

**TUGAS AKHIR**

**ANALISA SIFAT MEKANIK KOMPOSIT BAHAN  
KAMPAS REM DENGAN PENGUAT FLY ASH  
BATUBARA**

**OLEH:**

**PRATAMA**

**D21105069**



**JURUSAN MESIN FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2011**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ANALISA SIFAT MEKANIK KOMPOSIT BAHAN KAMPAS REM  
DENGAN PENGUAT FLY ASH BATUBARA**

NAMA MAHASISWA ;

**PRATAMA**  
**D211 05 069**

MAKASSAR , AGUSTUS 2011

MENYETUJUI ;

<p>PEMBIMBING I</p>          <p><b><u>Dr.Ir. Johannes Leonard, DEA.</u></b> <b>NIP. 19530419 198003 1 001</b></p>	<p>PEMBIMBING II</p>          <p><b><u>Muhammad Syahid, ST.MT</u></b> <b>NIP. 19770707 200501 1 001</b></p>
---	---

MENGETAHUI

KETUA JURUSAN MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

**Amrin Rapi, ST.MT.**  
**NIP. 19691011 199412 1 001**

## ABSTRAK

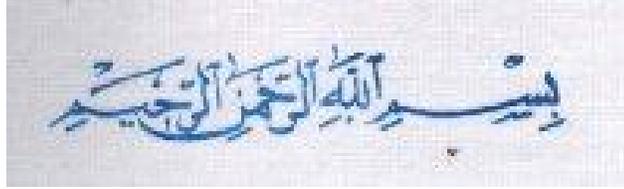
Pratama (D21105069). **Analisa Sifat Mekanik Komposit Bahan Kampas Rem Dengan Penguat Fly Ash Batubara** (2011). Dibimbing oleh Dr.Ir.Johannes Leonard, DEA dan Muhammad Syahid, S.T, M.T.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa sifat mekanik material komposit berpenguat *fly ash* batubara sebagai bahan kampas rem. Untuk menggantikan kampas rem berbahan asbes yang berbahaya bagi lingkungan. Kandungan *fly ash* batubara memungkinkan untuk digunakan sebagai penguat komposit bahan kampas rem. Komposisi bahan kampas rem yang diteliti bermatriks resin epoksi dan penguat *fly ash* batubara dan MgO. Pengujian sifat mekanik yang dilakukan adalah kekerasan, kelenturan dan laju keausan serta pengamatan permukaan patahan.

Hasil pengujian menunjukkan tingkat kekerasan tertinggi pada komposisi 60% resin dan 40% *fly ash* yaitu 94 HRB, Laju keausan terendah pada komposisi 60% resin dan 40% *fly ash* adalah  $2.02E-07$  gr/mm<sup>2</sup>.detik, sedangkan tingkat kelenturan paling baik pada komposisi 50% resin dan 50% *fly ash* nilainya 52,79 N/mm<sup>2</sup>. Material komposit dengan penguat *fly ash* batubara ini dapat dijadikan sebagai alternatif serat penguat bahan kampas rem non asbes karena mempunyai sifat mekanik yang memenuhi nilai standar kampas rem.

***Kata kunci : komposit, fly ash batu bara, kampas rem, sifat mekanik.***

## KATA PENGANTAR



Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT karena atas Rahmat dan Karunia-Nyalah sehingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir ini, yang berjudul **Analisa Sifat Mekanik Komposit Bahan Kampas Rem Dengan Penguat Fly Ash Batubara.**

Dalam penyelesaian tugas akhir ini, penulis banyak mendapat bantuan, arahan dan bimbingan dari berbagai pihak, juga banyak mendapatkan referensi dari buku-buku penunjang yang tersedia, dan dari internet.

Olehnya itu, ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan dan arahan, terutama kepada :

1. Kepada kedua orang tua penulis, terima kasih atas doa, dorongan semangat, dan sumber inspirasi agar dapat melakukan yang terbaik.
2. Bapak Dr. Ir. Johannes Leonard, DEA , selaku pembimbing pertama atas segala petunjuk, masukan, bantuannya terhadap kami selama penulisan dan penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Muhammad Syahid, ST, MT, selaku pembimbing kedua dan selaku Sekretaris Jurusan Mesin Bagian Kemahasiswaan atas segala bimbingan, arahan, masukan, bantuannya terhadap kami selama penulisan dan penyusunan tugas akhir ini.

4. Dr. Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MS.ME, selaku Dekan Fakultas Teknik Unhas beserta jajarannya.
5. Bapak Amrin Rapi, ST, MT, selaku Ketua Jurusan Mesin Fakultas Teknik Unhas.
6. Bapak Hairul Arsyad ST, MT, selaku Sekretaris Jurusan Mesin Fakultas Teknik Unhas.
7. Bapak Ir. Luther Sule, MT., selaku Ketua Program Studi Jurusan Mesin.
8. Bapak Ir. Muh. Noor Umar, MT., selaku Kepala Perpustakaan Jurusan Mesin Fakultas Teknik Unhas.
9. Bapak Dr. Ir Johannes Leonard DEA dan Lukmanul Hakim ST, MT selaku kepala Laboratorium Teknik Metalurgi Fisik dan sekretaris yang telah membantu dalam proses pengambilan data.
10. Bapak Edy, selaku laboran pada Laboratorium Teknik Metalurgi Fisik Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas bantuannya selama melakukan pengujian di laboratorium.
11. Bapak, ibu dosen, staf pegawai serta asisten laboratorium Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
12. Kepada teman-teman teknik terkhusus ANGKATAN 2005 selama berada dalam lingkungan OKFT-UH.
13. Kepada teman-teman NEO SPIRIT OF SOLIDARITY dan seluruh alumni, kanda dan adik-adik warga HMM FT-UH.
14. Kepada anggota TOZ 09 SMFT-UH dan WELCOME 09 SMFT-UH.

15. Kepada teman-teman asisten Laboratorium Pengecoran Logam yaitu Irwin Hatibu ST, Muh. Alfian ST, Mukmin ST, A. Faizul Adding, Randa, Ipul, Ardi dan Julian, semoga ilmu yang diperoleh dapat diamankan.

Akhir kata, terima kasih atas semua pihak dan kami berharap, tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua khususnya bagi mahasiswa/i Jurusan Teknik Mesin sub program Metalurgi. Oleh karena itu, masukan dan kritikan kiranya dapat membantu pengembangan penelitian ini selanjutnya.

Makassar, Juli 2011

Penulis

## DAFTAR ISI

	halaman
Halaman Judul .....	i
Lembar Pengesahan .....	ii
Abstrak.....	iii
Kata Pengantar.....	iv
Daftar Isi.....	vii
Daftar Notasi .....	x
Daftar Gambar.....	xi
Daftar Tabel.....	xiii
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Tujuan Penelitian .....	2
C. Batasan Masalah.....	3
D. Manfaat Penelitian.....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
A. Pengertian Bahan Komposit .....	5
B. Abu Terbang ( <i>fly ash</i> ).....	6
C. MgO.....	6
D. Kampas Rem.....	7
E. Komposisi Kampas Rem.....	9
F. Material Komposit Untuk Kampas Rem.....	10
G. Mekanisme Kerja Pengereman Pada Sepeda Motor.....	12
H. Sifat Mekanik Kampas Rem.....	16

I. Pengujian Sifat Mekanik.....	19
1. Pengujian Kekerasan.....	19
2. Pengujian Keausan .....	22
3. Pengujian Lentur.....	23
III. METODOLOGI PENELITIAN .....	26
A. Waktu dan Tempat.....	26
B. Alat dan Bahan.....	26
1. Alat .....	26
2. Bahan.....	27
C. Prosedur Penelitian.....	28
1. Penyiapan Bahan Baku.....	28
2. Variabel Penelitian.....	28
a. Berdasarkan Komposisi Antar Sampel .....	28
b. Berdasarkan Variasi Komposisi Antar Sampel.....	29
3. Pengujian.....	29
a. Pengujian Lentur.....	30
b. Pengujian Kekerasan.....	32
c. Pengujian Laju Keausan.....	34
d. Pengamatan Permukaan.....	36
D. Diagram Alir Penelitian.....	37
E. Jadwal Kegiatan .....	38
IV. HASIL PENGUJIAN DAN PENELITIAN.....	39
A. Hasil Pengujian.....	39
1. Hasil Pengujian Lentur.....	39

2. Hasil Pengujian Kekerasan.....	40
3. Hasil Pengujian Laju Keausan.....	40
4. Hasil Perhitungan Umur Pemakaian Kampas Rem.....	41
B. Pembahasan.....	42
1. Pengaruh Komposisi Terhadap Sifat Mekanik.....	42
a. Komposisi MgO 0 %.....	42
b. Komposisi MgO dan <i>Fly ash</i> Yang Bervariasi Dengan Resin Konstan.....	44
c. Pengujian Laju Keausan.....	47
2. Pengamatan permukaan (foto makro).....	48
a. Perbandingan Foto Makro Spesimen Dengan Komposisi Resin Dan <i>Fly Ash</i> Tanpa Menggunakan MgO.....	48
b. Perbandingan Foto Makro Spesimen Dengan Komposisi Yang Tidak Ditambahkan MgO dan Komposisi Yang Ditambahkan MgO.....	50
V. PENUTUP.....	51
A. Kesimpulan.....	51
B. Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA.....	53

## DAFTAR NOTASI

No	Simbol	Keterangan	Satuan
1	HRB	Nilai Kekerasan Rockwell ( B )	Kgf.mm <sup>-2</sup>
2	P	Beban	N
4	S	Tegangan Lentur	N/mm <sup>2</sup>
5	P	Beban / <i>Load</i>	N
6	b	Lebar spesimen/ <i>Width</i>	mm
7	d	Tebal spesimen/ <i>Depth</i>	mm
8	L	Panjang Span / <i>Support span</i>	mm
9	D	Diameter	mm
10	r	Jari-jari	mm
11	p	Panjang	mm
12	l	Lebar	mm
13	t	Tinggi	mm
14	-	Umur pemakaian kampas rem	hari
15	W	Laju keausan	(g/mm <sup>2</sup> .detik)
16	W <sub>0</sub>	Berat awal specimen sebelum pengausan	(gram)
17	W <sub>1</sub>	Berat akhir specimen setelah pengausan	(gram)
18	A	Luas bidang kontak dengan pengausan	(mm <sup>2</sup> )
19	t	Waktu/lama pengausan (detik)	(detik)

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 1	<b>Mekanisme penyetelan sepatu rem</b>	13
Gambar 2	<b>Bagian – bagian kampas rem</b>	15
Gambar 3	<b>Bentuk indentor rockwell (a) dari samping (b) dari atas.</b>	20
Gambar 4	<b>Penekanan berbagai pengujian kekerasan</b>	22
Gambar 5	<b>Penekanan berbagai pengujian kekerasan.</b>	22
Gambar 6	<b><i>Three Point Bending</i></b>	24
Gambar 7	<b>Spesimen uji lentur.</b>	30
Gambar 8	<b>Pemasangan spesimen pada alat uji lentur.</b>	31
Gambar 9	<b>Spesimen uji kekerasan.</b>	32
Gambar 10	<b>Alat pengujian kekerasan dengan metode Rockwell B Louis Small</b>	33
Gambar 11	<b>Spesimen uji laju keausan.</b>	34
Gambar 12	<b>Spesimen kampas rem tromol.</b>	35
Gambar 13	<b>Skema instalasi Alat pengujian laju keausan</b>	35
Gambar 14	<b>Diagram Alir Penelitian</b>	37

Gambar 15     **a). Komposisi 40 % resin 60 % *fly ash*, b). Komposisi 30 48**  
**% resin 70 *fly ash*, c). Komposisi resin 50% dan 50% *fly***  
***ash*, d). Komposisi 60% resin dan 40% *fly ash***

Gambar 16     **a). Komposisi resin dan *fly ash*, b). Komposisi resin, fly 50**  
**as dan MgO**

**DAFTAR TABEL**

<b>Tabel 1.</b>	<b>Skala Kekerasan Rockwell</b>	<b>21</b>
<b>Tabel 2.</b>	<b>Berdasarkan Variasi Komposisi Antar Sampel</b>	<b>29</b>
<b>Tabel 3.</b>	<b>Pengujian Lentur Berdasarkan Variasi Komposisi</b>	<b>39</b>
<b>Tabel 4.</b>	<b>Pengujian Kekerasan</b>	<b>40</b>
<b>Tabel 5.</b>	<b>Pengujian Laju Keausan</b>	<b>41</b>
<b>Tabel 6.</b>	<b>Umur Pemakaian Kampas Rem</b>	<b>41</b>

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

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

Sifat mekanik menyatakan kemampuan suatu bahan untuk menerima beban/gaya/energi tanpa menimbulkan kerusakan pada bahan tersebut. Seringkali bila suatu bahan komposit mempunyai sifat mekanik yang kurang baik, maka diambil langkah untuk mengatasi kekurangan tersebut dengan penambahan elemen penguat. Salah satunya adalah *fly ash* batubara yang banyak di jumpai di pabrik-pabrik.

Abu terbang (*fly ash*) adalah salah satu bahan sisa dari pembakaran bahan bakar terutama batubara. Abu terbang (*fly ash*) ini tidak terpakai dan jika ditumpuk saja disuatu tempat dapat membawa pengaruh yang kurang baik bagi kelestarian lingkungan. Abu terbang ini, selain memenuhi kriteria sebagai bahan yang memiliki sifat *pozzolan*, abu terbang juga memiliki sifat-sifat fisik yang baik, seperti memiliki porositas rendah dan pertikelnya halus. Bentuk partikel abu terbang adalah bulat dengan permukaan halus, dimana hal ini sangat baik untuk

workabilitas. Oleh karena itu penulis mencoba untuk mengangkat masalah *fly ash* ini untuk bahan penguat kampas rem.

Beberapa waktu yang lalu telah dilakukan sebuah penelitian di Universitas Hasanuddin mengenai pengaruh komposisi dan diameter serbuk tempurung kelapa material komposit bahan kampas rem. Dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa kandungan serbuk tempurung kelapa sebagai serat penguat yang memiliki sifat mekanik yang paling baik adalah dengan komposisi pada sampel perbandingan komposisi 30% serbuk tempurung kelapa : 40% resin : 30% MgO. Adapun penelitian ini dianggap perlu dilakukan untuk mencari bahan kampas rem yang bukan saja unggul dalam sifat-sifat mekanik tetapi juga optimal dalam aplikasinya serta memanfaatkan material limbah dalam jumlah cukup besar, sehingga memerlukan pengelolaan agar tidak menimbulkan masalah lingkungan, seperti pencemaran udara, perairan dan penurunan kualitas ekosistem.

Diharapkan nantinya kampas rem memiliki sifat kelenturan yang baik dan tahan terhadap keausan. Kelenturan dikaitkan dengan derajat deformasi plastis yang terjadi sebelum perpatahan sedangkan keausan merupakan kehilangan material secara progresif, (<http://www.scribd.com/doc/40071865/Bab-4-Sifat-Material>). Dengan latar belakang inilah maka penulis tertarik untuk mengadakan penelitian sebagai tugas akhir dengan judul : **Analisa Sifat Mekanik Komposit Bahan Kampas Rem Dengan Penguat *Fly ash* Batubara.**

## **B. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis :

1. Sifat mekanik komposit bahan kampas rem dengan variasi komposisi *fly ash* batubara dan resin terhadap tingkat kekerasan, tingkat kelenturan dan laju keausan.
2. Pengaruh penambahan MgO terhadap tingkat kekerasan, tingkat kelenturan dan laju keausan.

### **C. Batasan Masalah**

Masalah yang dibahas dalam penelitian ini dibatasi oleh beberapa hal sebagai berikut. :

1. Bahan yang diuji adalah bahan komposit *fly ash* batubara, MgO, resin epoksi.
2. Dimensi spesimen yang diuji adalah 160 mm, lebar 20 mm, dan tinggi 10 mm untuk masing – masing jenis pengujian.
3. Pengujian sifat mekanik dibatasi pada pengujian uji kekerasan, uji lentur, uji Laju Keausan serta pengamatan struktur makro permukaan dari komposit bahan kampas.
4. Diasumsikan campuran resin dan MgO merata dan konstan, dengan perbandingan resin epoksi 40%, 50%, dan 60% sedangkan MgO 0%, 10% dan 20%, 30%, 40%, 50%
5. Bahan tambah yang akan digunakan sebagai penguat adalah *fly ash* batubara dengan variasi 60%, 50%, 40%, 30%, 20%, dan 10%.
6. Melakukan pengujian laju keausan dengan pembebanan 10 kg, dengan putaran motor 100 rpm.

#### **D. Manfaat Penelitian**

##### 1. Bagi Penulis

Sebagai syarat menyelesaikan studi untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Dan juga, penulis berharap dapat memperoleh tambahan pengetahuan dari penelitian ini.

##### 2. Bagi Akademik

Dari penelitian ini, dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian yang lebih lanjut oleh mahasiswa, khususnya mahasiswa Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin mengenai pemanfaatan limbah untuk penguat pada berbagai material.

##### 3. Bagi masyarakat

Manfaat penelitian ini bagi masyarakat adalah, masyarakat dapat mendapatkan produk dari material yang mempunyai sifat yang baik dan handal, dengan harga yang lebih terjangkau dan mengurangi pencemaran lingkungan.

##### 4. Bagi Industri

Sebagai referensi dalam menentukan bahan alternatif kanpas rem yang aman dan ekonomis serta sebagai acuan dalam peningkatan mutu bahan kanpas rem yang akan dihasilkan. Dan juga pemanfaatan limbah debu batu bara yang di hasilkan oleh pabrik semen maupun pabrik-pabrik lainnya.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Pengertian Bahan Komposit

Material komposit adalah material yang terbuat dari dua bahan atau lebih yang tetap terpisah dan berbeda dalam level makroskopik selagi membentuk komponen tunggal. *Composite* berasal dari kata kerja “*to compose*“ yang berarti menyusun atau menggabung. Jadi secara sederhana bahan komposit berarti bahan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan. Kata komposit dalam pengertian bahan komposit berarti terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda yang digabung atau dicampur secara makroskopis. Pada umumnya bentuk dasar suatu bahan komposit adalah tunggal dimana merupakan susunan dari paling tidak terdapat dua unsur yang bekerja bersama untuk menghasilkan sifat-sifat bahan yang berbeda terhadap sifat-sifat unsur bahan penyusunnya. Menurut Handoyo Kus (2008) dalam prakteknya komposit terdiri dari suatu bahan utama (matrik - matrix) dan suatu jenis penguatan (*reinforcement*) yang ditambahkan untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan matrik. Penguatan ini biasanya dalam bentuk serat (*fibre, fiber*).

Material komposit terdiri dari lebih dari satu tipe material dan dirancang untuk mendapatkan kombinasi karakteristik terbaik dari setiap komponen penyusunnya. Bahan komposit memiliki banyak keunggulan, diantaranya berat yang lebih ringan, kekuatan dan ketahanan yang lebih tinggi, tahan korosi dan ketahanan aus (Smallman & Bishop, 2000).

## **B. Abu Terbang (*fly ash*)**

Abu terbang (*fly ash*) adalah partikel halus yang merupakan endapan dari tumpukan bubuk hasil pembakaran batubara. Limbah pada tinitier dapat dalam jumlah yang cukup besar. Jumlah tersebut cukup besar, sehingga memerlukan pengelolaan agar tidak menimbulkan masalah lingkungan, seperti pencemaran udara, perairan dan penurunan kualitas ekosistem.

Batubara merupakan hasil tambang, karena batubara terletak pada kedalaman tanah sekitar 10 sampai 80 meter. Diatas lapisan batubara terdapat lapisan penutup (*overburden*) yang terdiri dari lapisan batu lempung (*mud stone*), batu Danau (*slitstone*), dan batupasir (*sandstone*). Proses penambangan batubara dilakukan dengan *open pit*, yaitu mengambil lapisan penutupnya terlebih dahulu baru kemudian diambil batubaranya. Sisa hasil pembakaran dengan batubara menghasilkan abu yang disebut dengan *fly ash*. Abu terbang (*fly ash*) memiliki beberapa kandungan/unsur kimia utama seperti  $\text{SiO}_2$  : 52,00%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  : 31,86%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  : 4,89%,  $\text{CaO}$  : 2,68% dan  $\text{MgO}$  : 4,66%.

## **C. MgO**

MgO dipilih sebagai bahan pengisi yang juga berfungsi sebagai bahan abrasif dan penguat karena karakteristik yang baik. MgO adalah material berstruktur logam yang sangat ringan dengan berat jenis ( $1,74 \text{ gr/cm}^3$ ), titik lebur ( $650 \text{ }^\circ\text{C}$ ), titik didih ( $1097 \text{ }^\circ\text{C}$ ), modulus elastis ( $110 \text{ MPa}$ ), kekuatan luluh ( $255 \text{ MPa}$ ), kekerasan ( $12 \text{ VHN}$ ). Serbuk MgO merupakan jenis zat tambahan yang dicampurkan pada pembuatan CMCs, selain itu juga magnesium oksida sebagai

wetting agent yang membuat ikatan antar Alumina dan Aluminium lebih kuat, tidak mudah terkikis permukaannya. Komposit dengan penambahan sedikit kadar MgO dengan yang tanpa serbuk MgO lebih baik dengan yang memakai kadar MgO. Serbuk MgO walaupun persentasenya kecil memegang peranan penting dalam meningkatkan kemampuan pembasahan (wettability) dengan mengkondisikan permukaan padat juga mempunyai kemampuan untuk mengisi setiap perbedaan ketinggian dari permukaan yang kasar dan menurunkan tegangan interfacial. Ketahanan aus dapat ditingkatkan melalui penambahan unsur magnesium oksida. Selain MgO ada beberapa pilihan bahan yang dapat dijadikan alternative sebagai zat pengisi seperti  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , SiC,  $\text{ZrSiO}_4$  dan kianit/ $\text{Al}_2\text{SiO}_5$  namun harganya relative lebih mahal dibandingkan dengan MgO.

Untuk memenuhi syarat dan menjaga keselamatan dalam mengemudi kendaraan dan kompetisi di pasaran, bahan friksi membutuhkan performa friksi yang baik dan biaya rendah. Akan tetapi, biasanya bahan mentah dengan performa friksi yang baik mempunyai harga yang relatif tinggi. Untuk menghasilkan “*brakelining*” yang baru dengan nilai yang cukup pada koefisien gesek ( $\mu$ ) dan kecepatan *wear* yang rendah, faktor biaya kedua bahan mentah dan proses pembuatannya harus betul-betul dipertimbangkan.

#### **D. Kampas Rem**

Kampas rem merupakan komponen penting pada kendaraan bermotor di jalan raya. Pertambahan kendaraan bermotor roda 2 dan roda 4 saat ini meningkat pesat sejalan laju pertumbuhan ekonomi masyarakat. Komponen kendaraan yaitu

kampas rem sangat perlu mendapat perhatian yang lebih oleh pemegang kebijakan (pemerintah) dalam upaya melindungi konsumen dan mengurangi persentase penyebab kecelakaan di jalan raya. Standar Nasional Indonesia (SNI) kampas rem sudah dibuat sejak tahun 1987 namun beberapa parameter serta spesifikasinya perlu ditinjau atau dikaji ulang sesuai perkembangan dan mengacu kepada standar Internasional atau pola perkembangan teknologi otomotif yang modern saat ini.

Komposit berbasis polimer tidak mengandung asbestos dan logam berat bahan komposit berbasis polimer, karena sebagian besar bahannya menggunakan bahan polimer organik, maka benar-benar dapat dijamin bebas terhadap senyawa yang mengandung Pb, Cr dan Zn. Seratnya pun digunakan serat *E-glass* dan atau *aramid*. Juga sering digunakan serat alam berupa *jute fibre*, *wisker*, dan serat karbon dari organik material, dan *rockwool*. Bahan pengisi berupa mineral tambang adalah *minority* dan bersifat "*fire retardant*" sehingga tahan terhadap panas atau memiliki koefisien perpindahan panas yang lebih kecil. Namun di satu sisi kurang kuat menyerap atau menyimpan panas, sehingga panas sering berbalik ke roda akibatnya roda menjadi panas. Hal ini dapat diatasi dengan pengembangan di "*material engineering*" dan aspek desain penggabungan antara cast iron dan komposit menggunakan bidang kontak komposit yang lebih banyak untuk mengakomodasi "*friction material life time*" agar lebih panjang life time/keausan bahan (atau bahan memiliki koefisien friksi kecil/tertentu). Di era "*Global Climate Change*" dan "*Carbon Trade*", aspek penggunaan bahan berbahaya beracun harus memerlukan perhatian yang serius dan penegakan

hukum yang ketat, kalau Indonesia mau menjadi bangsa yang besar, sehat, sejahtera dan memiliki kawasan udara yang bersih dari bahan-bahan beracun.

#### **E. Komposisi Kampas Rem**

Sebelum 1870, roda kendaran masih dibuat dari kayu, dan alat yang digunakan untuk memperlambat laju roda juga terbuat dari kayu. Namun sejak 1870, roda mulai dibuat menggunakan besi untuk mengurangi keausan kayu. Pada waktu itu bidang gesek rem juga menggunakan besi. Penggunaan besi untuk bidang gesek rem ini memang membuatnya lebih awet, namun rem tidak pakem. Memasuki 1897, mulailah digunakan rem jenis teromol (brake lining) pada kendaraan. Jenis rem ini diciptakan Herber Food dari perusahaan Ferodo Ltd. Kampas yang digunakan menggunakan bahan campuran sabut dengan kain katun (cotton belting). Selanjutnya sekitar 1908, bahan asbestos mulai digunakan. Asbestos merupakan paduan kuningan dan serat metal yang disatukan menggunakan binder (bahan pengikat) namun belum dicetak. Hingga 1920, kampas rem mulai dicetak dengan serat metal dengan ukuran lebih pendek, logam kuningan yang lebih halus serta tambahan bahan organik.

Namun pada 1994, ditemukan kalau asbestos mengandung zat Karsinogen yang dituding sebagai salah satu zat penyebab kanker paru-paru. Dan efek itu baru terasa setelah 10-15 tahun. Sejak itu, produksinya pun mulai perlahan dihentikan. Sebagai gantinya adalah penggunaan brass, copper fiber dan aramid pulp. Kampas rem non-asbestos ini terbagi 2, yakni low steel yang masih mengandung besi meski sedikit dan non-steel yang tidak menggunakan besi. Selain ramah

lingkungan, kampas rem non-asbestos juga memiliki sejumlah kelebihan lain seperti tidak mudah bunyi, tahan panas dan memiliki friksi baik. Namun ada 2 kelemahannya, kotoran dari pengikisan kampas berwarna hitam dapat mengotori pelek dan harganya pun lebih mahal dari kampas rem asbestos. Namun kini beberapa produsen telah meninggalkan penggunaan asbestos. Kemungkinan besar di masa mendatang, kampas rem mobil massal menggunakan bahan keramik yang lebih tahan panas. Namun saat ini material itu masih terlalu mahal. Meski sudah ada mobil produksi massal yang menggunakannya, tapi rem jenis ini banyak digunakan di mobil balap ( Ari Trisianto Wibowo, 2010). Bahan baku kampas rem asbestos: asbestos 40 s/d 60 %, resin 12 s/d 15%, BaSO<sub>4</sub> 14 s/d 15%, sisanya karet ban bekas, tembaga sisa kerajinan, frict dust. Bahan baku kampas rem non asbestos: aramyd/ kevlar/ twaron, rockwool, fiberglass, potasiumtitanate, carbonfiber, graphite, cellulose, vemiculate, steelfiber, BaSO<sub>4</sub>, resin, Nitrile butadine rubber.

#### **F. Material Komposit Untuk Kampas Rem**

Indonesia kaya akan material-material bahan tambang berupa oksida-oksida logam seperti *Calcite*, *Barite*, *Hematite*, *Silikat*, dll yang sangat bermanfaat dan murah untuk pengembangan bahan tahan aus tinggi. Di samping itu pula juga memiliki potensi bahan-bahan organik alam lainnya. yang bisa dimanfaatkan sebagai resin sebagai matriks bahan komposit. Sekarang sudah saatnya kita memanfaatkan sumber kekayaan alam kita yang bernilai tambah tinggi, memiliki keunggulan komparatif, dari segi mutu produk dan keunggulan kompetitif dari segi harga. Kita harus dapat menciptakan material cerdas dari bahan baku lokal

yang bermanfaat.

Secara umum keempat klasifikasi bahan friksi harus mengandung tipe bahan penyusun yang terdiri dari bahan pengikat, bahan serat dan bahan pengisi. Komposit bahan kampas rem yang akan kita uji cobakan adalah komposit yang terdiri dari resin sebagai pengikat. Resin ini berfungsi untuk mengikat berbagai zat penyusun di dalam bahan tersebut. Resin sintetik yang digunakan terdiri dari 2 macam yaitu termoset dan termoplastik (*Hartomo, 1995*). Bila dipanaskan perilaku kedua resin ini akan berbeda. Termoset tidak melunak sedangkan termoplastik melunak tetapi akan kembali keras setelah didinginkan. Perbedaan sifatnya ditentukan oleh struktur dalamnya. Komposit bahan kanvas rem yang akan kita uji cobakan adalah komposit yang berpengikat dari resin epoxy. Selanjutnya bahan pengisi digunakan untuk meningkatkan proses produksi dan bertindak sebagai minyak pelumas. Bahan pengisi ini terdiri dari dua jenis yaitu bahan pengisi organik dan bahan pengisi anorganik. Bahan pengisi organik misalnya dust dan rubber crumb (remah karet ) sedang bahan pengisi anorganik misalnya  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$  dan  $\text{MgO}$  (*Desi, 2008*). Dan yang paling penting adalah serat penguat. Serat berfungsi untuk meningkatkan koefisien gesek dan meningkatkan kekuatan mekanik bahan. Serat yang akan kami gunakan dalam penelitian adalah serat alternatif yang berasal batu bara yang sebelumnya hasil dari pembakaran. Terkadang untuk memodifikasi tingkat friksi dan membersihkan permukaan rotor ditambahkan bahan abrasif misalnya  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiC}$ ,  $\text{ZrSiO}_4$  dan kyanit/ $\text{Al}_2\text{SiO}_5$  (*Desi, 2008*). Abrasif ini juga digunakan untuk mengontrol kecepatan wear dan menstabilkan koefisien gesek.

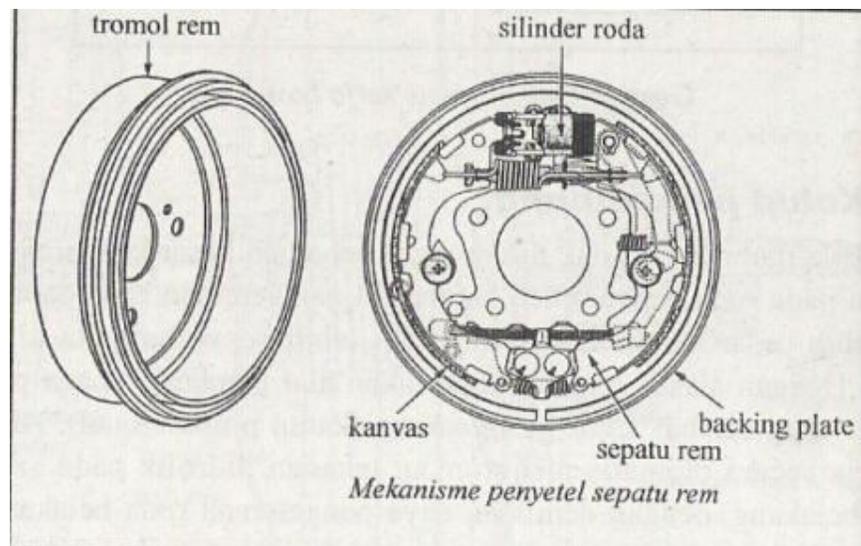
Untuk memenuhi syarat dan menjaga keselamatan dalam mengemudikan kendaraan dan kompetisi di pasaran, bahan friksi membutuhkan performa friksi yang baik dan biaya rendah. Akan tetapi, biasanya bahan mentah dengan performa friksi yang baik mempunyai harga yang relatif tinggi. Untuk menghasilkan “*brakelining*” yang baru dengan nilai yang cukup pada koefisien gesek dan kecepatan wear yang rendah, faktor biaya kedua bahan mentah proses pembuatannya harus betul-betul dipertimbangkan. Bahan-bahannya sangat penting digunakan dalam menentukan performa friksi dan juga biaya, sehingga proses seleksi dan evaluasi pada bahan mentah sangat diperlukan. Pendekatan seleksi bahan untuk perkembangan “*brake lining material*” di mana pemodelan mikro-mekanik digunakan untuk menghubungkan performa secara menyeluruh untuk memilih bahan penyusun dan sifat-sifatnya (Desi, 2008). Penentuan komposisi penyusun bahan friksi menjadi hal yang sangat penting sebelum membuat bahan friksi. Penentuan komposisi bahan friksi dilakukan dengan pemodelan menggunakan analisis faktorial, permutasi dan kombinasi agar didapatkan suatu bahan dengan koefisien gesek yang tinggi dan juga wear yang rendah (Desi, 2008).

### **G. Mekanisme Kerja Pengereman Pada Sepeda Motor**

Secara umum cara kerja rem adalah memanfaatkan gaya gesekan mekanik untuk memperlambat laju kendaraan dan akhirnya berhenti. Konstruksi rem tromol (*drum break*) yang umumnya dioperasikan secara mekanis dan system operasinya cukup sederhana. Terdiri atas sepasang sepatu rem, pegas pembalik

(penarik), tambatan rem, kam (pendorong) yang semua itu terpasang pada *hub* roda. Kemudian bersama *hub* tersebut, semua komponen rem dipasang dalam tromol. Bila rem dan komponen tidak ikut berputar, tromol berputar bersama roda. Tepatnya, rem bekerja dengan menahan putaran tromol.

Untuk mengoperasikan sepatu rem, *kam* atau pendorong dihubungkan ke tangki yang selanjutnya dikaitkan pada pedal yang dioperasikan dengan oleh gaya tekan pada kaki. Bila pedal ditekan, kam akan bergerak atau berputar yang menyebabkan sepatu rem terdorong dan mengembang, permukaannya sering disebut kampas rem yang dibuat dari asbestos menyentuh bagian bawah tromol. Bila tromol berputar, kampas rem akan menahannya dan menyebabkan putaran roda akan semakin lambat atau berhenti secara seketika.



**Gambar 1. Mekanisme penyetelan sepatu rem**

**Sumber : <http://tazziemania.wordpress.com/teknik/rem-tromol/> = REM TROMOL « Tazziemania**

Berdasarkan cara kerjanya, rem tromol dibagi menjadi dua jenis, yaitu :

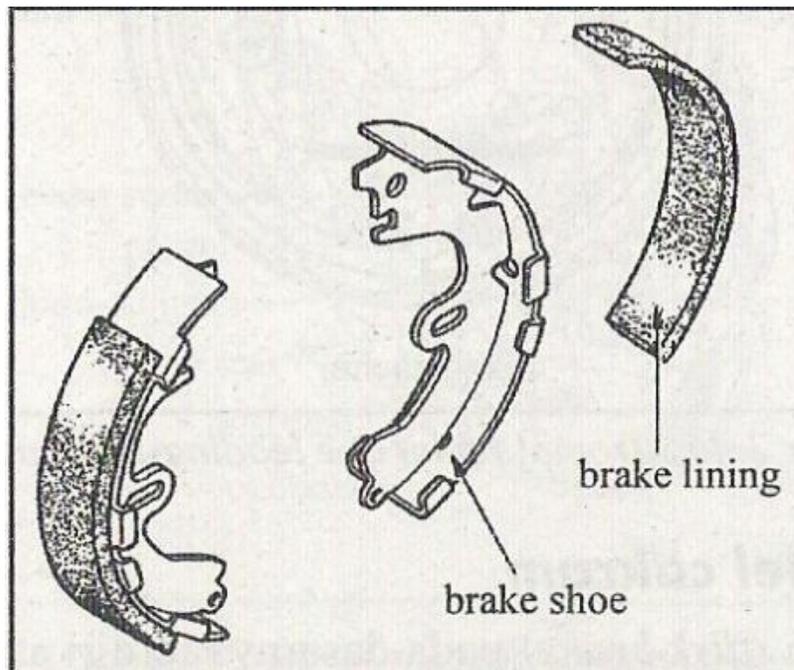
1. Jenis system *leading trailing*, pada jenis ini kedua sepatu rem meski sama-sama mengembang namun memiliki efek pengereman yang berbeda atau berlawanan. Perbedaan terjadi karena arah putaran roda tersebut. Untuk menggerakkan kedua sepatu remnya digunakan satu kam saja, seperti yang diperhatikan pada arah putaran roda, dimana roda berputar searah jarum jam.
2. Cara pengereman *trailing*, yaitu pada saat sepatu rem sama-sama menekan, tromol juga menekan sepatu rem kiri kearah dalam tromol, karena sepatu ditekan secara terus menerus efek pengereman menjadi kurang bagus. Sementara itu, sepatu rem sebelah kanan cenderung mengarah ke luar atau terus menerus menekan tromol, akibatnya gaya pengereman semakin bertambah. Terkadang cara kerja seperti ini yang sering disebut juga *leading*, hasilnya pengereman tidak merata namun karena konstruksinya sederhana banyak produsen menggunakan kombinasi prinsip sistem ini.

Hanya pada kendaraan tertentu yang kedua sepatu remnya bekerja secara *leading*. Untuk mendapatkan efek seperti itu, setiap sepatu diberikan kam dan tambatan dengan posisi yang berlawanan. Maka hasilnya setiap kam akan mendorong demikian pula sepatu rem menekan tromol. Rem dengan kedua sepatu yang menggunakan cara *leading* menghasilkan pengereman yang lebih baik, satu setengah kali lebih baik dibandingkan model kombinasi (*trailing leading*). Karena itulah cara seperti ini digunakan untuk motor *sport* atau motor yang roda depannya memerlukan tenaga pengereman yang lebih besar. Permukaan rem

tromol umumnya dibuat dari besi tuang, kemudian disatukan dengan *hub* roda yang terbuat dari aluminium.

Komponen rem tromol terdiri dari :

- a. Silinder roda, berfungsi untuk meneruskan tekanan dari master silinder ke sepatu rem agar menekan tromol.
- b. *Backing plate*, berfungsi sebagai tumpuan sekaligus tempat pemasangan komponen rem.
- c. Sepatu rem dan Kampas, biasanya sepatu rem berbentuk busur yang diletakan dengan kanvas rem menggunakan keling atau perekat. sepatu rem berfungsi juga untuk menahan putaran tromol



**Gambar 2. Bagian – bagian kampas rem**

Sumber : <http://tazziemania.wordpress.com/teknik/rem-tromol/> = REM TROMOL « Tazziemania

- d. Pegas pembalik, ini berfungsi mengembalikan sepatu rem ke posisi semula apabila tekanan minyak rem dari master silinder semakin berkurang.

- e. Baut penyetel, berfungsi untuk menyetel kelonggaran antara sepatu rem dan tromol, penyetel rem biasanya menjadi satu dengan silinder roda tetapi ada juga yang terpisah dari silinder dan rodanya.

#### **H. Sifat Mekanik Kampas Rem**

Sejalan dengan meningkatnya pengguna kendaraan bermotor roda 4 atau roda 2 makin tinggi dan laju pertumbuhan kebutuhan *spare part* kampas rem juga berkorelasi positif. Bahkan saat harga BBM semakin tinggi masyarakat pengguna kendaraan roda 2 melaju pesat 2-3 kali lipat dari 5 tahun sebelumnya. Kondisi ini merupakan pangsa empuk bagi pasar komponen kendaraan bermotor kampas rem yang umurnya relatif singkat. Komponen ini perlu mendapat perhatian terhadap kualitas yang mengacu pada standar nasional atau internasional. Mengingat masyarakat manusia berdasarkan kemampuan ekonominya sangat beragam dan umumnya bila mencari komponen akan mencari yang murah tanpa memperhatikan kualitas yang berkaitan dengan keselamatan jarang diperhitungkan. Walaupun hal ini rasanya sudah terbiasa, namun peran pemerintah untuk mengeluarkan kebijakan terhadap produk standar perlu dilakukan evaluasi atau revisi sesuai perkembangan teknologi dan mengutamakan faktor keselamatan serta perlindungan konsumen dari akal-akalan produsen.

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), 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.

Komposit digunakan sebagai material kampas rem karena memiliki banyak kelebihan dari material lainnya. Kelebihan tersebut antara lain adalah, ramah lingkungan, lima kali lebih ringan sehingga mudah dipasang, tahan lama, memiliki tingkat keausan yang mudah dimodifikasi, ketahanan terhadap korosi dan pengaruh zat kimia, serta memiliki tingkat kebisingan yang rendah. Banyak faktor yang bisa menjadi penyebab kegagalan pada kampas rem komposit. Sifat-sifat material gesek blok rem komposit, baik sifat mekanik dan fisik material akan mempengaruhi kemampuan kampas rem menerima beban ketika pengereman terjadi. Kondisi operasi pengereman akan mempengaruhi pembebanan mekanik pada kampas rem. Rancangan dari *backing plate* kampas rem komposit juga akan mempengaruhi kemampuan kampas rem komposit menerima beban.

Bahan friksi tersusun atas tiga komponen yaitu penguat, bahan pengikat serta bahan pengisi. Abu terbang batubara dapat dijadikan sebagai alternatif serat penguat bahan friksi non asbes pada pembuatan kampas rem sepeda motor. Pemanfaatan batubara perlu diketahui sifat-sifat yang akan ditunjukkan oleh batubara tersebut, baik sifat kimiawi, fisik dan mekanis. Sifat-sifat ini akan dapat dilihat atau disimpulkan dari data kualitas batubara hasil analisis dan pengujiannya. Dari sejumlah data kualitas yang ada dari padanya dapat diambil

harga rata-ratanya, misalnya kandungan air, abu dan lain yang bersifat kimiawi, tetapi ada pula yang tidak dapat diambil harga rata-ratanya melainkan harus dilihat harga minimum dan maksimum, seperti pada harga hardgrove index dan titik leleh abu.

Untuk memenuhi syarat dan menjaga keselamatan dalam mengemudikan kendaraan dan kompetisi di pasaran, bahan friksi membutuhkan performa friksi yang baik dan biaya rendah. Akan tetapi, biasanya bahan mentah dengan performa friksi yang baik mempunyai harga yang relatif tinggi. Untuk menghasilkan “*brakelining*” yang baru dengan nilai yang cukup pada koefisien gesek ( $\mu$ ) dan kecepatan *wear* yang rendah, faktor biaya kedua bahan mentah dan proses pembuatannya harus betul-betul dipertimbangkan, agar didapatkan suatu bahan dengan koefisien gesek tinggi dan juga *wear* yang rendah.

Karakterisasi yang perlu dilakukan dalam pembuatan kampas rem sepeda motor adalah kekerasan dan keausan. Kedua hal ini sangat penting karena saling berhubungan satu sama lain. Jika kampas rem sangat keras akan mempengaruhi rotornya dan jika kampas rem cepat aus maka akan menambah pengeluaran. Oleh karena itu, karakterisasi keduanya perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil yang optimal. Selain kedua hal tersebut juga perlu dilakukan karakterisasi pada struktur mikronya karena bisa diketahui efek komposisinya. Jika belum optimal maka bisa merubah komposisi campurannya sehingga hasilnya bisa lebih optimal.

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. Seringkali 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 ([www.stopcobrake.com/en/file/en.pdf/SAEJ661](http://www.stopcobrake.com/en/file/en.pdf/SAEJ661)) yakni :

- a. Untuk nilai kekerasan sesuai standar keamanan 68 – 105 (Rockwell R).
- b. Ketahanan panas 360 °C, untuk pemakaian terus menerus sampai dengan 250 °C.
- c. Nilai keausan kampas rem adalah  $(5 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{kg})$
- d. Koefisien gesek 0,14 – 0,27
- e. Massa jenis kampas rem adalah 1,5 – 2,4 gr/cm<sup>3</sup>
- f. Konduktivitas thermal 0,12 – 0,8 W.m.°K
- g. Tekanan Spesifiknya adalah 0,17 – 0,98 joule/g.°C
- h. Kekuatan geser 1300 – 3500 N/cm<sup>2</sup>
- i. Kekuatan perpatahan 480 – 1500 N/cm<sup>2</sup>

## I. Pengujian Sifat Mekanik

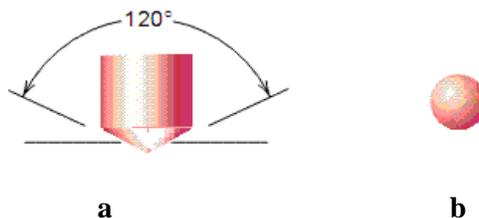
### 1. Pengujian Kekerasan.

Kekerasan (*hardness*), dapat didefinisikan sebagai kemampuan suatu bahan untuk tahan terhadap deformasi plastis. Sifat ini berkaitan dengan sifat tahan aus (wear resistance). Kekerasan juga mempunyai korelasi dengan kekuatan. Pengujian kekerasan adalah satu dari sekian banyak pengujian yang dipakai

karena dapat dilaksanakan pada benda uji yang kecil tanpa kesulitan mengenai spesifikasi. Pengujian yang paling banyak dipakai adalah dengan menekankan penekanan tertentu dan dengan mengukur ukuran bekas penekanan yang terbentuk di atasnya, cara ini dinamakan cara kekerasan penekanan.

Ada cara lain yaitu dengan menjatuhkan bola dengan ukuran tertentu dari ketinggian tertentu dari ketinggian tertentu di atas benda uji dan diperoleh tinggi pantulannya. Akan tetapi, pada penelitian ini digunakan cara kekerasan penekanan dengan Rockwell B. Pengujian kekerasan Brinell merupakan pengujian standar secara industri, tetapi karena penekanannya dibuat dari bola baja yang berukuran besar dengan beban besar maka bahan lunak atau keras sekali tidak dapat diukur kekerasannya. Pengujian kekerasan Rockwell cocok untuk semua material yang keras dan lunak. Penggunaan pengujian ini sederhana dan penekanannya dapat dengan leluasa.

Indentor terbuat dari baja yang diperkeras berbentuk bola dan selain itu ada juga yang berbentuk kerucut intan lihat gambar. Indentor bola mempunyai ukuran diameter masing-masing 1,588, 3,175, 6,350 dan 12,70 mm. Sedangkan beban yang tersedia adalah 10, 60, 100 dan 150 kg.



**Gambar 3. Bentuk indentor rockwell (a) dari samping (b) dari atas.**  
**Sumber :**<http://blog.unsri.ac.id/amir/material-teknik/pengujian-kekerasan-material/mrdetail/6808/>

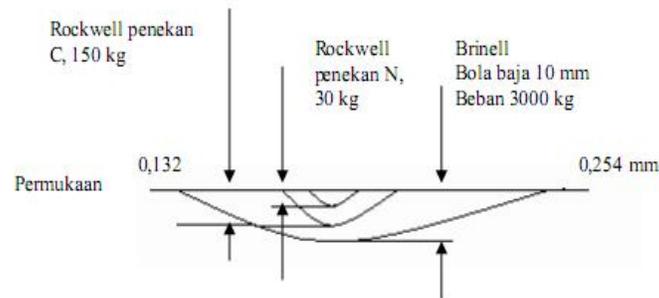
Angka kekerasan Rockwell disimbolkan dengan HR. Penulisan angka kekerasan dan simbol skala di contohkan sebagai berikut, 80 HRB melambangkan angka kekerasan 80 pada skala B. Tabel menampilkan simbol skala, ukuran bola serta beban pada pengujian rockwell.

**Tabel 1. Skala Kekerasan Rockwell**

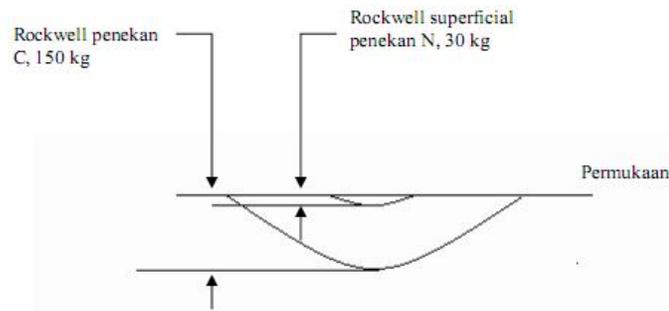
<i>Scale Symbol</i>	<i>Indenter</i>	<i>Major Load (kg)</i>
A	Diamond	60
B	$\frac{1}{16}$ in. ball	100
C	Diamond	150
D	Diamond	100
E	$\frac{1}{8}$ in. ball	100
F	$\frac{1}{16}$ in. ball	60
G	$\frac{1}{16}$ in. ball	150
H	$\frac{1}{8}$ in. ball	60
K	$\frac{1}{8}$ in. ball	150

**Sumber :** <http://blog.unsri.ac.id/amir/material-teknik/pengujian-kekerasan-material/mrdetail/6808/>

Penyimpangan pada pengujian ini muncul bila spesimen uji terlalu tipis atau indenter terlalu dekat dengan tepi spesimen. Ketebalan spesimen paling tidak 10 kali dari kedalaman injak indenter dan jarak antar tempat penekanan paling tidak 3 kali dari diameter injak indenter. Kekasaran permukaan spesimen uji sangat menentukan keakuratan hasil pengujian.



**Gambar 4. Penekanan berbagai pengujian kekerasan**  
**Sumber : Sulistijono (2004)**



**Gambar 5. Penekanan berbagai pengujian kekerasan.**  
**Sumber : Sulistijono (2004)**

## 2. Pengujian Keausan

Keausan umumnya didefinisikan sebagai kehilangan material secara progresif atau pemindahan sejumlah material dari suatu permukaan sebagai suatu hasil pergerakan relatif antara permukaan tersebut dan permukaan lainnya. Pengujian keausan dapat dilakukan dengan berbagai macam metode dan teknik, yang semuanya bertujuan untuk mensimulasikan kondisi keausan aktual. Salah satunya adalah dengan pengujian Laju keausan.

Pengujian laju keausan dinyatakan dengan jumlah kehilangan/ pengurangan specimen tiap satuan luas bidang kontak dan lama pengausan (Viktor Malau dan Adhika widyaparaga,2008).

Laju keausan dinyatakan dengan :

$$W = \frac{W_0 - W_1}{A \cdot t} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan W = Laju keausan (g/mm<sup>2</sup>.detik)

W<sub>0</sub> = Berat awal specimen sebelum pengausan (gram)

W<sub>1</sub> = Berat akhir specimen setelah pengausan (gram)

A = Luas bidang kontak dengan pengausan ( mm<sup>2</sup> )

t = Waktu/lama pengausan (detik)

### 3. Pengujian Lentur

Kekuatan (*strength*), menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan bahan menjadi patah. Kekuatan ini ada beberapa macam, tergantung pada jenis beban yang bekerja atau mengenainya. Contoh kekuatan lengkung. Material yang lentur (tidak kaku) adalah material yang dapat mengalami regangan bila diberi tegangan atau beban tertentu. *Kelenturan* (ductility) Merupakan sifat mekanik *bahan* yang menunjukkan derajat deformasi plastis yang terjadi sebelum suatu *bahan* putus atau patah. Untuk mengetahui kekuatan lentur suatu material dapat dilakukan dengan pengujian lentur terhadap material tersebut. Kekuatan lentur atau kekuatan lengkung adalah tegangan lentur terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi

yang besar atau kegagalan. Besar kekuatan lentur tergantung pada jenis material dan pembebanan.

Kekuatan lentur pada sisi bagian atas sama nilai dengan kekuatan lentur pada sisi bagian bawah. Pengujian dilakukan *three point bending*.



**Gambar 6. *Three Point Bending***  
**Sumber : Sulistijono. 2004.**

Sehingga kekuatan lentur dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\sigma_b = \frac{P.L}{b \times d} \times \frac{1}{12} \times \frac{1}{2} d \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$\sigma_b = \frac{12 . P . L . d}{8 . b . d^3} \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$\sigma_b = \frac{3 . P . L}{2 . b . d^2}$$

Pada perhitungan kekuatan lentur ini, digunakan persamaan yang ada pada standar ASTM D790, sama seperti pada persamaan di atas, yaitu:

$$S = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2} \dots\dots\dots(4).$$

dimana : S = Tegangan lentur (MPa)

P = Beban /*Load* (N)

L = Panjang Span / *Support span*(mm)

b = Lebar/ *Width* (mm)

d = Tebal / *Depth* (mm)

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini telah dilakukan di Laboratorium Metalurgi Fisik ATIM dan Laboratorium Metalurgi Fisik dan Pengecoran Jurusan Teknik Mesin Universitas Hasanuddin.

#### B. Alat dan Bahan yang digunakan

##### 1. Alat

- a. Cetakan berbentuk balok untuk mencetak bahan dengan dimensi panjang 160 mm, lebar 20 mm, dan tinggi 10 mm.
- b. Gelas ukur untuk menentukan volume komposisi bahan-bahan.
- c. Jangka sorong untuk mengukur dimensi spesimen.
- d. Ayakan untuk memisahkan debu batubara agar homogen.
- e. Peralatan finishing, pisau, alat penjemur, alat wadah, cawan pencampur dan pengaduk.
- f. Kikir untuk membentuk bahan agar rata.
- g. Timbangan digital, untuk mengukur berat resin dan *fly ash* batu bara dan juga MgO.
- h. Lem, untuk melapisi cetakan agar memudahkan untuk mengeluarkan spesimen dari cetakan.
- i. Masker, untuk melindungi sistem pernapasan dari debu batu bara dan uap resin.

- j. Mesin uji Kekerasan dengan metode Rockwell B Louis Small.
- k. Mesin uji Lentur LR 10 K plus, kapasitas 1 ton.
- l. Mesin uji Laju keausan dengan sepeda motor shogun FL 125R.
- m. Kamera Digital 12 mega pixel

## **2. Bahan**

- a. *Fly ash* batu bara
- b. MgO
- c. Resin
- d. Katalis

## **C. Prosedur Penelitian**

### **1. Penyiapan Bahan Baku**

Pertama-tama dilakukan pemilihan *fly ash* batubara. Setelah *fly ash* batu bara diperoleh, dilakukan pengayakan dengan menggunakan mesh. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan *fly ash* batu bara dengan diameter yang sama. Setelah persiapan bahan maka dilakukan selanjutnya adalah pembuatan spesimen dari resin, *fly ash* batu bara dan MgO dengan komposisi yang telah ditentukan.

### **2. Variabel Penelitian**

#### **a. Berdasarkan Variasi Komposisi Antar Sampel**

Pengujian dilakukan dengan memvariasikan kandungan MgO mulai dari 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% dan resin epoksi divariasikan sebesar 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% dan 60%. sampel penelitian diambil untuk melihat beberapa perbandingan dari komposisi *fly ash* yang bervariasi.

**Tabel 2. Berdasarkan Variasi Komposisi Antar Sampel**

<b>Komposisi</b>	<b>MgO</b> <b>(%)</b>	<b>ResinEpoksi</b> <b>(%)</b>	<b><i>Fly ash</i> Batubara</b> <b>(%)</b>
<b>I</b>	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>70</b>
	<b>0</b>	<b>40</b>	<b>60</b>
	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>50</b>
	<b>0</b>	<b>60</b>	<b>40</b>
	<b>10</b>	<b>40</b>	<b>50</b>
	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>40</b>
	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>30</b>
	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>20</b>
	<b>50</b>	<b>40</b>	<b>10</b>
	<b>60</b>	<b>40</b>	<b>0</b>

### **3. Pengujian**

Pengujian dilakukan dengan tujuan untuk mengkaji sifat-sifat dari suatu bahan. Sifat-sifat yang dikaji adalah sifat mekanik dan stuktur makro material. Pengujian sifat mekanik yang dilakukan berupa uji kekerasan, uji lentur dan uji

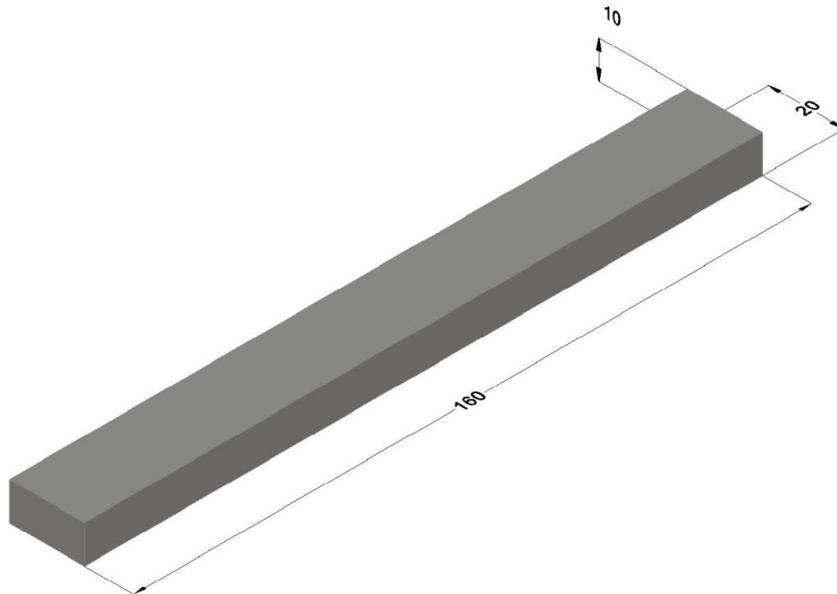
laju keausan. Sedangkan pengamatan makro hanya melalui foto makro dari spesimen.

#### **a. Pengujian Lentur**

Uji bending dapat dilakukan pada benda yang dapat mengalami deformasi plastis dan deformasi elastis. Pengujian dilakukan dengan memberikan pembebanan pada specimen hingga patah. Adapun alat yang digunakan adalah Material Testing Machine LR 10 K plus, kapasitas 1 ton.

Tahapan pengujian lentur dilakukan sesuai dengan langkah berikut:

1. Mengukur dimensi spesimen meliputi: panjang, lebar dan tebal. Bentuk spesimen uji seperti terlihat di bawah ini : .



**Gambar 7. Spesimen uji lentur.**

2. Pemberian label pada setiap spesimen yang telah diukur untuk menghindari kesalahan pembacaan.

3. Menghidupkan mesin untuk uji lentur.
4. Pemasangan spesimen uji pada tumpuan dengan tepat dan pastikan indenter tepat di tengah-tengah kedua tumpuan.
5. Jarak antar tumpuan 60 mm.
6. Pencatatan besarnya Tegangan lentur yang terjadi pada spesimen, setiap penambahan beban sampai terjadi kegagalan.
7. Setelah mendapatkan data hasil pengujian dilanjutkan dengan perhitungan karakteristik kekuatan lentur.

Pengujian spesimen dilakukan secara bertahap sesuai dengan variabel komposisi dan diameter butir yang telah ditentukan. Pemasangan spesimen diletakkan pada dua tumpuan rol yang terpasang pada alat uji seperti pada gambar di bawah ini :



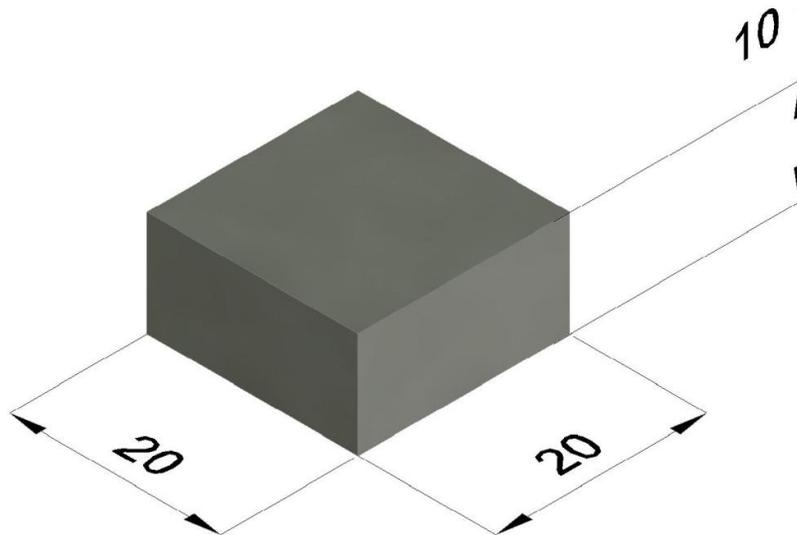
**Gambar 8. Pemasangan spesimen pada alat uji lentur.  
Sumber : Foto Scan (2011)**

### b. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan pada laboratorium metalurgi fisik jurusan mesin fakultas teknik Universitas Hasanuddin. Adapun alat yang digunakan adalah microhardness testing machine model Louis Small, alat ini memiliki beban maksimum sebesar 150 Kg.

Prosedur pengukuran kekerasan dengan metode Rockwell B adalah sebagai berikut :

1. Pertama-tama permukaan benda uji (spesimen) dibersihkan sehingga permukaan tersebut rata dan sejajar terhadap permukaan benda uji.
2. Bentuk spesimen uji seperti terlihat di bawah ini :



**Gambar 9. Spesimen uji kekerasan.**

3. Kemudian dilakukan pemilihan metode pengujian kekerasan yang dipakai atas keperluan pengukuran-pengukuran kekerasan dilakukan beberapa titik

pada permukaan benda uji (pada penelitian ini menggunakan metode Rockwell).

4. Menyiapkan beban penekan yang akan digunakan untuk pengujian sesuai dengan jenis sampelnya. Akan tetapi, pada penelitian ini digunakan bola baja 1/16" dengan berat 100 kg.
5. Setelah itu, sampel yang telah siap diletakkan pada penjepitnya dengan kuat.
6. Memilih waktu penekanan 15 detik.
7. Setelah selesai proses penekanan, sampel dilepas kemudian diukur.

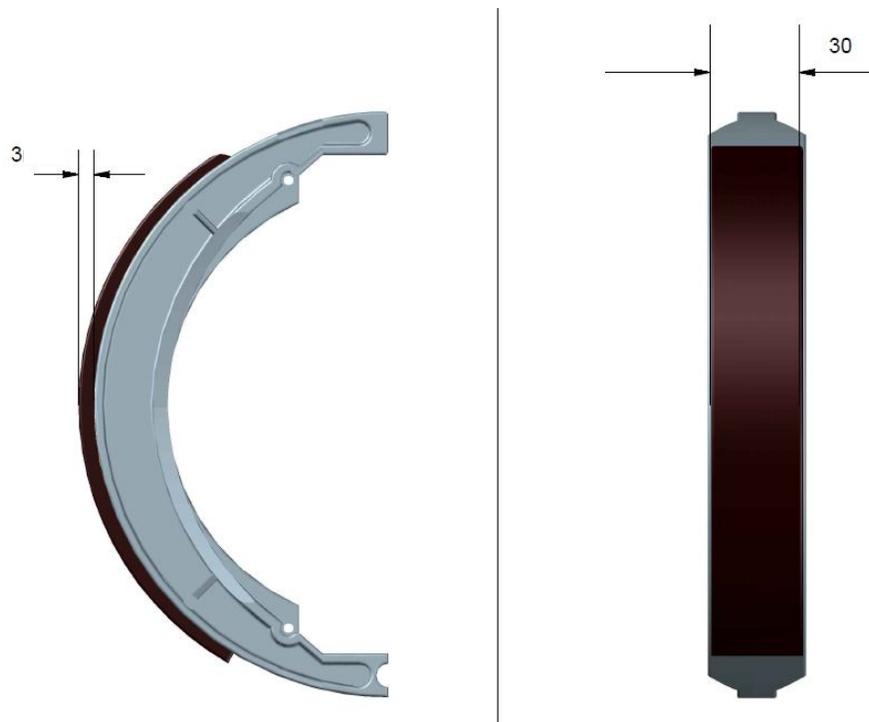


**Gambar 10. Alat pengujian kekerasan dengan metode Rockwell B, Louis Small**

**Sumber : Foto Scan (2011)**

### c. Pengujian Laju Keausan

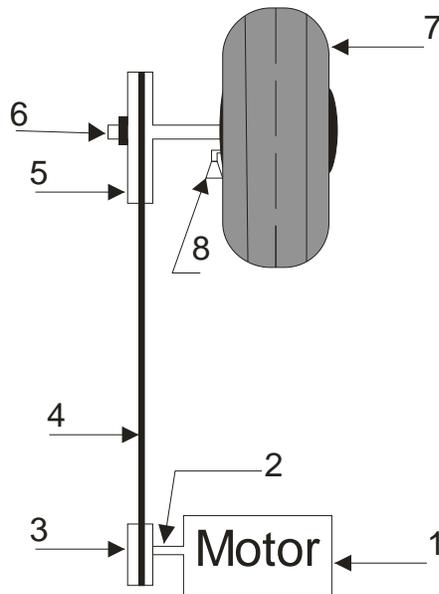
Pengujian Laju keausan dilakukan pada sepeda motor. Roda sepeda motor digerakkan oleh motor dengan kecepatan 100 rpm. Pada saat roda berputar, maka roda, velg dan drum akan ikut berputar sedangkan bagian dalam tromol seperti kampas rem serta cam tidak ikut berputar. Pembebanan yang diberikan sebesar 10 kg, beban yang terhubung ke cam ini akan mendorong kampas rem ke drum sehingga terjadi gesekan dan pengereman. Bentuk spesimen uji laju keausan seperti terlihat di bawah ini :



**Gambar 11. Spesimen uji laju keausan.**



**Gambar 12. Spesimen kampas rem tromol.**



**Gambar 13. Skema instalasi Alat pengujian laju keausan**

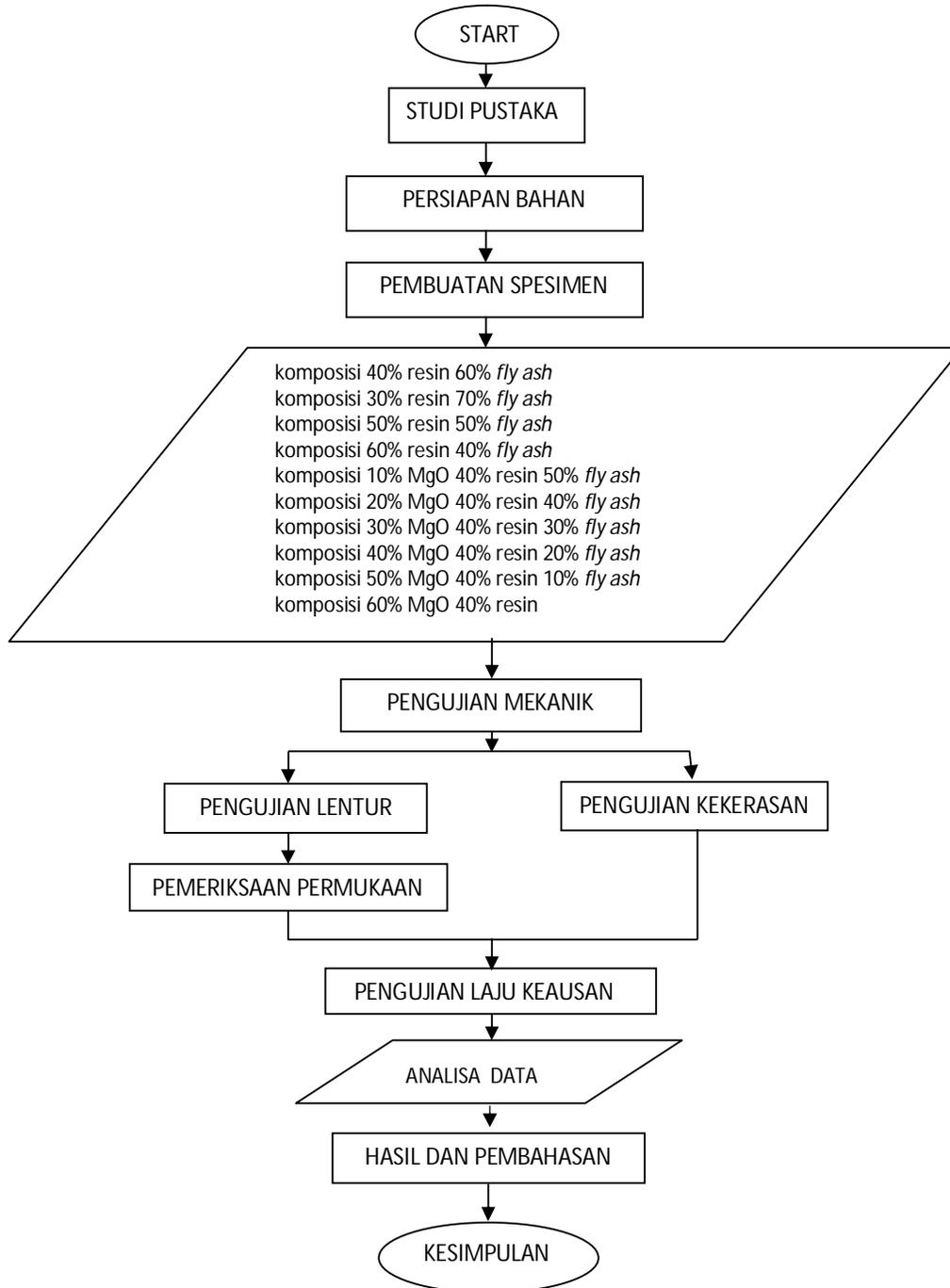
Keterangan :

1. Motor
2. Poros motor
3. Sproket motor
4. Rantai
5. Sproket tromol
6. Poros tromol
7. Roda
8. Beban

**d. Pengamatan Permukaan**

Pengamatan permukaan dengan metode makro. Pengamatan makro pada penelitian ini menggunakan kamera digital zoom dengan perbesaran 10 – 100 x.

#### D. Diagram Alir Penelitian



Gambar 14. Diagram Alir Penelitian

### E. Jadwal Kegiatan

No	Kegiatan	Bulan					
		2	3	4	5	6	7
1	Pencarian Judul	■					
2	Pencarian Referensi	■	■				
3	Pembuatan Proposal Judul	■	■				
4	Penelitian dan Pengolahan Data		■	■	■		
5	Evaluasi dan Hasil		■	■	■	■	
6	Seminar Hasil						■
7	Perbaikan						■
8	Ujian Sarjana						■

#### IV. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

##### A. Hasil Pengujian

##### 1. Hasil Pengujian Lentur

Contoh perhitungan dengan data sebagai berikut :

Spesimen dengan komposisi 60 % MgO dan 40 % resin dengan ukuran tebal 10 mm, lebar 20 mm dan jarak antar titik tumpu 60 mm. Menerima beban sebesar 982 N .

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2} \\
 &= \frac{3 \cdot 982 \cdot 60}{2 \cdot 20 \cdot 10^2} \\
 &= 44,19 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Hasil pengujian lentur dapat dilihat melalui tabel dibawah ini :

**Tabel 3. Pengujian Lentur Berdasarkan Variasi Komposisi**

Komposisi	Beban (N)	d (mm)	b (mm)	L (mm)	S (tegangan lentur) N/mm <sup>2</sup>	Defleksi Maximum (mm)
kom. 60%MgO 40%Resin	982,00	10	20	60	44,19	0,66
kom. 50%MgO 40%Resin 10%FlyAsh	986,99	10	20	60	44,41	0,75
kom. 40%MgO 40%Resin 20%FlyAsh	898,73	10	20	60	40,44	0,56
kom. 30%MgO 40%Resin 30%FlyAsh	833,61	10	20	60	37,51	0,50
kom. 20%MgO 40%Resin 40%FlyAsh	907,65	10	20	60	40,84	0,48
kom. 10%MgO 40%Resin 50%FlyAsh	776,91	10	20	60	34,96	0,46
kom. 60%Resin 40%FlyAsh	779,41	10	20	60	35,07	0,48
kom. 50%Resin 50%FlyAsh	1173,10	10	20	60	52,79	0,69
kom. 40%Resin 60%FlyAsh	727,95	10	20	60	32,76	0,37
kom. 30%Resin 70%FlyAsh	458,53	10	20	60	20,63	0,20

## 2. Hasil Pengujian Kekerasan

Hasil pengujian kekerasan Rockwell B dapat dilihat melalui tabel dibawah ini :

**Tabel 4. Pengujian Kekerasan**

Komposisi	Nilai Kekerasan HRB			Rata-rata
kom. 60%MgO 40%Resin	49	47	48	48,00
kom. 50%MgO 40%Resin 10%FlyAsh	50	43	45	46,00
kom. 40%MgO 40%Resin 20%FlyAsh	76	74	75	75,00
kom. 30%MgO 40%Resin 30%FlyAsh	62	63	64	63,00
kom. 20%MgO 40%Resin 40%FlyAsh	76	78	79	77,67
kom. 10%MgO 40%Resin 50%FlyAsh	68	74	72	71,33
kom. 60%Resin 40%FlyAsh	94	95	93	94,00
kom. 50%Resin 50%FlyAsh	82	78	81	80,33
kom. 40%Resin 60%FlyAsh	74	71	75	73,33
kom. 30%Resin 70%FlyAsh	76	79	77	77,33

## 3. Hasil Pengujian Laju Keausan

Contoh perhitungan laju keausan dengan data sebagai berikut :

Berat awal spesimen 199,81 mm dilakukan pengujian laju keausan selama 1800 detik, beban pengereman 10 kg dan putaran motor 100 rpm dengan luas daerah yang terkena 220 mm<sup>2</sup>, sehingga spesimen tersebut mengalami penurunan berat menjadi 199,73 mm, sehingga laju keausannya (W).

Penyelesaian :

$$W = \frac{w_0 - w_1}{A.t} = \frac{199,81 - 199,73}{220 \cdot 1800} = 2,02 \times 10^{-7} \text{ gram/mm}^2 \cdot \text{detik}$$

Hasil pengujian laju keausan dapat dilihat melalui tabel dibawah ini :

**Tabel 5. Pengujian Laju Keausan**

Komposisi	Berat Awal (W <sub>0</sub> ) gram	Berat Akhir (W <sub>1</sub> ) gram	Luas (A) mm <sup>2</sup>	waktu (t) detik	Laju Keausan (W) gram/mm <sup>2</sup> .detik
Kom. 60%Resin 40%FlyAsh	199,81	199,73	220	1800	2,02E-07
Kom. 50%Resin 50%FlyAsh	198,98	198,88	220	1800	2,53E-07
Kom. 40%Resin 60%FlyAsh	148,34	145,6	670	1800	2,27E-06
Kom. 40%Resin 60%MgO	143,76	143,65	175	1800	3,49E-07
Kom. 40%Resin 40%FlyAsh 20%MgO	144,24	143,94	786	1800	2,12E-07

#### 4. Hasil Perhitungan Umur Pemakaian Kampas Rem

Berat awal kampas rem 42 gram setelah diberikan pengereman selama 1800 detik mengalami penurunan berat sebesar 0,08 gram. Diasumsikan pengereman dalam 1 hari adalah 30 menit atau ½ jam , Maka umur pemakaian !

Umur pemakaian = massa kampas rem : gram terbuang dalam 1800 detik

$$= 42 : 0,08 = 525 \text{ kali pemakaian}$$

$$= 525 \text{ kali} \times 1800 \text{ detik} = 945000 \text{ detik}$$

$$= 945000 \text{ detik} : 3600 = 262,5 \text{ jam}$$

$$= 262,5 : 0.5 \text{ jam}$$

$$= 525 \text{ hari}$$

**Tabel 6. Umur Pemakaian Kampas Rem**

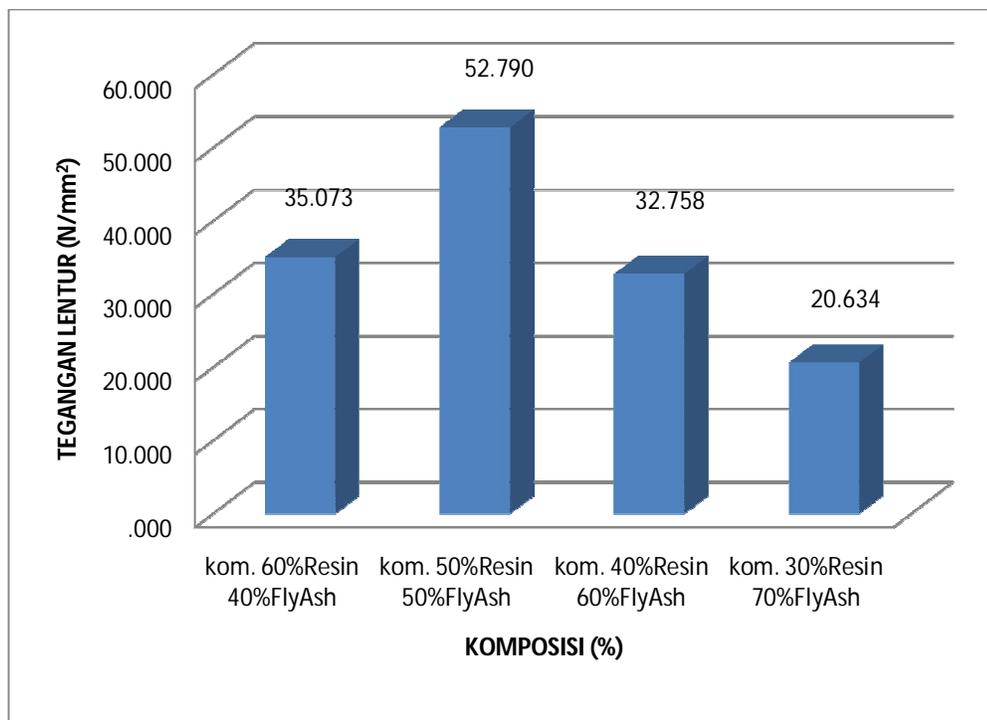
Komposisi	massa (gram)	gram yang terbuang /1800 detik	Kali	Detik	Jam	Hari
Kom. 60%Resin 40%FlyAsh	42	0,08	525,00	945000,00	262,50	525,00
Kom. 50%Resin 50%FlyAsh	40	0,1	400,00	720000,00	200,00	400,00
Kom. 40%Resin 60%FlyAsh	42	2,74	15,33	27591,24	7,66	15,33
Kom. 40%Resin 60%MgO	38	0,11	345,45	621818,18	172,73	345,45
Kom. 40%Resin 40%FlyAsh 20%MgO	38	0,3	126,67	228000,00	63,33	126,67

## B. Pembahasan

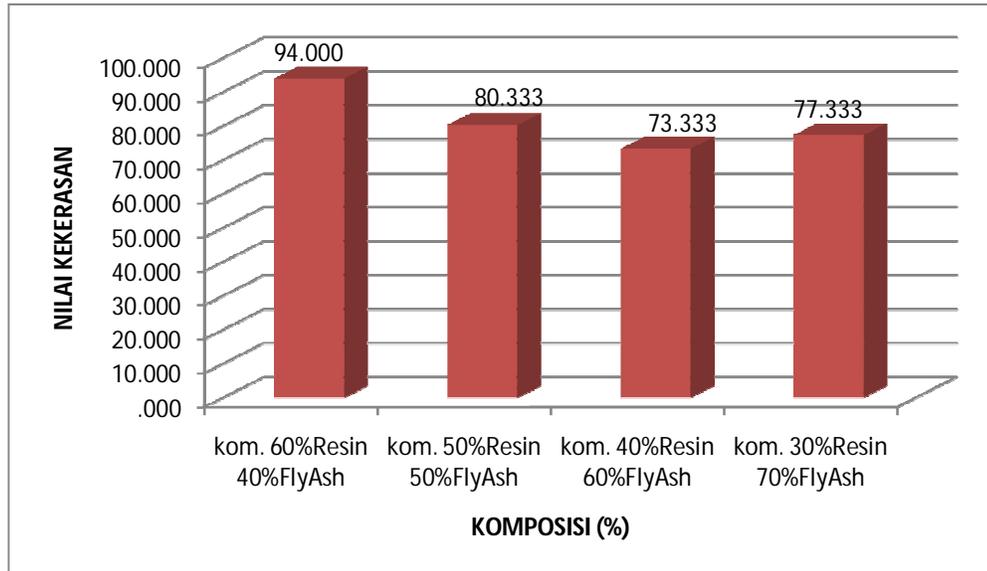
### 1. Pengaruh Komposisi Terhadap Sifat Mekanik

Untuk pembahasan sifat mekanik pada spesimen yang hanya menggunakan campuran variasi resin dan *fly ash* tanpa menggunakan MgO dapat dilihat melalui grafik dibawah ini.

#### a. Komposisi MgO 0 %



Grafik 1. Pengujian lentur dengan komposisi *fly ash* dan resin



**Grafik 2. Pengujian kekerasan dengan komposisi *fly ash* dan resin**

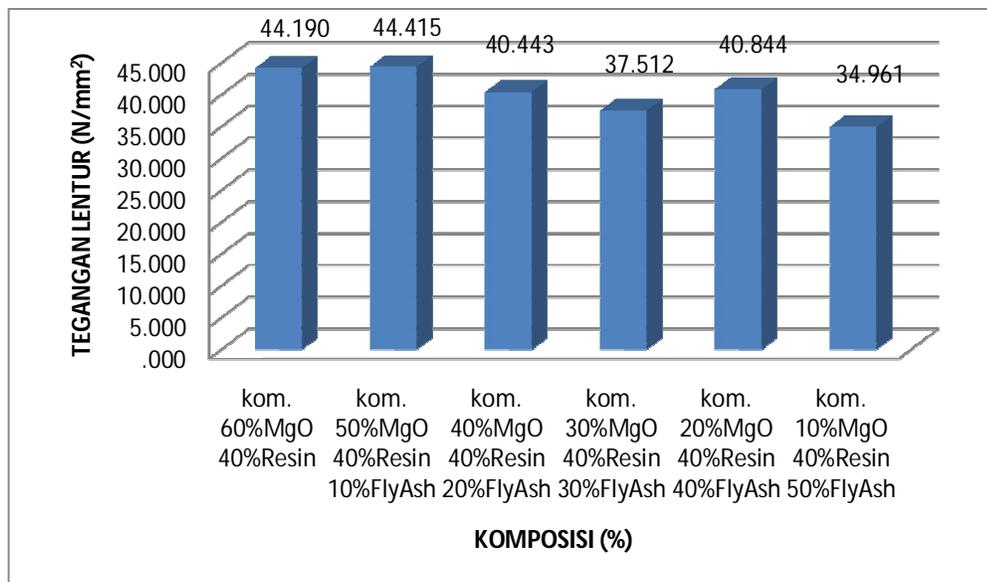
Pada grafik 1 jelas terlihat bahwa penambahan persentase resin pada specimen menyebabkan terjadinya penurunan nilai kelenturan, pada komposisi 50% resin dan 50% *fly ash* terjadi peningkatan kelenturan yang paling tinggi yaitu  $52,79 \text{ N/mm}^2$ , namun kemudian turun akibat dari penambahan resin sampai 60% dan *fly ash* 40% dengan nilai  $35,07 \text{ N/mm}^2$ , untuk nilai kelenturan terendah terjadi pada komposisi 70% *fly ash* dan 30% resin, hal ini terjadi akibat jumlah *fly ash* yang lebih banyak dari yang lain sehingga mengurangi sifat lenturnya dan kemampuan membasahi (*wettability*) matrik seperti resin terhadap penguat *fly ash* yang rendah karena mempunyai sifat inert pada temperatur rendah. *Wettability* yang kurang baik akan mempengaruhi sifat mekanik specimen tersebut.

Pada grafik kekerasan. Ditemukan bahwa penambahan resin dan pengurangan persentase *fly ash* memberikan peningkatan terhadap nilai kekerasannya. Untuk nilai kekerasan yang paling tinggi yaitu 94 HRB di

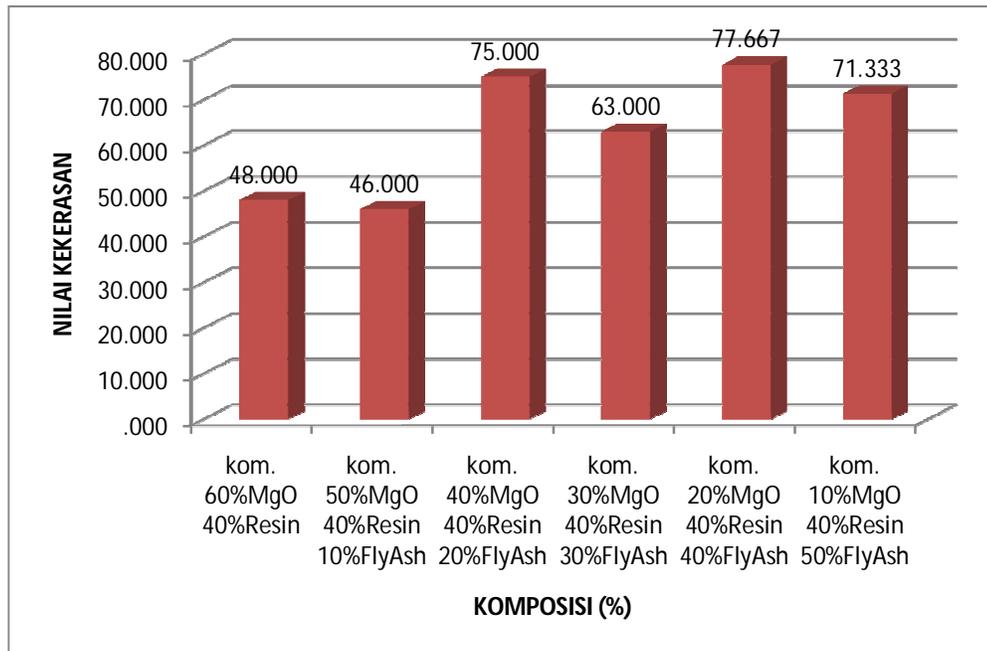
komposisi 60 % resin dan 40 % *fly ash* dan nilai kekerasan terkecil 73.33 HRB pada komposisi 40 % resin dan 60 % *fly ash*. Pada pengujian kekerasan ini penambahan *fly ash* membuat nilai kekerasan spesimen kanvas rem menjadi turun. Ini dikarenakan ikatan antar partikel berkurang, distribusi partikel tidak merata dan terjadi void pada spesimen yang mempengaruhi kekerasannya. Untuk itu memanfaatkan resin sebagai pengikat dalam bahan kanvas rem maka diperlukan bahan penguat berupa *fly ash* yang dapat merekayasa sifat mekaniknya sesuai dengan nilai standar untuk pembuatan kanvas rem dimana untuk nilai kekerasan kanvas rem komposit yang ada dipasaran bernilai 70 – 90 HRB.

#### b. Komposisi MgO Dan *Fly Ash* Yang Bervariasi Dengan Resin Konstan

Untuk spesimen dengan komposisi resin yang konstan dengan MgO dan *fly ash* yang bervariasi maka diperoleh hasil sebagai berikut :



**Grafik 3. Pengujian lentur dengan variasi komposisi**



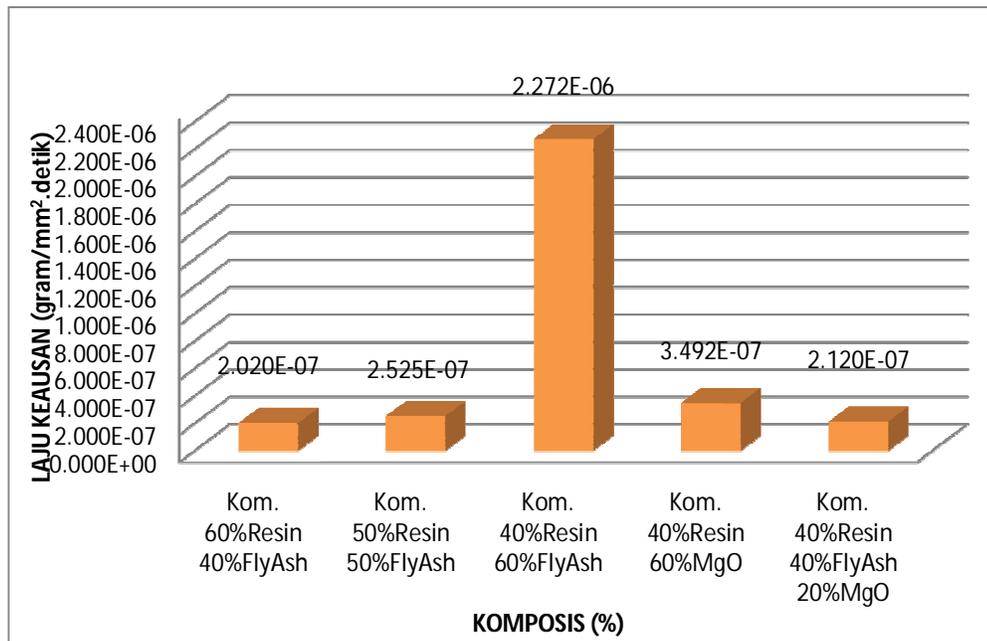
**Grafik 4. Pengujian kekerasan dengan variasi komposisi**

Dari grafik 3 bisa dilihat bahwa pengurangan MgO mulai dari 10%, 20%, sampai 60% dan penambahan *fly ash* mulai dari 50% sampai 0% sampai menunjukkan kecenderungan penurunan nilai tegangan lentur. Nilai kekuatan lentur tertinggi dihasilkan pada komposisi 50% MgO, resin 40% dan 10% *fly ash* sebesar 44,41 N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan pada pengujian kekerasan pada grafik 4. Dengan persentase resin yang sama nilai kekerasan yang bersifat fluktuatif. Ketika MgO dikurangi dari 60% menjadi hingga 10% dan penambahan *fly ash* dari 10% sampai 60% menunjukkan kekerasannya justru menurun. Naiknya nilai kekerasan baru nampak kembali ketika MgO ditambahkan lagi sebesar 20% dan *fly ash* dikurangkan menjadi 40% dan kemudian turun lagi dan berikutnya kecenderungan turun dengan penambahan MgO 50% resin 40% dan *fly ash* 10% dengan nilai kekerasan terendah sebesar 46 HRB. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan sifat

resin yang keras dan getas ditambahkan lagi dengan dan MgO yang memiliki nilai kekerasan yang baik dan berfungsi sebagai bahan abrasif dan *fly ash* yang dapat mengikat resin dan permeabilitas yang tinggi dimana mengisi celah-celah yang ada sehingga spesimen menjadi padat sehingga menjadikan specimen ini dapat menghasilkan sifat mekanik yang baik untuk pembuatan kampas rem.

### c. Pengujian Laju Keausan

Grafik laju keausan menjelaskan pengaruh komposisi terhadap laju keausan dimana bisa dilihat pada grafik dibawah ini :



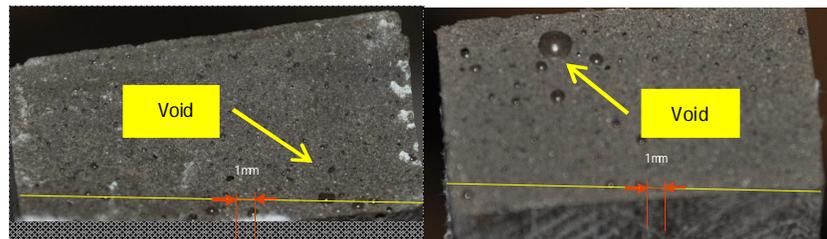
**Grafik 5. Pengujian laju keausan**

Bahan yang memiliki kekerasan lebih tinggi secara umum memiliki ketahanan aus lebih tinggi (laju keausan rendah). Oleh karena itu ada korelasi antara kekerasan dengan laju keausan. Dari hasil pengujian dari beberapa sampel specimen yang telah dipilih maka dilakukan pengujian pada komposisi diatas sehingga di peroleh laju keausan tertinggi pada komposisi 40% resin dan 60% *fly ash* bernilai  $2.27E-06$  gr/mm<sup>2</sup>.detik dan nilai kelenturannya juga paling tinggi yaitu  $44,19$  N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan laju keausan terendah pada komposisi 60% resin dan 40% *fly ash* bernilai  $2.02E-07$  gr/mm<sup>2</sup>.detik dengan nilai kekerasan  $94$  HRB sedangkan nilai kelenturannya lebih rendah yaitu  $35,07$  N/mm<sup>2</sup>. Nilai laju keausan pada komposisi diatas mendekati pada kampas rem asbes yang telah dilakukan

pengujian pula yaitu  $1.27E-07$  gr/mm<sup>2</sup>.detik. Kekuatan lenturnya dan laju keausan dapat diperbaiki dengan menggunakan penguat berupa *fly ash*. Ini juga disebabkan oleh jumlah komposisi resin lebih banyak dari komposisi yang lain dimana resin bersifat keras sehingga berpengaruh terhadap pada laju keausan atau bisa dikatakan tahan terhadap keausan. Memvariasikan *fly ash* untuk mendapatkan sifat mekanik yang baik merupakan sebuah solusi sehingga dapat direkomendasikan sebagai bahan non asbes untuk bahan pembuatan kampas rem.

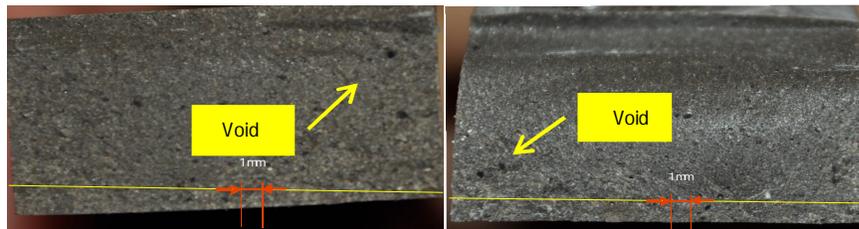
### 3. PENGAMATAN PERMUKAAN (FOTO MAKRO)

a. Perbandingan Foto Makro Spesimen Dengan Komposisi Resin dan *Fly ash* Tanpa Menggunakan MgO.



a.

b.



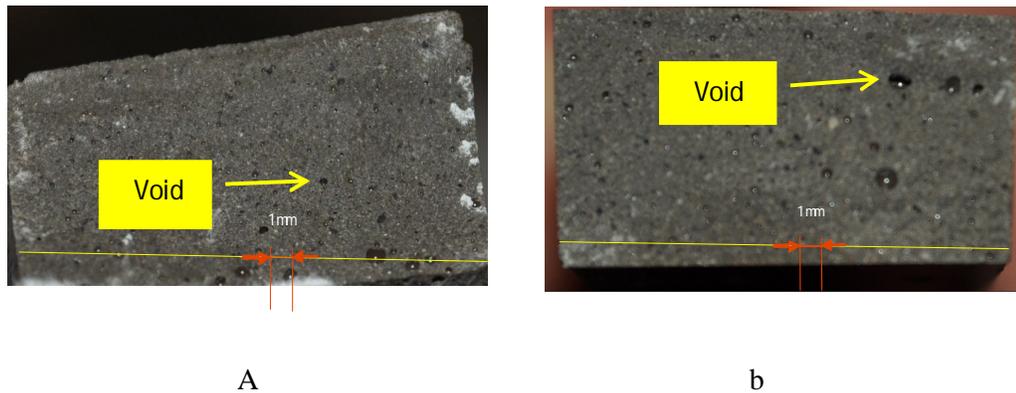
c.

d.

**Gambar 15. a). Komposisi 40 % resin 60 % *fly ash*, b). Komposisi 30 % resin 70 *fly ash*, c). Komposisi resin 50% dan 50% *fly ash*, d). Komposisi 60% resin dan 40% *fly ash***

Dari komposisi resin dan *fly ash* tanpa menggunakan MgO dapat dilihat foto makro pada gambar diatas. Terlihat bahwa spesimen ini memiliki kepadatan yang cukup baik, meskipun dibebberapa bagian terdapat pori-pori. Terutama pada pada komposisi 30 % resin dan 70% *fly ash* ini diakibatkan jumlah *fly ash* yang banyak dari komposisi yang lain, sehingga resin tidak dapat memenuhi seluruh bagian pada pada saat pengadukan pencampuran sehingga nilai kelenturannya menjadi rendah dari komposisi yang lain yang tidak menggunakan MgO. Pada pengujiaan lentur, spesimen ini memperoleh nilai pengujian yang rendah. Tetapi pada pengujian kekerasan nilainya justru yang meningkat dibandingkan dengan menggunakan MgO.

b. Perbandingan Foto Makro Spesimen Dengan Komposisi Yang Tidak Ditambahkan MgO Dan Komposisi Yang Ditambahkan MgO.



**Gambar 16. a). Komposisi resin dan *fly ash*, b). Komposisi resin, fly as dan MgO**

Gambar 16.b adalah tampilan struktur makro dari spesimen dengan komposisi resin, MgO dan *fly ash* yang bervariasi. Permukaan kelihatan padat namun dengan penambahan MgO menimbulkan pori-pori pada permukaan terlihat pada beberapa tempat lebih banyak dari gambar 16.a yang tanpa menggunakan MgO. Dari permukaan spesimen bisa terlihat bahwa jenis patahan yang terjadi bersifat ulet sehingga memiliki nilai kelenturan yang baik. Kemampuan membasahi (*wettability*) yang rendah dan distribusi partikel memungkinkan terjadinya void-void pada spesimen. Spesimen yang menambahkan MgO kurang keras tetapi memiliki uji lentur yang cukup baik dari pada spesimen yang komposisinya resin dan *fly ash* saja.

## V. PENUTUP

### A. Kesimpulan

1. Sifat mekanik komposit bahan kanvas rem dengan variasi komposisi *fly ash* batubara dan resin terhadap tingkat kekerasan tertinggi pada komposisi 60% resin dan 40% *fly ash* yaitu 94 HRB, Laju keausan terendah pada komposisi 60% resin dan 40% *fly ash* adalah  $2.02E-07$  gr/mm<sup>2</sup>.detik sedangkan tingkat kelenturan paling baik pada komposisi 50% resin dan 50% *fly ash* nilainya 52,79 N/mm<sup>2</sup>.
2. Sifat mekanik komposit bahan kanvas rem dengan variasi komposisi *fly ash* batubara, MgO, dan resin memiliki tingkat kekerasan tertinggi pada komposisi 20% MgO, 40% resin dan 40% *fly ash* yaitu 77,67 HRB, tingkat kelenturan tertinggi pada komposisi 50% MgO, 40% resin dan 10% *fly ash* bernilai 44,41N/mm<sup>2</sup>, untuk laju keausan terendah pada komposisi 20% MgO, 40% resin dan 40% *fly ash* dengan nilai  $2.12E-07$  gr/mm<sup>2</sup>.detik.

**B. Saran**

1. Penelitian lanjutan sebaiknya perlu dipikirkan lagi komposisi yang lebih bervariasi dan baik untuk menghasilkan kampas rem yang baik.
2. Sebaiknya hasil pengujian ini diusulkan pada perusahaan pembuat kampas rem dimana kampas rem ini non asbes sehingga ramah lingkungan dan memanfaatkan limbah dari pabrik-pabrik penghasil *fly ash*.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Dieter E George, Djaprie Sriati, 1988. **Metalurgi Mekanik** (*Terjemahan*). Erlangga, Jakarta.
2. <http://alekkurniawan.blogspot.com/2009/05/kampas-rem-berbahan-serbuk-kayu-dan.html> = kampas-rem-berbahan-serbuk-kayu-dan.
3. <http://mustazamaa.wordpress.com/2010/04/15/sifat-sifat-mekanik-bahan/>.
4. [http://translate.google.co.id/translate?hl=id&langpair=en|id&u=http://en.wikipedia.org/wiki/Fly\\_ash](http://translate.google.co.id/translate?hl=id&langpair=en|id&u=http://en.wikipedia.org/wiki/Fly_ash).
5. <http://www.komposit.co.id>
6. <http://www.scribd.com/doc/40071865/Bab-4-Sifat-Material>.
7. <http://xa.yimg.com/kq/groups/15509699/2136924418/name/Komposit.doc>.
8. <http://xa.yimg.com/kq/groups/1051902/1679436173/name/Fly-Bottom+Ash+dan+Pemanfaatannya.pdf>
9. <http://tazziemania.wordpress.com/teknik/rem-tromol/> = REM TROMOL « Tazziemania.
10. Kiswiranti, Desi. 2009. **Pemanfaatan Serbuk Tempurung Kelapa Sebagai Alternatif Serat Penguat Bahan Friksi Nonasbes pada Pembuatan Kampas Rem Sepeda Motor**. Skripsi Teknik Fisika Universitas Negeri Semarang, Semarang.
11. Mallawa, Cesarandie. 2010. **Pengaruh Komposisi dan Diameter Serbuk Tempurung Kelapa Material Komposit Bahan Kampas Rem**. Skripsi Teknik Mesin Universitas Hasanuddin, Makassar.
12. Malau, Viktor dan Adhika Widyaparaga, 2008. Pengaruh Perlakuan Panas Quench Dan Temper Terhadap Laju Keausan, Ketangguhan Impak, Kekuatan Impak dan Kekerasan Baja XW 42 Untuk Keperluan Cetakan Keramik, dari (<http://jurnal.pdii.lipi.go.id/admin/jurnal/30208186192.pdf>) diunduh pada 09 juni 2011.

13. Mengenal uji tarik dan sifat mekanik logam, dari [<http://www.infometrik.com/2009/09/mengenal-uji-tarik-dan-sifat-sifat-mekanik-logam/>] diunduh pada 2 Juni 2010.
14. Pengujian kekerasan material, dari [<http://blog.unsri.ac.id/amir/material-teknik/pengujian-kekerasan-material/mrdetail/6808/>] diunduh pada 2 Juni 2010.
15. Pengujian keausan material, dari [<http://repository.ui.ac.id/contents/koleksi/11/203f21941a45967f2725262fb729753931ce61b8.pdf>] diunduh pada 13 oktober 2010.
16. Pengujian keausan material, dari (<http://jurnal.pdii.lipi.go.id/admin/jurnal/3308367374.pdf>) diunduh pada 09 juni 2011.
17. Smallman R.E & Bishop R. J, Djaprie Sriati, 2000. **Metalurgi Fisik Modern & Rekasaya Bahan** (Terjemahan). Erlangga, Jakarta.
18. Sulistijono. 2004. *Material Komposit*. Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, ITS, Surabaya.
19. Surdia, Tata dan Saito, Shinroku, 1999. **Pengetahuan Bahan Teknik**, Pradnya Paramita, Jakarta.
20. [www.stopcobrake.com/en/file/en.pdf/SAEJ661](http://www.stopcobrake.com/en/file/en.pdf/SAEJ661).
21. Van Vlack Lawrence H, Djaprie Sriati, 1991. **Ilmu dan Teknologi Bahan** (Terjemahan), Erlangga, Jakarta.