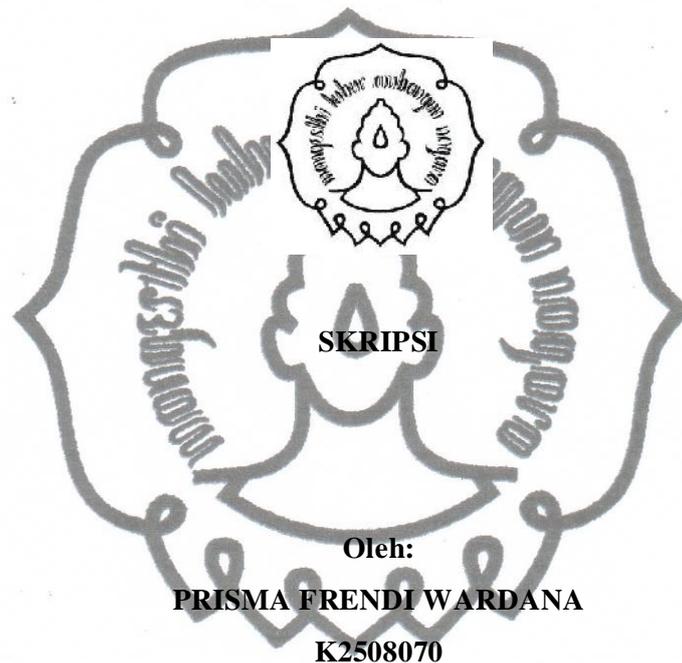


**PEMANFAATAN SERBUK BAMBU SEBAGAI ALTERNATIF
MATERIAL KAMPAS REM *NON-ASBESTOS* SEPEDA MOTOR**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
Desember 2012**

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Prisma Frendi Wardana
NIM : K2508070
Jurusan/ program studi : PTK/ Pendidikan Teknik Mesin

Menyatakan bahwa skripsi saya berjudul **“PEMANFAATAN SERBUK BAMBU SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL KAMPAS REM *NON-ASBESTOS* SEPEDA MOTOR”** ini benar – benar merupakan hasil karya saya sendiri. Selain itu, sumber informasi yang dikutip dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Apabila pada kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan saya.

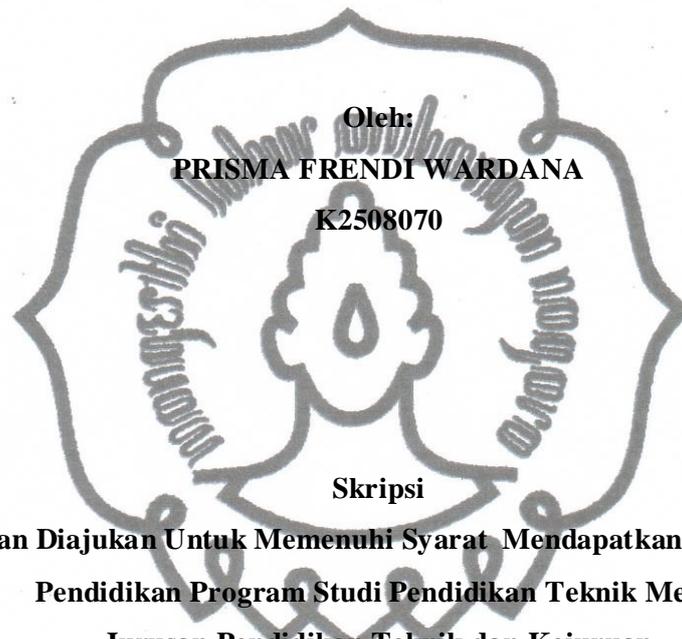
Surakarta, Desember 2012

Yang membuat pernyataan

Prisma Frendi Wardana

commit to user

**PEMANFAATAN SERBUK BAMBU SEBAGAI ALTERNATIF
MATERIAL KAMPAS REM *NON-ASBESTOS* SEPEDA MOTOR**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
Desember 2012**

commit to user

PERSETUJUAN

Skripsi ini telah disetujui untuk dipertahankan dihadapan Tim Penguji Skripsi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret Surakarta.



Surakarta, Desember 2012

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Yuyun Estriyanto, S.T., M.T.
NIP. 19780113 200212 1 009

Suharno, S.T., M.T.
NIP. 19710603 200604 1 001

commit to user

PENGESAHAN

Skripsi ini telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Skripsi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret Surakarta dan diterima untuk memenuhi persyaratan mendapat gelar Sarjana Pendidikan.

Hari : Selasa
Tanggal : 11 Desember 2012

Tim Penguji Skripsi

Nama Terang	Tanda Tangan
Ketua : Drs. Suwachid, M.Pd., M.T.
Sekretaris : Budi Harjanto, S.T., M.Eng.
Anggota I : Yuyun Estriyanto, ST., M.T.
Anggota II : Suharno, S.T., M.T.

Disahkan oleh
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Sebelas Maret


Dekan
Prof. Dr. M Furgon Hidayatullah, M.Pd.
NIP. 19600727 198702 1 001

ABSTRAK

Prisma Frendi W. **PEMANFAATAN SERBUK BAMBU SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL KAMPAS REM *NON-ASBESTOS* SEPEDA MOTOR**. Skripsi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret Surakarta, Desember: 2012.

Tujuan penelitian ini adalah: (1) Mengetahui angka keausan dan angka kekerasan pada komposit kampas rem berbahan serbuk bambu terhadap nilai keausan dan nilai kekerasan, (2) Mengetahui komposisi bahan kampas rem yang dapat dijadikan alternatif kampas rem yang mendekati nilai standar (optimal).

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bangunan Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, JPTK, FKIP, UNS Surakarta dengan alamat di Jl. A. Yani 200 Kartasura. Sedangkan untuk pengujian kekerasan *Brinell* dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret yang berdomisili di Jl. Ir. Sutami 36a Surakarta dan untuk pengujian keausan *Ogoshi* dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada yang berdomisili di Jl. Grafika 2 Yogyakarta. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh komponen penyusun dari kampas rem, yaitu : serbuk bambu, Al, MgO, dengan matriks *polyester*, dan sampel dalam penelitian ini adalah serbuk bambu, Al, MgO, dengan matriks *polyester*. Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan analisis data deskriptif .

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan: (1) Pada hasil pengujian keausan sampel kampas rem, angka keausan yang paling mendekati dengan angka keausan kampas rem Indoparts adalah sampel kampas rem 2 dengan komposisi serbuk bambu 35%, aluminium 15%, MgO 35%, resin 15% dengan angka keausan $0,82 \cdot 10^{-8} \text{ mm}^2/\text{kg}$ dan pada hasil pengujian kekerasan sampel kampas rem, angka kekerasan yang paling mendekati dengan angka kekerasan kampas rem Indoparts adalah sampel kampas rem 2 dengan komposisi serbuk bambu 35%, aluminium 15%, MgO 35%, resin 15% dengan angka kekerasan $19,6 \text{ kg/mm}^2$. (2) Hasil foto makro pada sampel kampas rem menunjukkan bahwa campuran bahan kampas rem sudah dapat tercampur dengan cukup rata. Untuk campuran yang paling rata adalah sampel kampas rem 2 dengan komposisi serbuk bambu 35%, aluminium 15%, MgO 35%, resin 15%. Dengan perbandingan komposisi serbuk bambu dengan MgO 1:1 ternyata komposisi ini dapat tercampur lebih rata dibandingkan perbandingan komposisi sampel lainnya. (3) Dari hasil pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa dengan semakin bertambahnya komposisi serbuk bambu maka semakin rendah angka keausan sampel kampas rem (semakin tahan aus) dan semakin tinggi angka kekerasan sampel kampas rem. Jadi variasi komposisi serbuk bambu sangat berpengaruh terhadap angka keausan dan angka kekerasan sampel kampas rem.

Kata Kunci: Serbuk Bambu, Alternatif Material Kampas Rem *Non-Asbestos*

ABSTRACT

Prisma Frendi W. THE UTILIZATION OF BAMBOO'S POWDER FOR MOTORCYCLE NON ASBESTOS LINING BRAKE ALTERNATIVE MATERIAL. Thesis, Faculty of Teacher Training and Education Science Sebelas Maret University Surakarta, December: 2012.

The purpose of this study were: (1) Determining the wear rate and the hardness rate of composite lining brake made from bamboo's powder with the value of the wear and hardness values, (2) Knowing the material composition of lining brake that could be a lining brake alternative that approaching the standard value (optimal).

This research was practiced at the Laboratory of Building Engineering Education Program, JPTK, FKIP, UNS Surakarta that addressed on the Ahmad Yani Street No. 200 Kartasura. As for the testing of hardness Brinell have done at the Laboratory of Material Engineering Department of Mechanical Engineering Sebelas Maret University Surakarta that addressed on St. Ir. Sutami 36a Surakarta and for the testing of wear Ogoshi done at the Laboratory of Materials Engineering Department of Mechanical Engineering, Gadjah Mada University to the address on St. Grafika 2 Yogyakarta. This research uses experimental methods. The population in this study are all component parts of the lining brake, which are: bamboo's powder, Al, MgO, with a polyester matrix, and the sample in this study is bamboo's powder, Al, MgO, with polyester matrix. Techniques of data analysis in this study used descriptive data analysis.

Based on these results it can be concluded: (1) In the results of wear testing of brake samples, the value that most closely with the wear brake rate Indoparts sample are brake sample 2 with composition of bamboo's powder 35%, aluminium 15%, MgO 35%, resin 15% with wear rate $0,82 \cdot 10^{-8} \text{ mm}^2/\text{kg}$ and in the results of hardness testing of brake samples, the value that most closely with the wear brake rate Indoparts sample are brake sample 2 with composition of bamboo's powder 35%, aluminium 15%, MgO 35%, resin 15% with hardness rate $19,6 \text{ kg/mm}^2$. (2) The results of macro photos on the brake samples showed that the mixture brake can was be mixed fairly evenly. For mixture the sample average is 2 with brake composition of 35% bamboo's powder, 15% aluminium, 35% MgO, 15% resin. By comparison of the composition of the bamboo's powder with MgO 1:1 mixture turns can be mixed more evenly mixing ratio compared with other samples. (3) From the above test results can be concluded that with the increasing composition of bamboo's powder so the lower number of samples brake wear and the higher rate of hardness brake samples. So bamboo's powder composition variation greatly affect the value of samples of brake wear and lining brake sample rate of hardness.

Keywords: Bamboo's powder, Alternative Materials Non-Asbestos Brake lining

MOTTO

“Hargailah karya orang lain, karena dengan menghargai karya orang lain berarti menghargai diri sendiri .”

(Prisma Frendi Wardana)

“Bahwa tiada yang orang dapatkan, kecuali yang ia usahakan, Dan bahwa usahanya akan kelihatan nantinya“

(Q.S. An Najm ayat 39-40)

“Sesuatu yang belum dikerjakan sering kali tampak mustahil, kita baru yakin kalau kita telah berhasil melakukannya dengan baik.”

(Evelyn Underhill)

“Banyak kegagalan dalam hidup ini dikarenakan orang – orang tidak menyadari betapa dekatnya mereka dengan keberhasilan saat mereka menyerah.”

(Thomas Alva Edison)

“Tiadanya keyakinanlah yang membuat orang takut menghadapi tantangan, dan saya percaya pada diri sendiri.”

(Muhammad Ali)

“Jika anda benar, jangan terlalu berani dan bila anda sedang takut, jangan terlalu takut. Karena keseimbangan sikap anda adalah penentu ketepatan perjalanan kesuksesan anda.”

(Mario Teguh)

“Orang yang paling aku sukai adalah dia yang menunjukkan kesalahanku.”

(Umar Bin Khattab)

commit to user

PERSEMBAHAN

Puji syukur aku panjatkan kehadiran ALLAH SWT, kupersembahkan karya ini untuk :

“Bapak dan Ibu Tercinta”

Terima kasih atas segala do'a restu, dan kasih sayang serta dukungan baik moril maupun materiil yang tiada henti mengalir diberikan kepadaku.

Ibuk bapak, kalian yang terbaik, kalian yang selalu ada dihatiku dan kalian adalah segalanya.

“Kakek, Nenek Beserta Keluarga Besar”

Terima kasih atas do'a serta dukungan yang di berikan kepadaku.

“Kusnia Setiarti”

Terima kasih atas do'a dan semangat yang telah kau berikan kepadaku baik dalam suka maupun duka dan terimakasih juga telah membantu dan menemaniku dalam menyelesaikan skripsi ini.

“Adik – adikku”

Terima kasih kepada adikku yang telah membantu dalam pembuatan bahan dan terima kasih kalian telah memberi semangat baru kepadaku.

“Sahabat – sahabat seperjuangan”

Terima kasih kepada Santoso, Fuad, dan Dian sahabatku seperjuangan komposit kamps rem yang telah bahu membahu dalam penelitian sampai akhirnya selesai menyusun skripsi ini. Pengalaman lembur sampai malam tak akan terlupakan.

“Teman-teman PTM '08”

“Almamater”

commit to user

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya, skripsi ini akhirnya dapat diselesaikan, untuk memenuhi sebagian persyaratan mendapatkan gelar Sarjana Pendidikan.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini menghadapi hambatan dan kesulitan. Namun dengan bantuan berbagai pihak, hambatan dan kesulitan tersebut dapat teratasi. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang dengan sepenuh hati memberi bantuan, dorongan, motivasi, bimbingan, dan pengarahan, sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan.

Skripsi ini dapat diselesaikan tidak lepas dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan UNS beserta seluruh staffnya.
2. Ketua Jurusan Pendidikan Teknik dan Kejuruan FKIP UNS.
3. Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Teknik Mesin JPTK FKIP UNS.
4. Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Teknik Bangunan JPTK FKIP UNS.
5. Budi Harjanto, S.T., M.Eng. selaku Pembimbing Akademik.
6. Yuyun Estriyanto, ST., M.T. selaku Dosen Pembimbing I, yang dengan penuh kesabaran memberikan pengarahan dan bimbingan.
7. Suharno, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II, yang dengan penuh semangat memberikan pengarahan dan bimbingan.
8. Maruto Adhi, S.T. selaku staff Laboratorium Material, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta yang telah membantu dalam pengujian spesimen penelitian ini.
9. Sriyanta, S.T. selaku staff Laboratorium Bahan Teknik, Teknik Mesin, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta yang telah mendampingi pengujian dalam penelitian ini.
10. Lilik Dwi Setyana, S.T., M.T. selaku staff Laboratorium Bahan Teknik, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta yang telah mendampingi pengujian dalam penelitian ini.

commit to user

11. Teman-teman seperjuangan komposit kampus rem (Santoso, Fuad, dan Dian).
12. Teman-teman PTM FKIP UNS Angkatan Tahun 2008.
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan penulis. Sehingga kritik dan saran yang bersifat konstruktif dari semua pihak sangat penulis harapkan. Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca umumnya.



Surakarta, Desember 2012

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	1
HALAMAN PERNYATAAN	2
HALAMAN PENGAJUAN	3
HALAMAN PERSETUJUAN	4
HALAMAN PENGESAHAN	5
HALAMAN ABSTRAK	6
HALAMAN ABSTRACT	7
HALAMAN MOTTO	8
HALAMAN PERSEMBAHAN	9
KATA PENGANTAR	10
DAFTAR ISI	12
DAFTAR GAMBAR	16
DAFTAR TABEL	17
DAFTAR LAMPIRAN	18
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	5
C. Pembatasan Masalah	5
D. Perumusan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian	6
F. Manfaat Penelitian	6
1. Manfaat Teoritis	6
2. Manfaat Praktis	6
BAB II LANDASAN TEORI	
A. Tinjauan Pustaka	7
1. Komposit	7

commit to user

a. Pengertian Komposit	7
b. Matriks	9
c. Katalis	9
d. Bahan dan Proses Pembuatan	
Kampas Rem Berbahan Serbuk Bambu	10
1) Serbuk Bambu	10
2) Almunium	11
3) MgO	12
4) Resin <i>Polyester</i>	13
5) Katalis	14
6) Proses Kompaksi	14
7) Proses Sintering	15
2. Kampas Rem	16
a. Pengertian Kampas Rem	17
b. <i>Asbestos</i>	17
c. <i>Non Asbestos</i>	17
d. Kajian Sifat Fisis dan Sifat Mekanik Kampas Rem	18
1) Sifat Fisis Kampas Rem	18
2) Sifat Mekanik Kampas Rem	18
3. Pengujian Spesimen Kampas Rem	18
a. Pengujian Keausan	18
b. Pengujian Kekerasan	21
4. Bahan Serat	24
B. Penelitian Yang Relevan	25
C. Kerangka Berpikir	26
D. Hipotesis Penelitian	27
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Tempat dan Waktu Penelitian	28
1. Tempat Penelitian	28
2. Waktu Penelitian	28

commit to user

B. Rancangan Penelitian	29
C. Populasi dan Sampel	29
1. Populasi	29
2. Sampel	29
D. Teknik Pengambilan Sampel	30
E. Pengumpulan Data	30
Identifikasi Variabel	30
1. Variabel Bebas	30
2. Variabel Terikat	30
3. Variabel Kontrol	31
F. Kalibrasi Alat Penelitian	31
1. Alat	31
G. Analisis Data	35
H. Prosedur Penelitian	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Deskripsi Data	38
1. Foto Sampel	38
2. Hasil Uji Keausan <i>Ogoshi</i>	39
3. Hasil Uji Kekerasan <i>Brinell</i>	41
4. Hasil Foto Struktur Makro dengan <i>Zoomstereo Microscope</i>	42
B. Pembahasan	44
1. Hasil Uji Keausan <i>Ogoshi</i>	44
2. Hasil Uji Kekerasan <i>Brinell</i>	46
3. Hasil Foto Struktur Makro dengan <i>Zoomstereo Microscope</i>	48
4. Temuan Penelitian	50
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN SARAN	
A. Simpulan	51

commit to user

B. Implikasi	52
C. Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN - LAMPIRAN	55



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Serbuk Bambu	10
2.2 Aluminium	11
2.3 Magnesium Oksida	12
2.4 Polyester	13
2.5 Katalis	14
2.6 Proses Kompaksi	14
2.7 Jenis – Jenis Kompaksi	15
2.8 Kampas Rem	16
2.9 Pengujian Keausan Dengan Metode <i>Ogoshi</i>	19
2.10 Metode Pengujian Kekerasan <i>Brinell</i>	23
3.1 Alat penyaring MBT sieve shaker AG-515.....	31
3.2 Timbangan	32
3.3 Mixer	32
3.4 Cetakan	33
3.5 Alat Pengepress	33
3.6 Oven	34
3.7 Amplas	34
3.8 Diagram Alir Penelitian	36
4.1 Sampel Kampas Rem	38
4.2 Histogram Angka Keausan Kampas Rem	40
4.3 Histogram Angka Kekerasan Kampas Rem	42
4.4 Hasil Foto Makro	43

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
2.1	Sifat mekanik dari beberapa jenis material polymers	9
2.2	Variasi Komposisi Sampel Kampas Rem	27
4.1	Hasil Pengujian Keausan <i>Ogoshi</i> Sampel	39
4.2	Angka Keusan <i>Ogoshi</i> Sampel kampas rem	39
4.3	Hasil Pengujian Keausan <i>Ogoshi</i> Indoparts	40
4.4	Angka Keusan <i>Ogoshi</i> kampas rem Indoparts	40
4.5	Hasil Pengujian Kekerasan <i>Brinell</i> Sampel	41
4.6	Angka Kekerasan <i>Brinell</i> sampel kampas rem	41
4.7	Hasil Pengujian Kekerasan <i>Brinell</i> Indoparts	42
4.8	Angka Kekerasan <i>Brinell</i> kampas rem Indoparts	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Data hasil pengujian keausan <i>Ogoshi</i>	56
2. Data hasil pengujian kekerasan <i>Brinell</i>	58
3. Tabel angka kekerasan <i>Brinell</i>	60
4. Daftar Kegiatan Seminar Proposal Skripsi	62
5. Surat Permohonan Ijin Menyusun Skripsi	64
6. Surat Keputusan Dekan FKIP UNS	65
7. Surat Permohonan Ijin <i>Research</i> kepada Rektor UNS	66
8. Surat Permohonan Ijin Penelitian di Laboratorium Pendidikan Teknik Bangunan UNS	67
9. Surat Permohonan Ijin Penelitian di Laboratorium Material Teknik Mesin UNS	68
10. Surat Permohonan Ijin Penelitian di Laboratorium Bahan Teknik Mesin UGM	69
11. Surat Permohonan Ijin Penelitian di Laboratorium D3 Bahan Teknik Mesin UGM	70
12. Surat Keterangan Pelaksanaan Penelitian di Laboratorium Pendidikan Teknik Bangunan UNS	71
13. Surat Keterangan Pelaksanaan Pengujian di Laboratorium Material Teknik Mesin UNS	72
14. Surat Keterangan Pelaksanaan Pengujian di Laboratorium Bahan Teknik Mesin UGM	73
15. Surat Keterangan Pelaksanaan Pengujian di Laboratorium D3 Bahan Teknik Mesin UGM	74
16. Foto Pelaksanaan Penelitian	75

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dunia otomotif sekarang ini mengalami perkembangan yang sangat pesat. Banyak produsen kendaraan roda dua maupun roda empat yang mengembangkan performa mesin agar lebih kuat dan tangguh. Dengan peningkatan performa mesin maka akan dihasilkan kendaraan yang bertenaga besar dan berkecepatan tinggi. Sejalan dengan hal tersebut untuk menjaga keamanan pengendara maka harus dibutuhkan sistem pengereman yang optimal. Sistem pengereman yang baik harus dapat menjaga kestabilan laju kendaraan. Hal terpenting dari sistem pengereman adalah adanya kampas rem.

Kampas rem merupakan media yang berfungsi untuk memperlambat maupun menghentikan laju kendaraan. Terutama pada saat kendaraan berkecepatan tinggi fungsi kampas rem memiliki beban mencapai 90% dari komponen lainnya. Kampas rem memiliki peranan yang sangat penting, bahkan keselamatan jiwa manusia tergantung pada kualitas dari komponen tersebut. Dibutuhkan kampas rem dengan kemampuan yang baik dan efisien agar didapatkan daya pengereman yang optimal.

Secara umum zat penyusun didalam bahan friksi terdiri dari serat, bahan pengisi dan bahan pengikat. Serat berfungsi untuk meningkatkan koefisien gesek dan kekuatan mekanik bahan. Serat terdiri dari serat buatan dan alami. Serat buatan misalnya nilon dan serat gelas. Sedangkan serat alami yang sering dipakai sebagai penguat yaitu serat tumbuhan kelapa, bambu, rami dan jut. Bahan pengisi berupa mineral tambang dan bersifat *fire retardant* sehingga tahan terhadap panas atau memiliki koefisien perpindahan panas yang lebih kecil. Seperti Cu, Cu-Zn, Al, Zn, dll. Bahan pengisi terdiri dari bahan pengisi organik dan anorganik. Bahan pengisi organik misalnya C.N.S.L (*Cashew Nut Shell Liquid*), *dust* dan remah karet. Bahan pengisi anorganik misalnya BaSO, Cu-Zn, Al, Zn. Untuk memodifikasi tingkat gesek dan membersihkan permukaan rotor ditambahkan bahan *abrasif* seperti Al₂O₃, MgO, Fe₃O, SiC, dan *kianit*/Al₃SiO₄. *Abrasif* ini juga

commit to user

digunakan menstabilkan koefisien gesek. Bahan pengikat dapat membentuk sebuah matriks pada suhu yang relatif stabil. Bahan pengikat terdiri dari berbagai jenis resin diantaranya *phenolic*, *epoxy*, *Polyester* dan *rubber*. Resin tersebut berfungsi untuk mengikat berbagai zat penyusun di dalam bahan friksi (Desi Kiswiranti, 2007).

Perlu diketahui bahwa dalam suatu perancangan harus memperhatikan kualitas, biaya produksi, ketersediaan bahan, dan ramah lingkungan. Beberapa negara seperti Amerika, Colombia, Jepang, China, dan negara lainnya telah melarang pemakaian *asbestos* sebagai bahan penyusun pembuatan kampas rem, karena bahan *asbestos* termasuk bahan yang tidak ramah lingkungan sekaligus berbahaya, yang dapat menyebabkan resiko penyakit kanker bagi para pekerja dan pemakai (Dwi Hasta YP, 2011).

Fakta menunjukkan bahwa sekarang ini di pasaran banyak kampas rem yang terbuat dari bahan *asbestos*. Hal itu dikarenakan harga dari kampas rem berbahan *asbestos* ini murah karena kampas rem tersebut terbuat dari satu bahan fiber saja yaitu asbes, sehingga kampas rem tersebut banyak digunakan maupun dijual di pasaran. Di pasaran sebenarnya kampas rem tidak hanya berbahan *asbestos* saja tetapi ada juga kampas rem yang berbahan *non asbestos*. Tetapi kampas rem berbahan *non asbestos* ini memiliki harga yang lebih mahal dibanding kampas rem berbahan asbes. Hal itu dikarenakan kampas rem berbahan *non asbestos* ini terbuat dari beberapa jenis fiber, antara lain *Kevlar*, *steel fiber*, *rock wool*, *cellulose*, dan *carbon fiber*. Pada kenyataannya kampas rem berbahan *asbestos* hanya mampu bertahan pada suhu 200° C dan debu dari kampas rem ini sangat beracun yang dapat menyebabkan *fibrosis* (penebalan dan luka gores pada paru-paru), apabila kampas rem ini terkena air maka daya pengeremannya akan terganggu. Berbeda dengan kampas rem berbahan *non asbestos* yang mampu bertahan hingga suhu di atas 300° C dan kampas rem berbahan *non asbestos* tidak menghasilkan debu yang beracun sehingga ramah lingkungan dan apabila terkena air daya pengeremannya masih bisa optimal.

Kampas rem berbahan *asbestos* mempunyai efek yang tidak ramah lingkungan dan buruk bagi kesehatan, sedangkan kampas rem berbahan *non*

asbestos lebih ramah lingkungan dan tidak mengganggu kesehatan tetapi memiliki harga yang mahal. Sedangkan untuk mendapatkan kampas rem yang ramah lingkungan dan tidak mengganggu kesehatan serta harga yang relatif murah maka harus ada alternatif untuk menggantikan bahan dari kampas rem tersebut.

Nampaknya bahan alam bisa dijadikan alternatif serat pengganti bahan *asbestos* maupun bahan *non asbestos*. Karena ada beberapa bahan alam yang mampu menahan gesekan yang dapat menimbulkan panas pada kampas rem maupun rotor. Dan bahan alam masih juga tergolong dalam bahan *non asbestos* yang mampu menahan panas lebih dari bahan *asbestos*. Ada berbagai bahan alam yang bisa digunakan sebagai alternatif untuk dijadikan bahan serat pengganti dari kampas rem. Salah satunya adalah serat bambu, bahan serat bambu dapat dimanfaatkan sebagai alternatif bahan serat pada kampas rem. Bambu masih tergolong dalam bahan *non asbestos* yang berasal dari alam yang mampu menahan panas lebih karena mempunyai ketahanan gesek dan tingkat keausan yang tinggi. Serat bambu mempunyai ketahanan yang luar biasa, contohnya rumput bambu yang telah dibakar masih dapat tumbuh lagi dan dapat tumbuh dirumput kering.

Bambu (*bamboidae*) salah satu anggota sub familia rumput, pembentukannya atau pertumbuhannya sangat cepat. Tanaman bambu juga mempunyai ketahanan yang luar biasa terhadap suhu lingkungan hidup sehingga bambu mudah hidup diberbagai kondisi lingkungan. Bambu yang akan akan dipakai dalam penelitian kali ini adalah bambu ori atau dengan nama latin *Bambusa arundinacea*. Hal ini dikarenakan bambu ori memiliki serabut yang lebih tinggi dan memiliki pola serabut yang relatif rata, selain itu bambu pada bagian luar juga memiliki kerapatan yang tinggi dan tahan terhadap serapan air. Bambu ori juga mempunyai kuat tarik yang tertinggi dibanding bambu jenis lain. Sifat bambu ori yang kuat, keras dan berdiameter besar, dengan jarak ruas yang pendek cocok digunakan untuk bahan kampas rem.

Penggunaan atau pemanfaatan dari bambu baru sebatas kerajinan tangan, bahan bangunan rumah maupun untuk perabotan rumah tangga, dan masih banyak juga bambu yang belum bisa dimanfaatkan, seperti di desa masih banyak bambu

yang sudah tua hanya dibiarkan kering dan lapuk di kebun dan akhirnya hanya akan sia – sia tidak bisa dimanfaatkan. Sehingga harus ada usaha untuk lebih mengoptimalkan lagi dari kegunaan bambu, maka perlu diadakan penelitian maupun eksperimen yang bisa memanfaatkan bambu sebagai bahan dasar, bahan campuran maupun sebagai bahan utama dari sebuah penelitian. Dari hal itu maka muncul ide untuk memanfaatkan bambu sebagai bahan komposit, dalam hal ini bambu ori digunakan sebagai serat untuk menyusun komposit kanvas rem.

Aluminium (Al) berfungsi sebagai bahan pengisi, dan MgO sebagai bahan abrasif dan penguat karena MgO memiliki karakteristik yang baik untuk digunakan sebagai penguat dalam bahan penyusun komposit. MgO juga mempunyai kemampuan untuk mengisi setiap perbedaan ketinggian dari permukaan yang kasar dan menurunkan tegangan *interfacial*.

Untuk mengikat serat bambu kita gunakan matriks. Disini matriks yang digunakan adalah resin *Polyester*. Resin *Polyester* merupakan salah satu resin yang mudah diperoleh dan digunakan masyarakat umum maupun industri skala kecil maupun besar. Resin *Polyester* ini juga mempunyai kemampuan berikatan dengan serat alam tanpa menimbulkan reaksi dan gas.

Berdasarkan uraian diatas maka akan dilakukan penelitian mengenai pembuatan kanvas rem dengan unsur-unsur bahan yang ramah lingkungan. Hal ini dapat dilakukan dengan melakukan penelitian bagaimana cara membuat formula campuran bahan-bahan selain *asbestos* dengan memvariasi komposisi dari bahan kanvas rem tersebut. Setelah itu diperlukan proses pencampuran bahan – bahan sampai menuju proses pengepresan (pencetakan) dengan tekanan tertentu, kemudian dilakukan proses pemanasan (pengovenan) agar mempercepat proses pengeringan bahan – bahan kanvas rem. Sampai akhirnya dilakukan proses pengujian untuk mengetahui ketahanan keausan dan kekerasan dari kanvas tersebut. Setelah pengujian dilakukan maka akan didapat hasil yang diharapkan dapat menjadi acuan untuk pembuatan kanvas rem yang sesuai di pasaran sekarang ini. Maka dari pedoman di atas akan dilakukan penelitian mengenai **“PEMANFAATAN SERBUK BAMBU SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL KAMPAS REM NON-ASBESTOS SEPEDA MOTOR”**.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas maka ditemukan beberapa permasalahan. Sehingga diperlukan identifikasi permasalahan sebagai berikut:

1. Kampas rem *asbestos* dapat mengganggu kesehatan tubuh manusia.
2. Kampas rem berbahan *non asbestos* lebih tahan gesekan dibanding kampas rem berbahan *asbestos*.
3. Kampas rem berbahan *non asbestos* masih jarang digunakan dan kampas rem berbahan *asbestos* yang masih sering digunakan. Sehingga diperlukan suatu inovasi dalam pembuatan kampas rem berbahan *non asbestos*.
4. Pemanfaatan bahan alternatif dari alam terutama serbuk bambu sebagai bahan rem masih rendah.
5. Perlu dikembangkan kampas rem berbahan alam, misalnya serbuk bambu.

C. Pembatasan Masalah

Agar penelitian yang akan dilakukan tidak terlalu menyimpang dan terlalu luas maka perlu adanya pembatasan masalah, antara lain:

1. Bahan kampas rem yang digunakan adalah serbuk bambu dan Aluminium yang diayak dengan mesh 60, MgO dan matriks *Polyester*.
2. Kompaksi yang diberikan pada waktu pembuatan kampas rem ini sebesar 2 Ton, dan dipanaskan atau disintering dengan suhu 200° C.
3. Pengujian spesimen / sampel.
 - a. Pengujian keausan dengan menggunakan mesin *Ogoshi Universal Wear Testing Machine (Type Oat-U)*.
 - b. Pengujian kekerasan (*Brinell*).

D. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah tersebut di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Berapakah angka keausan dan angka kekerasan pada komposit kanvas rem berbahan serbuk bambu terhadap nilai keausan dan nilai kekerasan?
2. Manakah komposisi bahan kanvas rem yang dapat dijadikan alternatif kanvas rem yang mendekati nilai standar (optimal)?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini, antara lain:

1. Mengetahui angka keausan dan angka kekerasan pada komposit kanvas rem berbahan serbuk bambu terhadap nilai keausan dan nilai kekerasan.
2. Mengetahui komposisi bahan kanvas rem yang dapat dijadikan alternatif kanvas rem yang mendekati nilai standar (optimal).

F. Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan kita peroleh dari penelitian ini:

1. Manfaat Teoritis

- a. Menambah wawasan dan pengetahuan tentang kanvas rem.
- b. Dapat menjadikan acuan bagi penelitian-penelitian berikutnya terutama dalam penelitian komposit kanvas rem.

2. Manfaat Praktis

- a. Memberikan alternatif mengenai pemanfaatan bambu yang dapat dijadikan bahan pembuatan kanvas rem.
- b. Memberikan alternatif mengenai bahan kanvas rem *non asbestos* yang aman untuk digunakan dan mengetahui bahaya yang ditimbulkan dari pemakaian kanvas rem *asbestos*.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

1. Komposit

a. Pengertian Komposit

Komposit (*composite*) merupakan kata sifat yang berarti susunan atau gabungan. *Composite* ini berasal dari kata kerja *to compose* yang berarti menyusun atau menggabung. Jadi definisi komposit dalam lingkungan ilmu material adalah gabungan dua buah material atau lebih yang digabung pada skala makroskopis untuk membentuk material baru yang lebih bermanfaat, ini berbeda dengan *alloy* / paduan yang digabung secara mikroskopis. Pada material komposit sifat unsur pendukungnya masih terlihat dengan jelas, sedangkan pada *alloy* / paduan sudah tidak kelihatan lagi unsur-unsur pendukungnya.

Ada definisi lain dari komposit, menurut Yanu Rianto (2011) bahan komposit didefinisikan sebagai berikut:

Bahan komposit merupakan bahan gabungan secara makro, maka bahan komposit dapat didefinisikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari campuran / kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utama yang secara makro berbeda didalam bentuk dan atau komposisi material yang pada dasarnya tidak dapat dipisahkan.

Komposit merupakan penggabungan material berbeda yang mempunyai tujuan untuk menemukan material baru yang mempunyai sifat antara (*intermediate*) material penyusunnya yang tidak akan diperoleh jika material penyusunnya berdiri sendiri. Sifat yang dihasilkan dari penggabungan material diharapkan bisa saling memperbaiki kelemahan dan kekurangan material penyusunnya. Menurut Yanu Rianto (2011), "Sifat-sifat yang dapat diperbaiki: kekuatan, kekakuan, ketahanan *bending*, berat jenis, pengaruh terhadap temperatur, isolasi termal, dan isolasi akustik".

Penggabungan dua material atau lebih tersebut ada dua macam yaitu (Arumaarifu, 2010):

1) Penggabungan Makro

Ciri - ciri penggabungan makro antara lain : dapat dibedakan secara langsung dengan cara melihat, penggabungannya lebih secara fisis dan mekanis, penggabungannya dapat dipisahkan secara fisis ataupun secara mekanis.

2) Penggabungan Mikro

Ciri - ciri penggabungan mikro yaitu tidak dapat dibedakan dengan cara melihat secara langsung, penggabungannya lebih secara kimiawi, penggabungannya tidak dapat dipisahkan secara fisis dan mekanis, tetapi dapat dilakukan dengan secara kimiawi.

Dari beberapa pengertian diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa komposit merupakan kombinasi dari dua bahan atau lebih yang apabila digabungkan secara makroskopis akan didapat material baru. Namun apabila digabungkan secara mikroskopis hanya akan didapat suatu *alloy* / paduan.

Komposit merupakan bahan yang terdiri atas serat yang diselubungi oleh matriks, biasanya berupa polimer, metal, atau keramik. Serat biasanya berupa bahan dengan kekuatan dan modulus yang tinggi yang berperan sebagai penyanggah beban utama. Keunggulan dari material komposit ini adalah penggabungan unsur-unsur yang unggul dari masing-masing unsur pembentuknya tersebut. Penggabungan material ini dilakukan dalam rangka untuk menemukan sifat antara material penyusunnya. Sifat material hasil penggabungan ini diharapkan saling melengkapi kelemahan - kelemahan yang ada pada material penyusunnya.

Sifat – sifat yang dapat diperbaiki antara lain : kekuatan, pengaruh terhadap suhu, kekakuan, ketahanan korosi, meningkatkan konduktivitas panas, ketahanan lelah, ketahanan gesek, berat.

b. Matriks

Fungsi matriks adalah sebagai pengikat serat, transfer beban dan pendukung serat. Pada komposit serat (*Fibrous Composites*) matriks yang digunakan adalah resin (plastik yang berfasa cair). Matriks harus memiliki perpanjangan saat patah yang lebih besar dibanding perpanjangan saat patah serat. Selain itu juga harus mampu berdeformasi sehingga beban dapat diteruskan antar serat.

Berdasarkan karakteristik thermalnya, resin dapat digolongkan menjadi dua yaitu termoplastik dan termoset. Termoplastik adalah resin yang mencair dan mengalir kembali bila dipanaskan, contohnya *nylon, polythylene, polysulfone, dan polycarbonate*. Sedangkan termoset bersifat sebaliknya bahkan bila dipanaskan pada suhu yang tinggi akan terbakar dan menjadi arang, contohnya *epoxy, Polyester, phenolic*.

Tabel 2.1. Sifat mekanik dari beberapa jenis material polymers

Type	Density (gr/cm ³)	Ultimate Tensile Strenght (MPa)	Yield Strength (Mpa)	Modulus of Elsticity (Gpa)	Elongation at break (%)	Izod Impact Strenght (J)
Epoxy	1,2	70	60	2,25	5	0,3
Phenolic	1,705	56	52	7	1,3	0,18
Polybutylene terephthalate (PBT)	1,335	55	67	12	148	0,27
Nylon 66	1,095	62	63	2,1	152	7
<i>Polyester</i>	1,3 - 1,4	58	70	3,5	2,4	0,22
Polyethylene	0,925	161	16	0,25	350	1,068
Polypropylene (PP)	1,07	50	28	2,25	427	0,16
Polyvinyl Cloride (PVC)	1,305	47	38	3,1	62	5,3
Polymethyl Metharcrylate (PMMA)	1,17	62	69	2,9	15	0,16

(Sumber: Dwi Hasta YP, 2011)

c. Katalis

Katalis berupa suatu cairan, dan cairan ini biasanya berwarna bening dan berbau. Katalis berfungsi untuk mempercepat proses

commit to user

pengerasan adonan, semakin banyak katalis maka akan semakin cepat adonan mengeras tetapi hasilnya kurang bagus.

d. Bahan dan Proses Pembuatan Kampas Rem Berbahan Serbuk Bambu

1) Serbuk Bambu



Gambar 2.1 Serbuk bambu

Bambu adalah tanaman termasuk *bamboidae* salah satu anggota sub familia rumput, pembentuknya sangat cepat. Pada masa pertumbuhan bambu tertentu dapat tumbuh vertikal 5 cm per jam atau 120 cm per hari. Tanaman bambu mempunyai ketahanan yang luar biasa. Rumput bambu yang telah dibakar masih dapat tumbuh lagi dan dapat tumbuh dirumput kering.

Bambu yang akan akan dipakai dalam penelitian kali ini adalah bambu ori dengan nama latin *Bambusa arundinacea*. Hal ini dikarenakan bambu ori memiliki serabut yang lebih tinggi dan memiliki pola serabut yang relatif rata, selain itu juga memiliki kerapatan yang tinggi dan tahan terhadap serapan air. Sifat bambu ori yaitu kuat, keras dan berdiameter besar, dengan jarak ruas yang pendek. Untuk sifat mekanik, bambu ori mempunyai kuat tarik yang tertinggi dibanding bambu jenis lain dengan angka 2968 kg/cm^2 (296,8 MPa) dan untuk kekerasan bambu ori sekitar 30 HBN. Dan untuk sifat fisik bambu ori meliputi:

a) Kandungan Air

Kandungan air merupakan sifat fisik bambu yang penting karena mempengaruhi sifat mekanik dari bambu. Kandungan air pada batang bambu setelah dipotong antara 50%-99%.

b) Berat Jenis

Bambu memiliki berat jenis berkisar antara 600-900 kg/m³.

2) Aluminium



Gambar 2.2 Serbuk Aluminium

Aluminium adalah logam yang paling banyak terdapat di kerak bumi, dan unsur ketiga terbanyak setelah oksigen dan silikon. Aluminium terdapat di kerak bumi sebanyak kira-kira 8,07% hingga 8,23% dari seluruh massa padat dari kerak bumi, dengan produksi tahunan dunia sekitar 30 juta ton pertahun dalam bentuk bauksit dan bebatuan lain (*corundum*, *gibbsite*, *boehmite*, *diaspore*, dan lain-lain). Sulit menemukan Aluminium murni di alam karena Aluminium merupakan logam yang cukup reaktif.

Aluminium murni adalah logam yang lunak, tahan lama, ringan, dan dapat ditempa dengan penampilan luar bervariasi antara keperakan hingga abu-abu, tergantung kekasaran permukaannya.

Aluminium murni 100% tidak memiliki kandungan unsur apapun selain Aluminium itu sendiri, namun Aluminium murni yang dijual di pasaran tidak pernah mengandung 100% Aluminium, melainkan selalu ada pengotor yang terkandung didalamnya. Pengotor yang mungkin berada didalam Aluminium murni biasanya adalah gelembung gas didalam yang masuk akibat proses peleburan dan pendinginan / pengecoran yang tidak sempurna, material cetakan akibat kualitas cetakan yang tidak baik, atau pengotor lainnya akibat

kualitas bahan baku yang tidak baik (misalnya pada proses daur ulang Aluminium).

Sifat Aluminium:

Sifat - sifat penting yang dimiliki Aluminium sehingga banyak digunakan sebagai material teknik adalah sebagai berikut:

- a) Berat jenisnya ringan (hanya $2,7 \text{ gr/cm}^3$).
- b) Tahan korosi.
- c) Penghantar listrik dan panas yang baik.
- d) Mudah difabrikasi/ditempa.
- e) Kekuatannya rendah tetapi pepaduan (*alloying*) kekuatan bisa dapat ditingkatkan. Kekuatan mekanik meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, dan Ni.
- f) Sifat elastisnya yang sangat rendah, hampir tidak dapat diperbaiki baik dengan pepaduan maupun dengan *heat treatment*.

3) MgO



Gambar 2.3 Magnesium Oksida

Magnesium Oksida (MgO) adalah material berstruktur logam yang sangat ringan dengan berat jenis ($1,74 \text{ gr/cm}^3$), titik lebur (650°C), titik didih (1097°C), modulus elastis (110 MPa), kekuatan luluh (255 MPa), kekerasan (12 VHN). Magnesium Oksida (MgO) baik untuk

digunakan sebagai bahan abrasif dan penguat karena karakteristik yang dimiliki oleh MgO cocok digunakan untuk bahan komposit. 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. 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.

4) Resin *Polyester*



Gambar 2.4 *Polyester*

Polyester paling banyak digunakan terutama untuk aplikasi konstruksi ringan, selain itu harganya murah, resin ini mempunyai karakteristik yang khas yaitu dapat diwarnai, transparan, dapat dibuat kaku dan fleksibel, tahan air, tahan cuaca dan bahan kimia. Keuntungan lain matriks *Polyester* adalah mudah dikombinasikan dengan resin lain dan dapat digunakan untuk semua bentuk penguatan plastik. Salah satunya *Polyester* tersebut dipergunakan sebagai bahan pembuatan kampas rem, aksesoris visor dan lain-lain.

5) Katalis



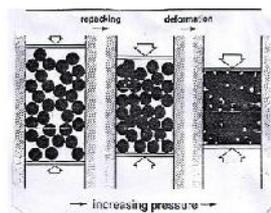
Gambar 2.5 Katalis

Katalis berupa suatu cairan, dan cairan ini biasanya berwarna bening dan berbau. Katalis berfungsi untuk mempercepat proses pengerasan adonan, semakin banyak katalis maka akan semakin cepat adonan mengeras tetapi hasilnya kurang bagus. Penambahan katalis yang baik sejumlah 1 % dari jumlah total resin yang dipakai. Apabila cairan ini jika mengenai kulit akan terasa panas, seperti cairan air zuur.

6) Proses Kompaksi

Proses kompaksi adalah proses memampatkan serbuk sehingga serbuk akan saling melekat dan rongga udara antar partikel akan terdorong keluar. Semakin besar tekanan kompaksi jumlah udara diantara partikel akan semakin sedikit, namun kompaksi jumlah udara (porositas) tak mungkin 0 (nol). Hasil dari proses kompaksi disebut *green body*.

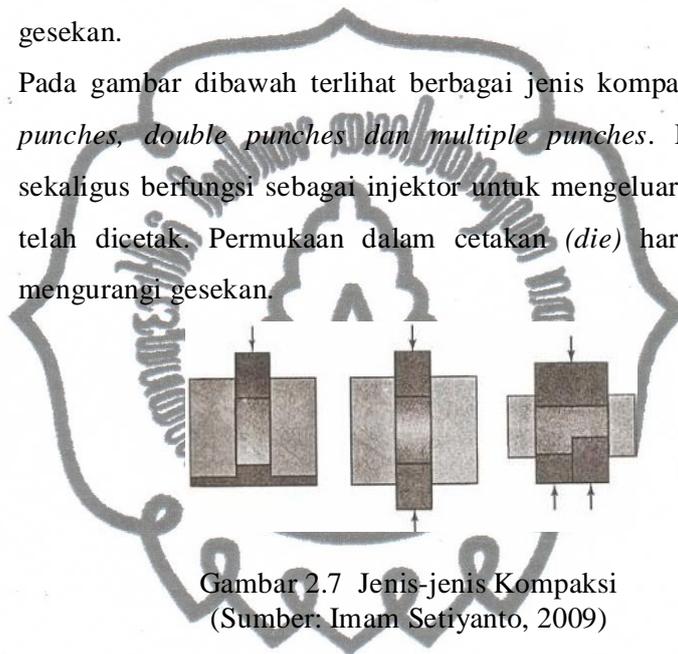
Proses pemampatan adalah suatu proses dari mesin kompaksi yang memberikan gaya penekanan *unaksial* (Dwi Hasta YP, 2011). Pemberian tekanan yang sangat besar terhadap material serbuk yang bertujuan untuk mendapatkan spesimen benda uji yang diinginkan.



Gambar 2.6 Proses Kompaksi
(Sumber: Dwi Hasta YP, 2011)
commit to user

Kompaksi dapat dilakukan dengan satu arah sumbu, dua arah sumbu atau dari segala arah. Kompaksi dua arah ini bisa jadi dengan arah berlawanan. Kebanyakan proses kompaksi menggunakan penekan (*punch*) atas dan bawah. Penekanan bawah sekaligus berfungsi sebagai injektor untuk mengeluarkan benda yang telah dicetak. Permukaan dalam cetakan (*die*) harus halus untuk mengurangi gesekan.

Pada gambar dibawah terlihat berbagai jenis kompaksi yaitu *single punches*, *double punches* dan *multiple punches*. Penekan bawah sekaligus berfungsi sebagai injektor untuk mengeluarkan benda yang telah dicetak. Permukaan dalam cetakan (*die*) harus halus untuk mengurangi gesekan.



Gambar 2.7 Jenis-jenis Kompaksi
(Sumber: Imam Setryanto, 2009)

Proses kompaksi terdiri dari dua jenis metode yaitu *hot compaction* dan *cold compaction*. Kedua metode tersebut berfungsi dan berprinsip kerja yang hampir sama, yang paling membedakan adalah pada jenis *hot compaction* terjadi perlakuan panas disaat proses penekanan (*punch*) berlangsung.

7) Proses Sintering

Istilah sintering berasal dari bahasa jerman, "*sinter*" dalam bahasa Inggris berasal dari kata "*cinder*" yang berarti bara. Sintering merupakan metode pembuatan material dari serbuk dengan pemanasan sehingga terbentuk ikatan partikel. Sintering dapat terjadi dibawah suhu leleh (*melting point*) dengan melibatkan *transfer atomic* pada

commit to user

kondisi padat. Selama proses sinter akan terjadi penggabungan antar partikel, sehingga saling mengikat. Dengan adanya proses sinter maka akan terjadi proses pergerakan partikel antar serbuk pada bagian permukaan serbuk. Proses sintering merupakan tahap lanjutan setelah pembuatan *green body* dari proses kompaksi (Imam Setiyanto, 2009). Peralatan yang paling penting dalam proses sintering adalah dapur sinter. Dapur ini harus dapat mengatur temperatur, waktu pemanasan kecepatan pemanasan dan lingkungan dalam dapur itu sendiri. Ada dua tipe dapur sinter, yaitu dapur satuan (*batch furnace*) dan dapur kontinyu (*continuous furnace*). *Batch furnace* diisi oleh material yang akan disinter lalu temperatur diatur sesuai dengan kebutuhan. Sedangkan dapur kontinyu dilengkapi dengan sabuk yang terdiri dari jalinan kawat dimana diletakkan *green body*. Proses sinter dengan dapur kontinyu biasanya digunakan untuk memproduksi komponen dalam jumlah banyak. Sedangkan *batch furnace* digunakan pada siklus sintering khusus dengan produksi terbatas.

Pada proses sintering, terjadi proses pembentukan fase baru melalui proses pemanasan dimana pada saat terjadi reaksi komponen pembentuk masih dalam bentuk padat dari campuran serbuk. Hal ini bertujuan agar butiran-butiran (*grain*) dalam partikel-partikel yang berdekatan dapat bereaksi dan berikatan.

2. Kampas Rem



Gambar 2.8 Kampas rem
commit to user

a. Pengertian Kampas Rem

Kampas rem merupakan salah satu komponen yang terdapat dalam setiap kendaraan. Kampas rem merupakan media yang berfungsi untuk memperlambat maupun menghentikan laju kendaraan. Terutama pada saat kendaraan berkecepatan tinggi fungsi kampas rem memiliki beban mencapai 90% dari komponen lainnya, bahkan keselamatan jiwa manusia tergantung pada kualitas dari komponen tersebut. Dibutuhkan kampas rem dengan kemampuan yang baik dan efisien agar didapatkan daya pengereman yang optimal. Kampas rem memiliki peranan yang sangat penting, bahkan keselamatan jiwa pengendara tergantung pada kualitas kampas rem tersebut.

b. *Asbestos*

Asbestos merupakan salah satu bahan yang digunakan untuk pembuatan kampas rem. Bahan asbes (*asbestos*) ini memiliki kelemahan dalam keadaan basah apabila dijadikan bahan kampas rem. Apabila dalam keadaan basah kampas rem berbahan *asbestos* mempunyai efek licin sehingga daya pengereman kendaraan tidak akan optimal.

Penggunaan bahan *asbestos* dalam pembuatan kampas rem menimbulkan efek yang tidak baik yaitu tidak ramah lingkungan karena memiliki dampak negatif bagi kesehatan yaitu dapat menyebabkan *asbestosis/fibrosis* (penebalan dan luka gores pada paru-paru), kanker paru-paru dan kanker saluran pernapasan.

c. *Non Asbestos*

Selain bahan *asbestos*, bahan *non asbestos* ternyata dapat dijadikan alternatif lain untuk bahan kampas rem. Bahan *non asbestos* merupakan bahan yang ramah lingkungan sehingga tidak akan mengganggu kesehatan. Selain itu, bahan *non asbestos* juga dapat mengatasi efek licin yang diakibatkan oleh kampas rem berbahan *asbestos*, hal itu dikarenakan bahan *non asbestos* mampu menahan gesekan lebih

kuat dibanding bahan *asbestos*. Salah satu bahan *non asbestos* dapat memanfaatkan dari bahan kevlar. Bahan kevlar ini biasanya dijadikan rompi anti peluru karena kevlar mampu menghambat laju dari peluru tersebut. Selain itu bahan *non asbestos* juga bisa didapat dari bahan alam, antara lain : serat bambu, serat tempurung kelapa, serabut kelapa, serbuk kayu, serat kulit mete , serat ampas tebu, dan masih banyak lagi.

d. Kajian Sifat Fisik Dan Mekanik Kampas Rem

1) Sifat Fisik Kampas Rem

Sifat fisik kampas rem merupakan sifat yang dapat terlihat setelah bahan kampas rem diberi atau dikenai suatu perlakuan. Misalnya pada waktu pencampuran bahan, perubahan suhu, perubahan tekanan dapat menimbulkan perubahan pada kampas rem.

2) Sifat Mekanik Kampas Rem

Sifat mekanik kampas rem menyatakan kemampuan suatu bahan kampas rem untuk menerima beban / gaya / energi dengan atau tanpa menimbulkan kerusakan pada bahan / komponen kampas rem 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.

3. Pengujian Spesimen Kampas Rem

a. Pengujian Keausan

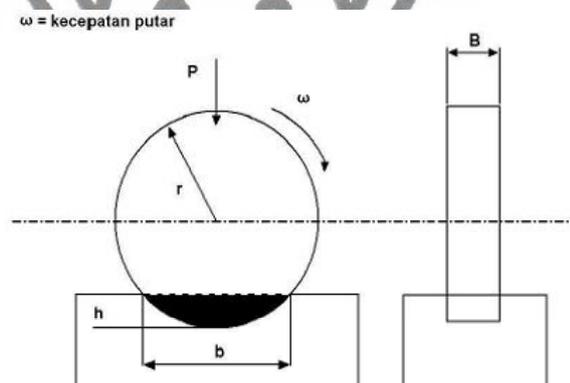
Keausan umumnya didefinisikan sebagai kehilangan material secara progresif atau pemindahan sejumlah material dari suatu permukaan sebagai suatu hasil pergerakan relatif antara permukaan tersebut dan permukaan lainnya (Imam Setiyanto, 2009). Pembahasan mekanisme keausan pada material berhubungan erat dengan gesekan (*friction*) dan

commit to user

pelumasan (*lubrication*). Telaah mengenai ketiga subyek ini yang dikenal dengan nama ilmu tribologi. Keausan bukan merupakan sifat dasar material, melainkan respon material terhadap sistem luar (kontak permukaan). Material apapun dapat mengalami keausan disebabkan mekanisme yang beragam.

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

Ilustrasi skematis dari kontak permukaan antara *revolving disc* dan benda uji di berikan oleh gambar berikut:



Keterangan :

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| P : Beban | h : Kedalaman bekas injakan |
| r : jari-jari <i>revolving disc</i> | b : Lebar bekas injakan |
| B : Tebal <i>revolving disc</i> | ω : Kecepatan putar |

Gambar 2.9. Pengujian Keausan Dengan Metode Ogoshi
(Sumber: Imam Setiyanto, 2009)

Material jenis apapun akan mengalami keausan dengan mekanisme yang beragam, yaitu: keausan adhesif, abrasif, lelah dan oksidasi.

Di bawah ini diberikan penjelasan ringkas dari mekanisme - mekanisme tersebut.

1) Keausan Adhesif

Terjadi bila kontak permukaan dari dua material atau lebih mengakibatkan adanya perlekatan satu sama lain dan pada akhirnya terjadi pelepasan / pengoyakan salah satu material.

2) Keausan Abrasif

Terjadi bila suatu partikel keras (*asperity*) dari material tertentu meluncur pada permukaan material lain yang lebih lunak sehingga terjadi penetrasi atau pemotongan material yang lebih lunak.

3) Keausan Lelah

Merupakan mekanisme yang relatif berbeda dibandingkan dua mekanisme sebelumnya, yaitu dalam hal interaksi permukaan. Baik keausan adhesif maupun abrasif melibatkan hanya satu interaksi sementara pada keausan lelah dibutuhkan interaksi multi.

4) Keausan Oksidasi

Seringkali disebut sebagai keausan korosif. Pada prinsipnya mekanisme ini dimulai dengan adanya perubahan kimiawi material dibagian permukaan oleh faktor lingkungan. Sehingga menghasilkan pembentukan lapisan pada permukaan dengan sifat yang berbeda dengan material induk. Sebagai konsekuensinya, material pada lapisan permukaan akan mengalami keausan yang berbeda.

Uji keausan merupakan uji karakteristik fisik yang digunakan untuk mengetahui seberapa besar tingkat keausan benda (permukaan) terhadap gesekan atau goresan. Uji keausan dilakukan dengan cara menghitung lebar keausan dari sampel. Alat untuk pengujian keausan ialah

Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine (Type OAT-U).

Keutamaan dari alat ini diantaranya :

- 1) Pengujian dilakukan dengan mudah dan cepat.
- 2) Benda uji tidak harus berukuran besar.
- 3) Lama waktu abrasi dapat ditentukan dan daya tahan aus permukaan benda uji dengan berbagai variasi bahan dapat dengan mudah terdeteksi.
- 4) Perubahan tekanan, kecepatan dan jarak penggosok dapat dibuat dengan mudah dengan jarak yang lebih lebar.
- 5) Berbagai macam bahan-bahan industri (karbon, baja, *harden steel*, *cast steel*, *super-hard alloys*, tembaga, kuningan, *synthetic resins*, *nylon*, dan lain-lain) dapat diuji.

Rumus nilai keausan spesifik:

$$W_s = \frac{B(B_o)^3}{8r P_o L_o} \frac{mm^2}{kg} \dots\dots\dots (1)$$

Di mana :

B : lebar piringan pengaus (mm)

B_o : lebar keausan pada benda uji (mm)

r : jari-jari piringan pengaus (mm)

P_o : gaya tekan pada proses keausan berlangsung (kg)

L_o : jarak tempuh pada proses pengausan (mm)

W_s : harga keausan spesifik (mm²/kg)

b. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan adalah menghitung daya tahan bahan terhadap goresan atau penetrasi pada permukaannya. Ada tiga sifat umum mengenai ukuran kekerasan yaitu:

- 1) Kekerasan goresan (*scrath hardness*).
- 2) Kekerasan lekukan (*indentation hardness*).

- 3) Kekerasan pantulan (*rebound hardness*) atau kekerasan dinamik (*dynamic hardness*).

Bilangan kekerasan biasanya menurut alat uji yang digunakan untuk menguji kekerasan benda. Kekerasan (*Brinell*) dinyatakan dengan HB, kekerasan (*Vickers*) dinyatakan dengan HV dan kekerasan (*Rockwell*) dinyatakan dengan HRB untuk penetrator bola baja atau HRC untuk penetrator kerucut intan.

Pengujian kekerasan dengan metode *Brinell* ini sangat cocok untuk mengukur bahan-bahan yang kurang homogen, seperti besi tuang dengan diperoleh nilai rata – rata yang baik serta memiliki angka kekerasan yang sedang.

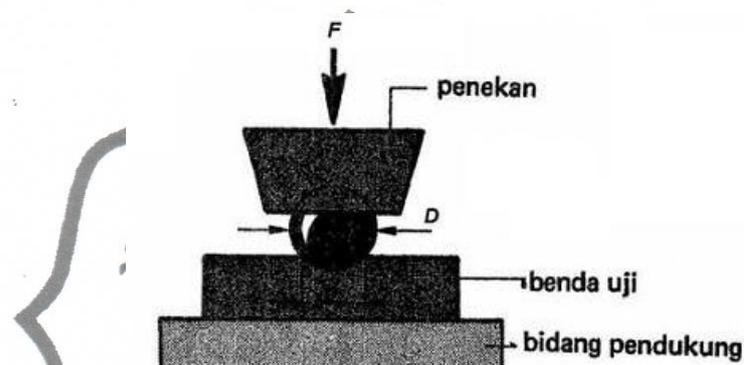
Pengujian dengan *Vickers* memiliki keuntungan untuk menguji dari bahan terkecil hingga terbesar, bahan uji tidak terbatas dan homogen. Alat uji *Vickers* menggunakan piramid intan sebagai penetrator.

Pada alat uji *Rockwell ball* terbatas untuk bahan yang lunak, sedangkan *Rockwell cone* bisa untuk mengukur bahan yang keras. Alat ini digunakan untuk mengukur kekerasan karena mudah dalam pengoperasiannya dan pembacaan kekerasan bahan secara otomatis pada skala. Kelemahan alat uji ini pada batasan ukuran kecil, perlu diketahui dulu kira-kira besarnya kekerasan bahan yang akan diuji. Lima definisi kekerasan, yaitu:

- 1) Kekuatan bahan terhadap penetrasi.
- 2) Kekuatan bahan terhadap goresan.
- 3) Kekuatan bahan terhadap beban impak.
- 4) Ukuran daya tahan bahan terhadap deformasi plastik.
- 5) Ukuran ketahanan bahan terhadap lekukan.

1) Pengujian Kekerasan *Brinell*

Pada pengujian kekerasan dengan metode *Brinell*, sebuah peluru baja yang telah dikeraskan ditekan pada permukaan benda uji dengan gaya tertentu selama beberapa saat. Benda uji harus rata dan cukup tebal agar kekerasan bidang pendukung tidak ikut terukur. Proses pengujian kekerasan *Brinell* dapat terlihat pada gambar berikut :



Gambar 2.10. Metode Pengujian Kekerasan *Brinell*
(Sumber: Imam Setiyanto, 2009)

Kekerasan *Brinell* dapat dicari dengan membagi gaya pada luas tembereng bola.

Rumus kekerasan *Brinell* :

$$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \dots \dots \dots (2)$$

Di mana :

HB : Nilai kekerasan dengan metode *Brinell* (kg/mm²)

P : Beban yang menekan (kg)

D : Diameter penetrator (mm)

d : Diameter injakan penetrator (mm)

Untuk memperoleh hasil - hasil yang sama untuk kekerasan *Brinell*, harus ada suatu perbandingan tertentu antara gaya dan garis tengah peluru. Suatu peluru yang lebih kecil tentu akan meninggalkan bekas tekan yang lebih besar dalam bahan pada gaya yang sama.

commit to user

Keuntungan dari pengukuran kekerasan dengan metode *Brinell* ini sangat cocok untuk mengukur bahan-bahan yang memiliki angka kekerasan yang sedang.

4. Bahan Serat

Serat berfungsi untuk meningkatkan koefisien gesek dan meningkatkan kekuatan mekanik bahan, bahan serat yang digunakan dalam penelitian kali ini yaitu:

a. Serat Bambu Ori (Serbuk Bambu Ori)

Bambu adalah tanaman termasuk *bamboidae* salah satu anggota sub familia rumput, pembentuknya sangat cepat. Pada masa pertumbuhan bambu tertentu dapat tumbuh vertikal 5 cm per jam atau 120 cm per hari. Tanaman bambu mempunyai ketahanan yang luar biasa. Rumput bambu yang telah dibakar masih dapat tumbuh lagi dan dapat tumbuh dirumput kering.

Bambu yang akan akan dipakai dalam penelitian kali ini adalah bambu ori dengan nama latin *Bambusa arundinacea*. Hal ini dikarenakan bambu ori memiliki serabut yang lebih tinggi dan memiliki pola serabut yang relatif rata, selain itu bambu pada bagian luar juga memiliki kerapatan yang tinggi dan tahan terhadap serapan air. Sifat bambu ori yaitu kuat, keras dan berdiameter besar, dengan jarak ruas yang pendek.

Serbuk bambu juga merupakan unsur yang terpenting, karena seratlah nantinya yang akan menentukan sifat mekanik komposit tersebut seperti kekakuan, keuletan, kekuatan dan sebagainya.

Besar kecilnya kekuatan bahan komposit sangat tergantung dari kekuatan serat pembentuknya. Semakin kecil bahan (diameter serat mendekati ukuran kristal) maka semakin kuat bahan tersebut, karena minimnya cacat pada material (Dwi Hasta YP, 2011).

B. Penelitian Yang Relevan

Pertimbangan kampas rem berjenis *non asbestos* yang lebih menguntungkan berbagai faktor maka saatnya mulai dikembangkan dan disosialisasikan untuk mengurangi pemakaian bahan berbasis *asbestos* yang lebih banyak berdampak negatif bagi pemakai serta tidak ramah lingkungan (Haroen, Wawan Kartiwa & Waskito, Arief Tri, 2009).

Penelitian mengenai kampas rem *non asbestos* dengan memanfaatkan *palm kernel shell* (PKS). PKS merupakan hasil limbah dari produksi minyak kelapa dan dapat dimanfaatkan sebagai pengganti bahan *asbestos*. Bahan *asbestos* merupakan bahan yang dapat menimbulkan *karsinogenik*. *Standart Organization of Nigeria* (SON) mengemukakan bahwa kampas rem berbahan PKS memiliki sifat yang lebih baik dibanding kampas rem berbahan *asbestos*, sifat tersebut antara lain sifat fisik, termal, mekanik, dan tribologi. Kampas rem berbahan PKS pada kondisi basah juga lebih tahan panas dan gesekan, selain itu juga memiliki tingkat nilai keausan, nilai kekerasan dan nilai geser yang lebih rendah sesuai dengan standar yang diinginkan (Koya, O. A. Fono, T. R, 2009).

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. Misalnya orang-orang dulu membuat tungku dengan cara memperkuat tanah liat dengan jerami, merupakan komposit yang sudah lama dikenal (Dwi Hasta YP, 2011).

Bambu yang sudah kering memiliki kuat tarik yang besar, dengan mengambil benda uji bambu tanpa buku menunjukkan bahwa pada bambu pada bagian luar memiliki kuat tarik sebesar 4170 kg/cm^2 , sedang pada bambu bagian dalam memiliki kuat tarik sebesar 1640 kg/cm^2 (Mudji, suhardiman, 2011).

Keausan dan kekerasan suatu bahan komposit dapat dipengaruhi oleh besarnya suhu yang diberikan pada saat proses sintering. Bila suhu sintering semakin besar maka tingkat keausan akan semakin besar sedangkan untuk kekerasan akan semakin rendah, karena semakin tinggi suhu sintering maka material juga akan semakin lunak (Imam, setiyanto, 2009).

Kekerasan suatu bahan komposit dapat dipengaruhi oleh beban kompaksi atau penekanan. Semakin besar beban kompaksi yang diberikan semakin keras suatu bahan komposit. (Yudhi, agus, 2010)

Serbuk bambu dimanfaatkan karena mempunyai ketahanan yang luar biasa. Pada penelitian tersebut digunakan beberapa variasi komposisi yang berbeda dengan memanfaatkan kompaksi dan sintering untuk membuat bahan kampas rem ini. Resin *Polyester* dan resin phenolic digunakan sebagai matriks sehingga didapat bahan kampas rem berbahan serbuk bambu yang hasilnya dapat dijadikan alternatif pengganti kampas rem yang ada di pasaran (Dwi Hasta YP, 2011).

Berdasarkan beberapa penelitian diatas maka akan diadakan penelitian mengenai pembuatan kampas rem berbahan serbuk bambu sebagai alternatif pengganti bahan serat dan resin *Polyester* sebagai matriksnya. Dengan membuat variasi komposisi yang lebih beragam maka diharap akan didapat hasil yang lebih maksimal dan penulis mencoba lebih teliti lagi dalam pembuatan bahan rem ini agar penelitian ini dapat bermanfaat bagi masyarakat pengguna kampas rem.

C. Kerangka Berpikir

Komposit merupakan kombinasi dari dua bahan atau lebih yang apabila digabungkan secara makroskopis akan didapat material baru. Namun apabila digabungkan secara mikroskopis hanya akan didapat suatu *alloy* / paduan.

Salah satu unsur penyusun komposit adalah harus adanya serat. Serat dalam bahan komposit berperan sebagai bagian utama yang menahan beban, sehingga besar kecilnya kekuatan bahan komposit sangat tergantung dengan kekuatan pembentuknya. Serat ini juga yang menentukan karakteristik komposit seperti kekakuan, kekuatan serta sifat-sifat mekanik lainnya.

Perbandingan antara matrik dan serat juga merupakan faktor yang sangat menentukan dalam memberikan karakteristik mekanis komposit yang dihasilkan. Selain itu, jika unsur serat pada komposit terdiri dari lebih dari satu, maka perbandingan antara serat yang satu dengan yang lain diduga juga menjadi faktor

yang sangat menentukan dalam memberikan karakteristik mekanis komposit yang dihasilkan.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen komposit kampas rem, unsur penyusun komposit kampas rem selain serat juga ada unsur pengisi dan pengikat. Serat yang dipakai dalam komposit kampas rem ini didapat dari serat alam yaitu serbuk bambu kemudian untuk pengisi digunakan Al dan MgO berfungsi sebagai zat abrasif, dan pengikat digunakan resin *Polyester*. Untuk serbuk bambu dan Al yang akan digunakan adalah serbuk yang sudah diayak dengan ukuran mesh 60.

Bahan serat, pengisi dan pengikat memiliki karakteristik yang berbeda. Sehingga dengan memvariasi komposisi bahan kampas rem akan didapat hasil yang berbeda-beda. Dari hasil tersebut diharap akan didapat kampas rem yang optimal. Maka dari itu dalam penelitian ini akan dibuat kampas rem dengan beberapa variasi komposisi, sebagai berikut:

Tabel 2.2 Variasi Komposisi Bahan Rem

Komposisi 1	Komposisi 2	Komposisi 3	Komposisi 4	Komposisi 5
Serbuk	Serbuk	Serbuk	Serbuk	Serbuk
bambu 30%, Aluminium 15%, MgO 40%, Resin 15%	bambu 35%, Aluminium 15%, MgO 35%, Resin 15%	bambu 40%, Aluminium 15%, MgO 30%, Resin 15%	bambu 45%, Aluminium 15%, MgO 25%, Resin 15%	bambu 50%, Aluminium 15%, MgO 20%, Resin 15%
Katalis 1% dari berat Resin. Berat total komposisi 15 gram				

D. Hipotesis Penelitian

Dari beberapa penelitian yang sudah dilakukan didapat suatu dugaan mengenai hasil penelitian yang akan penulis lakukan nanti, antara lain :

1. Kampas rem berbahan serbuk bambu mempunyai angka keausan dan angka kekerasan yang lebih baik dibanding dengan angka keausan dan angka kekerasan kampas rem berbahan *asbestos*.
2. Dari kelima sampel kampas rem yang dibuat terdapat salah satu campuran yang memiliki nilai mendekati nilai standar (optimal).

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

1. Tempat Penelitian

Tempat pembuatan spesimen / sampel kampas rem dilakukan di kampus V Universitas Sebelas Maret Surakarta, tepatnya di laboratorium Pendidikan Teknik Bangunan (PTB) yang berdomisili di Jl. Ahmad Yani 200 Pabelan, Makamhaji, Kartasura.

Tempat untuk melaksanakan pengujian kekerasan *Brinell* dilakukan di Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret yang berdomisili di Jl. Ir. Sutami 36a Surakarta dan untuk pengujian keausan *Ogoshi* dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada yang berdomisili di Jl. Grafika 2 Yogyakarta.

2. Waktu Penelitian

Penelitian ini secara keseluruhan dilaksanakan dalam waktu 8 bulan mulai dari pengajuan judul sampai penulisan laporan. Penelitian ini dimulai pada bulan April 2012 sampai bulan November 2012. Adapun jadwal pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut :

- a. Pengajuan judul tanggal 05 April 2012.
- b. Pembuatan proposal tanggal 30 April 2012 sampai 30 Mei 2012.
- c. Seminar proposal tanggal 6 Juni 2012
- d. Revisi proposal tanggal 11 Juni 2012 sampai 13 Juli 2012.
- e. Perijinan penelitian tanggal 16 Juli 2012 sampai 10 Agustus 2012.
- f. Pelaksanaan penelitian tanggal 03 September 2012 sampai 31 Oktober 2012.
- g. Analisis data tanggal 01 November 2012 sampai 04 November 2012.
- h. Penulisan laporan mulai tanggal 04 November 2012 sampai 30 November 2012.

B. Rancangan Penelitian

Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode eksperimen dan merupakan penelitian deskriptif yaitu memaparkan secara jelas hasil eksperimen di laboratorium terhadap sejumlah benda uji. Penelitian eksperimen adalah penelitian yang dilakukan dengan mengadakan manipulasi terhadap obyek penelitian serta adanya pengawasan produk.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui angka keausan dan angka kekerasan dari komposit kanvas rem berbahan serbuk bambu, serta mengetahui komposisi bahan kanvas rem yang dapat dijadikan alternatif kanvas rem yang mendekati nilai standar (optimal). Untuk mengetahui besar angka keausan dari kanvas rem digunakan pengujian keausan *Ogoshi* dimana benda uji memperoleh beban gesek dari cincin yang berputar (*revolving disc*). Besarnya bekas gesekan cincin itulah yang dijadikan dasar penentuan tingkat keausan pada material. Untuk mengetahui besar angka kekerasan dari kanvas rem digunakan pengujian kekerasan *Brinell* karena metode ini cocok digunakan untuk menguji bahan-bahan yang memiliki nilai kekerasan yang sedang dan memiliki bekas penekanan yang mudah dibaca sehingga dapat mempermudah dalam proses pengambilan data.

C. Populasi dan Sampel

1. Populasi Penelitian

Populasi dari penelitian ini adalah seluruh komponen penyusun dari kanvas rem, yaitu : serbuk bambu, Al, MgO, dengan matriks *Polyester*.

2. Sampel Penelitian

Pengambilan sampel dari penelitian ini menggunakan metode *Purposive Sampling*. Sampel yang digunakan adalah seluruh sampel kanvas rem yang dibuat.

D. Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Purposive Sampling* artinya teknik penentuan sampel dengan pertimbangan tertentu (Sugiyono, 2009: 85).

Bambu ori yang sudah tua terlebih dahulu di potong dengan panjang sekitar 20 cm lalu dibelah dengan lebar sekitar 1 cm kemudian digergaji kulit luarnya untuk mendapatkan serbuk bambu kemudian diayak dengan mesh 60 bukaan 250 μ m untuk mendapat serbuk bambu yang halus, bambu ori didapat dari kebun sendiri. Untuk serbuk MgO bisa dibeli di toko kimia "Bratachem" dan *Polyester* bisa dibeli di toko kimia "Justus Kimia Raya" kemudian untuk serbuk alumunium (Al) bisa didapat dari sisa potongan batang alumunium yang telah diayak dengan mesh 60 bukaan 250 μ m.

E. Pengumpulan Data

1. Identifikasi Variabel

Variabel adalah obyek penelitian atau apa yang menjadi titik perhatian suatu penelitian. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a) Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang menjadi sebab timbulnya atau berubahnya variabel terikat. Munculnya variabel ini tidak dipengaruhi atau tidak ditentukan oleh ada atau tidaknya variabel lain.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi komposisi bahan rem yang akan digunakan.

b) Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi karena adanya variabel bebas. Dengan kata lain, ada atau tidaknya variabel terikat tergantung ada atau tidaknya variabel bebas.

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah angka keausan dan angka kekerasan dari kampas rem.

commit to user

c) Variabel Kontrol

Variabel kontrol berfungsi untuk mengendalikan agar variabel terikat yang muncul bukan karena pengaruh variabel lain, tetapi benar-benar karena pengaruh variabel bebas yang tertentu.

Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah kompaksi 2 Ton, dan sintering 200⁰ C, mesh 60 bukaan 250 μ m.

F. Kalibrasi Alat Penelitian

1. Alat

a. Alat Pembuatan Spesimen Kampas Rem

Alat-alat yang digunakan dalam pembuatan bahan kampas rem, antara lain :

1) Alat penyaring

Untuk penyaringan dan pengukuran bahan – bahan pembuatan sampel kampas rem digunakan alat MBT sieve shaker AG-515. Dengan ukuran saringan mesh 60 dengan bukaan 250 μ m yang terdapat di laboratorium PTB FKIP Universitas Sebelas Maret. Adapun alat penyaringan dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 3.1 Alat penyaring MBT sieve shaker AG-515

2) Timbangan

Digunakan menimbang bahan – bahan sampel kampas rem sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan sebelumnya. Untuk proses penimbangan dilakukan di laboratorium PTB FKIP Universitas Sebelas Maret. Berikut gambar dari timbangan :



Gambar 3.2 Timbangan

3) Mixer

Mixer berfungsi sebagai alat untuk mencampur adonan / campuran bahan kampas rem. Berikut gambar mixer:



Gambar 3.3 Mixer

4) Cetakan (*dies*)

Cetakan berfungsi sebagai alat untuk membuat specimen / sampel, dengan ukuran, sebagai berikut:

Cetakan (*dies*)
Panjang: 90 mm
Lebar: 8x5 mm
Tinggi: 120 mm

Penekan (*punch*)
Panjang: 30 mm
Lebar: 8 mm
Tinggi: 78 mm



Gambar 3.4 Cetakan (*dies*)

5) Alat pengepress

Untuk proses kompaksi atau pengepresan menggunakan alat press CONTROLS 20063 CERNUSCO yang ada di Laboratorium PTB FKIP Universitas Sebelas Maret. Beban yang diberikan pada cetakan sebesar 2 Ton. Berikut gambar dari alat pengepress:



Gambar 3.5 Alat Pengeperss

6) Oven

Oven digunakan untuk proses sintering atau pemanasan. Untuk proses pemanasan digunakan oven HERAEUS yang berada di Laboratorium PTB FKIP Universitas Sebelas Maret. Saat proses

commit to user

pemanasan digunakan suhu sekitar 200°C . Berikut gambar dari oven yang akan digunakan:



Gambar 3.6 Oven

7) Amplas

Amplas disini digunakan untuk pembentukan serbuk bambu dan meratakan permukaan sampel kampas rem yang kurang rata. Amplas yang digunakan berukuran 70 dan 180. Amplas dapat dibeli di toko material bangunan.



Gambar 3.7 Amplas

b. Alat Pengujian Spesimen Kampas Rem

1) Alat Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui ketahanan benda uji terhadap penetrasi suatu material yang lebih keras dengan bentuk

commit to user

dan dibawah pengaruh gaya tertentu sehingga akan didapatkan harga kekerasan dari benda uji. Sebelum dilakukan pengujian kekerasan, permukaan benda yang akan diuji harus rata dan halus yang bertujuan untuk memudahkan dalam pembacaan injakan penetrator. Alat uji kekerasan yang digunakan menggunakan metode *Brinell* yang ada di Laboratorium Material Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta.

2) Alat Uji Keausan

Tujuan dari penggunaan alat uji keausan ini yaitu agar kita tahu seberapa kekuatan abrasifnya. Alat uji keausan yang ada di Laboratorium Bahan Teknik Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada Yogyakarta adalah alat uji keausan yang digunakan yaitu model *Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine (Type OAT-U)*.

3) Alat Uji Foto Makro

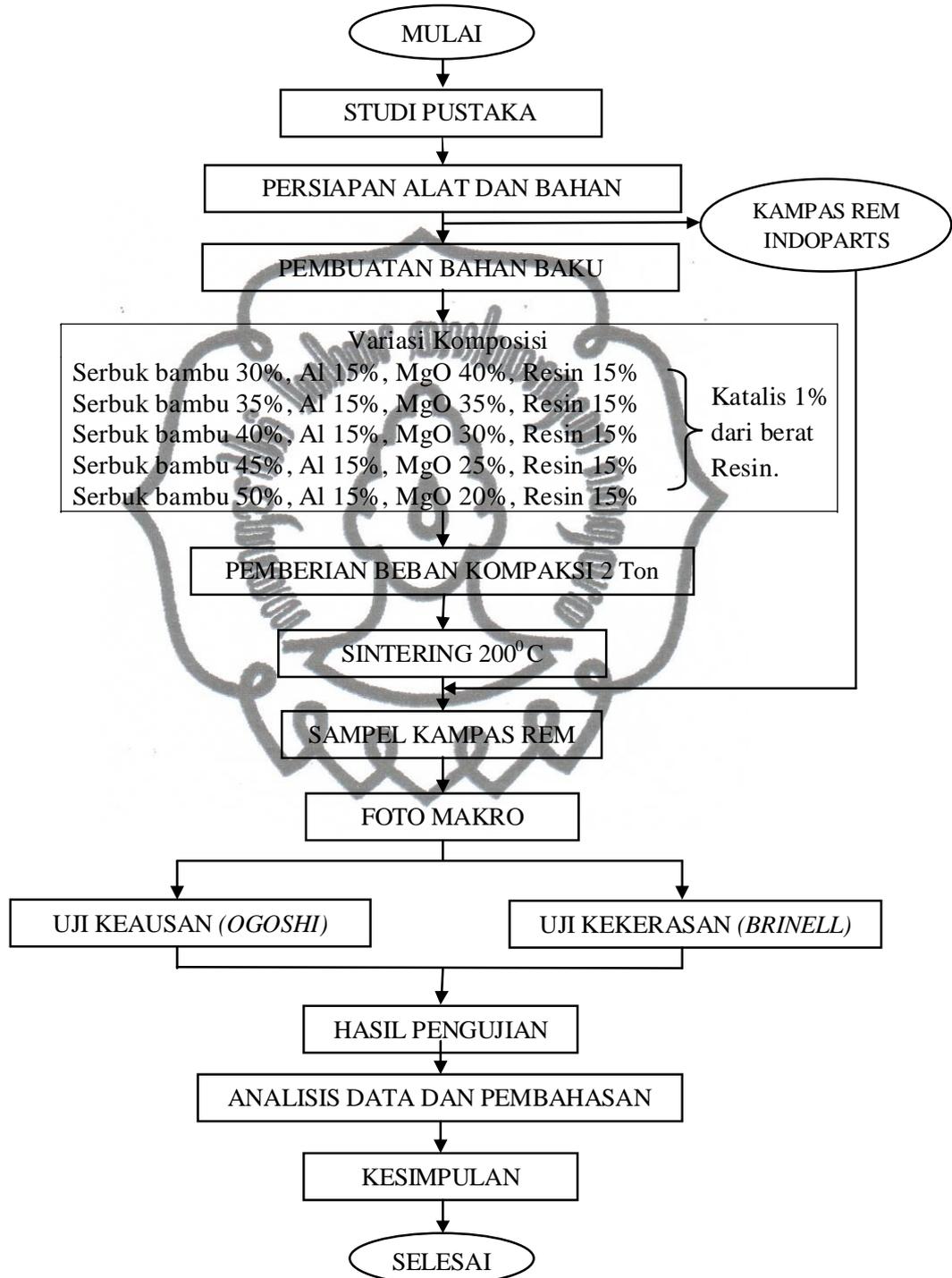
Foto struktur makro dilakukan untuk mengetahui susunan bahan penyusun sampel kampas rem apakah komposisi tersebut sudah tercampur rata atau belum. Pengambilan foto makro menggunakan *Zoomstereo Microscope (OLYMPUS U-PMTVC)* di Laboratorium Bahan Teknik, Program Teknik Mesin, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada (UGM)

G. Analisis Data

Analisis data yang dilakukan sesuai dengan hasil percobaan pengujian spesimen / sampel kampas rem dengan cara memaparkan secara jelas hasil eksperimen di laboratorium terhadap sejumlah benda uji. Setelah dilakukan pengujian maka akan didapatkan angka kekerasan dan angka keausan dari tiap sampel kampas rem, setelah diketahui hasil dari setiap sampel kemudian dimasukkan kedalam tabel dan dibuat histogram sehingga dapat dilihat dengan mudah perbedaan dari kelima sampel kampas rem tersebut. Sampai akhirnya dapat ditarik kesimpulan dari hasil pengujian sampel kampas rem tersebut.

commit to user

H. Prosedur Penelitian



Gambar 3.8 Diagram alir penelitian

Langkah pertama yang dilakukan adalah studi pustaka yaitu dengan mengumpulkan data - data, baik dari jurnal maupun dari penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya mengenai bahan - bahan yang akan dipakai dalam pembuatan sampel kanvas rem.

Langkah kedua pencarian bahan-bahan seperti, bahan serat bambu didapat dari kebun sendiri, dan Alumunium didapat dari sisa potongan batang alumunium sedang untuk MgO, *Polyester*, dan katalis didapat dari toko kimia.

Langkah ketiga bahan yang telah siap kemudian akan dilakukan pengayakan dan penimbangan bahan sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan sebelumnya. Untuk pengayakan dan penimbangan dilakukan di Laboratorium PTB FKIP Universitas Sebelas Maret.

Langkah keempat mempersiapkan alat-alat yang akan dipakai dalam proses pembuatan spesimen / sampel kanvas rem, seperti cetakan (*dies*), mesin pengepres (*kompaksi*), oven (*sintering*), dan tempat untuk pencampuran bahan. Kemudian dilakukan proses pencampuran bahan, lalu campuran bahan dimasukkan ke dalam cetakan. Setelah itu cetakan dipress dengan beban sebesar 2 Ton dan ditahan selama 15 menit. Setelah dipress maka akan dilakukan proses sintering dengan memasukkan cetakan ke dalam oven dengan suhu 200⁰ C selama 20 menit. Setelah selesai, cetakan dikeluarkan dari oven dan cetakan didinginkan kemudian sampel kanvas rem dikeluarkan dari cetakan.

Langkah kelima sampel kanvas rem yang telah jadi sebelum dilakukan proses pengujian terlebih dahulu akan dilakukan proses penghalusan permukaan. Permukaan sampel diampelas dengan menggunakan amplas halus agar didapat sampel yang benar-benar halus, setelah itu dilakukan foto makro untuk melihat struktur permukaan masing-masing bahan penyusun sampel kanvas rem. Kemudian dilakukan proses pengujian keausan (*Ogoshi*) dan pengujian kekerasan (*Brinell*), untuk mengetahui seberapa besar angka keausan dan angka kekerasan sampel kanvas rem tersebut.

Langkah terakhir yaitu analisa data-data perhitungan dari setiap pengujian dan menarik kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan. Hasil dari penelitian ini bisa dijadikan bahan referensi untuk penelitian selanjutnya.

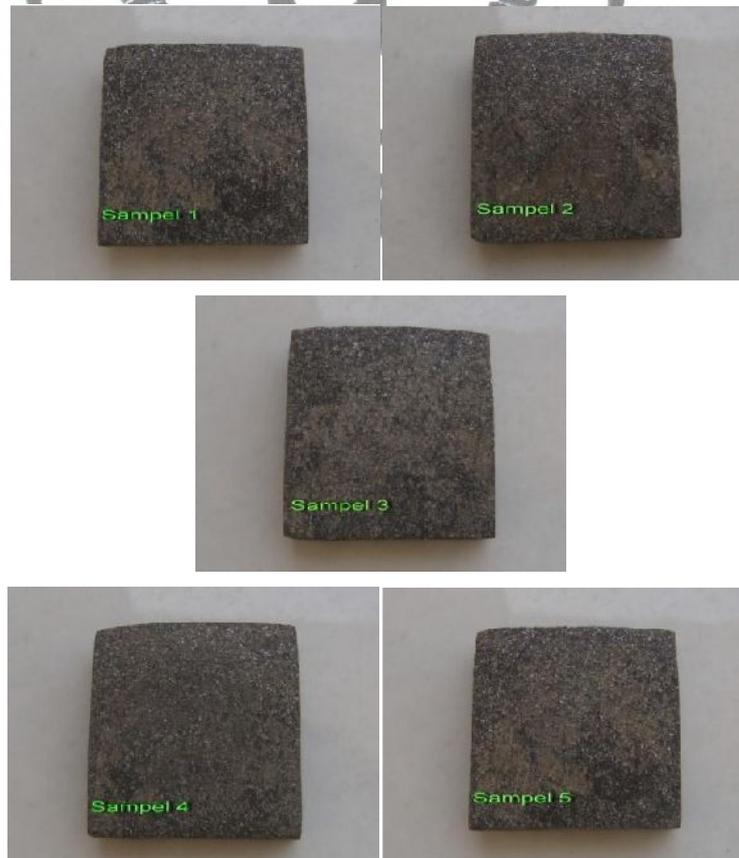
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Data

Berdasarkan hasil penelitian pemanfaatan serbuk bambu sebagai alternatif material kampas rem *non-asbestos* sepeda motor yang diawali dengan proses pembuatan sampel sampai proses pengambilan foto struktur makro permukaan sampel kampas rem, pengujian keausan (*Ogoshi*), dan pengujian kekerasan (*Brinell*) dihasilkan data sebagai berikut:

1. Foto Sampel

Proses pembuatan sampel kampas rem ini memerlukan beberapa perlakuan sampai akhirnya didapat sampel yang sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan. Berikut foto sampel dari kampas rem:



Gambar 4.1 Sampel Kampas Rem
commit to user

2. Hasil Uji Keausan *Ogoshi*

Tabel 4.1 menunjukkan hasil pengujian keausan *Ogoshi* dengan beban 12,72 kg dan waktu pengausan 30 detik. Untuk pengukuran menggunakan mikroskop dengan perbesaran 5x (1 strip = 40 mikron).

Tabel 4.1 hasil pengujian keausan *Ogoshi*

Komposisi	Titik 1 (strip)	Titik 2 (strip)	Titik 3 (strip)	Rata-rata Lebar keausan (Bo)(strip)	Rata-rata Lebar keausan (Bo)(mikron)	Rata-rata Lebar keausan (Bo)(mm)
1 Serbuk bambu 30%, Al 15%, MgO 40%, Resin 15%	31	32	30	31,00	1240	1,240
2 Serbuk bambu 35%, Al 15%, MgO 35%, Resin 15%	29	29	31	29,67	1186,8	1,1868
3 Serbuk bambu 40%, Al 15%, MgO 30%, Resin 15%	28	30	30	29,33	1173,2	1,1732
4 Serbuk bambu 45%, Al 15%, MgO 25%, Resin 15%	28	30	29	29,00	1160	1,160
5 Serbuk bambu 50%, Al 15%, MgO 20%, Resin 15%	28	29	25	27,33	1093,2	1,0932

Tabel 4.2 angka keausan *Ogoshi* sampel kanvas rem:

Komposisi	Lebar pengaus (B)(mm)	Rata-rata Lebar keausan (Bo)(mm)	Jari-jari pengaus (r)(mm)	Beban/gaya tekan (Po)(kg)	Jarak tempuh (Lo)(mm)	Angka Keausan (mm ² / kg)
1 Serbuk bambu 30%, Al 15%, MgO 40%, Resin 15%	3	1,240	15	12,72	400000	0,93.10 ⁻⁸
2 Serbuk bambu 35%, Al 15%, MgO 35%, Resin 15%	3	1,1868	15	12,72	400000	0,82.10 ⁻⁸
3 Serbuk bambu 40%, Al 15%, MgO 30%, Resin 15%	3	1,1732	15	12,72	400000	0,79.10 ⁻⁸
4 Serbuk bambu 45%, Al 15%, MgO 25%, Resin 15%	3	1,160	15	12,72	400000	0,76.10 ⁻⁸
5 Serbuk bambu 50%, Al 15%, MgO 20%, Resin 15%	3	1,0932	15	12,72	400000	0,64.10 ⁻⁸

Tabel 4.3 hasil pengujian keausan *Ogoshi* pada kampas rem Indoparts:

	Titik 1 (strip)	Titik 2 (strip)	Titik 3 (strip)	Rata-rata Lebar keausan (Bo)(strip)	Rata-rata Lebar keausan (Bo)(mikron)	Rata-rata Lebar keausan (Bo)(mm)
Indoparts	31	32	28	30,33	1213,2	1,2132

Tabel 4.4 angka keausan *Ogoshi* pada kampas rem Indoparts:

	Lebar pengaus (B)(mm)	Rata-rata Lebar keausan (Bo)(mm)	Jari-jari pengaus (r)(mm)	Beban/gaya tekan (Po)(kg)	Jarak tempuh (Lo)(mm)	Angka Keausan (mm ² / kg)
Indoparts	3	1,2132	15	12,72	400000	$0,87 \cdot 10^{-8}$

Berikut histogram angka pengujian keausan *Ogoshi* kampas rem:



Gambar 4.2 Histogram Angka Keausan Kampas Rem

3. Hasil Uji Kekerasan *Brinell*

Berikut ini merupakan hasil pengujian kekerasan *Brinell* sampel kampas rem. Pengujian kekerasan *Brinell* menggunakan indentor 5 mm, beban 62,5 kg serta waktu penekanan 15 detik dan waktu penahanan 8 detik.

Tabel 4.5 hasil pengujian kekerasan *Brinell* sampel kampas rem:

	Komposisi	Titik 1 (mm)	Titik 2 (mm)	Titik 3 (mm)	Rata-rata diameter injakan indentor (d)(mm)
1	Serbuk bambu 30%, Al 15%, MgO 40%, Resin 15%	2,033	1,986	2,266	2,095
2	Serbuk bambu 35%, Al 15%, MgO 35%, Resin 15%	1,933	1,967	2,030	1,975
3	Serbuk bambu 40%, Al 15%, MgO 30%, Resin 15%	1,923	1,957	1,950	1,945
4	Serbuk bambu 45%, Al 15%, MgO 25%, Resin 15%	1,880	1,930	1,927	1,910
5	Serbuk bambu 50%, Al 15%, MgO 20%, Resin 15%	1,647	1,833	1,880	1,785

Tabel 4.6 angka kekerasan *Brinell* sampel kampas rem:

	Komposisi	Beban injakan (P)(kg)	Diameter indentor (D)(mm)	Rata-rata diameter injakan indentor (d)(mm)	Angka Kekerasan (kg/mm ²)
1	Serbuk bambu 30%, Al 15%, MgO 40%, Resin 15%	62,5	5	2,095	17,3
2	Serbuk bambu 35%, Al 15%, MgO 35%, Resin 15%	62,5	5	1,975	19,6
3	Serbuk bambu 40%, Al 15%, MgO 30%, Resin 15%	62,5	5	1,945	20,2
4	Serbuk bambu 45%, Al 15%, MgO 25%, Resin 15%	62,5	5	1,910	21,0
5	Serbuk bambu 50%, Al 15%, MgO 20%, Resin 15%	62,5	5	1,785	24,2

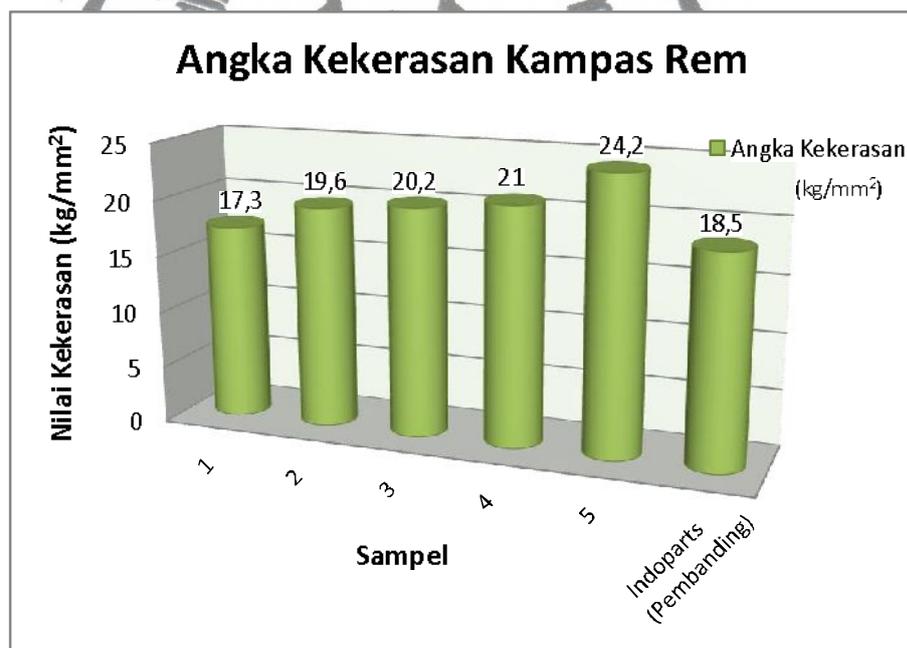
Tabel 4.7 hasil pengujian kekerasan *Brinell* pada kampas rem Indoparts:

	Titik 1 (mm)	Titik 2 (mm)	Titik 3 (mm)	Rata-rata diameter injakan indenter (d)(mm)
Indoparts	2,07	2,02	2,00	2,030

Tabel 4.8 angka kekerasan *Brinell* pada kampas rem Indoparts:

	Beban injakan (P)(kg)	Diameter indenter (D)(mm)	Rata-rata diameter injakan indenter (d)(mm)	Angka Kekerasan (kg/mm ²)
Indoparts	62,5	5	2,030	18,5

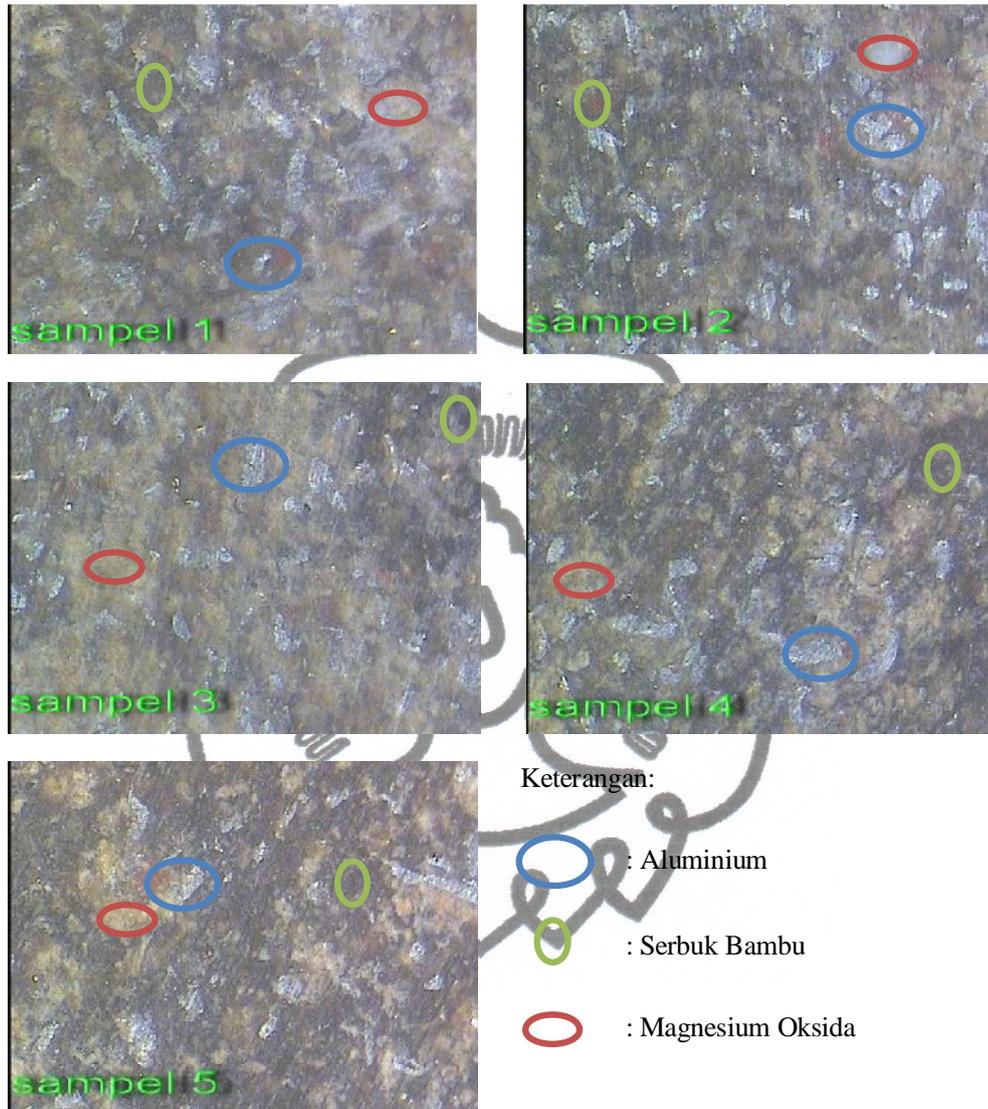
Berikut histogram angka pengujian kekerasan *Brinell* kampas rem:



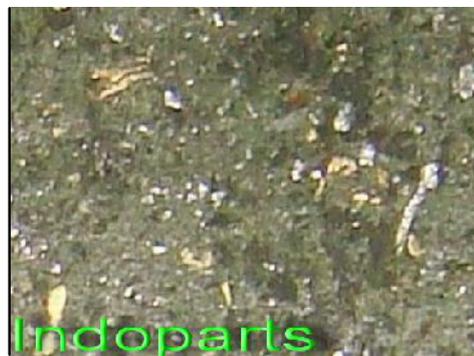
Gambar 4.3 Histogram Angka Kekerasan Kampas Rem

4. Hasil Foto Makro dengan *Zoomstereo Microscope*

Foto makro diperlukan untuk mengetahui erat tidaknya hasil ikatan antara masing-masing bahan penyusun, untuk pengambilan foto makro digunakan perbesaran 25x. Berikut gambar foto makro sampel kampas rem:



Berikut merupakan hasil foto makro dari kanvas rem Indoparts:



Gambar 4.4 Hasil Foto Makro
commit to user

B. Pembahasan

Dari hasil pengamatan pemanfaatan serbuk bambu sebagai alternatif material kampas rem *non-asbestos* sepeda motor terhadap mekanik (kekerasan dan keausan) dan sifat fisik (struktur permukaannya) pada sampel kampas rem dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Hasil Uji Keausan *Ogoshi*

Gambar 4.2 menunjukkan histogram hasil uji keausan *Ogoshi*. Data diperoleh dari nilai rata – rata sampel yang telah diuji. Selain sampel yang diuji, sebagai pembanding juga diuji kampas rem yang sudah ada yaitu kampas rem Indoparts. Dari nilai rata – rata sampel hasil uji keausan *Ogoshi* tersebut akan dibandingkan dengan hasil uji keausan *Ogoshi* kampas rem Indoparts, untuk angka keausan yang diambil adalah angka keausan yang paling mendekati angka keausan kampas rem Indoparts. Untuk pengujian keausan *Ogoshi* dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada (UGM).

Cara kerja *Ogoshi* diawali dengan menentukan beban yang akan digunakan, menentukan jarak pengausan, kemudian spesimen diletakkan pada *test piece holder* lalu dikencangkan dengan memutar *vice* searah jarum jam sampai spesimen tidak dapat bergerak (kencang), tutup *rack* hingga benda uji (spesimen) menyentuh *revolving disc*, kemudian tekan tombol *ON* untuk menyalakan mesin dan tekan tombol *OFF* untuk mematikan mesin pengujian keausan, buka *rack* kemudian putar *vice* berlawanan jarum jam dan keluarkan benda uji dari *test piece holder*, bekas gesekan *revolving disc* kemudian diukur dengan mikroskop perbesaran 5x. Pada penelitian ini pengujian keausan *Ogoshi* menggunakan beban 12,72 kg, panjang lintasan 400 m, dan waktu pengausan 30 detik. Pengujian keausan *Ogoshi* dilakukan 1 kali pada setiap spesimen kemudian dirata-rata, dan di dapatkan data sebagai berikut:

Dari tabel 4.2 menunjukkan bahwa:

- a. Sampel kampas rem 1 dengan komposisi serbuk bambu 30%, Aluminium 15%, MgO 40%, resin 15% memiliki rata – rata lebar keausan sebesar 1,240 mm dan angka keausan $0,93.10^{-8} \text{ mm}^2/\text{kg}$.

commit to user

- b. Sampel kampas rem 2 dengan komposisi serbuk bambu 35%, Aluminium 15%, MgO 35%, resin 15% memiliki rata – rata lebar keausan sebesar 1,1868 mm dan angka keausan $0,82 \cdot 10^{-8} \text{ mm}^2/\text{kg}$.
- c. Sampel kampas rem 3 dengan komposisi serbuk bambu 40%, Aluminium 15%, MgO 30%, resin 15% memiliki rata – rata lebar keausan sebesar 1,1732 mm dan angka keausan $0,79 \cdot 10^{-8} \text{ mm}^2/\text{kg}$.
- d. Sampel kampas rem 4 dengan komposisi serbuk bambu 45%, Aluminium 15%, MgO 25%, resin 15% memiliki rata – rata lebar keausan sebesar 1,160 mm dan angka keausan $0,76 \cdot 10^{-8} \text{ mm}^2/\text{kg}$.
- e. Sampel kampas rem 5 dengan komposisi serbuk bambu 50%, Aluminium 15%, MgO 20%, resin 15% memiliki rata – rata lebar keausan sebesar 1,0932 mm dan angka keausan $0,64 \cdot 10^{-8} \text{ mm}^2/\text{kg}$.

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa rata – rata lebar keausan kampas rem Indoparts sebesar 1,2132 mm dan untuk angka keausan kampas rem Indoparts adalah $0,87 \cdot 10^{-8} \text{ mm}^2/\text{kg}$.

Berdasarkan data tersebut, sampel kampas rem komposisi 1 memiliki rata – rata lebar keausan yang terbesar dengan nilai sebesar 1,240 mm dan angka keausan $0,93 \cdot 10^{-8} \text{ mm}^2/\text{kg}$. Sedangkan sampel kampas rem komposisi 5 memiliki rata – rata lebar keausan yang terkecil dengan nilai sebesar 1,0932 mm dan angka keausan $0,64 \cdot 10^{-8} \text{ mm}^2/\text{kg}$. Jadi serbuk bambu mempengaruhi angka keausan pada sampel kampas rem, semakin banyak komposisi serbuk bambu maka semakin kecil pula lebar keausan dari kampas rem tersebut (semakin tahan aus). Namun disini tidak akan diambil angka keausan yang paling besar atau paling kecil, akan tetapi diambil angka keausan yang paling mendekati dengan angka keausan kampas rem Indoparts.

Berdasarkan angka keausan kampas rem Indoparts sebesar $0,87 \cdot 10^{-8} \text{ mm}^2/\text{kg}$, maka angka keausan yang paling mendekati dengan angka keausan kampas rem Indoparts adalah sampel kampas rem komposisi 2 dengan angka keausan $0,82 \cdot 10^{-8} \text{ mm}^2/\text{kg}$.

2. Hasil Uji Kekerasan *Brinell*

Gambar 4.3 menunjukkan histogram hasil uji kekerasan *Brinell*. Data diperoleh dari nilai rata – rata sampel yang telah diuji. Selain sampel yang diuji, sebagai pembanding juga diuji kampas rem yang sudah ada yaitu kampas rem Indoparts. Dari nilai rata – rata sampel hasil uji kekerasan *Brinell* tersebut akan dibandingkan dengan hasil uji kekerasan *Brinell* kampas rem Indoparts, untuk angka kekerasan yang diambil adalah angka kekerasan yang paling mendekati angka kekerasan kampas rem Indoparts. Dalam penentuan besarnya diameter indenter dan beban penekanan berdasarkan hasil uji coba. Untuk pengujian kekerasan *Brinell* dilakukan di Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Sebelas (UNS).

Cara kerja *Brinell* diawali dengan memilih indenter yang sesuai (bola baja 2.5 mm, 5 mm dan 10 mm) kemudian menyalakan mesin dengan menekan tombol *ON / OFF* maka pada layar akan muncul MENU. Didalam MENU terdapat pilihan besarnya beban yang akan digunakan dengan spesifikasi 62.5 kgf, 100 kgf, 125 kgf, 187 kgf, 250 kgf, 750 kgf, 1000 kgf, 1500 kgf, dan 3000 kgf (kgf merupakan satuan gaya). Kemudian letakkan sampel / spesimen uji pada dudukan sampel kemudian mengatur ketinggian dudukan sampel sampai indenter menyentuh sampel. Untuk memulai pengujian dengan menekan tombol *START* kemudian tunggu sampai pengujian selesai. Setelah selesai, lepas sampel yang sudah diuji kemudian mengukur diameter injakan indenter pada sampel dengan menggunakan mikroskop makro dan besarnya nilai diameter injakan indenter dapat dilihat pada tabel *Brinell Hardness Numbers*. Pengujian nilai kekerasan pada penelitian ini menggunakan beban 62,5 kgf, *load duration* 15 s, *loading time* 8 s dan indenter 5 mm. Pengujian kekerasan *Brinell* dilakukan 3 kali pada setiap sampel kemudian di rata-rata, hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.6.

Dari tabel 4.6 menunjukkan bahwa:

- a. Sampel kampas rem 1 dengan komposisi serbuk bambu 30%, Aluminium 15%, MgO 40%, resin 15% memiliki rata – rata diameter bekas injakan indenter dengan besar 2,095 mm dan angka kekerasan 17,3 kg/mm².

commit to user

- b. Sampel kampas rem 2 dengan komposisi serbuk bambu 35%, Aluminium 15%, MgO 35%, resin 15% memiliki rata – rata diameter bekas injakan indentor dengan besar 1,975 mm dan angka kekerasan 19,6 kg/mm².
- c. Sampel kampas rem 3 dengan komposisi serbuk bambu 40%, Aluminium 15%, MgO 30%, resin 15% memiliki rata – rata diameter bekas injakan indentor dengan besar 1,945 mm dan angka kekerasan 20,2 kg/mm².
- d. Sampel kampas rem 4 dengan komposisi serbuk bambu 45%, Aluminium 15%, MgO 25%, resin 15% memiliki rata – rata diameter bekas injakan indentor dan besar 1,910 mm dan angka kekerasan 21,0 kg/mm².
- e. Sampel kampas rem 5 dengan komposisi serbuk bambu 50%, Aluminium 15%, MgO 20%, resin 15% memiliki rata – rata diameter bekas injakan indentor dengan besar 1,785 mm dan angka kekerasan 24,2 kg/mm².

Tabel 4.8 menunjukkan nilai untuk kampas rem Indoparts memiliki rata – rata diameter bekas injakan indentor dengan besar 2,030 mm dan angka kekerasan 18,5 kg/mm².

Berdasarkan data tersebut ternyata sampel kampas rem komposisi 1 memiliki rata – rata diameter bekas injakan indentor dengan nilai yang terbesar yaitu 2,095 mm dan angka kekerasannya adalah 17,3 kg/mm² sedangkan untuk sampel kampas rem komposisi 5 memiliki rata – rata diameter bekas injakan indentor nilai yang terkecil yaitu 1,785 mm dan angka kekerasannya adalah 24,2 kg/mm². Jadi serbuk bambu mempengaruhi angka kekerasan pada sampel kampas rem, semakin banyak komposisi serbuk bambu maka semakin keras pula kampas rem tersebut. Namun disini tidak akan diambil angka kekerasan yang paling besar, akan tetapi angka kekerasan yang paling mendekati dengan angka kekerasan kampas rem Indoparts.

Berdasarkan angka kekerasan kampas rem Indoparts sebesar 18,5 kg/mm², maka angka kekerasan yang paling mendekati dengan angka kekerasan kampas rem Indoparts adalah sampel kampas rem komposisi 2 dengan angka kekerasan sebesar 19,6 kg/mm².

3. Hasil Foto Struktur Makro dengan *Zoomstereo Microscope*

Foto struktur makro dilakukan untuk mengetahui susunan bahan penyusun pada suatu benda uji atau spesimen. Struktur makro dan sifat paduannya dapat diamati dengan berbagai cara tergantung pada sifat yang dibutuhkan. Struktur makro merupakan salah satu uji untuk mengetahui sifat fisik suatu spesimen. Pengambilan foto makro dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik, Program Teknik Mesin, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada (UGM).

Pengambilan foto makro menggunakan *Zoomstereo Microscope*. Dengan merk OLYMPUS U-PMTVC buatan Jepang. Untuk pengambilan foto menggunakan perbesaran 25x agar struktur permukaan sampel kampas rem dapat terlihat dengan jelas. Cara kerja dari *Zoomstereo Microscope* yaitu dengan menyalakan lampu sebagai sumber cahaya, kemudian sampel kampas rem dipasang pada *stage plat*. Perbesaran gambar diatur pada skala 25:1 dengan memutar *zoom control knob*. Setelah itu gambar difokuskan dengan memutar *focusing knob*, dan langkah akhir pemotretan dilakukan dengan menekan *expose* atau *capture*.

Hasil foto struktur makro dipengaruhi oleh komposisi dari tiap bahan penyusun kampas rem. Serbuk bambu divariasikan sebesar 30%, 35%, 40%, 45%, 50% sedangkan serbuk MgO sebesar 40%, 35%, 30%, 25%, 20%. Untuk serbuk Aluminium dan resin dibuat tetap yaitu sebesar 15%. Foto struktur makro diperlukan untuk mengetahui erat tidaknya campuran bahan penyusun kampas rem.

Gambar 4.4 menunjukkan hasil foto struktur makro dari sampel 1 sampai sampel 5. Dari gambar terlihat bahwa campuran bahan penyusun kampas rem sebagian besar sudah tercampur dengan rata.

Sampel 1 dengan komposisi serbuk bambu 30%, Aluminium 15%, MgO 40%, resin 15% menunjukkan campuran bahan penyusun kampas rem sudah tercampur cukup rata, akan tetapi disebagian titik terdapat serbuk MgO yang masih kurang rata dengan serbuk bambu. Hal itu disebabkan karena antara komposisi serbuk bambu dengan komposisi MgO lebih besar

commit to user

komposisi MgO jadi campuran bahan penyusun kanvas rem kurang bisa tercampur dengan rata.

Sampel 2 dengan komposisi serbuk bambu 35%, Aluminium 15%, MgO 35%, resin 15% menunjukkan campuran bahan penyusun kanvas rem sudah tercampur rata. Hal itu dikarenakan antara komposisi serbuk bambu dan MgO jumlahnya sama besar sehingga campuran bahan penyusun kanvas rem dapat tercampur dengan rata.

Sampel 3 dengan komposisi serbuk bambu 40%, Aluminium 15%, MgO 30%, resin 15% menunjukkan campuran bahan penyusun kanvas rem kurang tercampur dengan rata. Disebagian titik ada serbuk MgO yang kurang rata dengan serbuk bambu. Hal ini dikarenakan antara komposisi serbuk bambu dan serbuk MgO lebih besar komposisi serbuk bambu jadi serbuk bambu terlihat mengumpul disebagian titik.

Sampel 4 dengan komposisi serbuk bambu 45%, Aluminium 15%, MgO 25%, resin 15% menunjukkan masih terlihat campuran bahan penyusun kanvas rem yang kurang rata. Disebagian titik terlihat serbuk bambu terlihat mengumpul. Hal ini dikarenakan antara komposisi serbuk bambu dan serbuk MgO lebih besar komposisi serbuk bambu sehingga menghasilkan campuran yang kurang rata.

Sampel 5 dengan komposisi serbuk bambu 50%, Aluminium 15%, MgO 20%, resin 15% juga hampir sama kondisinya, karena antara komposisi serbuk bambu dan serbuk MgO lebih besar komposisi serbuk bambu jadi serbuk bambu terlihat mengumpul diberbagai titik.

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa gambar sampel 2 merupakan campuran bahan penyusun kanvas rem tercampur yang paling rata bila dibandingkan dengan sampel yang lain. Hal itu dikarenakan antara komposisi serbuk bambu dan MgO jumlah perbandingan komposisinya sama besar yaitu 1 : 1 sehingga campuran bahan penyusun kanvas rem dapat menyatu dengan baik.

4. Temuan Penelitian

Dari penelitian yang telah dilakukan, ditemukan bahwa dari kelima variasi komposisi sampel kampas rem yang dibuat terdapat salah satu sampel kampas rem yang memiliki angka keausan dan angka kekerasan mendekati angka keausan dan angka kekerasan kampas rem Indoparts.

Dilihat dari pembahasan bahwa struktur permukaan dari seluruh sampel kampas rem sudah cukup rata tetapi sampel kampas rem 2 memiliki campuran bahan penyusun kampas rem yang tercampur paling rata bila dibandingkan dengan sampel yang lain. Hal itu dikarenakan antara komposisi serbuk bambu dan MgO jumlah perbandingan komposisinya sama besar yaitu 1 : 1 sehingga campuran bahan penyusun kampas rem dapat menyatu dengan baik.

Hasil uji keausan kampas rem Indoparts menunjukkan bahwa kampas rem Indoparts memiliki angka keausan $0,87 \cdot 10^{-8} \text{ mm}^2/\text{kg}$, dari kelima sampel kampas rem yang dibuat angka keausan yang paling mendekati dengan angka keausan kampas rem Indoparts adalah sampel kampas rem komposisi 2 dengan angka keausan $0,82 \cdot 10^{-8} \text{ mm}^2/\text{kg}$.

Dari hasil uji kekerasan kampas rem Indoparts menunjukkan bahwa kampas rem Indoparts memiliki angka kekerasan $18,5 \text{ kg/mm}^2$. Untuk angka kekerasan yang paling mendekati dengan angka kekerasan kampas rem Indoparts adalah sampel kampas rem komposisi 2 dengan angka kekerasan sebesar $19,6 \text{ kg/mm}^2$.

BAB V

SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diuraikan pada Bab IV dengan mengacu pada rumusan masalah, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Pada hasil pengujian keausan sampel kampas rem, angka keausan yang paling mendekati dengan angka keausan kampas rem Indoparts adalah sampel kampas rem 2 dengan komposisi serbuk bambu 35%, aluminium 15%, MgO 35%, resin 15% dengan angka keausan $0,82 \cdot 10^{-8} \text{ mm}^2/\text{kg}$ dan pada hasil pengujian kekerasan sampel kampas rem, angka kekerasan yang paling mendekati dengan angka kekerasan kampas rem Indoparts adalah sampel kampas rem 2 dengan komposisi serbuk bambu 35%, aluminium 15%, MgO 35%, resin 15% dengan angka kekerasan $19,6 \text{ kg/mm}^2$.
2. Hasil foto makro pada sampel kampas rem menunjukkan bahwa campuran bahan kampas rem sudah dapat tercampur dengan cukup rata. Untuk campuran yang paling rata adalah sampel kampas rem 2 dengan komposisi serbuk bambu 35%, aluminium 15%, MgO 35%, resin 15%. Dengan perbandingan komposisi antara serbuk bambu dengan MgO 1:1 ternyata campuran tersebut dapat tercampur lebih rata dibandingkan perbandingan komposisi sampel lainnya.
3. Dari hasil pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa dengan semakin bertambahnya komposisi serbuk bambu maka semakin rendah angka keausan sampel kampas rem (semakin tahan aus) dan semakin tinggi angka kekerasan sampel kampas rem. Jadi variasi komposisi serbuk bambu sangat berpengaruh terhadap angka keausan sampel kampas rem dan angka kekerasan sampel kampas rem.

B. Implikasi

Berdasarkan hasil penelitian yang didukung oleh landasan teori yang telah dikemukakan tentang pemanfaatan serbuk bambu sebagai alternatif material kampas rem *non-asbestos* sepeda motor, dapat diterapkan ke dalam beberapa implikasi yang dapat dikemukakan sebagai berikut:

1. Implikasi Teoritis

Hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan untuk menemukan dan mengembangkan lagi bahan dari alam yang dapat dijadikan alternatif material serat kampas rem.

2. Implikasi Praktis

Hasil penelitian ini dapat dijadikan bukti bahwa serbuk bambu ori dapat dimanfaatkan sebagai salah satu alternatif bahan serat dari alam untuk bahan penyusun kampas rem.

C. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dan implikasi yang ditimbulkan, maka dapat disampaikan saran-saran sebagai berikut:

1. Harus bisa menentukan variasi komposisi yang lebih baik lagi, karena berpengaruh terhadap struktur permukaan sampel dan angka keausan serta angka kekerasan sampel kampas rem.
2. Pada proses pencampuran bahan harus dilakukan dengan lebih rata (*homogen*), agar dalam proses pengambilan data hasil pengujian sampel kampas rem dapat dilakukan secara maksimal.
3. Perlu dilakukan lagi penelitian mengenai variasi tekanan (kompaksi) maupun variasi suhu sintering pada proses pembuatan sampel kampas rem.