

**PENGEMBANGAN KAMPAS REM DARI KOMPOSIT SERAT
TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DAN SERBUK
ALUMINIUM DENGAN PENGIKAT RESIN POLYESTER**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Strata Satu Teknik
Pada Program Studi Teknik Mesin
Universitas Islam Riau**



Disusun Oleh:

SATRIA YUDA MANGGALA

NPM : 14.331.0041

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2021**

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Satria Yuda Manggala
NPM : 143310041
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : Pengembangan Kampas Rem Dari Komposit Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Dan Serbuk Alumunium Dengan Pengikat Resin Polyester

Menyatakan dengan sebenarnya, bahwa penulisan skripsi ini adalah hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari karya tulis saya sendiri, baik dari naskah laporan maupun data-data yang tercantum sebagai bagian dari skripsi ini. Jika terdapat karya tulis milik orang lain, saya akan mencantumkan sumber dengan jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan serta ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi dengan praturan yang berlaku di Universitas Islam Riau.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan kondisi sehat serta tanpa ada paksaan dari siapapun.

Pekanbaru, Juni 2021

Yang Membuat Pernyataan,



Satria Yuda Manggala

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DATA PERSONAL

Nama Lengkap : Satria Yuda Manggala
NPM : 143310041
Tempat/Tanggal Lahir : Sei. Parit/07 Mei 1995
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Alamat : JL. Patimura LK. 1 Desa Sekar Mawar
Rt/Rw 003/002 Kec. Pasir Penyu Kab.
Indragiri Hulu
Agama : ISLAM
Kebangsaan/Suku : Indonesia/Jawa
Telp/Hp : 085228800240
Email : yudamanggala45@gmail.com
Nama Orang Tua
1. Ayah : Joko Suwarto
2. Ibu : Isa Khotijah

PENDIDIKAN

Sekolah Dasar : SDN 003 Pasir Penyu
Sekolah Menengah Pertama : SMPN 3 Pasir Penyu
Sekolah Menengah Atas : SMK Teknologi YPL Lirik
Perguruan Tinggi : Universitas Islam Riau

TUGAS AKHIR

Judul : Pengembangan Kampas Rem Dari
Komposit Serat Tandan Kosong Kelapa
Sawit Dan Serbuk Alumunium Dengan
Pengikat Resin Plyester

Tempat Penelitian : Laboratorium Teknik Mesin Universitas
Islam Riau
Tanggal Sidang : 29 Juni 2021

Pekanbaru, Juni 2021

SATRIA YUDA MANGGALA



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Allhamdulillah, Puji dan syukur kehadiran Allah S.W.T yang selalu melimpah kan rahmat dan hidayah-Nya sehingga kita masih diberi kesehatan, kesempatan dan nikmat iman dan islam, agar penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Sarjana ini sesuai dengan penulis harapkan. Tak lupa pula shalawat berangkai salam kita hadiahkan kepada Nabi Muhammad SAW, berkat perjuangannya kita dapat menikmati ilmu pengetahuan hingga saat ini.

Tugas Akhir Sarjana yang berjudul “ **PENGEMBANGAN KAMPAS REM DARI KOMPOSIT SERAT TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DAN SERBUK ALUMINIUM DENGAN PENGIKAT RESIN POLYESTER** ”. Penulisan Tugas Akhir Sarjana ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan kurikulum akademis guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin Universitas Islam Riau.

Tugas Akhir Sarjana ini tidak akan terwujud tanpa bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati penulis ucapkan terima kasih kepada :

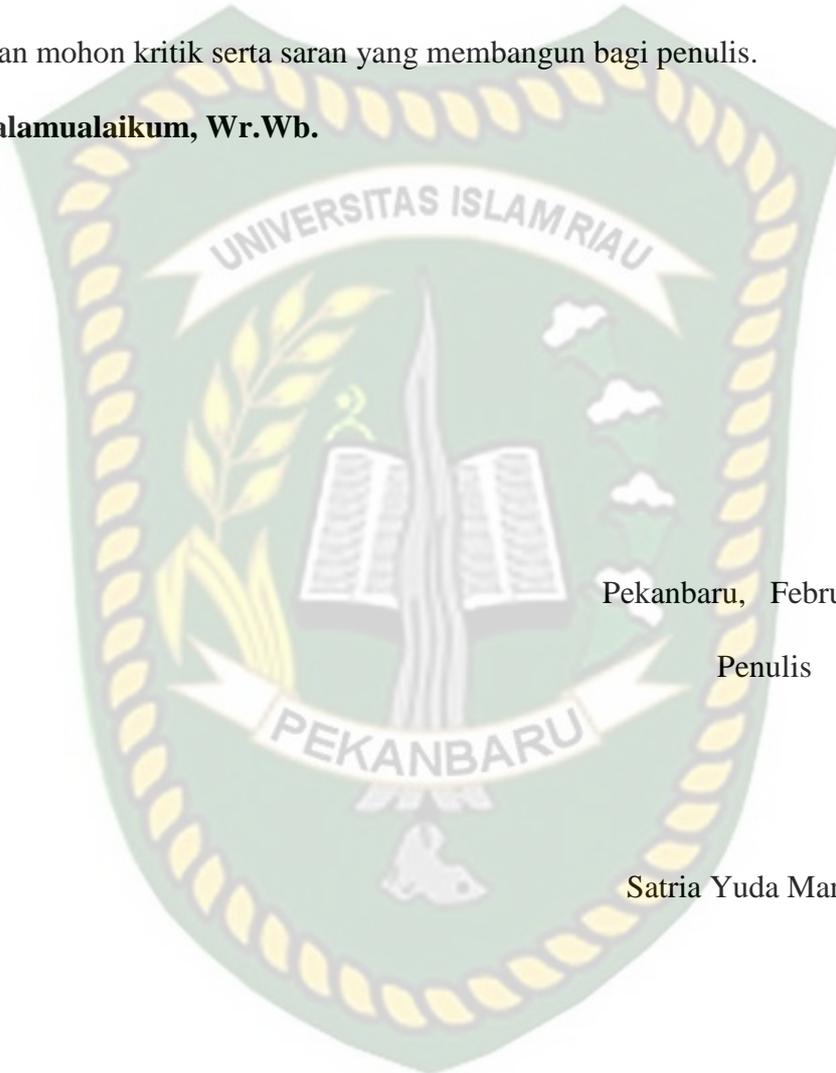
1. Bapak **Prof. Dr. H. Syafrinaldi SH., MCL.** Sebagai Rektor Universitas Islam Riau Periode 2020-2024.
2. Bapak **Dr. Eng. Muslim, ST., MT.** Selaku Ketua Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.

3. Bapak **Jhonni Rahman, B.Eng., M.Eng., Ph.D** Selaku Ketua Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
4. Bapak **Rafil Arizona, ST.,M.Eng.** Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
5. Bapak **Dody Yulianto, ST., MT.** Selaku pembimbing tugas akhir atas segala bimbingan, kesabaran, serta arahan yang diberikan kepada penulis selama penyusunan tugas akhir ini.
6. Seluruh dosen pengajar Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
7. Kedua Orang tua tercinta yakni Bapak Joko Suwanto dan Ibu Isa Khotijah yang telah memberikan Do'a, motivasi, semangat, dan dukungan kepada penulis, baik dukungan secara moril maupun materil.
8. Keluarga kecilku diperantauan, Abdul Muhrim, Dewa Edho, Topik, Nanda Tamimi, Vicqi Nurvandi dan Gunanto yang telah membantu saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Rekan satu angkatan Teknik Mesin 2014, terkhusus kelas B Teknik Mesin 2014 yang tak bisa saya sebutkan satu persatu terimakasih persahabatan dari awal hingga akhir masa perkuliahan (Salam Solidarity Forever).

Semoga apa yang diberikan mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT, Aamiin. Penulis berharap Tugas Akhir Sarjana ini dapat memberikan manfaat dan sumbangan pemikiran khususnya dibidang Teknik Mesin.

Tugas Akhir Sarjana ini belum sepenuhnya sempurna. Oleh karena itu, bila ada kekurangan di dalam Tugas Akhir Sarjana ini dapat menjadi pertimbangan bagi penulis-penulis lain agar menjadi sebuah karya tulis yang lebih baik dan mohon kritik serta saran yang membangun bagi penulis.

Wassalamualaikum, Wr.Wb.



Pekanbaru, Februari 2021

Penulis

Satria Yuda Manggala

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ivii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GRAFIK	ix
DAFTAR NOTASI	x
ABSTRAK	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Klasifikasi Rem	7
2.2 Kampas Rem	9

2.3	Bahan Gesek.....	11
2.4	Sifat Mekanik Kampas Rem.....	Error! Bookmark not defined.
2.5	Teori Dasar Komposit	14
2.6	Tandan Kosong.....	15
2.7	Serbuk Aluminium (Al).....	17
2.8	Polyester Resin	21
2.9	Keausan	21
2.9.1	Jenis-Jenis Keausan Dan Penyebabnya.....	23
2.9.2	Pengurangan Keausan	27
2.9.3	Ketahanan Aus Dan Gesekan.....	27
2.9.4	Uji Keausan.....	29
2.10	Kekerasan	31
2.10.1	Uji Kekerasan.....	33
BAB III METODE PENELITIAN		36
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	36
3.2	Alat dan Bahan	36
3.2.1	Alat.....	36
3.2.2	Bahan.....	41
3.3	Prosedur Kerja.....	41
3.3.1	Volume Cetakan.....	42

3.3.2	Proses Penimbangan	42
3.3.3	Persiapan Bahan Uji.....	44
3.3.4	Pencetakan Sampel.....	46
3.4	Tabel Data Penelitian	50
3.4.1	Tabel Data Penelitian Dan Pengujian Kekerasan Kampas Rem.....	50
3.4.2	Tabel Data Penelitian Dan Pengujian Keausan Kampas Rem.....	51
3.5	Diagram Alir Penelitian.....	52
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		53
4.1	Hasil.....	53
4.1.1	Hasil Pengujian Kekerasan	53
4.1.2	Hasil Akhir Uji Kekerasan Dan Standar Deviasi.....	58
4.1.3	Pembahasan hasil pengujian kekerasan brinell.....	58
4.1.4	Hasil Pengujian keausan	60
4.1.5	Pembahasan hasil pengujian keausan ogohsi.....	64
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		66
5.1	Kesimpulan.....	66
5.2	Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA		68
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

<i>Gambar</i>	<i>Halaman</i>
2.1 Rem Tromol (<i>drum brake</i>).....	7
2.2 Rem cakram (<i>Disc Brake</i>).....	9
2.3 Kampas rem berbahan baku asbestos.....	10
2.4 Kampas rem berbahan baku non asbestos.....	11
2.5 Tandan kosong kelapa sawit (TKKS)	17
2.6 Tandan kosong yang sudah di haluskan.....	17
2.7 Tiga macam tipe kurva keausan pada kontak secara periodic atau berulang	22
2.8 Proses perpindahan dari logam secara <i>adhesi</i>	24
2.9 Ilustrasi dari proses <i>subsurface</i> pertumbuhan Retak.....	25
2.10 Model interaksi antara agen korosif dan permukaan yang rusak.....	26
2.11 Skematis galling dalam SMF dan tiga konsep yang digunakan untuk mengurangi galling.....	28
2.12 (a) Metode pengujian <i>oghosi</i> (b) <i>Oghosi high speed universal wear testing</i> <i>machine</i> (type OAT-U)	30
3.1 Cetakan sampel berbentuk silinder	36
3.2 Gergaji besi	37
3.3 Jangka sorong.....	37
3.4 Ayakan 50 mesh.....	37
3.5 Neraca analitik	38

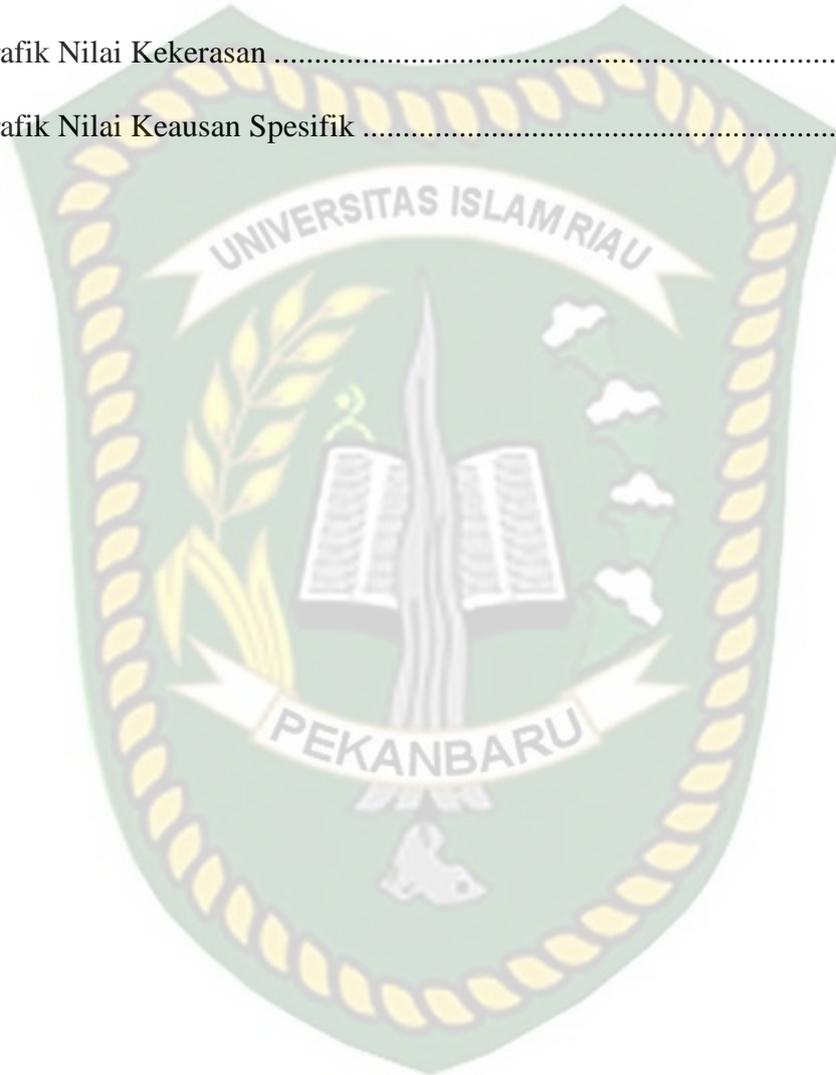
3.6 Pres Hidrolik	38
3.7 Gelas ukur	39
3.8 Amplas	39
3.9 Oven	39
3.10 Gelas plastic	40
3.11 Brinell hardness tester	40
3.12 Ogoshi high speed	40
3.13 (a)Masker (b)Spidol (c)pisau (d)Gunting (e)Sarung tangan	41
3.14 Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit	44
3.15 Natrium Hidroksida (NaOH)	45
3.16 Serbuk Aluminium (Al)	46
3.17 Polyester Resin dan Katalis	46
3.18 Proses Pencampuran Bahan Kampas Rem	47
3.19 Cetakan Sampel Berbentuk Silinder	48
3.20 Proses Pengepresan	48
3.21 Proses Sintering Sampel Dalam Oven	49
3.22 Sampel Kampas Rem	49

DAFTAR TABEL

<i>Tabel</i>	<i>Halaman</i>
2.1 Kandungan Tandan Kosong Kelapa Sawit	16
2.2 Nilai Berat Jenis Untuk Alumunium Hasli Proses Atomisasi.....	19
3.1 Spesifikasi Al Berdasarkan Sertifikat Analisis	45
3.2 Perbandingan Komposisi Bahan Kampas Rem	47
3.3 Tabel Data Pengujian Kekerasan Kampas Rem.....	50
3.4 Tabel Data Pengujian Keausan Kampas Rem.....	51
4.1 Data Hasil Pengujian Kekerasan Pada Diameter Pijakan Indentor.....	53
4.2 Tabel Data Kekerasan Standar Deviasi.....	56
4.3 Tabel Data Kekerasan Standar Deviasi.....	56
4.4 Tabel Data Kekerasan Standar Deviasi.....	57
4.5 Tabel Data Nilai Kekerasan	57
4.6 Lebar Celah Keausan Sampel Setelah Pengujian.....	61
4.7 Data Hasil Pengujian Keausan	61
4.8 Nilai Keausan Spesifik Pada Setiap Sampel.....	63

DAFTAR GRAFIK

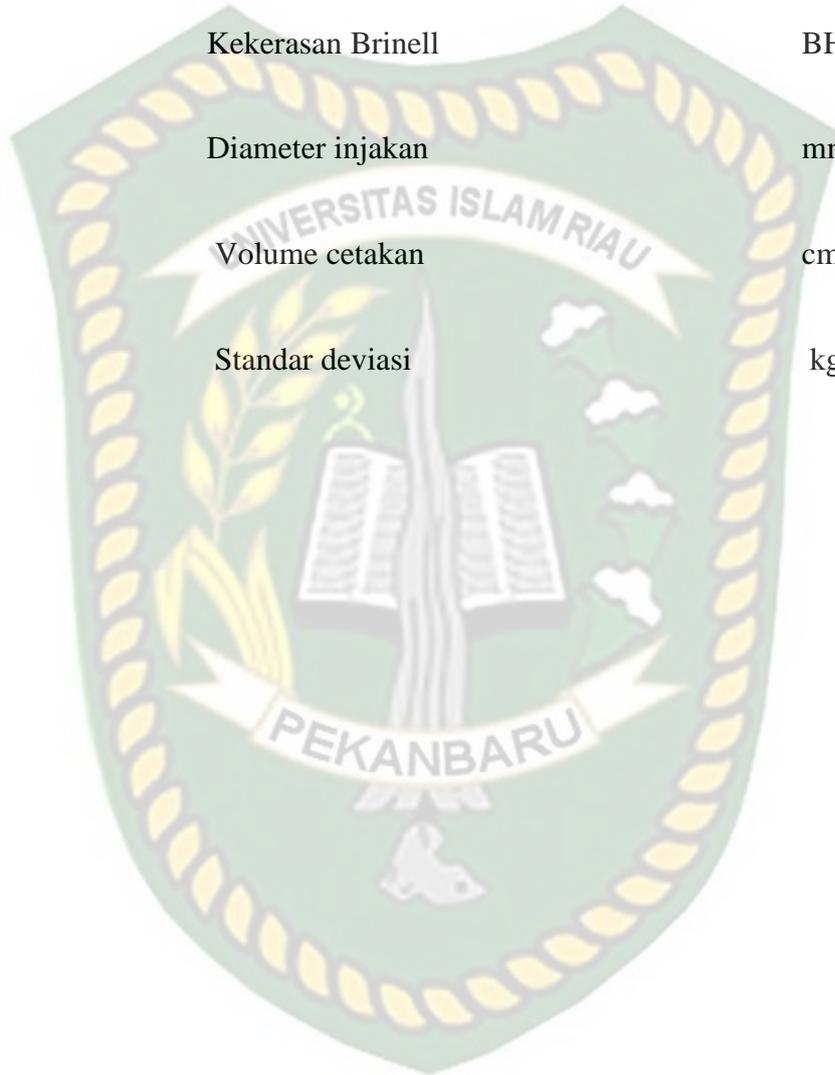
<i>Tabel</i>	<i>Halaman</i>
4.1 Grafik Nilai Kekerasan	58
4.2 Grafik Nilai Keausan Spesifik	64



DAFTAR NOTASI

SIMBOL	KETERANGAN	SATUAN
P	Gaya tekan	kgf
ρ	Berat Jenis	kg/dm ³
b_0	Lebar celah yang terabrasi	mm
B	Tebal revolving disc	mm
W_s	Keausan Spesifik	mm ² /kg
r	Jari-jari revolving disc	mm
P_o	Beban kontak	kg
L_o	Jarak lintasan	m
σ	Kekuatan tekan	kg/mm ²
P_{maks}	Beban tekan maksimum	kg
A	Luas penampang	mm ²
HR	Kekerasan Rockwell	HR
h	Kedalaman injakan bola	mm
Hv	Kekerasan Vickers	VHN

dm	Panjang rata-rata garis diagonal tekan	cm
D	Penetrator diameter	mm
BHN	Kekerasan Brinell	BHN
d	Diameter injakan	mm ²
Vc	Volume cetakan	cm ³
δ	Standar deviasi	kg/mm ²



PENGEMBANGAN KAMPAS REM DARI KOMPOSIT SERAT TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DAN SERBUK ALUMINIUM DENGAN PENGIKAT RESIN POLYESTER

Satria Yuda Manggala, Dody Yulianto
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Islam Riau
Jl. Kaharuddin Nasution Km. 11 No. 113 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru
Telp. 0761-674653 Fax. (0761) 674834
Email : yudamanggala45@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan sifat mekanik dan komposisi yang optimum dari variasi campuran serat tandan kosong kelapa sawit, serbuk aluminium dan resin polyester sebagai bahan kampas rem. Pada umumnya bahan pengisi yang biasa digunakan pada kampas rem antara lain MgO, asbes dan CaCO₃. Dalam penelitian ini menggunakan serat tandan kosong kelapa sawit, serbuk aluminium dengan pengikat resin polyester. Tahapan penelitian ini dimulai dari pembuatan sampel dengan mempersiapkan alat dan bahan, penghalusan serat TKKS dengan ukuran 50 mesh, kemudian dilakukan pengujian sampel yang terdiri atas uji kekerasan Brinell dan uji keausan Ogoshi. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap campuran serat tandan kosong kelapa sawit, serbuk aluminium dan resin polyester, Kekerasan yang paling tinggi dari ketiga sampel yaitu pada sampel 1 dengan komposisi 30% TKKS : 20% Al : 50% Polyester dengan nilai 31,5 kg/mm², jika dibandingkan dengan standar SAE dengan nilai 68 HR yang dikonversikan ke brinell menjadi 33 BHN, nilai kekerasan pada sampel 1 belum mencapai standar SAE. Pada hasil uji keausan, tiap sampel memiliki nilai keausan yang lebih rendah dari standar SAE. Nilai keausan yang paling rendah dari ketiga sampel yaitu pada sampel 1 dengan komposisi 30% TKKS : 20% Al : 50% Polyester dengan nilai 0,5434x10⁻⁷ mm²/kg. Dari ketiga sampel hanya sampel 1 yang mendekati nilai standar SAE yaitu dengan nilai kekerasan 33 BHN dan keausannya 5 x 10⁻⁴ mm²/kg.

Kata Kunci : serat tandan kosong kelapa sawit, serbuk aluminium, resin *polyester*, kampas rem

DEVELOPMENT OF BRAKE PADS FROM FIBER OF OIL PALM EMPTY FRUIT BUNCHES COMPOSITE AND ALUMINUM POWDER WITH POLYESTER RESIN BINDER

Satria Yuda Manggala, Dody Yulianto

The Engineering Department, Faculty of Engineering, Islamic University of Riau
Kaharuddin Nasution Street, Km. 11 No. 113 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru

Phone. 0761-674653 Fax. (0761) 674834

Email : yudamanggala45@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to obtain the optimum mechanical properties and composition of the various mixtures of oil palm empty fruit bunches, aluminum powder, and polyester resin as brake lining materials. In general, fillers commonly used in brake linings include MgO, asbestos, and CaCO₃. This study using oil palm empty fruit bunches, aluminum powder with a polyester resin binder. The stages of this research began with making samples by preparing tools and materials, refining OPEFB fibers with a size of 50 mesh, then testing samples consisting of Brinell hardness test and Ogoshi wear test. Based on the results of research that has been carried out on a mixture of palm empty fruit bunches, aluminum powder, and polyester resin, the highest hardness is in sample 1 with a composition of 30% OPEFB: 20% Al: 50% Polyester with a value of 31.5 kg / mm², when compared with the SAE standard with a value of 68 HR which is converted to Brinell to be 33 BHN, the hardness value in sample 1 has not reached the SAE standard. In the wear test results, each sample has a lower wear value than the SAE standard. The lowest wear value is in sample 1 with a composition of 30% OPEFB: 20% Al: 50% Polyester with a value of 0.5434x10⁻⁷ mm² / kg. Of the three samples, only sample 1 is recommended as a brake lining material because the hardness value is close to the SAE standard, namely 33 BHN and the wear is 5 x 10⁻⁴ mm² / kg.

Keywords : oil palm empty fruit bunches, aluminum powder, polyester resin, brake pads

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri otomotif Indonesia mengalami peningkatan yang sangat pesat. Seiring dengan meningkatnya tipe dan jumlah kendaraan bermotor, kebutuhan akan suku cadang kendaraan juga meningkat. Salah satu komponen yang harus dimiliki pada kendaraan adalah kampas rem. Kampas rem merupakan salah satu komponen kendaraan yang berfungsi untuk mereduksi atau memperlambat laju kendaraan (Kennedy, 2019).

Bahan pengisi yang biasa digunakan pada kampas rem antara lain MgO, asbes dan CaCO₃ (Pratama, 2011). Ketersediaan asbes saat ini sudah semakin menipis dan penggunaan asbes pun dalam pembuatan kampas rem tidak ramah lingkungan karena memiliki efek kesehatan yang negatif. Material komposit yang terbuat dari kombinasi serat alam dan polimer lebih cenderung dipilih sebagai material alternatif pengganti material komposit sintetik, karena material komposit serat alami lebih ramah lingkungan dan material serat lebih banyak tersedia (Chandra, 2018). Pada material gesek semi logam, penambahan kandungan logam bertujuan untuk meningkatkan koefisien gesek. Kampas rem harus memiliki sifat kekerasan, ketahanan aus dan tahan korosi, dan salah satu alternatif yang dapat digunakan sebagai komposisi kampas rem adalah aluminium yang memiliki bobot ringan dan kuat tarik 70 MPa, serta tahan korosi (Telang et al., 2010).

Peningkatan produksi industri kelapa sawit, selain meningkatkan jumlah *Crude Palm Oil* (CPO), juga meningkatkan limbah padat yang terdiri dari tandan kosong, serat buah dan cangkang. Saat memproduksi 1 ton pohon kelapa sawit, akan menghasilkan limbah padat sebesar: 23% tandan kosong, 6,5% cangkang dan 13% serat buah. Untuk memenuhi permintaan biokomposit yang terus meningkat, dapat memanfaatkan potensi serat buah kelapa sawit. Beberapa suku cadang mobil yang cenderung menggunakan biokomposit adalah interior dan eksterior (Agustina, 2018). Salah satu potensi kelapa sawit terbesar di Indonesia adalah Provinsi Riau, Kecamatan Pasir Penyu, kabupaten Indragiri hulu. Namun pada saat ini limbah tandan kosong tersebut belum bisa dimanfaatkan oleh warga sekitar.

Penggunaan material alternatif untuk campuran serbuk bambu, MgO dan serbuk aluminium sebagai bahan kampas rem sepeda motor telah diteliti (Prisma et al., 2013). Pada hasil pengujian keausan sampel kampas rem, angka keausan yang paling mendekati dengan angka keausan kampas rem Indoparts adalah sampel kampas rem dua 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 dua dengan komposisi serbuk bambu 35%, aluminium 15%, MgO 35%, resin 15% dengan angka kekerasan $19,6 \text{ kg/mm}^2$.

Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang pemanfaatan serat tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan alternatif pengganti asbes untuk bahan

pembuatan kampas rem. Hal tersebut dimungkinkan dengan melakukan penelitian tentang cara membuat formula dengan campuran bahan-bahan selain asbes dengan komposisi yang baik.

Maka dari latar belakang didapat permasalahan perlu melakukan pengembangan kampas dari bahan serat alam, dengan mengambil judul tugas akhir **“Pengembangan Kampas Rem Dari Komposit Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit, Dan Serbuk Alumunium Dengan Pengikat Resin Polyester”**.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana membuat serat tandan kosong kelapa sawit dan serbuk alumunium sebagai kampas rem ?
2. Bagaimana menentukan komposisi campuran dalam pembuatan komposit kampas rem ?
3. Bagaimana pengaruh komposisi serat tandan kosong kelapa sawit, dan serbuk alumunium mempengaruhi sifat mekanis dari komposit kampas rem ?

1.3 Tujuan Penelitian

Dalam perkembangan ilmu pengetahuan di bidang teknologi diuntut untuk mendapatkan lebih lanjut, mendapatkan lebih baik secara teori maupun aplikasi pemakaian dilapangan sehingga tujuan yang hendak di capai dalam penelitian diantaranya yaitu:

1. Untuk memanfaatkan serat tandan kosong kelapa sawit dan serbuk alumunium dengan bahan pengikat resin polyester menjadi kampas rem sepeda motor.
2. Untuk mendapatkan komposisi yang optimum dalam pembuatan komposit kampas rem.
3. Untuk mendapatkan sifat mekanis kekerasan dan keausan dari komposit kampas rem.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Objek yang diteliti adalah kampas rem dari tandan kosong kelapa sawit, dan serbuk alumunium dengan pengikat resin polyester.
2. Persentase campuran:
 - a. 30% tandan kosong + 20% alumunium (Al) + 50% *polyester*
 - b. 50% tandan kosong + 10% alumunium (Al) + 40% *polyester*
 - c. 45% tandan kosong + 25% alumunium (Al) + 30% *polyester*
3. Pengujian spesimen
 - a. Uji gesek atau uji keausan yang diteliti adalah koefisien gesek atau aus spesimen dengan menggunakan mesin Ogoshi Universal Wear Testing Mechine (Type Oat-U) dengan standar ASTM G 99-04.
 - b. Uji Kekerasan dengan menggunakan metode Brinell. Dengan standar ASTM E 10-01.

1.5 Manfaat Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat beberapa manfaat yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat berupa informasi mengenai alternatif lain untuk memperluas pengetahuan tentang pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan baku dalam proses pembuatan kampas rem.
2. Penelitian ini juga diharapkan dapat memperluas alternatif sumber bahan baku untuk membuat kampas rem yang ramah lingkungan.
3. Mengurangi limbah yang berupa tandan kosong kelapa sawit dengan memanfaatkannya dalam pembuatan kampas rem.
4. Meningkatkan harga ekonomis tandan kelapa sawit sebagai bahan pembuatan kampas rem.

1.6 Sistematika Penulisan

Penyusunan untuk bisa di jadikan tugas akhir ini terbagi dalam lima bab secara garis besar dapat dijelaskan sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Pada bab ini berisikan latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Pada bab ini berisi tentang teori-teori yang berkaitan tentang kampas rem, tandan kosong kelapa sawit, serbuk alumunium dan resin *polyester*.

Bab III Metodologi Penelitian

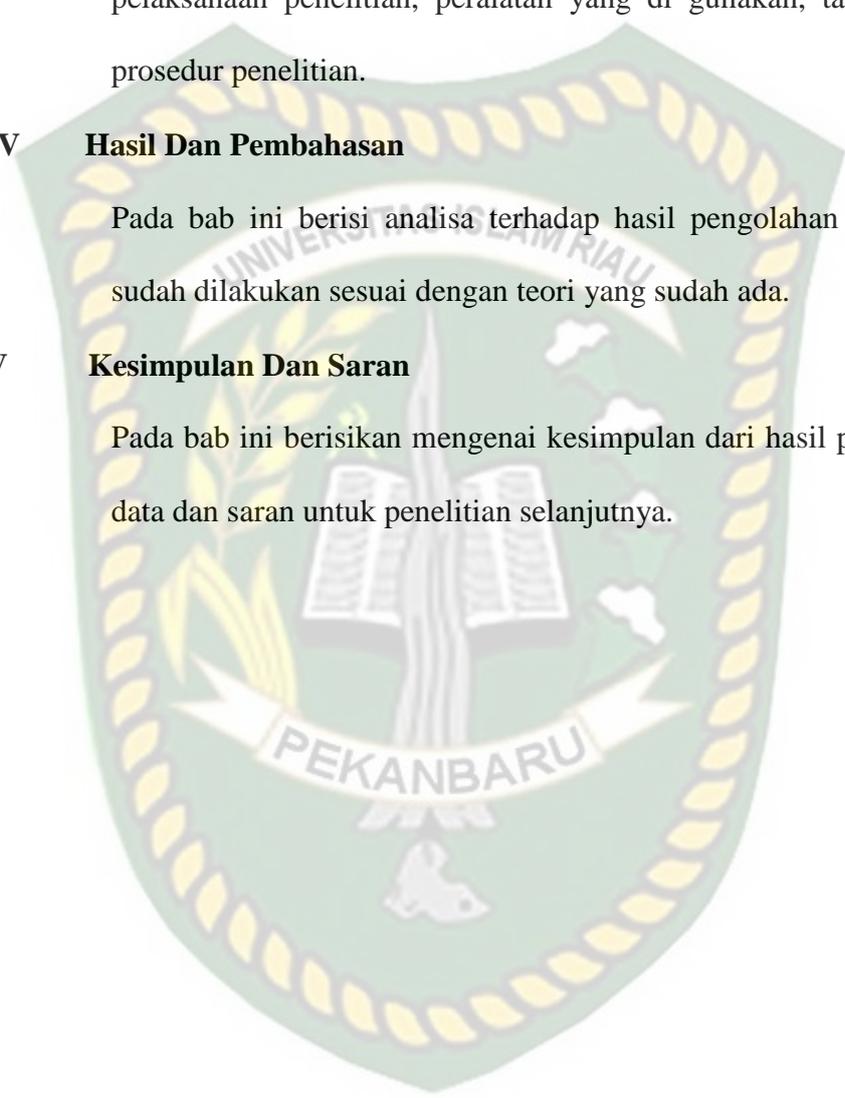
Pada bab ini memberikan informasi mengenai tempat dan waktu pelaksanaan penelitian, peralatan yang di gunakan, tahapan dan prosedur penelitian.

Bab IV Hasil Dan Pembahasan

Pada bab ini berisi analisa terhadap hasil pengolahan data yang sudah dilakukan sesuai dengan teori yang sudah ada.

Bab V Kesimpulan Dan Saran

Pada bab ini berisikan mengenai kesimpulan dari hasil pengolahan data dan saran untuk penelitian selanjutnya.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

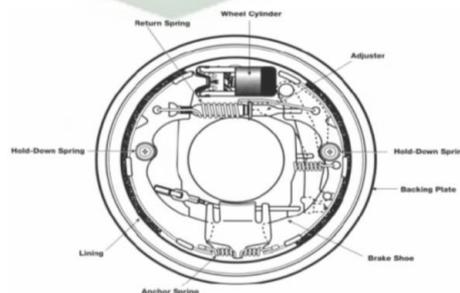
2.1 Klasifikasi Rem

Rem merupakan komponen yang sangat penting pada kendaraan bermotor yang berfungsi untuk mereduksi energi gerak kendaraan sehingga akan memperlambat atau menghentikan laju kendaraan, oleh karena itu keselamatan serta keamanan jiwa manusia sangat bergantung pada komponen ini. Rem cakram adalah salah satu jenis rem yang banyak digunakan pada sistem pengereman kendaraan modern. Pada dasarnya rem bekerja dengan prinsip adanya gesekan antara piringan (*disc*) dengan kampas rem (*brake pad*) ketika kedua komponen ini berkontak sehingga akan memperlambat kendaraan (Elhafid, 2017).

Sistem rem memiliki dua tipe yang digunakan pada sepeda motor, yaitu:

A. Rem tromol (*drum brake*)

Tipe drum, sistem rem ini terdiri dari sepasang kampas rem yang terletak pada tapak yang tetap (tidak ikut berputar bersama roda) dan drum yang berputar bersama roda.



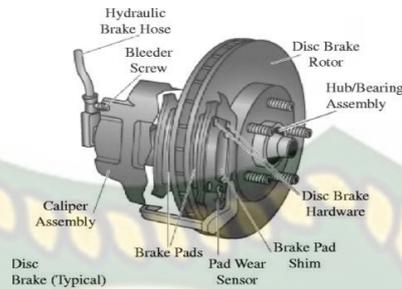
Gambar 2.1 : Rem Tromol (*drum brake*)

Sumber : (Siahaan dan Yung Sen, 2008)

Dalam penggunaannya setiap kampas rem akan bergerak secara radial menekan drum sehingga terjadi gesekan antara drum dengan kampas rem. Pada rem tromol, penghentian atau memperlambat putaran roda dilakukan dengan adanya gesekan antara kampas rem dengan tromolnya. Ketika tuas rem tidak ditekan kampas rem dan tromol tidak saling kontak. Tromol rem berputar mengikuti putaran roda, tetapi disaat tuas rem ditekan lengan rem akan memutar cam pada kampas rem sehingga kampas rem jadi mengembang dan terjadi gesekan antara kampas dengan tromolnya. Akibatnya putaran tromol dapat diperlambat atau dihentikan (Siahaan dan Yung Sen, 2008).

B. Rem Cakram (*Disc Brake*)

Penggunaan rem cakram yaitu secara mekanis dengan memakai selang baja dengan sistem hidrolis dan memakai tekanan cairan. Pada rem cakram, putaran roda diperlambat atau dihentikan dengan cara menjepit cakram (*disc*) dengan dua buah kampas rem (*brake pads*). Pada saat rem digunakan plat disc ditekan oleh kampas rem dengan gaya bantalan piston yang bekerja secara hidrolis. Rem cakram memiliki dua tipe, yaitu rem cakram mekanis dan rem cakram hidrolis. Biasanya yang digunakan adalah rem cakram tipe hidrolis. Pada rem cakram tipe hidrolis, menggunakan minyak rem sebagai pemindah gerak handle menjadi gerak pad. Saat handle rem ditarik, piston di dalam silinder master akan terdorong sehingga minyak rem tertekan keluar silinder. Melewati selang rem tekanan ini diteruskan oleh minyak rem dan mendorong piston yang berada di dalam silinder caliper. Akibatnya piston pada caliper ini akan mendorong pad untuk menekan cakram, sehingga terjadilah aksi pengereman (Dwiyati dkk, 2017).



Gambar 2.2 : Rem cakram (*Disc Brake*)

Sumber : (Dwiyati dkk, 2017)

2.2 Kampas Rem (*Brake Pads*)

Kampas rem adalah salah satu komponen kendaraan bermotor dengan fungsi untuk mengurangi atau menghentikan laju kendaraan. Pada umumnya kampas rem menggunakan bahan asbes, akan tetapi penggunaan asbes saat ini sudah semakin menipis sehingga harus mencari alternatif lain untuk bahan pembuatan kampas rem. Dalam pembuatan kampas rem dibagi atas dua komposisi, yaitu kampas rem anorganik dan kampas rem organik.

1. Kampas rem anorganik

Kampas rem dari bahan asbestos hanya memiliki satu jenis fiber yaitu asbestos yang merupakan komponen yang menimbulkan karsinogenik. Akibat dari perbedaan ini makanya kampas rem asbestos (lihat gambar 2.3) memiliki kelemahan dalam kondisi basah, hal ini bahwa rem asbestos akan blong (*fading*) pada temperatur 250° C karena asbestos hanya terdiri dari satu jenis fiber, ketika kondisi basah bahan tersebut akan mengalami efek licin seperti menggesekkan jari diatas kaca basah (licin atau tidak pakem). Bahan baku kampas rem asbestos;

asbestos 40 s/d 60 %, resin 12 s/d 15 %, BaSO₄ 14s/d 15%, sisanya karet ban bekas, tembaga sisa kerajinan, *frict dust*, dan metal (Setiawan dkk, 2010).

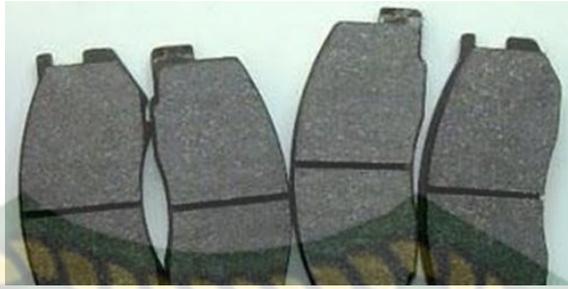


Gambar 2.3: Kampas rem berbahan baku asbestos

Sumber : (Setiawan dkk, 2010)

2. *nitrile butadine rubber* Kampas rem non asbestos/organik

Kampas rem nonasbestos biasanya terbuat dari serat *kevlar/aramid*, *rockwool*, *fiberglass*, *steel fiber*, *carbon*, *potasium titanate*, *graphite*, *celullose*, *vemiculate*, BaSO₄, *resin*, dan *nitrile butadine rubber*. Material jenis ini masih digunakan oleh semua produk original baik dari jepang maupun dari eropa. Kampas rem jenis ini memiliki kelebihan yaitu tidak menimbulkan licin dan stabil (tidak *blong/fading*) pada saat kampas dan rotor mengalami kontak dan dapat bertahan pada suhu sampai 360° C. Jenis kampas rem nonasbestos menggunakan lebih dari duabelas jenis material sehingga umur pakai kampas rem jenis ini relatif lama dan gesekan yang timbul pada saat terjadi kontak tidak berpengaruh pada kampas dan rotor meskipun pada temperatur tinggi (Setiawan dkk, 2010). Kampas rem non asbestos ditunjukkan pada gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.4 : Kampas rem berbahan baku non asbestos

Sumber : (Setiawan dkk, 2010)

2.3 Bahan Gesek

Bermacam-macam logam seperti tembaga, baja, perunggu, besi, kuningan, dan aluminium masih digunakan dalam bentuk serat atau partikel dalam bahan gesek, dan itu dikenal bahwa jenis, *morfologi*, dan kekerasannya dapat mempengaruhi gesekan dan keausan bahan gesek (Jang et al., 2004). Pada masa ini, serat baja sering digunakan di dalam industri bahan gesek karena serat baja memiliki ketahanan aus yang baik dan dapat mempertahankan keefektifan gesekan pada suhu yang meningkat. Keagresifan serat baja melawan rotor rem dapat terlihat karena kekerasan dan *adhesi* antara baja dan besi cor kelabu tinggi (Blau & Jolly, 2005). Serbuk perunggu dan tembaga dalam kampas rem organik kendaraan berat berguna untuk meningkatkan ketahanan fade, sedangkan serbuk aluminium dan seng digunakan untuk meningkatkan karakteristik pemulihan yang lebih baik. Istilah *fade* (kerugian gesek) digunakan untuk menunjukkan kerugian keefektifan pengereman pada suhu yang meningkat (khususnya pada jangkauan 300-400⁰C), karena penurunan koefisien gesek kinetik. Ketahanan bahan terhadap

terjadinya penggelembungan juga merupakan sifat mekanik bahan gesek yang penting (Morshed & Haseeb, 2004).

2.4 Sifat Mekanik Kampas Rem

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

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

Untuk memenuhi syarat serta menjaga keselamatan ketika mengemudikan kendaraan dan kompetisi di pasaran, diperlukan performa friksi yang baik dan biaya rendah pada bahan friksi. Akan tetapi, pada umumnya bahan mentah yang mempunyai performa friksi yang baik biasanya memiliki harga relatif tinggi. Untuk mendapatkan “*brakelining*” yang baru dengan memiliki kecepatan wear yang rendah dan nilai yang cukup pada koefisien gesek (μ), faktor biaya dari kedua bahan mentah dan proses dalam pembuatannya harus benar-benar dipertimbangkan, agar didapatkan suatu bahan dengan wear yang rendah dan juga koefisien gesek yang tinggi.

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

Sifat mekanik yaitu menyatakan kemampuan dari suatu bahan (contohnya komponen yang terbuat dari bahan tersebut) untuk menerima gaya/beban/energi tanpa harus menimbulkan kerusakan pada komponen/bahan tersebut. Seringkali jika suatu bahan memiliki sifat mekanik yang baik akan tetapi kurang baik pada

sifat yang lain, maka diambil langkah untuk dapat mengatasi kekurangan tersebut dengan melakukan berbagai cara yang diperlukan. Untuk dapat memiliki standar acuan tentang spesifikasi teknik dari kampas rem, maka nilai keausan, kekerasan, bending dan sifat mekanik yang lainnya harus mendekati atau mencapai nilai standar keamanannya. Adapun persyaratan teknik atau standar SAE dari kampas rem komposit (www.stopcobrake.com/en/file/en.pdf/SAEJ661) yaitu:

- a. Untuk nilai kekerasan sesuai standar keamanan 68 – 105 (Rockwell R).
- b. Ketahanan panas 360 °C, untuk pemakaian terus menerus sampai dengan 250 °C.
- c. Nilai keausan kampas rem adalah $(5 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{kg})$
- d. Koefisien gesek 0,14 – 0,27
- e. Massa jenis kampas rem adalah 1,5 – 2,4 gr/cm³
- f. Konduktivitas thermal 0,12 – 0,8 W.m.°K
- g. Tekanan Spesifiknya adalah 0,17 – 0,98 joule/g.°C
- h. Kekuatan geser 1300 – 3500 N/cm²
- i. Kekuatan perpatahan 480 – 1500 N/cm

2.5 Teori Dasar Komposit

Secara sederhana bahan komposit berarti bahan gabungan atau campuran dari dua material atau lebih pada skala makroskopis untuk membentuk material ketiga yang lebih bermanfaat. Ini berbeda dengan perpaduan alloy (paduan yang digabungkan secara mikroskopis) sehingga penyusunan tidak kelihatan lagi (Jones, 1975).

Pada umumnya komposit yang dibuat manusia dapat dibagi kedalam tiga kelompok utama :

a) Komposit Matrik Polimer (Polymer Matrix Composites/PMC)

Bahan ini merupakan bahan komposit yang sering digunakan disebut, Polimer Berpenguatan Serat (Fibre Reinforced Polymers or Plastics/FRP) bahan ini menggunakan suatu polimer berdasar resin sebagai matriknya, dan suatu jenis serat seperti kaca, karbon dan aramid (Kevlar) sebagai penguatannya.

b) Komposit Matrik Logam (Metal Matrix Composites/ MMC)

Ditemukan berkembang pada industri otomotif, bahan ini menggunakan suatu logam seperti aluminium sebagai matrik dan penguatnya dengan serat seperti silicon karbida.

c) Komposit Matrik Keramik (Ceramic Matrix Composites /CMC)

Digunakan pada lingkungan bertemperatur sangat tinggi, bahan ini menggunakan keramik sebagai matrik dan diperkuat dengan serat pendek, atau serabut-serabut (whiskers) dimana terbuat dari silicon carbide atau boron nitride (Jones, 1975).

2.6 Tandan Kosong

Tandan kosong kelapa sawit adalah limbah dari tandan buah segar kelapa sawit yang sudah diambil manfaatnya untuk pengolahan minyak sawit (CPO). Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) adalah salah satu jenis produk sampingan (*by-product*) berupa padatan dari industri pengolahan kelapa sawit. Ketersediaan tandan kosong kelapa sawit cukup signifikan jika ditinjau berdasarkan rata-rata

produksi tandan kosong kelapa sawit terhadap total jumlah tandan buah segar (TBS) yang diproses (Arif, 2012).

Rata-rata produksi tandan kosong kelapa sawit adalah berkisar 22% hingga 24% dari total berat tandan buah segar yang diproses di pabrik pengolaha kelapa sawit. Jika di lihat secara fisik tandan kosong kelapa sawit terdiri dari berbagai macam serat dengan komposisi antara lain selulosa, hemisellulosa dan lignin. Komposisi kandungan kelapa sawit dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1 Kandungan Tandan Kosong Kelapa Sawit

Komponen	% berat
Sellulosa	41,3 – 46,5
Hemisellulosa	25,3 – 33,8
Lignin	27,6 – 32,5

Sumber : (Sudiyani dkk, 2010)

Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit sejauh ini antara lain dimanfaatkan sebagai bahan pupuk kompos, bahan pembuatan bioethanol, papan partikel dan bahan penyerap air pada daerah dengan tekstur berpasir dan memiliki curah hujan rendah. Jika dilihat dari komposisi limbah tandan kosong kelapa sawit seperti yang terlihat pada tabel 2.1 maka limbah tandan kosong kelapa sawit juga sangat potensial apabila digunakan sebagai bahan baku pembuatan biogas dengan metode *dry fermentation* dikarenakan memiliki banyak serat dengan kandungan kadar air yang rendah.



Gambar 2.5 : Tandan kosong kelapa sawit (TKKS)

Sumber : (PT Kimia Tirta Utama Tahun, 2018)



Gambar 2.6 Tandan kosong yang sudah dihaluskan

Sumber : (PT Kimia Tirta Utama Tahun, 2018)

2.7 Serbuk Aluminium (Al)

1. Sifat Aluminium

Aluminium adalah logam *non ferro* yang cukup banyak digunakan pada kehidupan sehari-hari. Bahan ini cukup menarik pada dunia industri, karena mempunyai sifat yang lunak, ringan, mudah dibentuk, dan mempunyai daya konduktivitas yang tinggi, baik konduktivitas panas ataupun listrik serta temperatur lelehnya rendah. Aluminium salah satu bahan yang tahan terhadap

korosi. Aluminium selain mempunyai massa jenis kecil, daya hantar listrik yang baik, tahan terhadap korosi, jika dicampur dengan unsur tertentu akan memiliki sifat fisis dan mekanis yang tangguh (Sukarni, 2016).

Alumunium yang memiliki berat jenis rendah ($\rho = 2.7.....2,85 \text{ kg/dm}^3$) dan kekuatan yang cukup tinggi dari campuran aluminium adalah salah satu faktor yang membuat penggunaannya untuk motor yang bergerak (mobil) dan alat-alat rumah tangga serta untuk bagian yang bergerak cepat seperti piston dan batang engkol. Juga digunakan sebagai rumah (*housing*) dan pembalutan (*clodding*), yakni bagian yang tidak memerlukan kekuatan yang penuh. Faktor positif lainnya adalah sifat penghantar listrik dan panas yang baik. Jika alumunium Al dipijarkan hingga plastis akan terjadi pelunakan (tarik dalam), tetapi kekuatannya akan bertambah jika dilakukan pengerjaan dingin. Pada temperatur 100°C kekuatan ini akan menurun secara drastis, tetapi jika pada temperatur rendah akan naik kembali. Alumunium Al bersifat non-magnetik, memiliki sifat konduktor listrik yang sangat baik dan juga konduktor panas. Alumunium Al ini juga mereflesi panas dan sinar (*Isolasi alfol*), dapat di las akan tetapi sukar untuk disolder karena adanya lapisan *oxid*. Kalau dilihat dari ketahanan korosi alumunium tidak berkarat seperti besi dikarenakan adanya lapisan pelindung pada permukaannya. Alumunium ini tahan terhadap air murni, asam fosfat encer, dioksidasi belerang, asam nitrat konsentrat, serta senyawa nitrogen lainnya, tetapi alumunium tidak tahan terhadap air laut, asam anorganik, soda, mortar dan beton. Alumunium perlu di cat atau diisolasi pada titik temu dengan logam lain untuk mencegah terjadinya perusakan elektrolitis. Alumunium dapat dibalut dan dianodasi (oksidasi elektrik).

Dalam pembuatan bahan kampas rem Al sangat liat bila dicampurkan dengan polyester resin namun kekuatannya meningkat dan daya ikat satu sama lain sangat bagus (Nieman,1994).

Serbuk alumunium yang biasanya dihasilkan dari proses atomisasi mempunyai karakteristik seperti tabel 2.2. Nilai dari berat jenis dibawah ini merupakan fungsi ukuran partikel.

Tabel 2.2 Nilai Berat Jenis untuk Serbuk Alumunium Hasil Proses Atomisasi (ASM, 1990)

Sifat	Satuan SI	Nilai
<i>Apparent Density</i>	g/cm ³	0,8 – 1,3
<i>Tap Density</i>	g/cm ³	1,2 – 1,5
Kandungan Oksigen	Wt%	0,1 – 1,0

Sumber :(ASM, 1990)

Serbuk alumunium memiliki bentuk padat, serbuk, atau serpihan, berwarna perak hingga abu-abu dan tidak barbau. Masa jenis 2,7 g/cm³ mempunyai titik didih 4220,6°F (2327°C), titik lebur 1220°F (660°C) (Davis, JR, 1993).

Amanto dan Daryanto (2003) mengatakan bahwa atom aluminium(Al) pada dasarnya terlalu kuat bergabung dengan oksigen dan disebut alauminium oksid. Bijih tambang untuk aluminium adalah bauksit. Aluminium mempunyai daya gabung yang tinggi terhadap oksigen dan karena itu sifat aluminium dikatakan bahwa mudah sekali mengoksidasi (berkarat), tetapi dalam kenyataannya, mempunyai daya tahan karat yang sangat baik. Hal itu disebabkan

oleh lapisan tipis akan tetapi jenuh oksigen yang terbentuk pada permukaan akan melindunginya dari serangan atmosfer berikutnya. Berat jenis aluminium sangat rendah, sekitar 1/3 dari berat jenis besi/baja. Aluminium paduan mempunyai tegangan tarik yang tinggi sebanding dengan paduan bukan besi lainya dan juga sebanding dengan beberapa baja.

2. Paduan material dengan pemanasan

Pendinginan yang ditahan pada suhu kamar selama beberapa hari tanpa pemanasan berikutnya, menaikkan kekuatan dan kekerasan bahan secara seimbang. Kenyataan ini disebut *age hardening* (keras karena waktu). Dalam hal ini tidak kelihatan adanya perubahan mikrostruktur, sehingga sulit untuk mengetahui sebab-sebabnya. *Precipitation hardening* juga digunakan untuk meningkatkan hasil kekerasan, dengan pemanasan dan perlakuan seperti pada *age hardening*. Paduan dipanaskan pada suhu tertentu (sekitar 500^o C) dalam jangka waktu yang pendek, sehingga larutan padat menjadi seragam susunannya kemudian segera didinginkan pada air dingin. Hasil dari perlakuan dengan pendinginan yang cepat ini menyebabkan partikel pada paduan logam tersebut tidak ada kesempatan untuk memisah. Pemanasan berikutnya selama beberapa jam dengan suhu lebih kurang 160^o C dimana kekuatan dengan kekerasan akan meningkat dengan seimbang dan harus dihindari penggunaan suhu yang terlampau tinggi dalam proses ini karena apabila hal ini terjadi akan menyebabkan sifat mekaniknya turun. Oleh karena itu, diperlukan pemeriksa suhu yang teliti selama pemanasan (Amanto dan Daryanto, 2003:119).

2.8 Polyester Resin

Dalam pembuatan kanvas rem, perekat bertindak sebagai matrik yang berfungsi sebagai:

1. Mentransfer tegangan keserat secara merata.
2. Melindungi serat dari gesekan secara mekanik.
3. Memegang dan mempertahankan serat pada posisinya.
4. Melindungi dari lingkungan yang merugikan.

(Nugroho,2016).

Resin polyester tak jenuh atau sering disebut polyester merupakan matrik dari komposit, Resin ini termasuk juga dalam resin termoset. Pada polimer termoset resin cair diubah menjadi padatan yang keras dan getas yang terbentuk oleh ikatan silang kimiawi yang membentuk rantai polimer yang kuat. Resin termoset tidak mencair karena pemanasan. Massa jenis resin polyester = 1,215 gr/cm³.

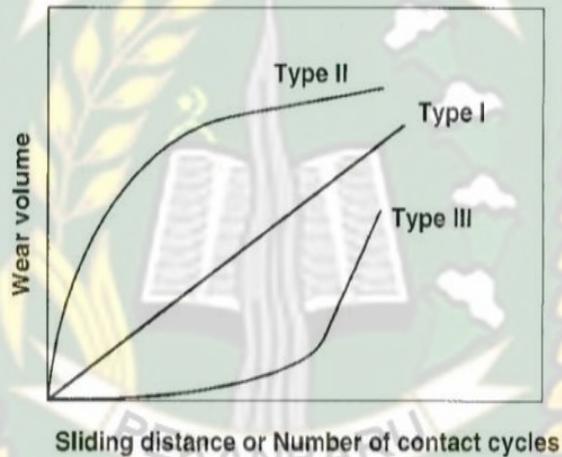
Serat yang digunakan sebagai penguat adalah bisa berupa serat gelas, serat alam, serta carbon dan berbagai serat lainnya. Akibat sifatnya yang polar, hampir seluruh jenis serat dapat dikombinasikan dengan resin poliester (Hamsa, 2016).

2.9 Keausan

Definisi keausan umumnya adalah kehilangan material secara progresif atau pemindahan sejumlah material dari suatu permukaan sebagai suatu hasil pergerakan relatif antara permukaan tersebut dan juga permukaan lainnya. Pada pengujian keausan dapat dilakukan dengan berbagai macam metode dan teknik yang seluruhnya bertujuan untuk mensimulasikan kondisi keausan aktual. Salah

satunya yaitu dengan pengujian laju keausan. Pengujian laju keausan dinyatakan dengan jumlah kehilangan atau pengurangan material tiap satuan luas bidang kontak dan lama pengausan (Suhardiman dan Syaputra, 2017).

Dengan mengetahui volume keausan, kekerasan permukaan, dan bentuk partikel memberikan informasi penting tentang keausan. Tiga macam keausan dapat dilihat pada gambar 2.7



Gambar 2.7 Tiga macam tipe kurva keausan pada kontak secara periodic atau berulang

Sumber : (Koji Kato; Koshi Adachi, 2001)

Kurva volume keausan sebagai fungsi jarak *sliding* atau banyak kontak permukaan dalam suatu siklus seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7. Pada tipe I ditunjukkan nilai keausan yang konstan dari semua proses, pada tipe ke II ditunjukkan suatu peralihan yang awalnya *rate* keausannya tinggi lalu keausannya konstan pada saat *rate* rendah, dan tipe III ditunjukkan bencana besar peralihan

dari *rate* keausan yang rendah menuju *rate* keausan yang begitu tinggi, seperti kelelahan patah (*fatigue fracture*), ini biasa terjadi pada material jenis keramik.

Pada umumnya, keausan dievaluasi dengan jumlah kehilangan dan keadaan permukaan yang aus. Derajat keausan ini dinyatakan dengan *wear rate*, *wear coefficient* atau *specific wear rate*. Definisi *wear rate* adalah sebagai volume keausan persatuan jarak dan persatuan beban. *Wear coefficient* adalah hasil dari *specific wear rate* dengan kekerasan (*hardness*) dari material yang aus (Koji Kato; Koshi Adachi, 2001).

2.9.1 Jenis-Jenis Keausan Dan Penyebabnya

Mekanisme penyebab terjadinya keausan ini dikelompokkan menjadi dua, yaitu keausan yang terjadinya akibat didominasi oleh perilaku mekanis dari bahan dan keausan yang terjadinya akibat didominasi oleh perilaku kimia dari bahan, akan tetapi menurut (Koji Kato, 2001) keausan memiliki tiga macam tipe, yaitu *mechanical, thermal wear and chemical*.

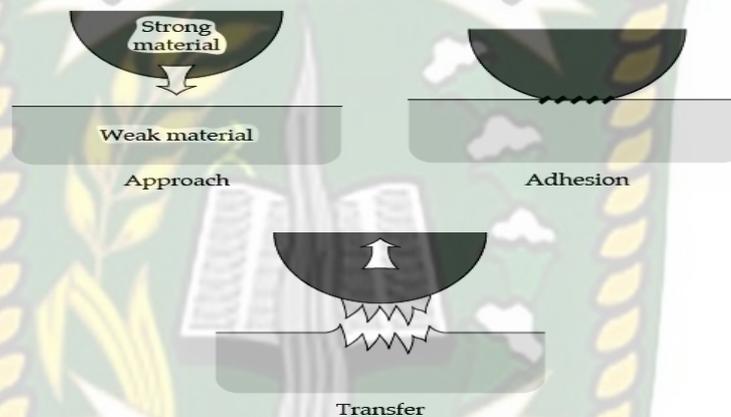
Material jenis apapun akan mengalami keausan dengan mekanisme yang beragam, yaitu keausan *adhesive*, keausan *abrasive*, keausan lelah pada permukaan, dan keausan kimiawi. Dibawah ini diberikan penjelasan ringkas dari mekanisme-mekanisme tersebut.

Mekanisme keausan terdiri dari:

1. Keausan adhesive (Adhesive wear)

Keausan ini merupakan salah satu jenis keausan yang terjadinya disebabkan oleh terikat dan berpindahannya partikel dari suatu permukaan material

yang lemah menuju material yang lebih keras. Terlihat pada Gambar 2.8 proses keausan itu bermula saat benda dengan kekerasan yang lebih tinggi menyentuh permukaan yang lemah sehingga terjadilah pengikatan. Terjadinya pengikatan ini secara spontan dan dapat terjadi pada suhu yang rendah atau moderat. *Adhesive wear* sering juga disebut *galling*, *scoring*, *scuffing*, *seizing* , atau *seizure* (Syafa'at, 2008).



Gambar 2.8 Proses perpindahan dari logam secara *adhesi*

Sumber : (Syafa'at, 2008)

2. Keausan abrasive (*Abrasive wear*)

Terjadinya keausan ini disebabkan oleh hilangnya sejumlah material dari permukaan pada sebuah benda oleh material lain yang lebih keras. Ada dua kategori keausan ini, yaitu:

a. Two body abrasion

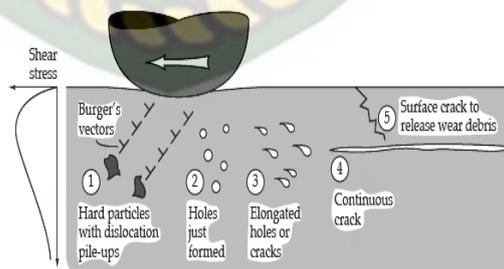
Terjadinya keausan ini disebabkan hilangnya sejumlah material karena proses rubbing (penggarukan) oleh material lain yang lebih keras dibandingkan material lainnya. Sehingga material yang lunak ini akan terabrasi.

b. Three body abrasion

Terjadinya keausan ini akibat proses *galling* sehingga serpihan hasil dari gesekan yang terbentuk (*debris*) mengeras dan ikut berperan pada hilangnya material dikarenakan proses gesekan yang terjadi dengan cara berulang-ulang. Jadi yang dimaksud pengertian dari “tiga benda” disini yaitu dua material yang saling bergesekan dan sebuah benda serpihan hasil gesekan. Sedangkan pada keausan “dua benda”, *debris* atau serpihan hasil gesekan tidak ada (Syafa’at, 2008).

3. Keausan lelah pada permukaan (*Surface fatigue wear*)

Keausan ini pada hakikatnya dapat terjadi baik secara *abrasif* ataupun *adhesif*. Akan tetapi pada keausan jenis ini terjadi dengan cara berulang-ulang dan periodik. Hal ini akan berakibat pada peningkatan tegangan geser. Pada Gambar 2.9 mengilustrasikan tentang pertumbuhan retak pada permukaan benda. Ketidaktepatan dalam struktur material salah satu penyebabnya adalah lokasi yang kosong yang ada dalam susunan butir pembentuk material (Syafa’at, 2008).



Gambar 2.9 Ilustrasi dari proses *subsurface* pertumbuhan Retak

Sumber : (Syafa’at, 2008)

4. Keausan kimiawi (*Tribo chemical wear*)

Keausan ini adalah kombinasi antara proses mekanis dan proses termal yang terjadi pada permukaan benda dan lingkungan sekitarnya.



Gambar 2.10 Model interaksi antara agen korosif dan permukaan yang rusak

Sumber : (Syafa'at, 2008)

Contohnya, pada proses oksidasi yang biasa terjadi pada sistem kontak luncur (*sliding contact*) antar logam. Pada proses ini lama-lama akan mengakibatkan perambatan retak dan juga terjadinya abrasi. Peningkatan temperatur suhu dan berubahnya sifat mekanis pada *asperiti* diakibatkan oleh keausan kimiawi. Jenis keausan ini akan membuat korosi pada logam. Untuk interaksi antara permukaan yang rusak dan agen korosif dapat dilihat pada Gambar 2.10. Terjadinya korosi ini diawali oleh keausan *adhesif* yang dapat merusak lapisan film dan sliding yang terus menerus akan membuat lapisan

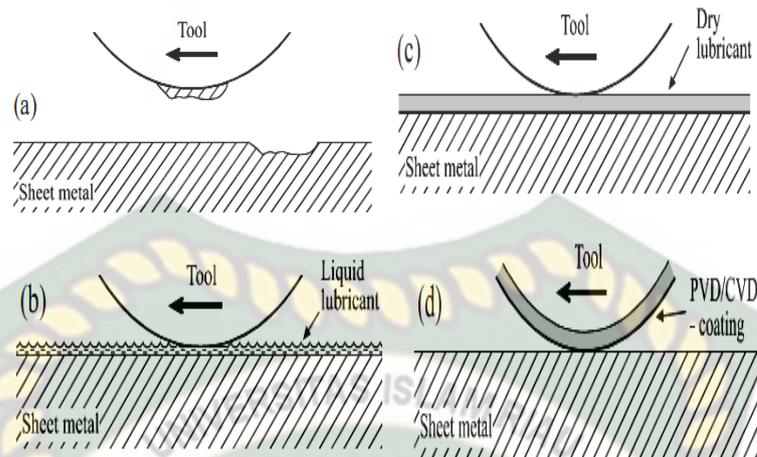
menghilang. Karena adanya bahan yang reaktif maka korosi berlangsung dengan cepat (Syafa'at, 2008).

Nilai standar keausan pada bahan kampas rem pasaran adalah 0,00014 mm²/kg.

Berbagai macam faktor yang mempengaruhi keausan adalah kecepatan tekanan, kekerasan bahan, dan kekerasan permukaan. Pada gesekan yang terjadi akan menciptakan panas dan juga akan menyebabkan keausan. Pelumas merupakan salah satu cara untuk mengatasi adanya keausan. Pada umumnya fungsi utama pelumas ini adalah untuk mencegah atau mengurangi terjadinya keausan sebagai akibat dari kontak langsung antara permukaan logam yang satu dengan permukaan logam yang lainnya secara terus menerus bergerak. Sedangkan pada *Dry Sliding*, ini adalah suatu pengujian pada material tanpa menggunakan pelumas agar dapat mengetahui tingkat keausan yang terjadi antara material satu dengan material yang lain pada kondisi kering ketika bergesekan (Nazidatul, 2015).

2.9.2 Pengurangan Keausan

Untuk mengurangi keausan yang terjadi, ada berbagai konsep yang diterapkan para ahli tribology selain dengan pemberian cairan pelumas pada permukaan yang bergesekan. Dalam poses pembentukan lembaran logam, *galling* yang terjadi bisa diminimalisasi dengan perlakuan pada pelat ataupun pada alat pembentuknya. *Galling* adalah bentuk keausan yang di sebabkan oleh *adhesi* antara permukaan geser.



Gambar 2.11 Skematis galling dalam SMF dan tiga konsep yang digunakan untuk mengurangi galling.

Sumber : (Syafa'at, 2008)

Gambar 2.11 menunjukkan tiga konsep yang berbeda untuk tujuan tersebut. Gambar (a) adalah ilustrasi *galling*; (b) adalah pemberian cairan pelumas pada permukaan pelat; (c) *dry lubricant* dengan proses pelapisan tipis pada pelat dengan logam paduan lain; dan (d) pelapisan pada alat pembentuk atau tool. Pelapisan ini bisa dengan metode *physical vapor deposition* (PVD) atau dengan cara *chemical vapor deposition* (CVD) (Syafa'at, 2008).

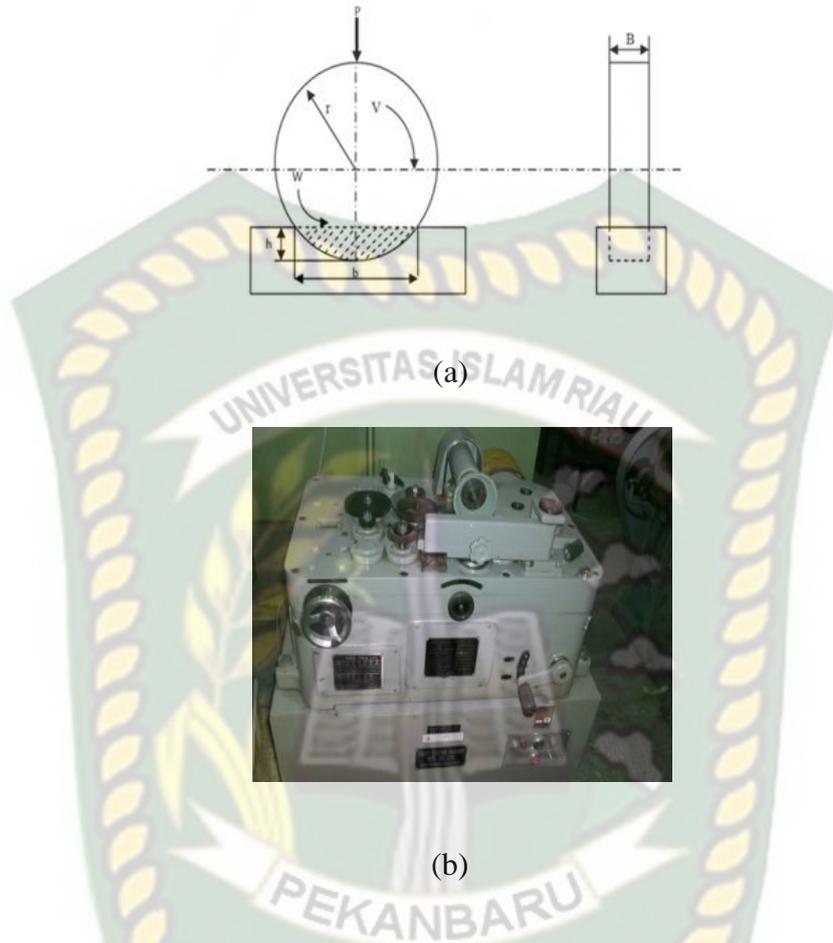
2.9.3 Ketahanan aus dan gesekan

Bahan polimer sukar untuk dipasang tanpa pelumas, tetapi karena hantaran termalnya yang jelek, dapat terpasang dan bersatu apabila temperatur bidang geseknya meningkat atau kalau terdeformasi oleh beban berat. Untuk mengetahui sifat tersebut telah diadakan studi pada resin termoplastik seperti poliamid, poliasetal, politetrafluoroetilen, polikarbonat, dan bahan termoset seperti resin

fenol. Mekanisme gesekan pada bahan polimer sangat berbeda dengan logam. Pada logam, koefisien gesekan hampir konstan tidak tergantung beban dan luas bidang kontak laju gesekan dimana hukum Couloumb biasanya berlaku. Tetapi pada bahan polimer koefisien gesekan tergantung beban, bidang kontak, dst. Pada umumnya cenderung berkurang kalau beban bertambah, karena bahan menunjukkan kelakuan tengah-tengah antara deformasi elastik dan deformasi plastic (Surdia dan Saito, 2005:188).

2.9.4 Uji Keausan

Pengujian keausan dapat dilakukan dengan berbagai macam metode dan teknik yang semuanya bertujuan untuk mensimulasikan kondisi keausan aktual. Salah satu pengujian keausan adalah dengan metode *Ogoshi*, dimana benda uji memperoleh beban gesek dari cincin yang berputar (*Resolving disc*). Pembebanan gesek ini akan menghasilkan kontak antar permukaan yang berulang-ulang yang pada akhirnya akan mengambil sebagian material pada permukaan benda uji. Besarnya jejak permukaan dari material tergesek itulah yang dijadikan dasar penentuan tingkat keausan pada material. Semakin besar dan dalam jejak keausan maka semakin tinggi volume material yang terlepas dari benda uji. Skema pengujian keausan dengan metode *Oghosi* dapat dilihat pada gambar 2.12 dan 2.13.



Gambar 2.12 (a) Metode pengujian *oghosi* (b) *Oghosi high speed universal wear testing machine* (type OAT-U)

Sumber : (Widodo, 2014)

Dengan B adalah tebal revolving disc (mm), r jari-jari disc (mm), b lebar celah material yang terabrasi (mm), ω adalah kecepatan putaran disc (rpm), P adalah beban tekan pada disc (kg), dan h adalah kedalaman injakan (mm). Pengujian keausan metode ini pada akhirnya akan mendapatkan nilai dari specific wear rate (Ws).

Rumus mencari nilai Ws adalah sebagai berikut;

$$Ws = \frac{B \times b_0^3}{8 \times r \times P_0 \times L_0} \dots\dots\dots(2.3)$$

(Yudhanto dkk, 2019).

Dengan keterangan sebagai berikut:

Ws = Harga keausan spesifik (mm²/kg)

B = Tebal revolving disc (mm)

r = Jari-jari revolving disc (mm)

bo = Lebar celah yang terabrasi (mm)

Po = Beban kontak (kg)

Lo = Jarak lintasan (mm)

2.10 Kekerasan

Istilah kekerasan biasa dipakai, tetapi sulit mendefinisikan secara tepat. Sementara dapat dikatakan bahwa kekerasan adalah “kriteria untuk menyatakan intensitas tahanan suatu bahan terhadap deformasi yang disebabkan oleh objek lain.” ada tiga macam pengujian kekerasan yaitu:

- 1) Pengujian penekanan
- 2) Pengujian goresan
- 3) Pengujian resilience

Yang pada umumnya ditentukan dengan cara tidak merusak. Bahan polimer menunjukkan sifat kekerasan yang berbeda dengan logam karena sifat viskoelastiknya. Karena besarnya deformasi elastik dan pemulihan yang cepat, pada pengujian penekanan hasil kekerasan yang didapat lebih besar dari kekerasan yang seharusnya.

1. Sifat-sifat mekanik bahan

Sifat-sifat mekanik bahan polimer adalah khas dengan kelakuan viskoelastiknya yang dominan. Sebagai contoh, pemelaran (*creep*) dan relaksasi mudah terjadi (Surdia dan Saito, 2005:174).

2. Sifat-sifat pada penekanan

Beban tekan bekerja kebalikan beban tarik, Karena bahan polimer mempunyai cacat yang kecil atau mengandung zat pengisi tertentu, maka bahan polimer dapat mengalami deformasi yang besar. Pada umumnya kekuatan tekan lebih besar dari pada kekuatan tarik dan modulus elastik untuk tekan juga lebih besar dari pada untuk tarik. Kekuatan tekan σ_c (kg/mm²) didapat dari persamaan:

$$\sigma_c = \frac{P_{maks}}{A} \dots\dots\dots(2.4)$$

.(Surdia dan Saito, 2005:183).

P_{maks} adalah beban tekan maksimum (kg) yang menyebabkan bahan hancur dan A adalah luas penampang (mm²). Kebanyakan resin thermoset dan resin termoplastik termasuk bahan yang *berdeformasi* banyak, mulur tetapi tidak mudah patah. Sama seperti sifat-sifat yang lainnya, titik mulur, tegangan patah, modulus elastik untuk tekan berkurang dan regangan patah cenderung bertambah sesuai dengan naiknya temperatur dan kelembaban. Terutama bahan termoplastik sangat dipengaruhi panas (Surdia dan Saito, 2005:185).

2.10.1 Uji Kekerasan

Kekerasan merupakan kemampuan suatu material untuk bertahan dari proses abrasi (gesekan) atau tekanan kedalam (*indentasi*) oleh benda keras lain. Benda yang keras tersebut ditekan kedalam spesimen menggunakan beban standar dan besar dari indentasi (baik itu area maupun kedalaman) digunakan sebagai ukuran kekerasan material tersebut (Asroni dan Nurkholis, 2016).

Cara pengujian kekerasan dijelaskan berikut:

1. Kekerasan Rockwell

Kekerasan rockwell (HR) yang dipakai untuk menentukan kekerasan polimer adalah sebagai berikut:

Mempergunakan bola sebagai penekan, beban mula P_0 diberikan untuk mendapatkan kedalaman mula, selanjutnya beban P diberikan untuk waktu tertentu (15 detik menurut standar ASTM) dan setelah dikembalikan ke beban mula diukur kedalaman deformasi plastisnya h (mm) yang disubstitusikan kedalam persamaan;

$$H_R = 130 - 500h \dots\dots\dots(2.5)$$

.(Surdia dan Saito, 2005:186).

2. Kekerasan durometer dan kekerasan barcol

Durometer, secara internasional mempunyai penekan berbentuk tertentu dengan diameter $0,787 \pm 0,025$ mm pada ujungnya dan ditekan pada bahan pada tekanan seimbang dengan pegas, lenturan pegas dapat dibaca pada skala.

Kekerasan barcol diukur dengan prinsip yang serupa hanya berbeda bentuk penekan. Keduanya mempunyai penekan yang kecil.

3. Kekerasan Vickers

Kekerasan vickers penting bagi ketelitian kekerasan logam dsb. Untuk bahan polimer dipergunakan juga cara serupa, memakai beban penekan P, 100-200 g, kekerasan vickers (Hv) didapat dari persamaan dibawah. Kekerasan tersebut dapat dibandingkan dengan kekerasan logam. Akan tetapi dalam hal ini memperhatikan kenyataannya bahwa kelakuan viskoelastik bahan polimer adalah aneh.

$$Hv = 1,854 \frac{P}{d^2 m} \dots\dots\dots(2.6)$$

.(Surdia dan Saito, 2005:187).

d_m = panjang rata-rata garis diagonal bekas penekanan oleh penekan piramida intan (diamond).

4. Kekerasan brinell

Brinell Hardness Number (HB/BHN) merupakan satuan dari pengujian kekerasan dengan metode Brinell bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap bola baja (*indentor*) yang ditekan pada permukaan material uji tersebut (spesimen). Cara pengujian Brinell dilakukan dengan penekanan sebuah bola baja yang terbuat dari baja krom yang telah dikeraskan dengan diameter tertentu oleh suatu gaya tekan secara statis ke dalam permukaan logam yang diuji tanpa sentakan. Permukaan logam yang

diuji harus rata dan bersih. Setelah gaya tekan ditiadakan dan bola baja dikeluarkan dari bekas lekukan, maka diameter paling atas dari lekukan tersebut diukur secara teliti. Kekerasan ini disebut kekerasan Brinell, yang biasa disingkat dengan HB atau BHN (Brinell Hardness Number). Semakin keras logam yang diuji, maka semakin tinggi nilai HB (Furqon S dkk,2016). Adapun nilai kekerasan kanvas rem pasaran adalah 13,7BHN (Purboputro,2016). Nilai kekerasan brinell dapat diperoleh dengan menggunakan rumus berikut;

$$\text{BHN} = \frac{P}{\frac{\pi}{2}D(D-\sqrt{D^2-d^2})} \dots\dots\dots(2.7)$$

(Purboputro,2016).

Dengan keterangan sebagai berikut:

- BHN = Brinell Hardness Number
- P = Gaya Tekan (kgf)
- D = Penetrator diameter (mm)
- d = diameter injakan (mm)²

Rumus untuk mencari nilai standar deviasi sebagai berikut:

$$\delta = \frac{\sqrt{\Sigma[X-x]^2}}{n-1} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dengan keterangan sebagai berikut:

- δ = Standar deviasi
- X = Nilai kekerasan
- x = Nilai kekerasan rata-rata
- n = Banyaknya data

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian terdiri dari beberapa tahapan yaitu persiapan alat, bahan dan alat uji. Adapun proses pengambilan data dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.

3.2 Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini terdiri dari dua tahapan yaitu tahap pembuatan dan tahap pengujian.

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Cetakan besi (*Silinder*)



Gambar 3.1 Cetakan sampel berbentuk silinder

Kegunaan : Media cetak sampel kamps rem

2. Gergaji



Gambar 3.2 Gergaji besi

Kegunaan : Untuk memotong sampel kanvas rem

3. Jangka sorong



Gambar 3.3 Jangka sorong

Kegunaan : Untuk mengukur ketebalan sampel kanvas rem

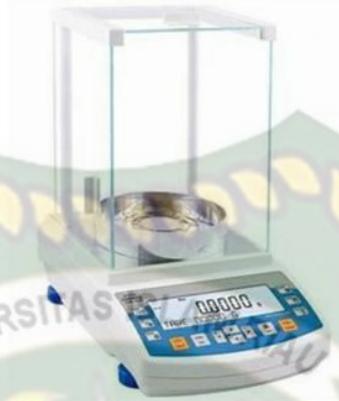
4. Sieving (penyaring serbuk) 50mesh



Gambar 3.4 Ayakan 50 mesh

Kegunaan : Untuk mengayak serbuk alumunium dan serat TKKS

5. Neraca analitik ketelitian 0,0000 gr



Gambar 3.5 Neraca analitik

Kegunaan : Untuk mengukur berat dalam menentukan komposisi material serbuk alumunium dan serat TKKS

6. Alat uji tekan/*press*



Gambar 3.6 Press Hidrolik

Kegunaan : Untuk menekan cetakan sampel dalam pembuatan sampel kanvas rem

7. Gelas ukur



Gambar 3.7 Gelas ukur

Kegunaan : Untuk mengukur banyaknya bahan kampas rem yang akan di gunakan

8. Amplas



Gambar 3.8 Amplas

Kegunaan : Untuk menghaluskan atau meratakan permukaan sampel kampas rem

9. Oven



Gambar 3.9 Oven

Kegunaan : Untuk proses sintering sampel kampas rem

10. Gelas plastic



Gambar 3.10 Gelas plastic

Kegunaan : Sebagai wadah untuk menimbang sampel kampas rem

11. Alat uji kekerasan *Brinell Hardness Tester*



Gambar 3.11 Brinell hardness tester

Kegunaan : Untuk pengujian kekerasan sampel kampas rem

12. Ogoshi high speed *universal wear testing machine* (typeOAT-U)



Gambar 3.12 Ogoshi high speed

Kegunaan : Untuk pengujian keausan sampel kampas rem

13. Alat bantu lainnya : Sarung tangan, masker, gunting, spidol dan pisau



Gambar 3.13 (a)Masker (b)Spidol (c)pisau (d)Gunting (e)Sarung tangan

Kegunaan : Sebagai alat bantu pembuatan sampel kampak rem

3.2.2 Bahan

Bahan yang akan digunakan pada pembuatan kampak rem adalah :

1. polyester resin dan katalis sebagai perekat
2. Serat tandan kosong kelapa sawit
3. Serbuk aluminium (Al)

3.3 Prosedur Kerja

Pada penelitian ini ada beberapa proses diantaranya menentukan volume cetakan, dan proses penimbangan serbuk.

3.3.1 Volume Cetakan

Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

a. Volume cetakan

$$\begin{aligned}V_c &= \pi \cdot r^2 \cdot t \\ &= 3,14 \cdot 1,272^2 \text{ cm}^2 \times 1,2 \text{ cm} \\ &= 5,08 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

b. Fraksi massa

$$\begin{aligned}1. \text{ Massa} &= V_{\text{cetakan}} \times \text{Masa jenis (TKKS)} \\ &= 5,08 \text{ cm}^3 \times 0,6 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 3,048 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}2. \text{ Massa} &= V_{\text{cetakan}} \times \text{Masa jenis (Serbuk Al)} \\ &= 5,08 \text{ cm}^3 \times 2,7 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 13,716 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}3. \text{ Massa} &= V_{\text{cetakan}} \times \text{Masa jenis (Polyester)} \\ &= 5,08 \text{ cm}^3 \times 1,215 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 6,1722 \text{ gram}\end{aligned}$$

3.3.2 Proses Penimbangan

Penimbangan disesuaikan dengan ukuran dari masing-masing fraksi volume yang ditentukan, adapun fraksi volume yang diambil sebagai berikut :

- a. Spesimen 1 dengan komposisi (TKKS 30%, Al 20%, Polyester 50%)

$$\begin{aligned}\text{TKKS} &= 30\% \times 3,048 \text{ gr} \\ &= 0,9144 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Al} &= 20\% \times 13,716 \text{ gr} \\ &= 2,7432 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Polyester} &= 50\% \times 6,1722 \text{ gr} \\ &= 3,0861 \text{ gr}\end{aligned}$$

- b. Spesimen 2 dengan komposisi (TKKS 50%, Al 10%, Polyester 40%)

$$\begin{aligned}\text{TKKS} &= 50\% \times 3,048 \text{ gr} \\ &= 1,524 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Al} &= 10\% \times 13,716 \text{ gr} \\ &= 1,3716 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Polyester} &= 40\% \times 6,1722 \text{ gr} \\ &= 2,4689 \text{ gr}\end{aligned}$$

- c. Spesimen 3 dengan komposisi (TKKS 45%, Al 25%, Polyester 30%)

$$\begin{aligned}\text{TKKS} &= 45\% \times 3,048 \text{ gr} \\ &= 1,3878 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Al} &= 25\% \times 13,716 \text{ gr} \\ &= 3,429 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\text{Polyester} = 30\% \times 6,1722 \text{ gr}$$

$$= 1,8517 \text{ gr}$$

3.3.3 Persiapan Bahan Uji

1. Tandan Kosong

TKKS dipotong menjadi potongan kecil, potongan ini masih mengandung kadar air 73%, minyak 9% dan kotoran-kotoran sehingga perlu dilakukan penyucian dengan menggunakan NaOH kemudian direbus selama 2 jam. Proses sangat efektif dalam menurunkan kadar lemak yang terdapat pada serat TKKS dan dicuci kembali dengan air bersih. Kemudian TKKS dikeringkan dibawah sinar matahari untuk menurunkan kadar air menjadi 10%. Tandan kelapa sawit di potong atau di cacah lagi hingga menjadi serbuk kemudian diayak hingga menghasilkan ukuran 50 mesh (ukuran 0.297 mm). Massa jenis tandan kosong kelapa sawit (ρ serat) = 0.6 gr/cm³.



Gambar 3.14 Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit



Gambar 3.15 Natrium Hidroksida (NaOH)

2. Serbuk Aluminium

Menyiapkan serbuk aluminium dengan spesifikasi yang tertera pada Table 3.1 dan seperti pada gambar 3.16 berikut:

Tabel 3.1: Spesifikasi Al berdasarkan sertifikat analisis oleh *kingstyle metal Pigments science & technology co.,ltd.*2001.

Spesifikasi Pada Formasi	Q/0105JYF001-2001
Jenis	Serbuk Aluminium Abu-abu silver
%logam	99,1%
Minyak lumas	0,8%
Residu tapis (45µm)	1,2%
%Aluminium aktif	79%
Ukuran partikel (d50)	9,01
BVRNING speed	80(s)/5(g)

Tabel 3.1: Spesifikasi Alumunium (Al)



Gambar 3.16 Serbuk Aluminium (Al)

3. .PolyesterResin

Adapun resin yang digunakan adalah jenis resin UNSATURATED POLYESTER RESIN UKALAC 157 BQTN-EX seperti pada gambar 3.17 berikut:



Gambar 3.17 Polyester Resin Dan Katalis

3.3.4 Pencetakan Sampel

Adapun langkah pembuatan sampel kanvas rem sebagai berikut:

1. Menimbang bahan-bahan diatas menggunakan Neraca analitik ketelitian 0,0000 gr dengan berat yang telah ditentukan pada setiap sampel sesuai dengan volume cetakan.

Perbandingan masing-masing sampel adalah seperti table 3.2 berikut:

Kode Sampel	Komposisi Bahan Kampas Rem (%)		
	Serat Tandan Kosong	Serbuk	Polyester
	Kelapa Sawit	Alumunium (Al)	Resin
Sampel 1	30	20	50
Sampel 2	50	10	40
Sampel 3	45	25	30

Tabel 3.2 : Perbandingan Komposisi Bahan Kampas Rem

2. Membuat campuran resin dengan katalis dengan perbandingan 99:1, kemudian diaduk hingga merata selama 1 menit dan didiamkan sesaat agar gelembung dalam resin hilang.
3. Mencampur serat tandan kosong kelapa sawit dan serbuk alumunium dengan perbandingan berat yang telah ditentukan, kemudian tuang resin yang telah dicampur katalis seperti pada gambar 3.18 berikut :



Gambar 3.18 Proses pencampuran bahan kampas rem

4. Memasukkan kedalam cetakan seluruh campuran dengan masing-masing komposisi. Adapun cetakan yang digunakan adalah salah satunya

berbentuk silinder berongga sebagai tempat memasukkan bahan kampas rem dan dua diantaranya berupa silinder pejal sebagai penahan sampel saat di press.

Dapat dilihat pada gambar 3.19 berikut :



Gambar 3.19 Cetakan sampel berbentuk silinder

5. Lalu dipress menggunakan alat tekan sebesar 2 ton selama 15 menit (lihat gambar 3.20), kemudian sampel kampas rem berbentuk komposit dikeluarkan.



Gambar 3.20 Proses pengepresan

6. Komposit yang jadi kemudian didiamkan terhitung pada hari ke-1 dan ke-2 dalam suhu kamar 36°C , kemudian pada hari ke-3 disintering dengan suhu 200°C selama 30 menit, kemudian komposit dikeluarkan dari oven

dan diangin-anginkan hingga memasuki hari ke-4. Selanjutnya pada hari ke-5 benda uji komposit siap dipotong untuk menjadi specimen benda uji.

Proses sintering sampel dapat dilihat pada gambar 3.21 berikut:



Gambar 3.21 Proses sintering sampel dalam oven

7. Masing-masing komposisi dicetak dua sampel untuk pengujian kekerasan dan keausan. Untuk sampel uji kekerasan sampel tidak dipotong sedangkan untuk uji keausan sampel harus dipotong hingga ketebalan 6 mm dan dihaluskan menggunakan amplas waterproof nomor 3000 hingga 5000. Dapat dilihat pada gambar 3.22 berikut:



Gambar 3.22 Sampel Kampas Rem

3.4 Tabel Data Penelitian

Adapun tabel data penelitian pada pengujian yang dilakukan diantaranya :

3.4.1 Tabel Data Penelitian Dan Pengujian Kekerasan Kampas Rem

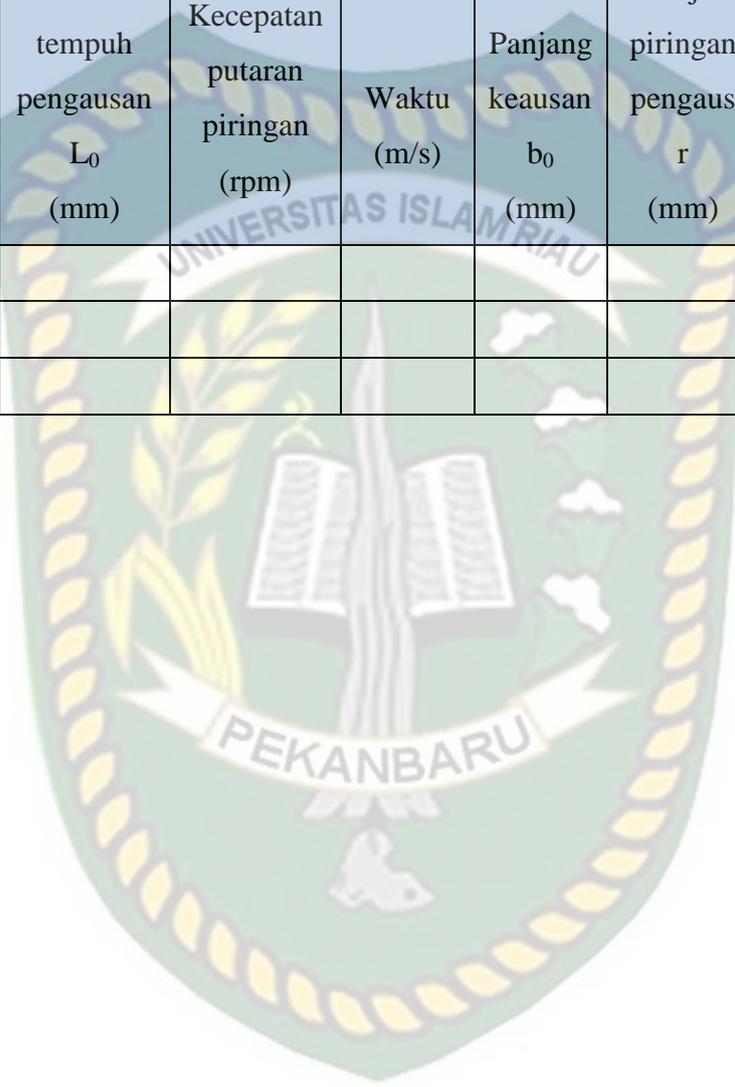
Tabel 3.3 Tabel Data Pengujian Kekerasan Kampas Rem

Kode sampel	Beban tekan (kgf)	Diameter indenter (mm)	Diameter pijakan indenter (mm)	Nilai kekerasan BHN/HB (kg/mm ²)
Sampel 1				
Sampel 2				
Sampel 3				

3.4.2 Tabel Data Penelitian Dan Pengujian Keausan Kampas Rem

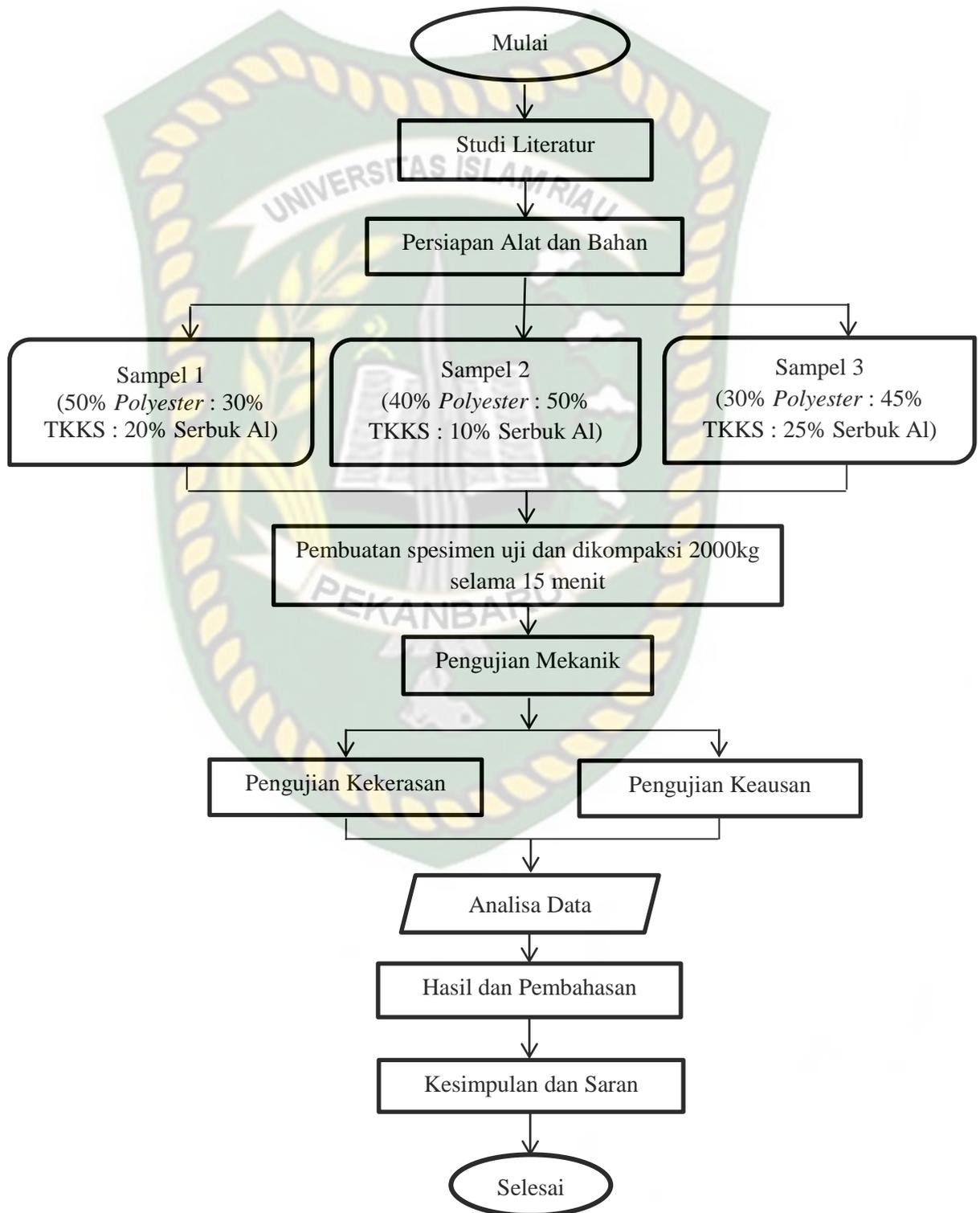
Tabel 3.4 Tabel Data Pengujian Keausan Kampas Rem

Kode sampel	Beban P_0 (kg)	Jarak tempuh pengausan L_0 (mm)	Kecepatan putaran piringan (rpm)	Waktu (m/s)	Panjang keausan b_0 (mm)	Jari-jari piringan pengaus r (mm)	Tebal piringan pengaus B (mm)	Nilai keausan spesifik W_s (mm^2/kg)
Sampel 1								
Sampel 2								
Sampel 3								



3.5 Diagram Alir Penelitian

Adapun alur penelitian pada penelitian ini adalah :



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Dari hasil pengujian kekerasan dan kehausan yang telah dilakukan terhadap spesimen benda uji komposit TKKS, serbuk alumunium dan resin poliester yang bervariasi didapatkan data berupa nilai kekerasan dan kehausan pada komposit. Dari data tersebut dapat diolah dan dibuat grafik sesuai data yang didapat.

4.1.1 Hasil Pengujian Kekerasan

Setelah dilakukan uji kekerasan menggunakan alat uji Hardness Tester KARL FRANK GMBH (type-38505) dengan standar ASTM E 10-01 di Laboratorium Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin, Universitas Gadjah Mada. Pada setiap sampel komposit dengan nilai perbandingan serat TKKS, serbuk alumunium dan resin polyester yang bervariasi, dan didapatkan nilai diameter pijakan indentor, beban tekan dan diameter indentor yang akan diolah untuk mendapatkan nilai kekerasan. Adapun dari hasil data yang diperoleh akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik dibawah ini.

Tabel 4.1 Data hasil pengujian kekerasan pada diameter pijakan indentor.

Kode Sampel	Perbandingan TKKS, Alumunium dan Poliester	Titik 1 d1 (mm)	Titik 2 d2 (mm)	Titik 3 d3 (mm)	Diameter rata-rata pijakan indentor d (mm)
1	30% : 20% : 50%	1,50109	1,51043	1,51042	1,5073
2	50% : 10% : 40%	1,55654	1,5548	1,55381	1,5550
3	45% : 25% : 30%	1,59812	1,56983	1,58171	1,5832

Diameter rata-rata pijakan indentor didapat dengan mengkalkulasikan nilai diameter dari 3 titik pijakan pada setiap sampel uji kekerasan. Untuk memperoleh nilai kekerasan dari setiap variasi komposit digunakan rumus persamaan 2.7 dibawah ini:

$$\text{BHN} = \frac{P}{\frac{\pi}{2}D(D-\sqrt{D^2-d^2})} \text{ (kgf/mm}^2\text{)}$$

1. Sampel 1 dengan komposisi 30% TKKS + 20% Al + 50% Polyester

Diketahui:

$$P = 62,5 \text{ kg}$$

$$D = 2,5 \text{ mm}$$

$$d = 1,5073 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{BHN} &= \frac{2(62,5 \text{ kg})}{3,14(2,5 \text{ mm})(2,5 \text{ mm} - \sqrt{(2,5 \text{ mm})^2 - (1,5073 \text{ mm})^2})} \\ &= \frac{125 \text{ kg}}{7,85 \text{ mm}(2,5 \text{ mm} - \sqrt{6,25 \text{ mm}^2 - 2,2719 \text{ mm}^2})} \\ &= \frac{125 \text{ kg}}{7,85 \text{ mm}(2,5 \text{ mm} - 1,9945 \text{ mm})} \\ &= \frac{125 \text{ kg}}{7,85 \text{ mm}(0,5055 \text{ mm})} \\ &= \frac{125 \text{ kg}}{3,9681 \text{ mm}^2} \\ &= 31,501 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

2. Sampel 2 dengan komposisi 50% TKKS + 10% Al + 40% Polyester

Diketahui:

$$P = 62,5 \text{ kg}$$

$$D = 2,5 \text{ mm}$$

$$d = 1,5550 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{BHN} &= \frac{2(62,5\text{kg})}{3,14(2,5\text{mm})(2,5\text{mm}-\sqrt{(2,5\text{mm})^2-(1,5550\text{mm})^2})} \\ &= \frac{125\text{kg}}{7,85\text{mm}(2,5\text{mm}-\sqrt{6,25\text{mm}^2-2,4180\text{mm}^2})} \\ &= \frac{125\text{kg}}{7,85\text{mm}(2,5\text{mm}-1,9575\text{mm})} \\ &= \frac{125\text{kg}}{7,85\text{mm}(0,5425\text{mm})} \\ &= \frac{125\text{kg}}{4,2586\text{mm}^2} \\ &= 29,352 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

3. Sampel 3 dengan komposisi 45% TKKS + 25% Al + 30% Polyester

Diketahui:

$$P = 62,5 \text{ kg}$$

$$D = 2,5 \text{ mm}$$

$$d = 1,5832 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{BHN} &= \frac{2(62,5\text{kg})}{3,14(2,5\text{mm})(2,5\text{mm}-\sqrt{(2,5\text{mm})^2-(1,5832\text{mm})^2})} \\ &= \frac{125\text{kg}}{7,85\text{mm}(2,5\text{mm}-\sqrt{6,25\text{mm}^2-2,5065\text{mm}^2})} \\ &= \frac{125\text{kg}}{7,85\text{mm}(2,5\text{mm}-1,9348\text{mm})} \\ &= \frac{125\text{kg}}{7,85\text{mm}(0,5652\text{mm})} \\ &= \frac{125\text{kg}}{4,4368\text{mm}^2} \\ &= 28,177 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

4.1.2 Hasil Akhir Uji Kekerasan Dan Standar Deviasi

Sampel 1

Tabel 4.2 data kekerasan standar deviasi

X	(X - x)	(X - x) ²
31,7951	0,294	0,086436
31,3539	-0,1472	0,02166784
31,3543	-0,1468	0,02155024
94,5033	0	0,12965408

- Kekerasan rata-rata

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{94,5033}{3} = 31,5011$$

- Standar Deviasi

$$\delta = \frac{\sqrt{\sum [X-x]^2}}{n-1} = \frac{\sqrt{0,12965408}}{2} = 0,2546$$

- Standar Deviasi rata-rata

$$\delta = \frac{\delta}{\sqrt{n}} = \frac{0,2546}{\sqrt{3}} = 0,1469$$

Sampel 2

Tabel 4.3 data kekerasan standar deviasi

X	(X - x)	(X - x) ²
29,2884	-0,064	0,004096
29,3631	0,0107	0,00011449
29,4057	0,0533	0,00284089
88,0572	0	0,00705138

- Kekerasan rata-rata

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{88,0572}{3} = 29,3524$$

- Standar Deviasi

$$\delta = \frac{\sqrt{\sum [X-x]^2}}{n-1} = \frac{\sqrt{0,00705138}}{2} = 0,0593$$

- Standar Deviasi rata-rata

$$\delta = \frac{\delta}{\sqrt{n}} = \frac{0,0593}{\sqrt{3}} = 0,0342$$

Sampel 3

Tabel 4.4 data kekerasan standar deviasi

X	(X - x)	(X - x) ²
27,5733	-0,6046	0,36554116
28,7258	0,5479	0,30019441
28,2345	0,0566	0,00320356
84,5336	0	0,66893913

- Kekerasan rata-rata

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{84,5336}{3} = 28,1779$$

- Standar Deviasi

$$\delta = \frac{\sqrt{\sum [X-x]^2}}{n-1} = \frac{\sqrt{0,66893913}}{2} = 0,5783$$

- Standar Deviasi rata-rata

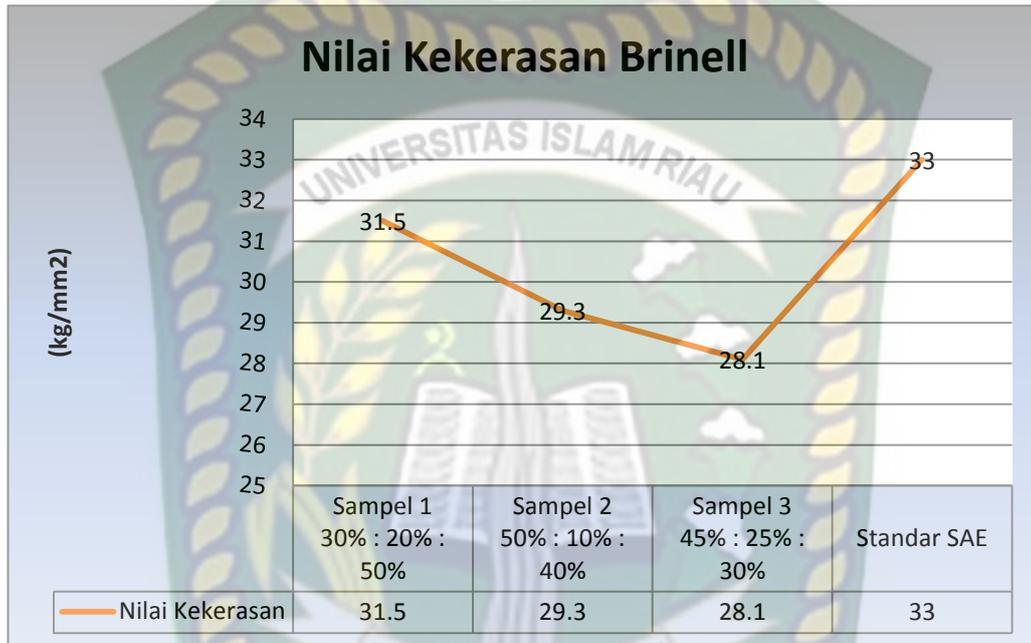
$$\delta = \frac{\delta}{\sqrt{n}} = \frac{0,5783}{\sqrt{3}} = 0,3338$$

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan nilai kekerasan dari setiap sampel pada komposit sesuai variasi komposit yang telah di tentukan serta dapat ditampilkan dalam bentuk tabel beserta grafik.

4.5 Tabel Data Nilai Kekerasan

Kode Sampel	Perbandingan TKKS, Alumunium dan Polyester	Beban (kg)	Diameter Indentor (mm)	Nilai Kekerasan BHN (kg/mm ²)	Nilai Standar Deviasi
1	30% : 20% : 50%	62,5	2,5	31,501	0,2546
2	50% : 10% : 40%	62,5	2,5	29,352	0,0593
3	45% : 25% : 30%	62,5	2,5	28,177	0,5783

Dari tabel 4.5 dapat ditampilkan grafik nilai kekerasan komposit dengan variasi yang ditentukan sesuai data pengujian kekerasan yang diperoleh sebagai berikut:



Gambar 4.1 Grafik Nilai Kekerasan

Dari grafik gambar 4.1 diatas menampilkan nilai kekerasan pada komposit serat TKKS, serbuk alumunium dan resin polyester dengan komposisi 30% : 20% : 50% sebesar 31,5 kg/mm², 50% : 10% : 40% sebesar 29,3 kg/mm² dan 45% : 25% : 30% sebesar 28,1 kg/mm².

4.1.3 Pembahasan hasil pengujian kekerasan brinell

Kekerasan merupakan kemampuan suatu material untuk bertahan dari proses abrasi (gesekan) atau tekanan kedalam (indentasi) oleh benda keras lain. Pada grafik 4.1 terlihat bahwa sampel 3 pada komposisi 45% TKKS : 25% Al : 30% Resin adalah yang paling rendah nilai kekerasannya dari ketiga sampel yaitu

diperoleh nilai rata-rata kekerasan 28,1 kg/mm², kemudian sampel 2 pada komposisi 50% TKKS : 10% Al : 40% Resin yaitu memiliki nilai rata-rata kekerasan 29,3 kg/mm², sedangkan pada sampel 1 adalah yang tertinggi dari ketiga sampel dengan komposisi 30% TKKS : 20% Al : 50% Resin yaitu memiliki kekerasan dengan nilai rata-rata 31,5 kg/mm². Jika ini dibandingkan dengan hasil yang diperoleh dari penelitian bahan kampas rem yang dilakukan oleh (Prisma dkk, 2013) dengan nilai kekerasan 19,6 kg/mm², maka dapat dikatakan bahwa setiap sampel memiliki angka kekerasan yang lebih tinggi akan tetapi belum mencapai standar SAE. Standar SAE menggunakan kekerasan rockwell dengan nilai 68 HR kemudian dikonversikan ke brinell dengan nilai 33 BHN. Jika dilihat dari nilai standar deviasi pada setiap sampel, maka sampel 3 dengan komposisi 45% TKKS : 25% Al : 30% Resin mempunyai nilai kekerasan yg tinggi dengan nilai standar deviasi yaitu 0,5783 kg/mm², kemudian pada sampel 1 dengan komposisi 30% TKKS : 20% Al : 50% Resin mempunyai nilai kekerasan dengan nilai standar deviasi yaitu 0,2546 kg/mm² dan pada sampel 2 dengan komposisi 50% TKKS : 10% Al : 40% Resin jika dilihat dari nilai standar deviasi mempunyai nilai kekerasan yang paling rendah dengan nilai standar deviasi yaitu 0,0593 kg/mm². Dapat dipahami bahwa kekerasan dari sampel kampas rem dipengaruhi oleh kekerasan bahan penyusunnya dan daya ikat penyusunnya seperti resin polyester. Semakin keras bahan yang digunakan maka semakin besar kekuatan tekan yang dihasilkan.

Kekerasan yang diperoleh dari sampel ini bervariasi sebab perbedaan jumlah komposisi bahan pada sampel kampas rem yaitu serat TKKS, serbuk

alumunium dan resin polyester. Pada uji kekerasan ini, semakin besar penambahan (persentase) serat TKKS maka semakin kecil nilai kekerasannya. Hal ini dapat disimpulkan bahwa serat TKKS mempunyai sifat yang lunak. Akan tetapi jika dilihat dari jumlah komposisi resin polyester, semakin banyak komposisi resin, semakin tinggi nilai kekerasan dari sampel. Variasi komposisi bahan penyusun sangat mempengaruhi terhadap kekerasan. Disisi lain kekerasan tidak bisa diprediksi secara akurat meskipun proses pengadukan pada saat mencampurkan masing-masing bahan sudah benar sebab didalam proses pencetakan selama kurang lebih dua menit, polyester resin yang ada didalam sampel tidak terdistribusi merata pada bagian celah di dalam sampel. Hal ini disebabkan karena tidak sebandingnya perpaduan antara bahan pengisi yaitu serat TKKS dan serbuk alumunium dengan bahan pengikat yaitu resin polyester yang lebih sedikit, sehingga resin tidak mampu mengikat seluruh bahan pengisi komposit. Oleh karena itu terjadilah rongga atau celah pada sampel komposit yang mengakibatkan menurunnya nilai kekuatan komposit. Mengeluarkan sampel dari cetakan harus dilakukan secara cepat karena jenis resin yang dipakai sangat cepat proses mengerasnya, dikhawatirkan sampel tidak dapat keluar dari dalam cetakan apabila terlalu lama berada dalam cetakan.

4.1.4 Hasil Pengujian keausan

Setelah dilakukan uji keausan menggunakan alat uji Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine (Type Oat-U) dengan standar ASTM G 99-04 di Laboratorium Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin, Universitas Gadjah Mada. Pada setiap sampel komposit dengan nilai perbandingan serat TKKS,

serbuk alumunium dan resin polyester yang bervariasi, dan didapatkan nilai beban tekan, jarak tempuh pengausan, panjang pengausan, jari-jari disc pengaus dan tebal disc pengaus yang akan diolah untuk mendapatkan nilai keausan spesifik. Adapun dari hasil data yang diperoleh akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik dibawah ini.

Tabel 4.6 Lebar Celah Keausan Sampel Setelah Pengujian

Nomor	Lebar celah keausan Bo1 (µm)	Lebar celah keausan Bo2 (µm)	Lebar celah keausan Bo3 (µm)
1	1374,16	1676,74	1585,22
2	1388,92	1654,60	1583,75
3	1391,96	1613,29	1642,79
4	1496,66	1877,47	1589,66
5	1567,52	1710,68	1752,01
6	1337,26	1487,81	1571,94
7	1216,22	1521,80	1622,14
Bo rata-rata (µm) ke (mm)	1396,10 1,3961	1648,91 1,6489	1621,07 1,6211

Lebar celah keausan rata-rata didapat dengan mengkalkulasikan nilai celah atau jarak keausan dari 7 titik keausan pada setiap spesimen uji keausan, kemudian satuan dari mikrometer (µm) di konversikan ke milimeter (mm). Dari pengujian keausan didapatkan data yang akan ditampilkan dalam bentuk tabel.

Tabel 4.7 Data Hasil Pengujian Keausan

Kode sampel	Beban p ₀ (kg)	Jarak tempuh pengausan l ₀ (m)	Kecepatan putaran piringan (m/s)	Panjang keausan b ₀ (mm)	Jari-jari piringan pengaus r (mm)	Tebal piringan pengaus B (mm)
Sampel 1	2,12	66,6	0,244	1,3961	13,3	3
Sampel 2	2,12	66,6	0,244	1,6489	13,3	3
Sampel 3	2,12	66,6	0,244	1,6211	13,3	3

Untuk memperoleh nilai keausan spesifik (W_s) dari setiap variasi komposit digunakan rumus persamaan 2.3 dibawah ini:

$$W_s = \frac{B \times b_0^3}{8 \times r \times P_0 \times L_0} = \dots\dots\dots \text{mm}^2/\text{kg}$$

Diketahui:

$B = 3 \text{ mm}$

$r = 13,3 \text{ mm}$

$P_0 = 2.12 \text{ kg}$

$L_0 = 66,6 \text{ m (666000 mm)}$

1. Sampel 1 dengan komposisi 30% TKKS + 20% Al + 50% Polyester

$b_0 = 1,3961 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 W_s &= \frac{B \times b_0^3}{8 \times r \times P_0 \times L_0} \\
 &= \frac{3 \times 1,3961^3}{8 \times 13,3 \times 2,12 \times 666000} \\
 &= \frac{8,1633^3}{150228288} \\
 &= 0,5434 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}
 \end{aligned}$$

2. Sampel 2 dengan komposisi 50% TKKS + 10% Al + 40% Polyester

$b_0 = 1,6489 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 W_s &= \frac{B \times b_0^3}{8 \times r \times P_0 \times L_0} \\
 &= \frac{3 \times 1,6489^3}{8 \times 13,3 \times 2,12 \times 666000} \\
 &= \frac{13,4494^3}{150228288} \\
 &= 0,8953 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}
 \end{aligned}$$

3. Sampel 3 dengan komposisi 45% TKKS + 25% Al + 30% Polyester

$$b_0 = 1,6211\text{mm}$$

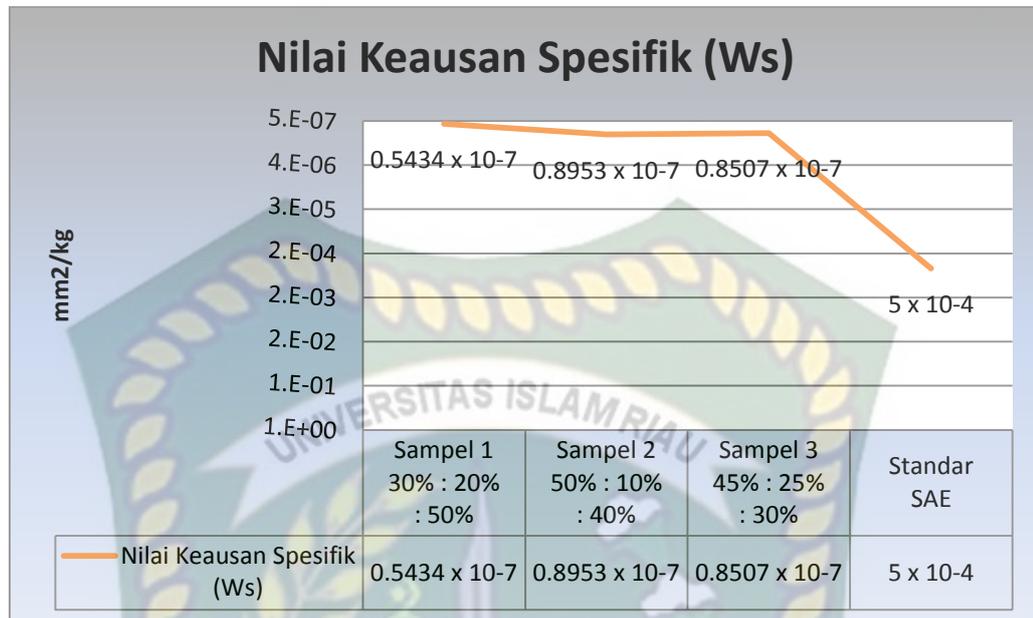
$$\begin{aligned} W_s &= \frac{B \times b_0^3}{8 \times r \times P_0 \times L_0} \\ &= \frac{3 \times 1,6211^3}{8 \times 13,3 \times 2,12 \times 666000} \\ &= \frac{12,7805^3}{150228288} \\ &= 0,8507 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan nilai keausan dari setiap sampel pada komposit sesuai variasi komposit yang telah di tentukan serta dapat ditampilkan dalam bentuk tabel beserta grafik.

Tabel 4.8 Nilai keausan spesifik pada setiap sampel

Kode sampel	Perbandingan TKKS, Alumunium dan Poliester	Nilai keausan spesifik W_s (mm^2/kg)
Sampel 1	30% : 20% : 50%	$0,5434 \times 10^{-7}$
Sampel 2	50% : 10% : 40%	$0,8953 \times 10^{-7}$
Sampel 3	45% : 25% : 30%	$0,8507 \times 10^{-7}$

Dari tabel 4.8 dapat ditampilkan grafik nilai keausan komposit dengan variasi yang ditentukan sesuai data pengujian keausan yang diperoleh sebagai berikut:



Gambar 4.2 Grafik Nilai Keausan Spesifik

Dari grafik gambar 4.2 memperlihatkan grafik nilai keausan pada uji keausan dari komposit serat TKKS, serbuk aluminium dan resin polyester dengan komposisi 30% : 20% : 50% sebesar $0,5434 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$, 50% : 10% : 40% sebesar $0,8953 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$ dan 45% : 25% : 30% sebesar $0,8507 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$.

4.1.5 Pembahasan hasil pengujian keausan ogohsi

Keausan dapat didefinisikan sebagai rusaknya permukaan padatan, umumnya melibatkan kehilangan material yang progresif akibat adanya gesekan (friksi) antar permukaan padatan. Keausan bukan merupakan sifat dasar material, melainkan respon material terhadap sistem luar (kontak permukaan).

Adapun nilai atau harga keausan dari sampel dapat dilihat pada grafik 4.2, pada grafik ini menunjukkan nilai keausan yang sangat rendah dari setiap sampel, nilai keausan yang paling rendah hingga yang tertinggi dimulai dari sampel 1

dengan komposisi 30% TKKS : 20% Al : 50% Resin yaitu $0,5434 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$, kemudian sampel 3 dengan komposisi 45% TKKS : 25% Al : 30% Resin yaitu $0,8507 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$, dan yang tertinggi keausannya adalah sampel 2 dengan komposisi 50% TKKS : 10% Al : 40% Resin yaitu $0,8953 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$. Jika dibandingkan dengan standar SAE dengan nilai $5 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{kg}$, ketiga sampel memiliki nilai keausan yang sangat rendah. Ini artinya kanvas rem dari bahan komposit ini sangat tahan terhadap keausan. Akan tetapi jika ini dibandingkan dengan hasil yang diperoleh dari penelitian bahan kanvas rem yang dilakukan oleh (Prisma dkk, 2013) dengan nilai keausan $0,82 \times 10^{-8} \text{ mm}^2/\text{kg}$, maka dapat dikatakan bahwa setiap sampel memiliki angka keausan yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena perbedaan dari penggunaan serat atau serbuk serta perbedaan dari sifat bahan yang digunakan. Pada perbandingan dari komposisi bahan komposit kanvas rem dapat diketahui bahwa semakin besar penambahan (persentase) serat TKKS semakin tinggi nilai keausannya. Hal ini dapat disimpulkan bahwa serat TKKS mempunyai sifat yang lebih lunak dari pada serbuk aluminium. Sedangkan jika dilihat dari jumlah komposisi resin polyester, semakin banyak komposisi resin, semakin rendah nilai keausan dari sampel.

Dari hasil pengujian yang diperoleh menunjukkan bahwa pada sampel 1 dengan komposisi 30% TKKS, 20% serbuk aluminium dan 50% resin polyester mempunyai nilai keausan yang paling rendah yaitu $0,5434 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$ dan nilai kekerasannya paling tinggi dengan nilai $31,5 \text{ kg/mm}^2$. Hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin keras suatu bahan maka semakin kecil nilai keausannya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Komposisi yang mendekati tingkat kekerasan dan keausan kampas rem menurut standar SAE yaitu pada sampel 1 dengan komposisi 30% TKKS, 20% serbuk alumunium dan 50% resin polyester. Pada komposisi tersebut nilai kekerasannya sebesar $31,5 \text{ kg/mm}^2$ dan nilai keausannya sebesar $0,5434 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$.
2. Nilai keausan yang tertinggi pada sampel kampas rem yang terbuat dari komposit serat TKKS dengan nilai $0,8953 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$ pada sampel 2. Hal ini dapat diketahui bahwa semakin besar penambahan (persentase) serat TKKS dan berkurangnya persentase serbuk alumunium maka semakin tinggi nilai keausannya.
3. Variasi komposisi bahan penyusun berpengaruh terhadap nilai kekerasan dan keausan.
4. Adanya nilai kekerasan dan keausan yang menurun pada sampel komposit ke 2 dan ke 3 dikarenakan variasi komposisi yang berbeda.

5.2 Saran

1. Penelitian ini hanya sebatas pengujian kekerasan dan keausan. Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan pengujian yang lain seperti pengujian ketahanan panas, koefisien gesek dan konduktivitas thermal.
2. Penelitian ini hanya menggunakan tiga variasi bahan yaitu serat tandan kosong kelapa sawit, serbuk alumunium dan resin polyester, perlu adanya penambahan variasi material lain pada penelitian selanjutnya.
3. Penulis menyarankan agar dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan jenis serat penguat dan teknik pengaturan orientasi yang lain agar menghasilkan bahan gesek kampas rem dengan sifat-sifat mekanik yang lebih baik dan sesuai standar.

DAFTAR PUSTAKA

- Muhammad M Elhafid,2017.Pengaruh bahan kampas rem terhadap respon getaran pada sistem rem cakram
- Leo Jumadin Awal Hamsa 2016 Analisa Redaman Suara Komposit Resin Polyester Yang Berpenguat Serbuk Kayu Jati
- Siti Agustina,2018.Biokomposit Serat Kelapa Sawit Sebagai Bahan Otomotif
- Ferriawan Yudhanto,2019.Karakterisasi Bahan Kampas Rem Sepeda Motor Dari Komposit Serbuk Kayu Jati
- Davis, JR,1993.*Speciallty Handbook, Alumunium And Alumunium Aloys, ASM International Hanbook Comitee, Ohio.*
- Morshed, M.M and Haseeb, A.S.M.A,2004. *Physical and Chemical Characteristics of Commercially Available Brake Shoe Lining Materials: A Comparative Study. J. Mat. Proc. Tech. 155-156, 1422- 1427.*
- Kermc, M., Kalina, M., Vižintin, J,2005. *Development and Use of An Apparatus for Tribological Evaluation of Ceramic-Based Brake Materials. Wear 259, 1079–1087.*
- Adachi,Koshi. Kato.Koji,2001.*Modern Tribology Handbook: Wear Mechanism. Jepang : Tohoku University*
- Syafa'at. 2008. Tribologi, Daerah Pelumasan Dan Keausan

Suhardiman. 2017. Analisa Keausan Kampas Rem Non Asbes Terbuat Dari Komposit Polimer Serbuk Padi Dan Tempurung Kelapa

Surdia, Ir. Tata surdia dan Dr. Shinroku saito. Pengetahuan Bahan Teknik. Pradnya Paramita: Jakarta.2005.

Siahaan, Ian Hardianto dan Hoo Yung Sen. Jurnal : “Kinerja Rem Tromol Terhadap Kinerja Rem Cakram Kendaraan Roda Dua Pada Pengujian Stasioner”. Jurnal Teknik Mesin; Fakultas Teknologi Industri; Universitas Kristen Petra Surabaya. (Oktober 2008).

Jones, R. M. 1975, “*Mechanics of Composite Materials*”, McGraw-Hill Kogakusha, LTD, Wasingthon D.C.

Siska Titik Dwiwati, Ahmad Kholil, Fickri Widyarma. Pengaruh Penambahan Karbon Pada Karakteristik Kampas Rem Komposit Serbuk Kayu. Jurnal Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta. (Oktober 2017)

Arif. (2012). TBS (Tandan Kosong Kelapa Sawit).

Asroni, Deni Nurkholis. 2016. Pengaruh Komposisi Resin Polyester Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Komposit Papan Partikel Onggok Limbah Singkong. Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro. <http://ojs.ummetro.ac.id/index.php/turbo>

Syawaluddin, Iman Agus Setiawan. 2010. Perbandingan Pengujian Mekanis Terhadap Kampas Rem Asbes Dan Non-Asbestos Dengan Melakukan Uji Komposisi, Uji Kekerasan, Dan Uji Keausan.

Gusti Rusydi Furqon S. 2016. Analisa Uji Kekerasan Pada Poros Baja ST 60 Dengan Media Pendingin Yang Berbeda. Jurnal Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari.

PT Kimia Tirta Utama Tahun. (2018). Tandan Kosong Kelapa Sawit.

Sukarni. Pengaruh penggunaan serbuk dry cell sebagai pengikat terak pada pengecoran logam terhadap kualitas hasil coran. Jurnal Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang. (Oktober 2016)

Rovilla Kennedy. Studi Karakteristik Kampas Rem Kendaraan Penumpang Type Oes (*Original Equipment Sparepart*) Dan AM (*After Market*) Pada Dry Dan Wet Sliding. Jurnal Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret. (Maret 2019)

Telang A K, Rehman A, Dixit G, Das S., (2010) *Alternate Materials in Automobile Brake Disc Applications With Emphasis on Al Composites- A Technical*

Nieman, G. Elemen Mesin Jilid 1 Desai Dan Kalkulasi Dari Sambungan, Bantalan dan Poros Edisi Kedua Kerjasama Dengan DR.ing M.Hirt. Jakarta: Erlangga. 1994.

Drs. Amanto dan Drs. Daryanto. Ilmu Bahan. PT Bumi Aksara; Jakarta. 2003.

Prisma Frendi Wardana, (2013). Pemanfaatan Serbuk Bambu Sebagai Alternatif
Material Kampas Rem Non-Asbestos Sepeda Motor.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau