefudin dan Ibu Umi Rosidah yang telah menjadi orang tua yang sangat baik dalam hal mendidik, mengarahkan, memberi nasehat demi kehidupan penulis yang lebih baik, selalu memberikan kasih sayang, perhatian, materi, dan yang terpenting adalah doa yang selalu beliau haturkan setiap saat untuk penulis dan keluarga.
3. Adikku tersayang Ahmad Musafa Alkirom, yang selalu memberi semangat baik moral, motivasi, serta pelajaran-pelajaran berharga yang lainnya dan do'a untuk keluarga.
4. Teman-teman kos danautoba Ivan Alex, Hakim, Ivan Jhon, Rendi. Yang selalu memberi semangat, dukungan, motivasi dan do'a-do'a yang selalu terucap.
5. Bapak Dr. Salahudin Junus, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, Bapak Dr. Agus Triono, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
6. Bapak Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama dan Bapak Sumarji, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Anggota yang telah banyak sekali

memberikan saran dan berbagai pertimbangan menuju ke arah yang benar dalam penulisan skripsi ini;

7. Bapak Dosen Universitas Jember khususnya Jurusan Teknik Mesin yang telah membimbing penulis selama menjadi mahasiswa;
8. Bapak Nurkoyim Kustanto. S.T., M.T selaku dosen pembimbing tim mobil listrik TITEN UNEJ;
9. Satu tim skripsi kampas rem Ady Purwanto, Khoirul Anam yang telah banyak membantu dan memberi masukan tentang penulisan dan sumber-sumber referensi;
10. Kepada TIM TITEN dan saudaraku yang memberikan banyak pelajaran dan mengajarkan arti kebersamaan;
11. Ketua Angkatan TM 12 Universitas Jember, Rama, yang telah sabar dan mengayomi dulur-dulur di angkatan 2012. Serta seluruh saudara seperjuangan, Yorda, febri, walid, Yongki, Fauzan, Zaed, Abil, Alisa, Yusup, Aji, Klisin, dll. Semoga persaudaraan ini akan tetap terjaga hingga akhir waktu;
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

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

Jember, 08 Agustus 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN	v
PEMBIMBINGAN	vi
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	vii
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xviii

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalahan	3
1.4 Tujuan dan Manfaat	3
1.4.1 Tujuan.....	3
1.4.2 Manfaat	4
1.5 Hipotesa	4

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit	5
2.1.1 Jenis Komposit Ditinjau dari Matrik	5
2.1.2 Jenis Komposit Ditinjau dari Penguat.	7
2.1.3 Aspek Geometri Komposit	9

2.2 Alumunium	10
2.2.1 Klasifikasi Aluminium.....	11
2.2.1.1 Aluminium Murni	11
2.2.1.2 Aluminium Paduan	12
2.2.1.3 Serbuk Aluminium.....	18
2.3 Serbuk Kayu Kelapa	18
2.4 Resin Epoxy	19
2.5 Metalurgi Serbuk	20
2.5.1 Karakteristik Serbuk	22
2.5.2 Pencampuran Serbuk	22
2.5.3 Proses Penekanan.....	23
2.5.4 Pengertian <i>Sintering</i>	24
2.6 Kampas Rem	25
2.6.1 Persyaratan Bahan Kampas rem	26
2.6.2 Mekanisme Kerja Pengereman pada Sepeda Motor	27
2.6.3 Standar Sifat Mekanik Kampas Rem.....	29
2.7 Pengujian	30
2.7.1 Uji kekerasan	30
2.7.2 Uji keausan dan Koefisien Gesek	31
2.7.2.1 Rumus Koefisien Gesek	32
2.7.3 Uji Struktur Mikro	33
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Alat Dan Bahan Penelitian	35
3.1.1 Alat.....	35
3.1.2 Bahan	36
3.2 Proses Pembuatan dan Pengujian Spesimen	37
3.2.1 Pembuatan Spesimen	37
3.2.2 Proses penekanan	38

3.2.3 Proses Pemanasan	39
3.2.4 Pengujian Kekerasan.....	39
3.2.5 Pengujian Keausan dan Koefisien Gesek	40
3.2.5 Pengamatan struktur Mikro	40
3.3 Diagram Alir	41
3.4 Tempat dan Waktu Penelitian	42
BAB 4. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pengujian Kekerasan.....	43
4.2 Pengujian Laju Keausan.....	46
4.3 Pengujian Koefisien Gesek.....	49
4.3 Hasil Pengamatan Struktur Mikro	50
BAB 5. PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tipe serat pada komposit.....	7
Gambar 2.2 Tipe serat pada komposit.....	8
Gambar 2.3 Komposit Partikel.....	8
Gambar 2.4 Mekanisme pencampuran dan pengadukan serbuk.....	23
Gambar 2.5 Jenis-jenis kompaksi.....	24
Gambar 2.6 Rem cakram.....	28
Gambar 2.7 Rem tromol.....	28
Gambar 2.8 Alat Uji Kekerasan <i>Brinnell</i>	31
Gambar 2.9 Mesin <i>Prony Brake</i>	32
Gambar 3.1 Desain Penekan.....	35
Gambar 3.2 Desain Cetakan.....	36
Gambar 3.3 Desain Mesin Pres.....	38
Gambar 3.4 Oven Merk Kirin.....	39
Gambar 3.5 Mesin Prony Brake.....	40
Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Nilai Kekersan	44
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Nilai Keausan.....	47
Gambar 4.3 Diagram Batang Laju Keausan Spesifik.....	50
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Nilai Koefisien Gesek.....	51
Gambar 4.5 Diagram Batang Koefisien Gesek Komposit.....	51
Gambar 4.6 Pengamatan Struktur Mikro spesimen tanpa Sintering.....	53
Gambar 4.7 Foto Struktur Mikro.....	54
Gambar 4.8 Pengamatan Struktur Mikro spesimen tanpa Sintering.....	55
Gambar 4.9 Foto Mikro Kampas Rem.....	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Aluminium Seri 1xxx.....	11
Tabel 2.2 Komposisi Aluminium Seri 2xxx.....	12
Tabel 2.3 Komposisi Aluminium Seri 3xxx.....	13
Tabel 2.4 Komposisi Aluminium Seri 4xxx.....	14
Tabel 2.5 Komposisi Aluminium Seri 7xxx.....	15
Tabel 2.6 Komposisi Aluminium Seri 5xxx.....	16
Tabel 2.7 Komposisi Aluminium Seri 6xxx.....	17
Tabel 2.8 Nilai Berat Jenis untuk Serbuk Alumunium.....	18
Tabel 2.9 Koefisien Gesek dan Tekanan Rem.....	26
Tabel 2.10 Standar Acuan Spesifikasi Teknik Kampas Rem.....	30
Tabel 3.1 Spesifikasi Serbuk Aluminium.....	36
Tabel 3.2 Spesifikasi Resin Epoxy	36
Tabel 3.3 Variasi Pencampuran Bahan Per Spesimen.....	37
Tabel 4.1 Tabel Nilai Kekerasan Tanpa Sintering.....	43
Tabel 4.2 Tabel Nilai Kekerasan dengan Sintering.....	44
Tabel 4.3 Tabel Nilai Kekerasan Kampas Rem Asbestos.....	44
Tabel 4.4 Tabel Nilai Keausan Kampas Rem Tanpa Sintering.....	46
Tabel 4.5 Tabel Nilai Keausan Kampas Rem Dengan Sintering.....	46
Tabel 4.6 Tabel Nilai Keausan Kampas Rem Asbestos.....	47
Tabel 4.7 Tabel Nilai Koefisien Gesek Kampas Rem Tanpa Sintering.....	50
Tabel 4.8 Tabel Nilai Koefisien Gesek Kampas Rem Dengan Sintering.....	50
Tabel 4.9 Tabel Nilai Koefisien Gesek Kampas Rem Asbestos.....	50

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-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 volume serbuk arang kayu glugu pada komposit matrik *epoxy* berpenguat serbuk aluminium. Yang akan dilakukan pengujian kekerasan koefisien gesek, keausan dan morfologi.

1.2 Rumusan Masalah

Dari penjelasan diatas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi fraksi volume serbuk arang kayu glugu pada komposit *hybrid* terhadap nilai kekerasan?
2. Bagaimana pengaruh variasi fraksi volume serbuk kayu glugu pada komposit *hybrid* terhadap nilai keausannya?
3. Bagaimana pengaruh variasi fraksi volume serbuk kayu glugu pada komposit *hybrid* terhadap nilai koefisien gesek?
4. Bagaimana struktur mikro komposit *hybrid* berpenguat serbuk aluminium dan serbuk arang kayu glugu?

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 kampak 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 volume 40%, 50%, 60% serbuk arang kayu glugu terhadap nilai kekerasan komposit *hybrid* kampak rem.
2. Mengetahui pengaruh dari variasi fraksi volume 40%, 50%, 60% serbuk arang kayu glugu terhadap nilai laju keausan komposit *hybrid* kampak rem.

3. Mengetahui pengaruh dari variasi fraksi volume 40%, 50%, 60% serbuk arang kayu glugu terhadap nilai koefisien gesek komposit hybrid kampas rem.
4. Mengetahui pengaruh dari variasi fraksi volume 40%, 50%, 60% serbuk arang kayu glugu terhadap struktur mikro komposit hybrid kampas rem.

1.4.2 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi mengenai karakteristik komposit *hybrid* 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 volume 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 Komposit

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material, dimana sifat mekanik dari material pembentuknya berbeda-beda. Karena karakteristik pembentuknya berbeda-beda, maka akan dihasilkan material baru yaitu komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material-material pembentuknya. Material komposit mempunyai sifat dari material konvensional. Pada umumnya dalam proses pembuatannya melalui pencampuran yang homogen, sehingga kita leluasa merencanakan kekuatan material komposit yang kita inginkan dengan jalan mengatur komposisi dari material pembentuknya. Komposit merupakan sejumlah sistem multi fasa sifat dengan gabungan, yaitu gabungan antara bahan matriks atau pengikat dengan penguat. Matriks adalah bagian komposit yang secara kontinyu melingkupi penguat dan berfungsi mengikat penguat yang satu dengan yang lain serta meneruskan beban yang diterima oleh komposit ke penguat. Sedangkan penguat adalah komponen yang dimasukkan ke dalam matriks yang berfungsi sebagai penerima atau penahan beban utama yang dialami oleh komposit (Mouritz, 2006).

2.1.1 Jenis Komposit Ditinjau dari Matrik

Secara garis besar material komposit dapat ditinjau dari matriknya (Junus, 2011) yaitu :

a. Komposit Matrik Logam

Komposit matrik logam merupakan gabungan dari sekurang-kurangnya dua jenis material, dimana salah satunya adalah logam sebagai material induk (matrik) dan material kedua sebagai pengikat. Biasanya matrik dari logam paduan yang diperkuat dengan serat kontinu, *whisker* (serat-seratnya pendek yang berbentuk kristal tunggal), atau partikel, keramik oksida, karbida dan nitrida karena komposit

ini menggunakan metal sebagai matrik, maka komposit jenis ini memiliki ketahanan yang tinggi terhadap temperatur, tetapi memiliki berat yang tinggi.

b. Komposit Matrik Keramik

Komposit matrik keramik merupakan gabungan material dua fasa dengan satu fasa dimana material dua fasa berfungsi sebagai penguat dan material satu fasa bertindak sebagai matrik. Pada umumnya serat penguatnya dapat berupa serat kontinyu, diskontinyu, ataupun berbentuk partikel yang tersusun dari bahan keramik ataupun grafit. Komposit ini memiliki ketahanan temperatur 16 - 45 °C.

c. Komposit Matrik Polimer

Komposit matriks polimer merupakan komposit yang paling banyak digunakan sebagai pengganti logam, terdiri dari polimer (*epoxy, polyester, urethane*) kemudian diperkuat dengan fiber yang berdiameter kecil (grafit, aramids, boron serta serat alam). Material komposit dengan matriks polimer memiliki rasio berat berbanding kekuatan yang tinggi. Sebagai contoh, komposit epoksi dengan fiber grafit memiliki kekuatan lima kali lebih besar dibandingkan baja dengan berat yang sama serta biaya rendah proses yang tidak rumit. dan material yang memiliki ketahanan temperatur yang tinggi disebut dengan resin termoset (Junus, 2011).

Metode pencampuran yang digunakan pada resin termoset relatif lebih sederhana, resin seperti *Polyester* cukup didiamkan pada temperatur ruang material akan mengeras. Tipe Resin termoset yang sering digunakan dalam industri material komposit adalah Epoksi, *Vinil Ester* dan *Polyester* (Junus, 2011).

Berikut ini adalah tujuan dibentuknya komposit matrik polimer, yaitu sebagai berikut :

- Mempermudah desain yang sulit pada proses manufaktur
- Memperbaiki sifat mekanik dan sifat spesifik tertentu
- Keleluasaan dalam bentuk atau desain yang dapat menghemat biaya secara ekonomis dan menjadikan bahan lebih ringan

Kelebihan Bahan Komposit Matrik Polimer

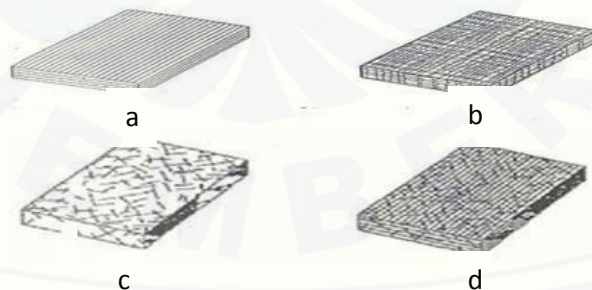
- Kekuatan dan kekakuan bahan polimer tidak mencukupi untuk tujuan struktur, dengan penambahan bahan tertuang dapat memperbaiki sifat-sifat polimer
- Alat dan cara pemrosesan mudah, tidak memerlukan suhu dan tekanan yang tinggi
- Peralatan lebih mudah dan murah.

2.1.2 Jenis Komposit Ditinjau dari Penguat

Jenis material komposit berdasarkan jenis penguatnya dibagi menjadi 3 (Junus, 2011) yaitu:

a. Komposit Serat

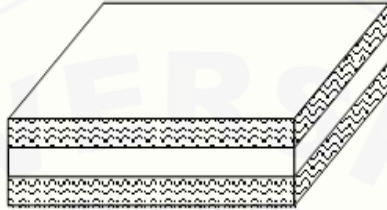
Merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat/*fiber*. Serat yang biasanya digunakan yaitu berupa *glass fibers*, *carbon fibers*, *aramid fibers (poly aramide)*, serat alam dan sebagainya. Serat ini dapat disusun secara acak maupun dengan arah orientasi tertentu bahkan dapat juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman. Bentuk diperlihatkan pada gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Tipe Serat Pada Komposit (a) Serat Komposit Kontinyu, (b) Serat Komposit Anyaman, (c) Serat Komposit Diskontinyu, (d) Serat Komposit *Hybrid* (Junus, 2011)

b. Komposit Laminat

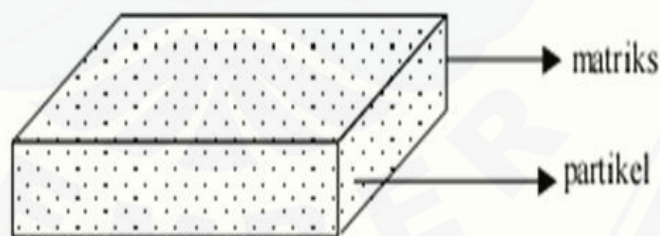
Merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri bentuknya diperlihatkan pada gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Komposit Laminat (Junus, 2011)

c. Komposit Partikel

Merupakan komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya dapat dilihat pada gambar 2.3 bentuk komposit partikel.



Gambar 2.3 Komposit Partikel (Junus, 2011)

d. Komposit *Sandwich*

Komposit *sandwich* adalah salah satu jenis komposit yang termasuk dalam jenis komposit laminat, dengan struktur yang sangat potensial untuk dikembangkan.

Komposit sandwich merupakan komposit yang tersusun dari 3 lapisan yang terdiri dari *flat composite (metal sheet)* sebagai kulit permukaan (*skin*) serta material inti (*core*) dibagian tengahnya (Junus, 2011).

2.1.3 Aspek Geometri Komposit

a. Fraksi Volume

Jumlah kandungan serat dalam komposit, merupakan hal yang menjadi perhatian khusus pada komposit berpenguat serat. Untuk memperoleh komposit berkekuatan tinggi, distribusi serat dengan matrik harus merata pada proses pencampuran agar mengurangi timbulnya *void*. Untuk menghitung fraksi volume, parameter yang harus diketahui adalah berat jenis resin, berat jenis serat, berat komposit dan berat serat. Adapun fraksi volume yang ditentukan dengan persamaan (Harper, 1996) :

$$W_f = \frac{w_f}{w_c} = \frac{\rho_f V_f}{\rho_c V_f} = \frac{\rho_f}{\rho_c} V_f \dots\dots\dots(1)$$

$$V_f = \frac{\rho_c}{\rho_f} W_f = 1 - V_m \dots\dots\dots(2)$$

Jika selama pembuatan komposit diketahui massa *fiber* dan matrik, serta density *fiber* dan matrik, maka fraksi volume dan fraksi massa *fiber* dapat dihitung dengan persamaan (Shackelford, 1992) :

$$V_f = \frac{w_f / \rho_f}{w_f / \rho_f + w_m / \rho_m} \dots\dots\dots(3)$$

dimana :

W_f : fraksi berat serat

w_f : berat serat

w_c : berat komposit

ρ_c : *density* serat

ρ_f : *density* komposit

V_f : fraksi volume serat

V_m : fraksi volume matrik

v_f : volume serat

v_m : volume matrik

2.2 Aluminium

Aluminium merupakan unsur *non ferrous* yang paling banyak terdapat di bumi yang merupakan logam ringan yang mempunyai sifat yang ringan, ketahanan korosi yang baik serta hantaran listrik dan panas yang baik, mudah dibentuk baik melalui proses pembentukan maupun permesinan, dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Di alam, aluminium berupa oksida yang stabil sehingga tidak dapat direduksi dengan cara seperti mereduksi logam lainnya. Pereduksian aluminium hanya dapat dilakukan dengan cara elektrolisis. Sebagai tambahan terhadap kekuatan mekaniknya yang sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dan sebagainya, secara satu persatu atau bersama-sama, memberikan juga sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah dan sebagainya. Paduan aluminium dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu aluminium *wrought alloy* (lembaran) dan aluminium *casting alloy* (batang cor). Aluminium (99,99%) memiliki berat jenis sebesar $2,7 \text{ g/cm}^3$, densitas $2,685 \text{ kg/m}^3$, dan titik leburnya pada suhu 660°C , aluminium memiliki *strength to weight ratio* yang lebih tinggi dari baja. Sifat tahan korosi aluminium diperoleh dari terbentuknya lapisan oksida aluminium dari permukaan aluminium. Lapisan oksida ini melekat kuat dan rapat pada permukaan, serta stabil sehingga melindungi bagian dalam (Davis, 1993).

2.2.1 Klasifikasi Aluminium

2.2.1.1 Aluminium Murni

Menurut George. (1999) aluminium didapat dalam keadaan cair melalui proses elektrolisa, yang umumnya mencapai kemurnian 99,85% berat. Namun, bila dilakukan proses elektrolisa lebih lanjut, maka akan didapatkan aluminium dengan kemurnian 99,99% yaitu dicapai bahan dengan angka sembilannya empat. Ketahanan korosi berubah menurut kemurnian, pada umumnya untuk kemurnian 99,0% atau di atasnya dapat dipergunakan di udara tahan dalam waktu bertahun-tahun. Hantaran listrik Al, kira-kira 65% dari hantaran listrik tembaga, tetapi massa jenisnya kurang lebih sepertiga dari tembaga sehingga memungkinkan untuk memperluas penampangnya. Oleh karena itu, dapat dipergunakan untuk kabel dan dalam berbagai bentuk. Misalnya sebagai lembaran tipis (foil). Dalam hal ini dapat dipergunakan Al dengan kemurnian 99,0%. Untuk reflector yang memerlukan reflektifitas yang tinggi juga untuk kodensor elektrolitik dipergunakan Al dengan angka Sembilan empat. Seperti yang terlihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi Aluminium Seri 1xxx (George, 1999)

Jenis	Si,%	Fe, %	Cu, %	Mn, %	Mg, %	Zn, %	Ti,%	Others, %	Al, % min
1050	0,25	0,4	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03	99,5
1060	0,25	0,35	0,05	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	99,6
1100	0,95 Si + Fe		0,05- 0,2	0,05	-	0,1	-	0,15	99
1145	0,55 Si + Fe		0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03	99,45
1200	1,00 Si + Fe		0,05	0,05	-	0,1	0,05	0,15	99
1230	0,70 Si + Fe		0,1	0,05	0,05	0,1	0,03	0,03	99,3
1350	0,1	0,4	0,05	0,01	-	0,05	-	0,11	99,5

2.2.1.2 Aluminium Paduan

Aluminium paduan dikelompokkan dalam berbagai standard oleh berbagai Negara di dunia. Namun, pengklasifikasian yang paling terkenal dan sempurna adalah standard Aluminium Association (AA) di Amerika yang didasarkan pada standard sebelumnya dari AlCoA (Aluminium Company of America, 1999).

a. Aluminium Copper Alloy (seri 2xxx)

Paduan ini dapat di heat treatment terutama yang mengandung (2,5-5%) Cu. Dari seri ini yang terkenal seri 2017 dikenal dengan nama “duralimin” mengandung 4%Cu, 0,5%Mg, 0,5%Mn pada komposisi standard. Paduan ini Mg ditingkatkan pada komposisi standard dari Al, 4,5%Cu, 1,5%Mg, 0,5%Mn, dinamakan paduan 2024 yang bernama Duralumin Super. Paduan ini banyak digunakan untuk alat-alat yang bekerja pada temperatur tinggi misalnya pada piston dan silinder head motor bakar terlihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Komposisi Aluminium Seri 2xxx (George, 1999)

Z	Si,%	Cu,%	Mn,%	Mg,%	Ni,%	Ti,%	Lainnya,%
2011	0.4 max	5.0-6.0	-	-	-	-	Pb=0.4, Bi=0.4
2014	0.5-1.2	3.9-5.0	0.4-1.2	0.2-0.8	-	0.15 max	-
2017	0.2-0.8	3.5-4.5	0.4-1.0	0.4-0.8	-	0.15 max	-
2018	0.9 max	3.5-4.5	-	0.4-0.9	1.7-2.3	-	-
2024	0.5 max	3.8-4.9	0.3-0.9	1.2-1.8	-	0.15 max	-
2025	0.5-1.2	3.9-5.0	0.4-1.2	-	-	0.15 max	-
2036	0.5 max	2.2-3.0	0.1-0.4	0.3-0.6	-	0.15 max	-
2117	0.8 max	2.2-3.0	0.2-0.5	-	-	-	-
2124	0.2 max	3.8-4.9	0.3-0.9	1.2-1.8	-	0.15 max	-
2218	0.9 max	3.5-4.5	-	1.2-1.8	1.7-2.3	-	-

b. Aluminium Magnese Alloy (seri 3xxx)

Mn adalah unsur yang memperkuat Al tanpa mengurangi ketahanan korosi dan dipakai untuk membuat paduan yang tahan korosi. Dalam diagram fasa, Al-Mn yang ada dalam keseimbangan dengan larutan padat Al adalah Al₆Mn(25,3%). Sebenarnya paduan Al-1,2%Mn dan Al-1,2%Mn-1,0%Mg dinamakan paduan 3003 dan 3004 yang dipergunakan sebagai paduan tanpa perlakuan panas. Paduan dalam seri ini tidak dapat dikeraskan dengan heat treatment yang terlihat pada tabel 2.3

Tabel 2.3 Komposisi Aluminium Seri 3xxx (George, 1999)

Jenis	Cu,%	Mn,%	Mg,%
3003	0.05-0.20	1.0-1.5	-
3004	0.25 max	1.0-1.5	0.8-1.3
3005	0.30 max	1.0-1.5	0.2-0.6

c. Aluminium Silikon Alloy (seri 4xxx)

Paduan Al-Si sangat baik kecairannya, yang mempunyai permukaan yang sangat bagus, tanpa kegetasan panas, dan sangat baik untuk paduan coran. Sebagai tambahan, paduan ini memiliki ketahanan korosi yang baik, sangat ringan, koefisien pemuaian yang sangat kecil, dan sebagai penghantar panas dan listrik yang baik. Karena memiliki kelebihan yang baik, paduan ini sangat banyak dipakai. Tetapi dalam hal ini modifikasi tidak perlu dilakukan. Sifat-sifat silumin sangat diperbaiki oleh perlakuan panas dan sedikit diperbaiki oleh unsur paduan. Umumnya dilakukan paduan dengan 0,15-0,4%Mn dan 0,5%Mg. Paduan yang diberi perlakuan pelarutan dan dituakan dinamakan silumin gamma dan yang hanya ditemper dinamakan silumin beta. Paduan yang memerlukan perlakuan panas ditambah dengan Mg juga Cu serta Ni untuk memberikan kekerasan pada saat panas, bahan ini biasa digunakan untuk torak motor (George. E, 1999) .

Koefisien pemuaian termal Si yang sangat rendah membuat koefisien termal paduannya juga rendah apabila ditambah Si lebih banyak. Telah dikembangkan paduan hypereutektik Al-Si sampai 29% Si untuk memperhalus butir primer Si. Proses penghalusan akan lebih efektif dengan penambahan P oleh paduan Cu-P atau penambahan fosfor klorida (PCl_5) untuk mencapai presentasi 0,001%P, dapat tercapai penghalusan primer dan homogenisasi. Paduan Al-Si banyak dipakai sebagai elektroda untuk pengelasan yaitu terutama mengandung 5%Si. Paduan seri ini non heat treatable. Paduan seri 4032 yang mengandung 12,5%Si mudah ditempa dan memiliki koefisien muai panas sangat rendah digunakan untuk piston yang ditempa seperti yang ditampilkan pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Komposisi Aluminium Seri 4xxx (George, 1999)

Jenis	Si,%	Cu,%	Mg,%	Ni,%	Be,%
4032	11.0-13.5	0.5-1.3	0.8-1.3	0.5-1.3	-
4043	4.5-6.0	0.30 max	0.05 max	-	0,0008
4045	9.0-11.0	0.30 max	0.05 max	-	-
4145	9.3-10.7	3.3-4.7	0.15 max	-	0,0008
4343	6.8-8.2	0.25 max	-	-	-
4643	3.6-4.6	0.10 max	0.1-0.3	-	0,0008

d. Aluminium Zink Alloy (seri 7xxx)

Aluminium menyebabkan keseimbangan biner semu dengan senyawa antar logam $MgZn_2$ dan kelarutannya menurun apabila temperaturnya turun. Telah diketahui sejak lama bahwa paduan sistem ini dapat dibuat keras sekali dengan penuaian setelah perlakuan pelarutan. Tetapi sejak lama, tidak dipakai sebab mempunyai sifat patah getas oleh retakan korosi tegangan. Di Jepang pada permulaan tahun 1940, Iragashi dkk mengadakan studi dan berhasil dalam pengembangan suatu paduan dengan penambahan kira-kira 0,3%Mn atau Cr, dimana butir Kristal padat diperhalus, dan mengubah bentuk presipitasi serta retakan korosi tegangan tidak terjadi. Pada saat itu paduan tersebut dinamakan

ESD, Duralumin, superekstra. Selama perang dunia ke II, di Amerika Serikat dengan maksud yang hampir sama telah dikembangkan pula suatu paduan, yaitu suatu paduan yang terdiri dari Al-5, 5%Zn-2,5%Mn-1,5%Cu-0,3%Cr-0,2%Mn, sekarang dinamakan paduan 7075. Paduan ini mempunyai kekuatan tertinggi diantara paduan-paduan lainnya. Penggunaan paduan ini paling besar adalah untuk konstruksi pesawat udara. Di samping itu penggunaannya menjadi lebih penting sebagai bahan konstruksi. Berikut ini tabel yang menunjukkan paduan aluminium seri 7xxx. (George. E, 1999) .

Tabel 2.5 komposisi Aluminium seri 7xxx (George. E, 1999)

Jenis	Cu,%	Mn,%	Mg,%	Cr,%	Zn,%	Zr,%
7001	1.6-2.6	0.2 max.	2.6-3.4	0.18-0.35	6.8-8.0	-
7005	0.10 max.	0.2-0.7	b 1.0-1.8	0.06-0.20	4.0-5.0	0.08-0.20
7008	0.05 max.	0.05 max.	0.7-1.4	0.12-0.25	4.5-5.5	-
7039	0.10 max.	0.1-0.4	2.3-3.3	0.15-0.25	3.5-4.5	-
7049	1.2-1.9	0.20 max.	2.0-2.9	0.10-0.22	7.2-8.2	-
7050	2.0-2.6	0.10 max.	1.9-2.6	0.04 max.	5.7-6.7	0.08-0.15

e. Aluminium Magnesium Alloy (seri 5xxx)

Dalam paduan biner Al-Mg satu fasa yang ada dalam keseimbangan dengan larutan padat Al adalah larutan padat yang merupakan senyawa antar logam Al_3Mg_2 . Sel satuannya merupakan hexagonal susunan rapat tetapi ada juga yang sel satuannya kubus berpusat muka (FCC) rumit. Titik eutetiknya adalah $450^{\circ}C$, 35%Mg dan batas kelarutan padatnya pada temperature eutektik adalah 17,4% yang menurun

pada temperature biasa sampai kira-kira 1,9%Mg, jadi kemampuan penuaan dapat diharapkan (ASM, 1990). Seperti yang terlihat pada tabel 2.6.

Tabel 2.6 Komposisi Aluminium Seri 5xxx (George. E ,1999)

Jenis	Mn,%	Mg,%	Cr,%	Ti,%	Lainnya,%
5005	0.2 max	0.5-1.1	0.1 max	-	-
5050	0.1 max	1.1-1.8	0.1 max	-	-
5052	0.1 max	2.2-2.8	0.15-0.35	-	-
5056	0.05-0.2	4.5-5.6	0.05-0.20	-	-
5083	0.4-1.0	4.0-4.9	0.05-0.25	0.15 max	-
5086	0.2-0.7	3.5-4.5	0.05-0.25	0.15 max	-
5154	0.1 max	3.1-3.9	0.15-0.35	0.20 max	-
5183	0.5-1.0	4.3-5.2	0.05-0.25	0.15 max	Be=0.0008
5252	0.1 max	2.2-2.8	-	V=0.05	-
5254	0.01 max	3.1-3.9	0.15-0.35	0.05 max	-
5356	0.05-0.2	4.5-5.5	0.05-0.20	0.06-0.20	Be=0.0008
5454	0.5-1.0	2.4-3.0	0.05-0.20	0.20 max	-
5456	0.5-1.0	4.7-5.5	0.05-0.20	0.20 max	-
5457	0.15-0.45	0.8-1.2	-	-	V=0.05
5554	0.5-1.0	2.4-3.0	0.05-0.20	0.05-0.20	Be=0.0008

f. Aluminium Magnesium Silikon Alloy seri (6xxx)

Penambahan sedikit Mg pada Al akan menyebabkan pengerasan, namun apabila secara simultan mengandung Si, maka dapat diperkeras dengan penuaan panas setelah perlakuan pelarutan. Hal ini dikarenakan senyawa M_2Si bersifat

sebagai komponen murni dan membuat keseimbangan dari sistem biner semu dengan Al seperti pada tabel 2.7 berikut.

Tabel 2.7 Komposisi Aluminium Seri 6xxx (George. E, 1999)

Jenis	Si,%	Cu,%	Mn,%	Mg,%	Cr,%	Lainnya,%
6003	0.35-1.0	0.10 max.	0.8 max.	0.8-1.5	0.35 max.	-
6005	0.6-0.9	0.10 max.	0.10 max.	0.4-0.6	0.10 max.	-
6053	*	0.10 max.	-	1.1-1.4	0.15-0.35	-
6061	0.4-0.8	0.15-0.40	0.15 max.	0.8-1.2	0.04-0.35	-
6063	0.2-0.6	0.10 max.	0.10 max.	0.45-0.9	0.10 max.	-
6066	0.9-1.8	0.7-1.2	0.6-1.1	0.8-1.4	0.40 max.	-
6070	1.0-1.7	0.15-0.40	0.4-1.0	0.50-1.2	0.10 max.	-
6101	0.3-0.7	0.10 max.	0.03 max.	0.35-0.8	0.03 max.	B 0.06% max.
6105	0.6-1.0	0.10 max.	0.10 max.	0.45-0.8	0.10 max.	-
6151	0.6-1.2	0.35 max.	0.20 max.	0.45-0.8	0.15-0.35	-
6162	0.4-0.8	0.20 max.	0.10 max.	0.7-1.1	0.10 max.	-
6201	0.5-0.9	0.10 max.	0.03 max.	0.6-0.9	0.03 max.	B 0.06% max.
6253	*	0.10 max.	-	1.0-1.5	0.04-0.35	Zn 1.6-2.4%
6262	0.4-0.8	0.15-0.40	0.15 max.	0.8-1.2	0.04-0.14	Pb and Bi 0.4-0.7% each

2.2.1.3 Serbuk Aluminium

Serbuk aluminium yang umumnya dihasilkan dari proses atomisasi memiliki karakteristik seperti tabel 2.2. Nilai berat jenis di bawah ini merupakan fungsi ukuran partikel.

Tabel 2.8 Nilai Berat Jenis untuk Serbuk Aluminium Hasil Proses Atomisasi (ASM, 1990).

Sifat	Satuan SI	Nilai
<i>Apparent density</i>	g/cm^3	0,8 - 1,3
<i>Tap density</i>	g/cm^3	1,2 - 1,5
Kandungan oksigen	Wt%	0,1 - 1,0

Serbuk aluminium berbentuk padat, serbuk, atau serpihan, berwarna perak hingga abu-abu dan tidak berbau. Masa jenis $2,7 \text{ g/cm}^3$ memiliki titik didih $4220,6^\circ\text{F}$ (2327°C), titik lebur 1220°F (660°C). Aluminium 1050 merupakan aluminium dengan kekerasan 19-57,8 BHN (ASM Specialty Hand Book, 1993).

2.3 Serbuk Kayu Kelapa

Serbuk kayu merupakan limbah dari kayu produksi. Kayu-kayu yang telah memperoleh perlakuan permesinan akan menghasilkan limbah berupa serbuk. Serbuk ini sangat banyak jumlahnya sehingga perlu pengolahan ulang agar lebih bermanfaat. Purwanto dkk, (1994) menyatakan komposisi limbah pada kegiatan pemanenan dan industri pengolahan kayu adalah sebagai berikut :

1. Pada pemanenan kayu, limbah umumnya berbentuk kayu bulat, mencapai 66,16%.

2. Pada industri penggergajian limbah kayu meliputi serbuk gergaji 10,6%. Sebetan 25,9% dan potongan 14,3%, dengan total limbah sebesar 50,8% dari jumlah bahan baku yang digunakan.
3. Limbah pada industri kayu lapis meliputi limbah potongan 5,6%, serbuk gergaji 0,7%, sampah vinir basah 24,8%, sampah vinir kering 12,6% sisa kupasan 11,0% dan potongan tepi kayu lapis 6,3%. Total limbah kayu lapis ini sebesar 61,0% dari jumlah bahan baku yang digunakan.

Data Departemen Kehutanan dan Perkebunan tahun 1999/2000 menunjukkan bahwa produksi kayu lapis Indonesia mencapai 4,61 juta m³ sedangkan kayu gergajian mencapai 2,06 juta m³. Dengan asumsi limbah yang dihasilkan mencapai 61% maka diperkirakan limbah kayu yang dihasilkan mencapai lebih dari 5 juta m³ (BPS, 2000).

Serbuk kayu merupakan limbah produksi sawmill, dihasilkan dari kayu yang telah melalui proses penggergajian, selama ini tidak dimanfaatkan dan terabaikan, serta dianggap tidak memiliki nilai ekonomis (Diharjo dkk, 2007).

2.4 Resin Epoxy

Resin *epoxy* atau secara umum dikenal dengan bahan *epoxy* adalah salah satu dari jenis polimer yang berasal dari kelompok termoset, yang dibentuk melalui proses polimerisasi kondensasi, bahan plastik yang tidak dapat dilunakkan kembali atau dibentuk kembali kekeadaan sebelum mengalami pengeringan. Proses pembuatannya dapat dilakukan pada suhu kamar dengan memperhatikan zat-zat kimia yang digunakan sebagai pengontrol polimerisasi jaringan silang agar didapatkan hasil yang optimum. *Epoxy* termasuk kelompok polimer yang digunakan sebagai bahan pelapis, perekat, dan sebagai matriks pada material komposit di beberapa bagian struktural, kekuatan perekat *epoxy* terdegradasi pada suhu 350° F (177° C). Resin ini dipakai sebagai bahan campuran pembuatan kemasan, bahan

cetakan, dan perekat. Digunakan juga pada banyak aplikasi seperti otomotif, *aerospace*, perkapalan, dan peralatan elektronik yang secara umum memiliki sifat yang baik dalam hal reaksi kimia, konduktivitas termal, konduktivitas listrik, tahan korosi, kekuatan tarik dan kekuatan bending sangat baik (Fred, 1994).

Resin *epoxy* mempunyai sifat-sifat berstruktur *amorf*, tidak bisa meleleh, tidak bisa didaur ulang, atom-atomnya berikatan kuat sekali. Keunggulan yang dimiliki resin *epoxy* ini adalah ketahanannya terhadap panas dan kelembaban, sifat mekanik yang baik, tahan terhadap bahan-bahan kimia, sifat insulator, sifat perekatnya yang baik terhadap berbagai bahan, dan resin ini mudah dalam modifikasi dan pembuatannya (Gamert dkk, 2004). Namun demikian *epoxy* juga mempunyai kelemahan pada sifat sensitif menyerap air dan getas. Kegunaan *epoxy* sebagai bahan matrik dibatasi oleh ketangguhan yang rendah dan cenderung rapuh. Oleh sebab itu saat ini terus dilakukan penelitian untuk meningkatkan ketangguhan bahan matrik atau epoxy (Liu et al, 2004).

2.5 Metalurgi Serbuk

Menurut Jones (1960) bahwa metalurgi serbuk merupakan proses pembuatan benda komersial dengan menggunakan serbuk sebagai material awal sebelum proses pembentukan. Prinsip dalam pembentukan serbuk adalah memadatkan serbuk logam menjadi serbuk yang diinginkan kemudian memanaskannya di bawah temperatur lelehnya. Sehingga partikel-partikel logam memadu karena mekanisme transformasi massa akibat difusi atom antar permukaan partikel. Pemanasan dalam pembuatan serbuk dikenal dengan *sinter* yang menghasilkan ikatan partikel yang halus, sehingga kekuatan dan sifat fisisnya meningkat. Produk hasil dari metalurgi serbuk terdiri dari campuran serbuk berbagai macam logam atau non logam.

Teknik proses pembuatan komposit dengan metalurgi serbuk memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan pada produk yang ingin dihasilkan, antara

lain sebagai berikut: (Ekawati, 2008).

1. Kelebihan

- a. bagian-bagian yang memiliki titik lebur tinggi dan permesinan yang sulit, seperti komponen-komponen *tungsten*, WC (*Cutting tools*).
- b. Kemampuan untuk membuat komponen dengan tingkat kerumitan yang tinggi dan toleransi dimensi yang baik dengan kualitas tinggi.
- c. Material dengan struktur butir yang halus.
- d. *Alloy* dan komposit yang mempersyaratkan susunan partikel-partikel berukuran kecil.
- e. Penggunaan bahan baku yang efisien.
- f. Mengurangi biaya permesinan.
- g. Dapat mengontrol densitas dan porositas sesuai dengan yang diinginkan.
- h. Dapat meminimalkan terjadinya reaksi-reaksi antarmuka yang tidak diinginkan karena preparasi sampel dilakukan pada kondisi temperatur rendah.

2. Kekurangan

- a. Sulit untuk menghasilkan produk secara massal.
- b. Sulit untuk mendapatkan distribusi partikel yang merata pada produk.
- c. Membutuhkan proses dengan tingkat sangat tinggi..
- d. Desain komponen harus dibuat sedemikian serupa sehingga dapat dengan mudah dikeluarkan dari cetakannya.

Berikut adalah beberapa tahapan dalam proses metalurgi serbuk yaitu:

1. Karakterisasi serbuk meliputi ukuran dan distribusi ukuran serbuk, bentuk serbuk, serta komposisi kimia serbuk.
2. pencampuran serbuk.
3. Pemberian beban.
4. Sintering.

2.5.1 Karakterisasi Serbuk

Menurut German, R.M., (1984) bahwa karakteristik serbuk awal dapat mempengaruhi sifat serbuk dari logam yang akan dihasilkan dan juga tingkah laku serbuk logam selama pemrosesan. Karakteristik dasar serbuk tersebut meliputi ukuran serbuk, distribusi ukuran serbuk, bentuk serbuk, berat jenis serbuk, mampu alir, dan mampu tekan. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses metalurgi serbuk sebagai berikut:

- a. Ukuran dan Distribusi Partikel Serbuk.
- b. Bentuk Partikel Serbuk.
- c. Mampu Alir Serbuk.
- d. Mampu Tekan Serbuk.
- e. Berat Jenis Serbuk

2.5.2 Pencampuran Serbuk

Pencampuran partikel serbuk didefinisikan sebagai proses bercampurnya serbuk secara sempurna dengan masing-masing besaran komposisi guna menghasilkan serbuk yang homogen. Ada dua macam pencampuran serbuk yaitu.

a. Pencampuran Basah.

Pencampuran basah merupakan proses pencampuran dimana serbuk *matriks* dan *filler* dicampur terlebih dahulu dengan pelarut polar. Metode ini dipakai apabila material yang digunakan mudah mengalami oksidasi. Tujuan pemberian pelarut polar adalah untuk mempermudah proses pencampuran material yang digunakan untuk melapisi permukaan material supaya tidak terjadi hubungan udara luar sehingga mencegah terjadinya oksidasi pada material yang digunakan.

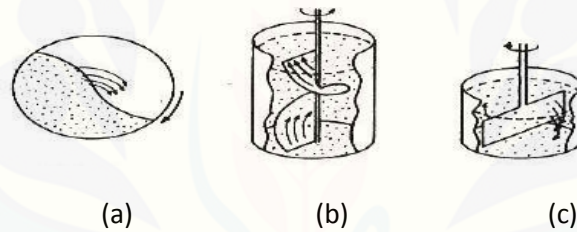
b. Pencampuran kering.

Pencampuran kering merupakan proses pencampuran yang dilakukan tanpa menggunakan pelarut untuk membantu melarutkan dan dilakukan di udara terbuka. Metode ini dipakai apabila material yang digunakan tidak mudah

mengalami oksidasi.

Mekanisme yang terjadi selama proses pencampuran serbuk tergantung dari metode pencampuran yang digunakan, yaitu.

- Difusi : terjadinya pencampuran karena gerak antar partikel serbuk yang dihasilkan oleh perputaran drum
- Konveksi : terjadinya pencampuran karena ulir di dalam kontainer berputar pada porosnya
- Geser : terjadinya pencampuran karena menggunakan suatu media pengaduk



Gambar 2.4 Mekanisme Pencampuran dan Pengadukan Serbuk. (a) Difusi, (b) Konveksi, (c) Geser (German, R.M., 1984).

2.5.3 Proses Penekanan

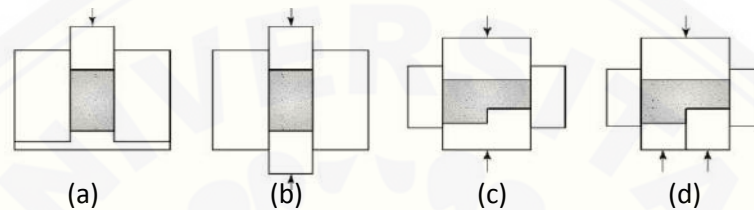
Kompaksi merupakan proses pepadatan serbuk menjadi sampel dengan bentuk tertentu sesuai dengan cetakannya

Ada 2 macam metode kompaksi, yaitu:

- a. Penekanan dingin, yaitu penekanan dengan temperatur kamar. Metode ini dipakai apabila bahan yang digunakan mudah teroksidasi, seperti Al.
- b. Penekanan panas, yaitu penekanan dengan temperatur di atas temperatur kamar. Metode ini dipakai apabila material yang digunakan tidak mudah teroksidasi.

Pada proses kompaksi, gaya gesek yang terjadi antar partikel komposit dengan dinding cetakan akan mengakibatkan kerapatan pada daerah tepi dan bagian tengah

tidak merata. Untuk menghindari terjadinya perbedaan kerapatan, maka pada saat kompaksi digunakan pelumas yang bertujuan untuk mengurangi gesekan antara partikel dengan dinding cetakan. Pada (Gambar 2.5) terlihat berbagai jenis kompaksi. Penekan bawah sekaligus berfungsi sebagai injektor untuk mengeluarkan benda yang telah dicetak.



Gambar 2.5 Jenis-Jenis Kompaksi (a) Penekan Tunggal, (b) Penekan Ganda Dan (c) Penekan Beda Ukuran (d) Penekan Banyak (Smallman dan Bishop, 2000)

Dalam penggunaan bahan pelumas, dipilih bahan pelumas yang tidak reaktif terhadap campuran serbuk. Tekait dengan pemberian lubricant pada proses kompaksi, maka terdapat 2 metode kompaksi, yaitu:

- *Die-wall compressing* → penekanan dengan memberikan pelumas pada dinding cetakan
- *Internal lubricant compressing* → penekanan dengan mencampurkan pelumas pada material yang akan ditekan

2.5.4 Pengertian Sintering

Sintering adalah salah satu tahapan metodologi yang sangat penting dalam ilmu bahan. Selama sintering terdapat dua fenomena utama yaitu pertama adalah penyusutan (*shrinkage*) yaitu proses eliminasi porositas dan yang kedua adalah pertumbuhan butiran. Fenomena yang pertama dominan selama pemadatan belum mencapai kejenuhan, sedang kedua akan dominan setelah pemadatan mencapai kejenuhan. Parameter sintering diantaranya adalah temperatur, waktu penahanan, kecepatan pendinginan, kecepatan pemanasan dan atmosfer. Dari segi cairan,

sintering dapat menjadi dua yaitu sintering fasa padat dan sintering fasa cair. Sintering dengan fasa padat adalah sintering yang dilaksanakan pada suatu temperatur yang telah ditentukan, dimana dalam bahan semuanya tetap dalam fasa padat. Proses penghilangan porositas dilakukan melalui transport massa. Jika dua partikel digabung dan dipanaskan pada suhu tertentu, dua partikel ini akan berikatan bersama-sama dan akan membentuk *neck*. Pertumbuhan disebabkan oleh transport yang meliputi evaporasi, kondensasi, difusi. Setelah dilakukan proses sintering terhadap sampel yang sebelumnya telah dilakukan proses kompaksi maka ikatan antar serbuk akan semakin kuat. Meningkatnya ikatan setelah proses sintering ini disebabkan timbulnya *liquid bridge* sehingga porositas berkurang dan bahan menjadi lebih kompak. Dalam hal ini ukuran serbuk juga berpengaruh terhadap kompaktibilitas bahan, semakin kecil ukuran serbuk maka porositas kecil dan luas kontak permukaan antar butir semakin luas (Ekawati, 2008).

2.6 Kampas Rem

Kampas rem merupakan komponen berfungsi memperlambat dan menghentikan putaran poros, mengendalikan poros dan untuk keselamatan pengemudi sendiri. Kampas rem yang terlalu keras menyebabkan umur drum atau cakram menjadi pendek, sedangkan jika terlalu lunak maka umur kampas rem akan pendek. Temperatur kampas rem akan naik akibat gesekan yang terjadi selama pengereman. Waktu pengereman menentukan temperatur yang timbul pada kampas rem. (Susilo Adi Widyanto, 2008).

Komposisi struktur bahan kampas rem ada dua macam yaitu asbestos dan non asbestos. Keduanya memiliki perbedaan dalam ketahanan terhadap suhu yang terjadi dimana kampas rem masih mampu bekerja. Kampas rem asbestos akan terjadi blong atau tidak bekerja pada suhu pengereman 200°C yang berakibat tingkat kecelakaan akan mudah terjadi. Sedangkan untuk kampas rem yang terbuat dari non asbestos lebih tahan panas dan terjadi rem blong pada saat suhu pengereman di atas 350°C hal

ini karena serat selulosa dan serat lainnya dapat meredam panas lebih baik dibandingkan serat asbes (Wawan Kartiwa Haroen dan Arief Tri Waskito, 2013).

Kampas rem akan semakin keras seiring waktu akibat adanya gesekan dan penekanan. Hal ini disebabkan karena benda uji mengalami perubahan temperatur akibat dari gesekan disertai penekanan antara kampas rem dengan tromol yang menimbulkan panas diikuti pendinginan oleh udara. Akibat dari itu panas tersebut yang akan merubah susunan partikel menjadi lebih padat (Ahmad Multazam, dkk, 2012).

2.6.1 Persyaratan Bahan Kampas Rem

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/mm²) untuk bahan-bahan yang bersangkutan diperlihatkan dalam tabel dibawah ini (Sadri, 2009).

Tabel 2.9 Koefisien Gesek dan Tekanan Rem (Sadri, 2009)

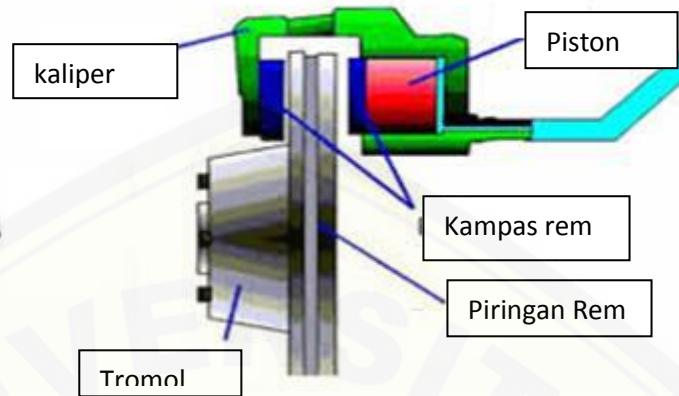
Bahan drum	Bahan gesek	Koefisien gesek (μ)	Tekanan permukaan Pa (Kg/mm ²)	Keterangan
Besi cor, Baja cor, Besi cor khusus	Besi cor	0,10-0,20	0,09-0,17	Kering
		0,08-0,12		Dilumasi
	Perunggu	0,10-0,20	0,05-0,08	Kering-dilumasi
	Kayu	0,10-0,35	0,02-0,03	Dilumasi
	Tenunan	0,35-0,60	0,007-0,07	Kapas, asbes
	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

2.6.2 Mekanisme Kerja Pengereman Pada Sepeda Motor

Menghentikan laju suatu kendaraan dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain dengan menggunakan alat pengereman seperti rem cakram maupun rem tromol, tetapi ada cara lain yang dapat digunakan untuk menghentikan laju kendaraan yaitu dengan menggunakan bantuan engine brake. Prinsipnya dengan menurunkan gigi persneling pada gigi yang lebih rendah akan memberikan efek pengereman, meskipun tidak sekuat jika dilakukan dengan rem. Biasanya engine brake digunakan untuk membantu meringankan kerja dari rem. Alat pengereman dari suatu kendaraan dibedakan menjadi dua jenis yaitu tipe drum dan tipe piringan/cakram (Sadri, 2009).

a. Rem Cakram

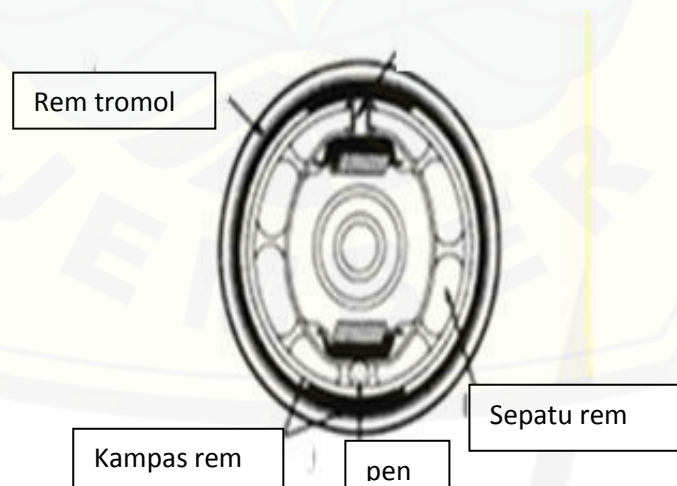
Rem cakram terdiri dari piringan yang dibuat dari logam, piringan logam ini akan dijepit oleh kanvas rem cakram (brake pad) yang didorong oleh sebuah torak yang ada dalam silinder roda. Untuk menjepit piringan ini diperlukan tenaga yang cukup kuat. Guna untuk memenuhi kebutuhan tenaga ini, pada rem cakram 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. Pada kendaraan roda dua, ketika handel rem ditarik, bubungan yang terdapat pada handel rem akan menekan torak yang terdapat dalam master silinder. Torak ini akan mendorong oli rem ke arah saluran oli, yang selanjutnya masuk ke dalam ruangan silinder roda. Pada bagian torak sebelah luar dipasang kanvas atau brake pad, brake pad ini akan menjepit piringan metal dengan memanfaatkan gaya/tekanan torak ke arah luar yang diakibatkan oleh tekanan oli rem tadi.



Gambar 2.6 Rem Cakram (Sadri, 2009).

b. Rem Tromol

Tipe drum, rem ini terdiri dari sepasang kampas rem yang terletak pada piringan yang tetap (tidak ikut berputar bersama roda), dan drum yang berputar bersama roda. Dalam operasinya setiap kampas rem akan bergerak radial menekan drum sehingga terjadi gesekan antara drum dan kampas rem (Sadri, 2009).



Gambar 2.7 Rem tromol (Sadri, 2009)

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

Rem drum mempunyai kelemahan kalau terendam air, tidak dapat berfungsi dengan baik karena koefisien gesek berkurang secara nyata/banyak. Oleh karena itu mulai ditinggalkan dalam dunia otomotif dan digantikan dengan rem cakram.

2.6.3 Standar Sifat Mekanik Kampas Rem

Masing-masing tipe sepeda motor memiliki bentuk serta kualitas bahan kampas rem khusus. Secara umum bagian-bagian kampas rem terdiri dari daging kampas (bahan friksi),udukan 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 2.10 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	5×10^{-4} - 5×10^{-3} mm ² /kg
4	Koefisien gesek	0,14 – 0,27
5	Massa jenis	1,5 – 2,4 gr/cm ³
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 ²
9	Kekuatan perpatahan	480 – 1500 N/cm ²

2.7 Pengujian

Pengujian pada suatu material sangatlah dibutuhkan untuk mengetahui hasil dari penelitian kita. Pengujian disini ada bermacam-macam, diantaranya:

2.7.1 Uji Kekerasan.

Metode uji kekerasn yang diajukan oleh J.A Brinell pada tahun 1900 ini merupakan uji kekerasan lekukan yang pertama kali banyak digunakan serta disusun pembakuanya (dieter, 1987). Uji kekerasan ini berupa pembentukan lekukan pada permukaan logam memakai bola baja yang dikeraskan kemudian ditekan dengan beban tertentu. Beban diterapkan pada wktu tertentu, biasanya 30 detik, dan diameter lekukan diukur dengan mikroskop, setelah beban dihilangkan. Permukaan harus relatif halus, rata, bersih dari debu atau kerak (Dieter, 1987). Alat uji yang digunakan untuk memperoleh nilai kekerasan (BHN) adalah Leeb Hardness Tester TH120 seperti pada gambar 2.6. Dalam pengujian kekearasan *brinnell* standar yang digunakan mengacu pada ASTM E 10 – 01.



Gambar 2.8 Alat Uji Kekerasan *Brinell* (Dieter, 1987)

2.7.2 Uji Keausan dan Koefisien Gesek dengan Metode *Prony Brake*

Prony brake merupakan salah satu alat uji torsi dan daya. Prinsip kerja *prony brake* adalah dengan melawan torsi yang dihasilkan dengan suatu gaya pengereman. Besarnya gaya pengereman diukur dengan menambahkan suatu lengan ayun, kemudian gaya pada ujung lengan ayun diukur dengan timbangan. Besarnya torsi didapat dari mengalikan gaya pengereman dengan panjang lengan ayun. Serta besarnya koefisien gesek dapat ditentukan dengan gaya pengereman dengan faktor pembagi tekanan yang bekerja pada kampas rem. Besarnya torsi motor sama dengan besarnya gaya pengereman dikalikan dengan panjang lengan ayun. Kampas rem berfungsi sebagai bahan friksi yang menyerap energi kinetik maupun energi potensial dari bagian yang bergerak. *Prony brake* merupakan salah satu alat uji daya pengereman dimana prinsip kerjanya sama dengan pengereman pada rem cakram sepeda motor. Pada *Prony brake* ini menggunakan motor penggerak berupa motor listrik bertenaga 1 HP. Putaran motor ditransmisikan dengan menggunakan gear dan rantai untuk menggerakkan cakram. Pada komponen pengeremannya menggunakan komponen dari motor Yamaha Jupiter Z. Pada rumah kampas rem diberi tambahan lengan yang panjangnya 35 mm yang bertujuan untuk meneruskan gaya, kemudian gaya pada lengan ayun tersebut diukur dengan timbangan. Timbangan yang digunakan adalah timbangan digital merk Fortuno.

Prinsip kerja *Prony brake* adalah dengan melawan torsi yang dihasilkan dengan suatu gaya pengereman. Besarnya gaya berat diukur dengan menambahkan suatu lengan ayun, kemudian gaya pada ujung lengan ayun diukur dengan timbangan (massa). Besarnya torsi didapat dari mengalikan gaya berat dengan panjang lengan ayun. Putaran motor didapat dengan menggunakan *tachometer* digital yang ditembakkan ke putaran piringan. Daya pengereman didapat dengan mengalikan putaran motor dengan torsi yang telah didapat. Serta besarnya koefisien gesek kampas rem didapat dengan membagi antara gaya pengereman dengan tekanan yang bekerja pada kampas rem. Pengujian keausan menggunakan standart ASTM G 99-04.



Gambar 2.9 Mesin *Prony Brake* (Jossy, 2011).

2.7.2.1 Rumus Koefisien Gesek

Torsi atau usaha adalah hasil kali antara gaya berat yang dihasilkan pada timbangan dikalikan dengan jarak antara titik tekan timbangan dengan poros benda yang bergerak (panjang lengan). Dengan catatan bahwa lengan ayun tidak ikut berputar. Dari pernyataan berikut maka didapat rumus (Jossy, 2011).

$$T = w \times L = F_{\mu} \times R \dots\dots\dots (1)$$

$$T = w \times L \dots\dots\dots (2)$$

$$w = m \times g \dots\dots\dots (3)$$

$$P = 2\pi n \times T \dots\dots\dots (4)$$

$$F_{\mu} = \mu \times F_p \dots\dots\dots (5)$$

$$F_p = p_e \times 0,785 (D^2 + d^2) \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :

P = Daya pengereman (W)

T = Torsi (Nm)

R = Jari-jari bidang pengereman (m)

F_{μ} = Gaya pengereman (N)

μ = 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/s²)

D = Diameter Piston Besar (m)

d = Diameter Piston Kecil (m)

2.7.3 Uji Struktur Mikro

Pengujian tersebut bertujuan untuk mengetahui struktur mikro kampas rem serta sifat – sifatnya. Selain itu juga untuk mengetahui pengaruh sintering dan

kompaksi pada saat proses pembuatan kampas rem terhadap perubahan struktur mikro dan perubahan sifat material kampas rem serta membandingkannya dengan sifat mekanik yang diinginkan.

Struktur mikro dapat diubah dengan jalan memberikan proses sintering dan proses penekanan saat pencetakan pada kampas rem, selain itu, proses deformasi juga dapat mengubah struktur mikro dari kampas rem. Dalam pemeriksaan metalografi ini spesimen kampas rem yang akan diuji dilakukan proses pengereman terlebih dahulu, kemudian dilakukan pemeriksaan struktur mikro pada beberapa sample. Sehingga pada saat pemeriksaa struktur mikro akan terlihat material yang memberikan kontak terhadap piringan rem. Pada pengujian ini, uji struktur mikro menggunakan mikroskop seperti pada Gambar 2.10.



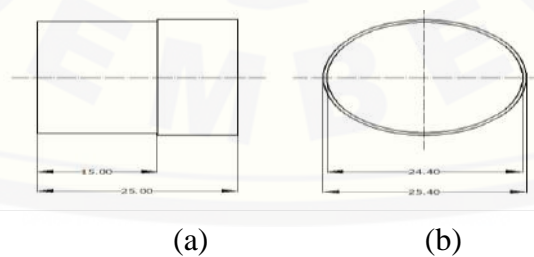
Gambar 2.10 *Zoom Stereo Microscope* (Fuad, dkk. 2007)

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

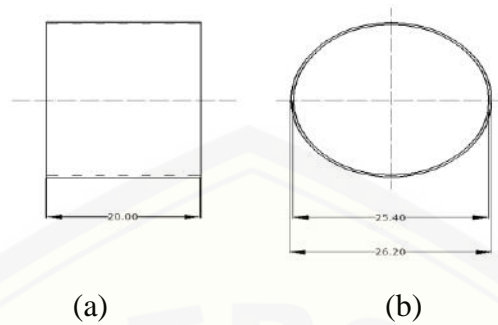
3.1 Alat dan Bahan Penelitian

3.1.1 Alat

1. Mesin Tribometer Tipe Prony Brake
2. Mikroskop Olympus U-MSSP4
3. Alat pres hidrolik
4. Mikrowave (pemanas) Merk Kirin KBO-90M Oven Elektrik
5. Timbangan digital
6. Ayakan mesh 50
7. Kamera 5 MP
8. Spidol/ pen
9. Gelas ukur
10. Mikrometer
11. Kertas gosok/amplas
12. Sendok
13. Masker
14. Gerinda
15. Cetakan spesimen



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



Gambar 3.2 Desain cetakan (a) Tampak Samping, (b) Tampak Atas.

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.	Bisphenol-A	80 %

3.2 Proses Pembuatan dan Pengujian Spesimen

3.2.1 Pembuatan Spesimen

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	60	20
Sampel 2	20	50	30
Sampel 3	20	40	40

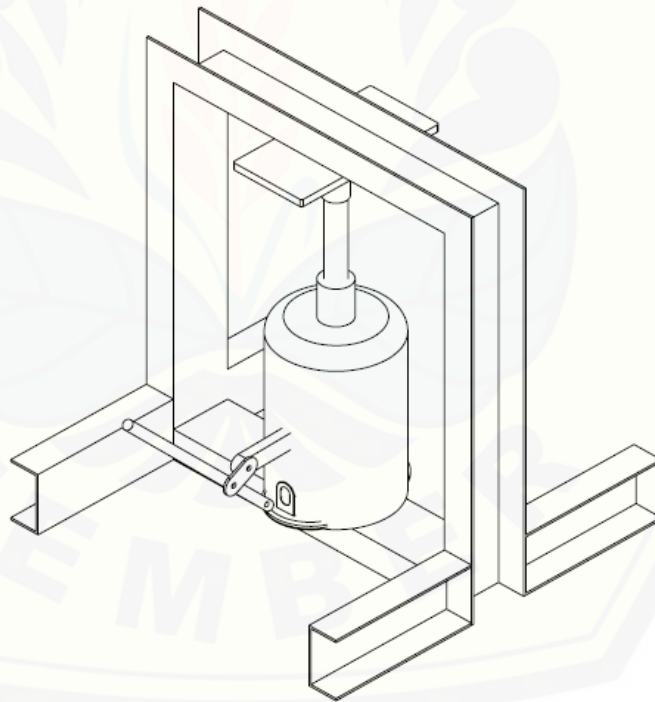
Untuk cetakan pengujian keausan menggunakan bahan yang sama dengan cetakan pengujian kekerasan dengan ukuran diameter 2.5 cm dengan tinggi 1 cm. dengan satu kali pencetakan menghasilkan 3 spesimen.. Akan tetapi dalam pembuatan adonan matriks, banyak rugi-rugi yang diakibatkan menempelnya adonan pada 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, lalu 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 cetaknya . 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 dengan tekanan 400 bar dengan lama waktu 10 menit. Alat tekan seperti pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Desain Mesin Pres

3.4.3 Proses Pemanasan

Proses ketiga adalah proses pemanasan, pada proses ini ada spesimen yang dipanaskan dan tidak dipanaskan. proses ini dilakukan dibawah titik leleh material (*Smallman dan Bishop, 2000*). Pada proses pemanasan menggunakan Oven merk Kirin KBO-90M, dengan suhu pemanasan 100 °C selama 30 menit.



Gambar 3.4 Oven merk Kirin KBO-90M

3.2.3 Pengujian kekerasan

Proses pengujian kekerasan dilakukan menggunakan alat Leeb Hardness Tester TH120. Alat pengujian Leeb Hardness Tester TH120 sudah otomatis mengeluarkan angka kekerasan setiap bahan, untuk proses persiapan alat pengujian di seting pada nilai Brinell Hardness, setelah itu dilakukan pengujian dengan menginjakkan indentor pada spesimen, dan angka kekerasan langsung muncul pada layar alat pengujian kekerasan Leeb Hardness Tester TH120. percobaan uji kekerasan mengacu pada ASTM E 10 – 01.

3.2.4 Pengujian Keausan dan Koeffisien Gesek

Proses pengujian keausan dilakukan pertama menimbang komposit untuk mengetahui massa awal. Menyiapkan pencekam khusus untuk komposit. Benda dicekam dengan alat pencekam tersebut, dan di kencangkan agar material tidak lepas di saat pengujian, dan kemudian dilakukan pengujian dengan menggunakan alat ukur *prony brake*. Dari alat uji ini juga mendapatkan nilai koefisien geseknya. Dengan standart ASTM G 99-04. Alat uji yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.4



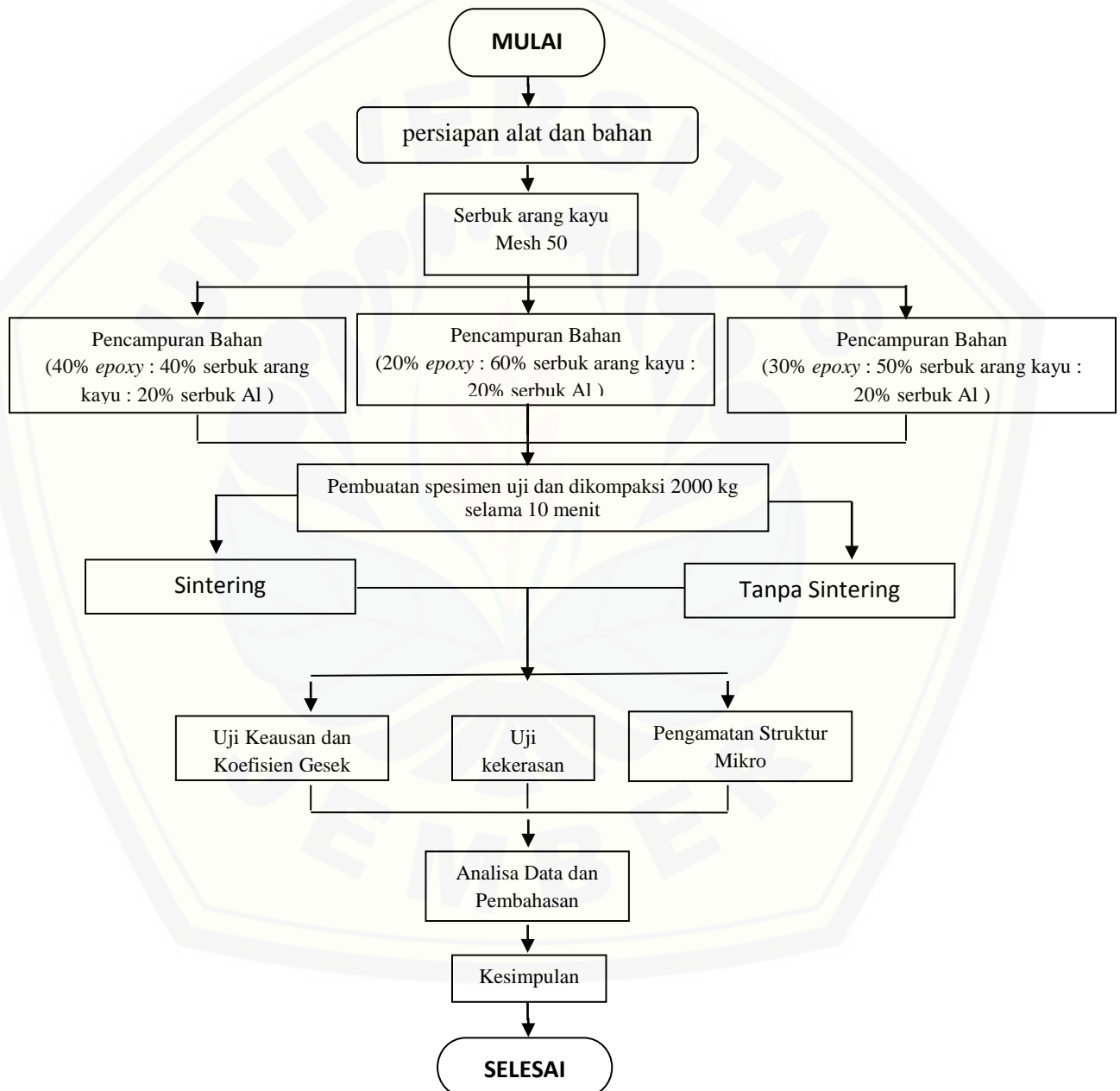
Gambar 3.5 Mesin Prony Brake

3.2.5 Pengamatan Struktur Mikro

pengujian mikro dengan acuan ASTM E 3 – 95 menggunakan Mikroskop Olympus U-MSSP4. Permukaan kanvas rem diuji menggunakan mikroskop USB untuk mengetahui struktur mikronya. Pengujian ini dilakukan agar prosentase bahan yang mengalami gesekan dengan disk brake dapat diketahui. Pengujian ini Juga bertujuan untuk mengetahui kehomogenan campuran bahan yang digunakan dalam pembuatan kanvas rem.

3.3 Diagram Alir Penelitian

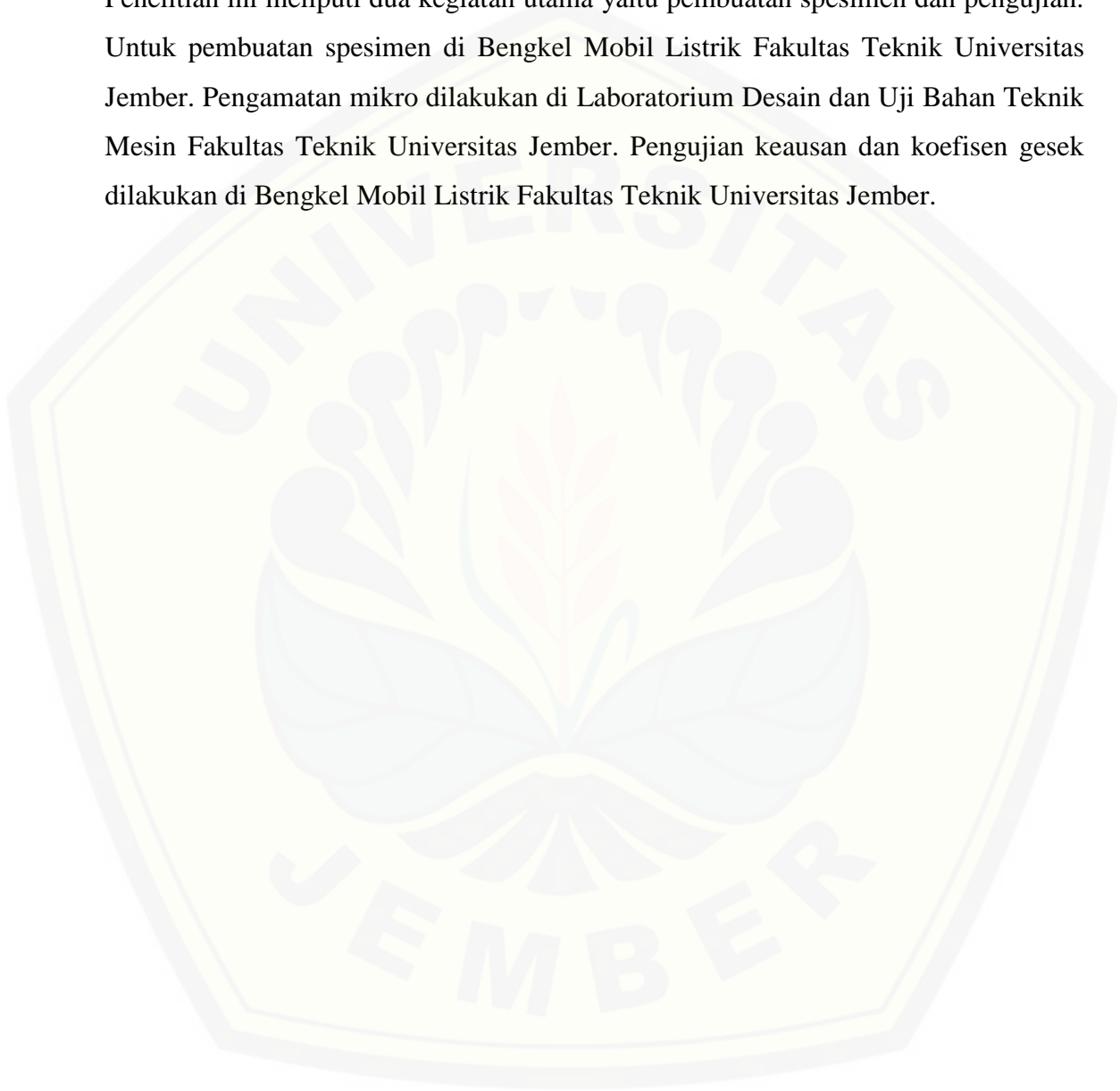
Gambar 3.5 menunjukkan dari proses awal pembuatan spesimen, pengujian spesimen sampai pengolahan data.



Gambar 3.5 Diagram alir

3.4 Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian dimulai pada bulan maret 2016 sampai dengan agustus 2016. Penelitian ini meliputi dua kegiatan utama yaitu pembuatan spesimen dan pengujian. Untuk pembuatan spesimen di Bengkel Mobil Listrik Fakultas Teknik Universitas Jember. Pengamatan mikro dilakukan di Laboratorium Desain dan Uji Bahan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember. Pengujian keausan dan koefisien gesek dilakukan di Bengkel Mobil Listrik Fakultas Teknik Universitas Jember.



BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada nilai kekerasan menunjukkan adanya pengaruh fraksi volume serbuk arang kayu glugu. Nilai kekerasan tertinggi adalah 62 BHN. Nilai ini dicapai dengan variasi fraksi volume 60% arang dengan perlakuan tanpa sintering. Sedangkan nilai kekerasan terendah adalah 35 BHN yang terjadi pada variasi fraksi volume 40% arang dengan perlakuan sintering.
2. Nilai keausan terendah adalah $5,5 \times 10^{-6}$ gram/detik mm^2 . Nilai ini dicapai pada variasi fraksi volume 50% arang dengan perlakuan tanpa sintering dan nilai keausan tertinggi adalah $9,4 \times 10^{-6}$ gram/detik mm^2 yang terjadi pada variasi fraksi volume 60% arang dengan perlakuan sintering.
3. Nilai koefisien gesek tertinggi adalah 0,17 dicapai pada variasi fraksi volume 60% arang dengan perlakuan tanpa sintering. Sedangkan nilai koefisien gesek terendah adalah 0,057 terjadi pada variasi fraksi volume 40% arang dengan perlakuan sintering.
4. Dari hasil pengamatan struktur mikro. Campuran komposisi partikel yang terbaik adalah pada fraksi volume 50% serbuk arang kayu glugu dengan perlakuan tanpa sintering. Pada gambar struktur mikronya campuran komposisi antara serbuk arang, serbuk Al dan epoksi terlihat merata. Sedangkan struktur mikro kampas rem yang kurang baik terjadi pada fraksi volume 40% serbuk arang dengan perlakuan sintering. Pada struktur mikronya terlihat adanya gumpalan warna putih yang menunjukkan serbuk Al

tidak tersebar merata. Hal ini disebabkan serbuk Al yang meleleh pada saat proses sintering.

5.2 Saran

1. Penelitian ini hanya terbatas pada pengujian kekerasan, koefisien gesek dan keausan, oleh karena itu perlu adanya penelitian lanjutan pada pengujian tarik dan perhitungan aktual dan teoritis tentang energi serap pada pengereman.
2. Penelitian ini hanya menggunakan tiga variasi volume serbuk arang kayu glugu, serbuk alumunium dan resin epoksi, perlu adanya penambahan variasi material lain pada penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Multazam, Achmad Zainuri dan Sujita. 2012. *Analisa Pengaruh Variasi Merek Kampas Rem Tromol Dan Kecepatan Sepeda Motor Honda Supra X125 Terhadap Keausan Kampas Rem*. Teknik Mesin Universitas Mataram.
- ASM Handbook. 1990. *Powder Metallurgy Technologies and Applications*. USA: ASM International.
- Davis, JR., (1993). *Speciallty Handbook, Alumunium and Alumunium Alloys*, ASM International Handbook Comitee, Ohio.
- Dieter, George E. 1987. *Metalurgi Mekanik*. Jakarta: Erlangga.
- Diharjo K., Masykuri M., Legowo B., dan Abdullah G. 2005-2007. *Rekayasa dan Manufaktur Bahan Komposit sandwich Berpenguat Serat Kenaf Dengan Core Limbah Kayu Sengon Laul Untuk Komponen Gerbong Kereta Api. Laporan Penelitian, Hibah bersaing XIII*. Dikti: Jakarta.
- Ekawati, D. 2008. *Pengaruh Temperatur Sintering Terhadap Karakteristik Komposit Aluminium Grafit dengan Wetting Agent Tembaga*. Depok
- Fred W. B. 1994. *Textbook of Polymer Science Edisi 3*. John wiley and sons. Inc. England. Hal 498.
- Fuadd, dkk. 2007. *Pemanfaatan Serbuk Tongkol Jagung Sebagai Alternatif Bahan Friksi Kampas Rem Non-Asbestos Sepeda Motor*. Surakarta.
- Gamert V. D., L. Czarnecki, P. Lukowski dan E. Knapen. 2004. *Cement Concrete and Concerete-Polymer Composites*. Katolik University Leuven. Belgium. Hal 67.
- German, R.M., 1984. *Powder Metallurgy Science*. Metal Powder Industries Federation. Princeton, New Jersey.
- 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.
- Junus, S. 2011. *Komposit Proses, Fabrikasi dan Aplikasi*. Jember: Jember University Press.

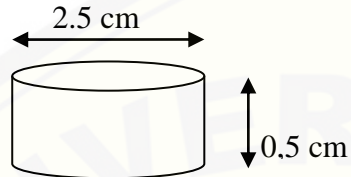
- K.M Josyy. 2011. *Pengaruh Variasi Komposisi Bahan Serbuk Bambu, Serbuk Aluminium (Al), Magnesium Oksida (Mgo) Dan Resin Polyester Terhadap Nilai Koefisien Gesek* . Solo
- K.K Ikpambese., D.T. 2014. Gundu. Evaluation of Palm Kernel Fibers (PKFs) for Production of Asbestos-free Automotive Brake pads. Nigeria: *journal of king Saud university*.
- Liu, T., Tjiu, W. C., Tong, Y., Goh, S. S., dan Chung, T. S. 2004. Morphology and Fracture Behaviour of Intercaleted Epoxy/Clay Nano composites. *Journal of Applied Polymer Science*. 94. Hal 1236-1244.
- Matejka, V., Kukutschova, J., dan Heliova, M. 2013. Jute fibers and powderized hazelnut shells as natural fillers in non-asbestos organic non-metallic friction composites. *Journal of Applied Material and Design*. 51. Hal 847-853.
- Mouritz, A. P., dan A. G. Gibson. 2006. *Fire Properties of Polymer Composite Materials* (Vol.143)
- Mubarrok, Muh Husni. 2014. *Pengaruh Ujuran Serbuk Kuningan Terhadap Ketahanan Aus, Koefisien Gesek, dan Kekerasan Kampas Rem*. Tugas Akhir. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Prabowo Y.S, 2010. Studi Perbandingan Kampas rem nonasbes Berbahan *Fiberglass* dan Karung goni. Tugas Akhir S1, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Puja, I Gusti Ketut. 2010. Studi Sifat Impak Ketahanan Aus dan Koefisien Gesek Bahan Komposit Arang Limbah Serbuk Gergaji Kayu Glugu Dengan Matrik Epoxy. *Ilmiah Teknik Mesin*. 4(2) : 155-159.
- Purboputro, P.I. 2012. *Pengembangan Kampas Rem Sepeda Motor Dari Komposit Serat Bambu, Fiber Glass, Serbuk Aluminium Dengan Pengikat Resin Polyester Terhadap Ketahanan Aus Dan Karakteristik Pengeremannya*. Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Periode III: 367-373
- R. E. Smallman dan R. J. Bishop. 2000. *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*. Jakarta: Erlangga.
- Sabirov, I., Duschlbauer, D., Pettermann, H.E dan Kolednik, O. 2005. The determination of the local conditions for void initiation in front of a crack tip for materials with second-phase particles. Vienna University of Technology. 393 Hal 275–285

- Sadri., 2009, *Definisi Rem*, Diakses 15 April 2015 jam 18:45 dari (http://www.google.com/Rem-Cakram/Sadri_zone.html).
- Susilo Adi W. 2008. Karakteristik Mekanik Kampas Rem Akibat Variasi Kondisi Pengoperasian. *ROTASI*. Vol. 4, No. 1.
- Surdia, T., Shinroku S., (1995), *Pengetahuan Bahan Teknik*, Jakarta: Pradnya Paramita
- Santoso, dkk. 2010. Studi Pemanfaatan Campuran Serbuk Tempurung Kelapa-Aluminium Sebagai Material Alternatif Kampas Rem Sepeda Motor *Non-Asbestos*. Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Sutikno. 2008. Pengaruh Komposisi Serbuk Tempurung Kelapa terhadap Sifat-Sifat Fisik dan Mekanik Bahan Gesek Non Asbes untuk Aplikasi Kampas Rem Sepeda Motor. *Ilmiah Populer dan Teknologi Terapan*. 6(2) :893-904. Semarang : Profesional.
- Syawaluddin, dkk. 2010. Perbandingan Pengujian Mekanis Terhadap Kampas Rem Asbes dan Non-Asbestos Dengan Melakukan Uji Komposisi, Uji Kekerasan, Dan Uji Keausan. Universitas Muhammadiyah Jakarta
- Totten, George. E, 1999, *Handbook of Aluminium*, Vol. 1, Marcel Dekker, New York, Bassel.
- Wawan Kartiwa H, Arief Tri W. 2013. *Peningkatan Standar Kampas Rem Kendaraan Berbahan Baku Asbestos dan Non Asbestos (Selulose) untuk Keamanan*. PBBPD dan PT. IPB.

LAMPIRAN

Lampiran A. Contoh perhitungan prosentase pencampuran spesimen

- Spesimen



$$\begin{aligned}
 V &= \pi \times r^2 \times t \\
 &= 3.14 \times (2,5)^2 \times 0,5 \\
 &= 3.14 \times (1.6129) \times 0,5 \\
 &= 2,45 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Contoh perhitungan volume spesimen

Variasi 1 40% serbuk arang kayu glugu, 20% alumunium, 40% resin epoksi.

$$\text{Massa jenis Al} = 2,2 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Massa jenis arang} = 1,4 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Massa jenis epoksi} = 1,2 \text{ gr/cm}^3$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa serbuk arang} &= \text{massa jenis} \times \text{volume} \\
 &= 1,4 \text{ gr/cm}^3 \times 2,45 \text{ cm}^3 \times 40\% \\
 &= 1,372 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa serbuk Al} &= \text{massa jenis} \times \text{volume} \\
 &= 2,2 \text{ gr/cm}^3 \times 2,45 \text{ cm}^3 \times 20\% \\
 &= 1,078 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa serbuk resin} &= \text{massa jenis} \times \text{volume} \\
 &= 1,2 \text{ gr/cm}^3 \times 2,45 \text{ cm}^3 \times 40\% \\
 &= 1,176 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

Catatan : Untuk perhitungan variasi lain sama dengan contoh di atas

Variasi	Massa serbuk arang	Massa serbuk Al	Massa resin
40% : 20% : 40%	1,372 gr	1,078 gr	1,176 gr
50% : 20% : 30%	1,715 gr	1,078 gr	0,882 gr
60% : 20% : 20%	2,082 gr	1,078 gr	0,588 gr

Lampiran B. Perhitungan laju keausan

Data berat awal spesimen uji laju keausan variasi sintering

Variasi 1 :

$$A1 = 4,606 \text{ gram}$$

$$A2 = 4,258 \text{ gram}$$

$$A3 = 3,761 \text{ gram}$$

Variasi 2 :

$$B1 = 4,971 \text{ gram}$$

$$B2 = 2,863 \text{ gram}$$

$$B3 = 3,615 \text{ gram}$$

Variasi 3 :

$$C1 = 4,487 \text{ gram}$$

$$C2 = 3,618 \text{ gram}$$

$$C3 = 4,606 \text{ gram}$$

Data berat akhir spesimen uji laju keausan variasi sintering

Variasi 1 :

A1 = 4,599 gram

A2 = 4,125 gram

A3 = 3,659 gram

Variasi 2 :

B1 = 4,942 gram

B2 = 2,846 gram

B3 = 3,563 gram

Variasi 3 :

C1 = 4,472 gram

C2 = 3,588 gram

C3 = 4,55 gram

Data berat awal spesimen uji laju keausan variasi tanpa sintering

Variasi 1 :

A1 = 3,787 gram

A2 = 3,756 gram

A3 = 3,850 gram

Variasi 2 :

B1 = 4,505 gram

B2 = 3,212 gram

B3 = 3,343 gram

Variasi 3 :

C1 = 3,286 gram

C2 = 3,352 gram

C3 = 4,003 gram

Data berat akhir spesimen uji laju keausan variasi tanpa sintering

Variasi 1 :

$$A1 = 3,749 \text{ gram}$$

$$A2 = 3,746 \text{ gram}$$

$$A3 = 3,840 \text{ gram}$$

Variasi 2 :

$$B1 = 4,485 \text{ gram}$$

$$B2 = 3,177 \text{ gram}$$

$$B3 = 3,333 \text{ gram}$$

Variasi 3 :

$$C1 = 3,244 \text{ gram}$$

$$C2 = 3,346 \text{ gram}$$

$$C3 = 3,999 \text{ gram}$$

Contoh perhitungan laju keausan

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

Keterangan :

N : Laju keausan (gram/detik. mm²)

W₀ : Berat awal (gram)

W₁ : Berat akhir (gram)

t : Waktu pengausan (detik)

A : Luas pengausan (mm²)

$$\begin{aligned} N &= \frac{3,770 - 3,749}{600 \cdot 10} \\ &= 3,5 \times 10^{-6} \text{ gram/detik. mm}^2 \end{aligned}$$

Catatan : Untuk perhitungan variasi lain sama dengan contoh di atas

Lampiran C. Perhitungan koefisien gesek

Data uji koefisien gesek variasi sintering

variasi	Tanpa sintering		Sintering		asli		Diameter	
	F μ (N)	Pe (Pa)	F μ (N)	Pe (Pa)	F μ (N)	Pe (Pa)	D (m)	d (m)
v1	38,259	620528,4	37,278	620528,4	28,449	275790,4	0,025	0,025
v2	38,259	620528,4	23,544	413685,6	28,449	275790,4	0,025	0,025
v3	36,297	206842,8	26,487	275790,4	28,449	275790,4	0,025	0,025

Tabel data hasil perhitungan Fp (gaya menekan brake pad)

variasi	tanpa sintering		sintering		asli	
	Fp	μ	Fp	μ	Fp	μ
v1	202,9645	0,062834	608,8935	0,061223	270,6193	0,105126
v2	608,8935	0,062834	405,929	0,058	270,6193	0,105126
v3	608,8935	0,178834	270,6193	0,097875	270,6193	0,105126

Contoh perhitungan nilai koefisien gesek

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

$$\mu = F_\mu / F_p$$

keterangan :

 μ = koefisien gesekF μ = gaya pengereman (N)

Fp = gaya menekan brake pad (N)

$$\mu = 38,259 / 202,9645$$

$$= 0,188$$

Catatan : Untuk perhitungan variasi lain sama dengan contoh di atas

Lampiran D. Alat dan Bahan



A



B



E

C



F

G

D



E



F



G



H



I



J



K



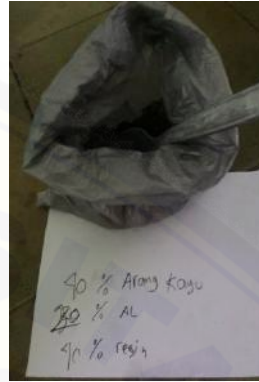
L



M



N



O

Keterangan :

- A : Mesin Prony Brake
- B : Leeb Hardness Teser TH120
- C : Alat pres
- D : Gelas Ukur
- E : Pemanas Merk Kirin
- F : Cetakan Spesimen
- G : Ayakan Mesh 50
- H : Amplas
- I : Lem Besi
- J : Timbangan digital dengan ketelitian 0.001
- K : Aluminium Fine Powder
- L : Kampas Rem
- M : Resin Epoxy Colorchem
- N : Hardener Colorchem
- O : Serbuk Arang Kayu Glugu

A.5 Hasil Pembuatan Spesimen



A



B



C

Keterangan :

A : Spesimen Variasi 1 Sintering dan Tanpa Sintering

B : Spesimen Variasi 2 Sintering dan Tanpa Sintering

C : Spesimen Variasi 3 Sintering dan Tanpa Sintering