



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - 184834

KARAKTERISASI KOMPOSIT RESIN EPOKSI BERPENGUAT SERAT AMPAS TEBU UNTUK APLIKASI KAMPAS REM BEBAS ASBESTOS

ERWIN YOLANDA DWI SYAPUTRA
NRP. 02511540000126

Dosen Pembimbing
Ir. Moh. Farid, DEA
Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



TUGAS AKHIR - TL 184834

KARAKTERISASI KOMPOSIT RESIN EPOKSI BERPENGUAT SERAT AMPAS TEBU UNTUK APLIKASI KAMPAS REM BEBAS ASBESTOS

**ERWIN YOLANDA DWI SYAPUTRA
NRP. 02511540000126**

**Dosen Pembimbing
Ir. Moh. Farid, DEA
Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019**

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT - TL 184834

CHARACTERIZATION OF SUGARCANE BAGGASSE FIBER REINFORCED EPOXY RESIN COMPOSITES FOR ASBESTOS-FREE BRAKE LINING APPLICATIONS

ERWIN YOLANDA DWI SYAPUTRA
NRP. 02511540000126

Advisors

Ir. Moh. Farid, DEA

Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T.

MATERIALS ENGINEERING DEPARTEMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institut of Technology
Surabaya 2019

(This page left intentionally blank)

**KARAKTERISASI KOMPOSIT RESIN EPOKSI
BERPENGUAT SERAT AMPAS TEBU UNTUK APLIKASI
KAMPAS REM BEBAS ASBESTOS**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Material Inovatif
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ERWIN YOLANDA DWI SYAPUTRA
NRP. 02511540000126

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Ir. Moh. Farid, DEA..... (Pembimbing 1)
2. Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T..... (Pembimbing 2)



KARAKTERISASI KOMPOSIT RESIN EPOKSI BERPENGUAT SERAT AMPAS TEBU UNTUK APLIKASI KAMPAS REM BEBAS ASBESTOS

Nama : Erwin Yolanda Dwi Syaputra
NRP : 02511540000126
Jurusan : Departemen Teknik Material FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Moh. Farid, DEA
Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T.

Abstrak

Kampas rem merupakan salah satu komponen penting dalam sebuah kendaraan yang berperan dalam sistem pengereman pada suatu kendaraan. Pada umumnya, kampas rem menggunakan material fiber asbestos dengan matriks polimer. Namun, serbuk dari asbestos bersifat karsinogenik dan berbahaya bagi manusia. Penelitian ini dilakukan untuk merekayasa material komposit resin epoksi berpenguat ampas tebu hasil alkalisasi dan kompatibiliser berupa MAPP untuk material kampas rem. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa pengaruh variasi komposisi selulosa dari ampas tebu terhadap sifat mekanik dan sifat fisik dari komposit resin epoksi berpenguat ampas tebu. Variasi komposisi yang digunakan adalah 49%, 54%, 59%, dan 64%. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian SEM, FTIR, densitas, kekerasan, keausan, dan absorpsi air dan oli. Nilai keausan yang terendah didapatkan pada komposit dengan komposisi 49% ampas tebu hasil. Berdasarkan hasil SEM, penambahan persentase volume ampas tebu hasil menyebabkan porositas pada komposit menjadi meningkat. Hasil pengujian FTIR mengidentifikasi ikatan kimia yang muncul pada komposit. Densitas dan kekerasan dari komposit semakin menurun seiring dengan bertambahnya komposisi filler. Absorpsi air dan oli meningkat seiring dengan pertambahan filler.

Kata Kunci : *Kampas rem bebas asbestos, Ampas Tebu, Resin Epoksi, MAPP*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

CHARACTERIZATION OF SUGARCANE BAGASSE FIBER REINFORCED EPOXY RESIN COMPOSITE FOR ASBESTOS-FREE BRAKE PAD

Name : Erwin Yolanda Dwi Syaputra
NRP : 02511540000126
Department : Material Engineering Department FTI-ITS
Advisors : Ir. Moh. Farid, DEA
Vania Mitha Pratiwi, ST., MT.

Abstract

Brake pad is one of the most important component in vehicle which take part in braking system of a vehicle. Generally, brake pad consist of asbestos fibre with polymer matrix. However, asbestos particulate is carcinogenic and can be harmful for human. This research was conducted to engineer a bagasse reinforced epoxy resin composite with MAPP compatibilizer to be used as asbestos-free brake pad material. Aim of this research is to analyze the effect of bagasse composition variation mechanical properties and physical properties of sugarcane bagasse reinforced epoxy resin composite. Composition variations used in this research are 49%, 54%, 59%, and 64% volume percentage. SEM, FTIR, wear resistance, hardness, density, and water and oil absorption were tested towards the specimen. The result showed that the lowest wear number value was obtained on composite reinforced by 49% bagasse. Based on Scanning Electron Microscope, the increased in volume percentage of bagasse causing the porosity of the composite to increased. FTIR test result identify the chemical bonds that appear on the composite. The density and hardness of composite decreased with the addition of volume percentage of bagasse. Water and oil absorption was increased as filler increased.

Keywords: *Asbestos-free Brake Pad, Sugarcane Bagasse Fiber, Epoxy Resin, MAPP*

(This page left intentionally blank)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis diberi kesempatan untuk menyelesaikan Tugas Akhir. Serta tidak lupa shalawat serta salam penulis panjatkan kepada Nabi Muhammad SAW. Tugas Akhir ditujukan untuk memenuhi mata kuliah wajib yang harus diambil oleh mahasiswa Jurusan Teknik Material Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Penulis telah menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Karakterisasi komposit Resin epoksi berpenguat serat ampas tebu untuk aplikasi kampas rem bebas *Asbestos*”**.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, Laporan Tugas Akhir ini tidak dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan kesempatan kepada penulis hingga Laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan, diantaranya:

1. Allah SWT berkat pertolongan dan bimbingan-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir.
2. Allah SWT berkat pertolongan dan bimbingan-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir.
3. Kedua orang tua dan kakak penulis yang telah menjadi sumber motivasi dalam pembuatan laporan ini, serta telah mendukung secara moril maupun materiil, dan doa yang selalu dipanjatkan demi kesehatan, keselamatan, dan kelancaran dalam mengerjakan Laporan Tugas Akhir.
4. Dr. Agung Purniawan S.T, M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Material FTI-ITS.
5. Ir. Moh. Farid.,DEA selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing, membantu, dan memberikan banyak ilmu kepada penulis dalam pengerjaan Laporan Tugas Akhir.
6. Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T selaku co dosen pembimbing Tugas Akhir dan selaku dosen wali yang telah

membimbing, membantu, dan memberikan banyak ilmu kepada penulis dalam pengerjaan Laporan Tugas Akhir.

7. Dr. Eng. Hosta Ardhyanta ST., M.Sc. selaku Kaprodi Departemen Teknik Material FTI ITS.
8. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Material FTI-ITS yang melancarkan Tugas Akhir penulis baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan laporan ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca demi perbaikan dan kemajuan bersama. Penulis berharap Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya.

Surabaya, 27 Juni 2019

Penulis,

Erwin Yolanda Dwi Syaputra
02511540000126

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kampas Rem	5
2.2 Komposit.....	8
2.3 Komposit Serat.....	10
2.4 Serat Alam.....	12
2.5 Bahan Penyusun Komposit.....	14
2.6 Resin Epoksi.....	15
2.7 <i>Maleic Anhydride-g-polypropylene</i>	18
2.8 Hukum Pencampuran	19
2.9 Serat Ampas Tebu	21
2.10 Tanaman Tebu.....	23
2.11 Metode Pembuatan Komposit	25
2.12 Penelitian Terdahulu.....	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	33
3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian	34
3.3 Variabel Penelitian	40

3.4 Rancangan Penelitian	40
3.5 Metode Penelitian.....	40
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Uji FTIR.....	49
4.2 Hasil Uji SEM	54
4.3 Hasil Uji keausan	56
4.4 Hasil Uji Kekerasan.....	58
4.5 Hasil Uji Absorpsi Air dan Oli	60
4.6 Hasil Uji Densitas.....	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	67
5.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN.....	77
UCAPAN TERIMA KASIH	93
BIODATA PENULIS.....	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kampas Rem Tromol	5
Gambar 2.2	Kampas Rem Cakram.....	7
Gambar 2.3	Gaya Pengereman.....	7
Gambar 2.4	Temperatur yang Diukur pada Kampas Rem Selama 5 Kali Pengereman.....	8
Gambar 2.5	Klasifikasi Komposit Berdasarkan Jenis Matriks ..	9
Gambar 2.6	Skema dari (a) Kontinyu dan Searah, (b) Diskontinu dan Searah, dan (c) Diskontinu dan Berorientasi Secara Acak pada Komposit yang Diperkuat Serat.....	11
Gambar 2.7	Skema Reaksi Pembentukan Resin Epoksi	16
Gambar 2.8	Reaksi Gugus Glycidyl dengan Amina.....	17
Gambar 2.9	Pengujian TGA Resin Epoksi	18
Gambar 2.10	Struktur Kimia dari <i>Maleic Anhydride-g- polypropylene</i>	19
Gambar 2.11	Struktur Xylosa	22
Gambar 2.12	TGA Serat Ampas Tebu	23
Gambar 2.13	Tanaman Tebu.....	24
Gambar 2.14	Serat Ampas tebu.....	25
Gambar 2.15	Metode <i>Hand Lay Up</i>	26
Gambar 2.16	Metode <i>Spray-up</i>	26
Gambar 2.17	Metode <i>Fillament Winding</i>	27
Gambar 2.18	Metode <i>Compression Molding</i>	28
Gambar 2.19	Metode <i>Injection Molding</i>	28
Gambar 2.20	Metode <i>Continous Pultrusion</i>	29
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	33
Gambar 3.2	Serat Ampas Tebu	34
Gambar 3.3	<i>Maleic Anhydride-G-Polypropylene</i>	35
Gambar 3.4	Timbangan Digital.....	35
Gambar 3.5	Mesin <i>Sieving</i>	36
Gambar 3.6	Oven	36

Gambar 3.7	Cetakan Kayu	37
Gambar 3.8	Mesin Uji SEM.....	37
Gambar 3.9	Mesin Uji FTIR	38
Gambar 3.10	Alat Uji Densitas	38
Gambar 3.11	Alat Uji Keausan	39
Gambar 3.12	Alat Uji Kekerasan	39
Gambar 3.13	Alat Uji SEM.....	42
Gambar 3.14	Mekanisme Kerja Alat Uji SEM.....	43
Gambar 3.15	Dimensi Spesimen SEM	43
Gambar 3.16	Skema Alat Spektroskopi FTIR	44
Gambar 3.17	Alat Uji Densitas	46
Gambar 3.18	Skema Uji Keausan Metode <i>Ogoshi</i>	47
Gambar 3.19	Alat Uji Kekerasan Durometer	48
Gambar 4.1	Hasil FTIR Ampas Tebu	50
Gambar 4.2	Hasil FTIR pada Komposit Serat Tebu, Resin, Epoksi, MAPP	52
Gambar 4.3	Hasil SEM Serat Ampas Tebu perbesaran 500x ..	54
Gambar 4.4	Hasil SEM Komposit Komposisi 55% perbesaran 500x.....	55
Gambar 4.5	Hasil SEM Komposit Komposisi 70% Perbesaran 500x	55
Gambar 4.6	Grafik Rata-Rata Uji Kekerasan	59
Gambar 4.7	Grafik Rata-Rata Penyerapan Air	61
Gambar 4.8	Grafik Rata-Rata Penyerapan Oli	63
Gambar 4.9	Grafik Rata-Rata Uji Densitas	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi Kimia Serat Alam	13
Tabel 2.2	Kandungan Kimia dari Tebu.....	25
Tabel 2.3	Karakteristik Kampas Rem Berbahan Dasar Ampas Tebu	32
Tabel 3.1	Rancangan Penelitian	40
Tabel 4.1	Daerah Absorbansi Ampas	51
Tabel 4.2	Hasil Uji FTIR Serat Tebu,Resin Epoksi,MAPP, dan Komposit	53
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Keausan	57
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Kekerasan	58
Tabel 4.5	Hasil perbandingan pengujian kekerasan.....	59
Tabel 4.6	Hasil Pengujian Absorpsi Air	60
Tabel 4.7	Hasil Pengujian Absorpsi Oli	62
Tabel 4.8	Hasil Pengujian Densitas Pada Komposit	64

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dunia otomotif belakangan ini sangat berkembang, salah satunya di bidang mengembangkan komponen pendukung dari suatu otomotif. Komponen yang berkembang diantaranya kampas rem. Kampas rem merupakan komponen pengarah, pengatur gerak dan untuk keamanan kendaraan yang sangat penting keberadaannya. Kampas rem mempunyai fungsi yaitu menghentikan putaran poros, mengatur putaran poros, dan juga mencegah putaran yang tidak dikehendaki. Pada umumnya, kampas rem menggunakan material fiber asbestos dengan matriks polimer. Namun, serbuk dari asbestos sangat berbahaya bagi kesehatan manusia dan Asbestos sebenarnya sudah tidak banyak digunakan sejak akhir tahun 1970an karena dianggap kurang mumpuni untuk teknologi kendaraan yang makin canggih. Dari soal usia pemakaian, performa saat pengereman hingga alasan kesehatan. Sehingga pabrikan beralih ke teknologi yang lebih baru, banyak penelitian mengenai material pengganti dari fiber asbestos diantaranya yaitu penggunaan kulit pisang pada pembuatan kampas rem bebas asbestos (Dagwa, 2006) menunjukkan bahwa komposit serat alam dapat menggantikan asbestos dalam pembuatan kampas rem yang ramah lingkungan.

Komposit dapat diartikan sebagai kombinasi antara dua material atau lebih yang berbeda sifat dan perbedaan itu dapat dilihat secara mikroskopik yang tersusun dari dua komponen yakni matrik (resin) dan penguat (reinforcement) atau sering disebut dengan filler. Matrik dan komposit hanya tercampur secara fisik tanpa adanya ikatan kimia yang terbentuk. Komponen dari suatu material komposit yaitu matrik, penguat, *interface*, dan *interphase*. *Interface* adalah permukaan fasa yang berbatasan dengan fasa lain, sedangkan *interphase* adalah pelekatan antar dua penyusun komposit yaitu matrik dan penguat. Komposit dapat dibedakan berdasarkan jenis matriksnya, yaitu *metal matrix composite*, *ceramic matrix*

composite, dan polymer matrix composite. Komposit juga dapat dibedakan berdasarkan jenis penguatnya yaitu komposit partikel, komposit serat, dan komposit laminat (Callister, 2012).

Disisi lain industri perkebunan di Indonesia memiliki hasil yang melimpah. Salah satunya di bidang industri gula. Saat ini unit pabrik gula di bawah naungan kementerian badan usaha milik negara mencapai 50 unit pabrik, yang dimana memiliki kapasitas giling rata-rata 4000 TCD (ton cane/day), 50 pabrik gula milik BUMN dari total 62 pabrik gula yang tersebar di Indonesia. Dengan banyaknya jumlah pabrik gula di Indonesia banyaknya juga limbah yang dihasilkan dari hasil produksi gula tersebut. Namun dari banyaknya pabrik gula yang tersebar setiap harinya hanya menghasilkan 30-40% ampas tebu dari jumlah ton tebu yang di giling. Namun pabrik gula menghasilkan ampas tebu yang selama ini hanya digunakan untuk pupuk kompos, briket bahan bakar, dan bahan bakar boiler. Bagasse tebu (*Saccharum officinarum L*) semula banyak dimanfaatkan oleh pabrik kertas, namun karena tuntutan dari kualitas kertas dan sudah banyak tersedia bahan baku kertas lain yang lebih berkualitas, sehingga pabrik kertas mulai jarang menggunakannya. Material bahan organik yang dimiliki pabrik gula cukup banyak, sebagai contoh adalah limbah hasil proses pasca panen di lapangan, yaitu klaras dan daun tebu, serta limbah proses pabrik gula, antara lain blotong dan ampas tebu yang kadar bahan organiknya dapat mencapai di atas 50% (Witono, J.A. 2003). Matriks dari suatu komposit biasanya terbuat dari polimer resin. Salah satunya yaitu resin fenolik. Resin epoksi adalah oligomers yang mengandung *oxirane*. Produksi pertama resin epoksi terjadi bersamaan di Eropa dan Amerika pada awal tahun 1940an. Resin epoksi adalah resin termoset yang memiliki beberapa kelebihan dibanding dengan resin-resin epoksi lainnya. Beberapa kelebihan resin epoksi dibandingkan dengan resin epoksi lainnya antarlain : tekanan yang diperlukan untuk fabrikasi resin epoksi adalah tekanan minimum yang digunakan untuk resin termoset lainnya Resin epoksi sering digunakan dikarenakan memiliki karakteristik yang

sangat baik seperti ketahanan terhadap panas yang baik, kekuatan yang tinggi, stabilitas termal yang baik, dan rasio biaya terhadap performa yang sangat baik.

Oleh karena itu, berdasarkan pemaparan diatas tujuan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui proses pembuatan komposit resin epoksi berpenguat serat ampas tebu dengan memvariasikan fraksi massa dan panjang serat. Dalam penelitian ini juga dilakukan pengujian fisik, mekanik serta guna mengetahui sifat-sifatnya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi serat ampas tebu terhadap sifat fisik komposit resin epoksi berpenguat serat ampas tebu?
2. Bagaimana pengaruh variasi serat ampas tebu terhadap sifat mekanik komposit resin epoksi berpenguat serat ampas tebu?

1.3 Batasan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Pencampuran material komposit dianggap tercampur homogen
2. Pengaruh pengotor pada saat proses pencampuran dianggap tidak ada
3. Kadar uap air serta gas yang ada pada atmosfer dianggap tidak berpengaruh

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini antara lain:

1. Menganalisa pengaruh variasi serat ampas tebu terhadap sifat fisik komposit resin epoksi berpenguat Serat ampas tebu
 2. Menganalisa pengaruh variasi serat ampas tebu terhadap sifat mekanik komposit resin epoksi berpenguat serat ampas tebu ampas tebu.
-

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut:

1. Menciptakan produk kampas rem bebas asbestos baru dengan menggunakan kombinasi resin epoksi berpenguat serat ampas tebu.
2. Memanfaatkan limbah pabrik gula berupa ampas tebu dan meningkatkan nilai guna ampas tebu.
3. Memberikan pengetahuan mengenai sifat fisik dan mekanik dari komposit resin epoksi berpenguat serat ampas tebu.
4. Sebagai acuan penelitian yang berkaitan di masa yang akan datang.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kampas Rem

Kampas rem adalah bagian penting dari sistem pengereman untuk semua jenis kendaraan yang dilengkapi dengan rem cakram. Kampas rem adalah pelat pendukung baja dengan bahan gesekan yang diikat ke permukaan menghadap ke cakram rem (Aigbodion dan Akadike,2010). *Brake pads* umumnya terdiri dari serat asbes yang ditanamkan dalam matriks polimer bersama dengan beberapa bahan lain, penggunaan serat asbes dihindari karena sifat karsinogeniknya. Bahan gesekan dan bantalan rem bebas asbes baru telah dikembangkan. diharapkan bahwa perkembangan masa depan dalam tren bahan gesekan rem akan meniru tren industri otomotif saat ini (Dagwa dan Ibadode,2006). Ada dua tipe dasar rem kendaraan bermotor. Rem tromol dan rem cakram. pada rem tromol, sepatu rem terletak di dalam tromol. Ketika rem diterapkan, sepatu rem dipaksa keluar dan menekan tromol. Salah satu perbedaan utama antara rem tromol dan rem cakram adalah rem tromol cenderung tertutup di mana rem cakram cenderung terkena lingkungan (Bono dan Dekyrger,1990; Aigbodion dan Agunsoye,2010).



Gambar 2. 1 Kampas Rem Tromol (Dagwa dan Ibadode,2006)

Hingga akhir 1960-an kendaraan paling banyak menggunakan rem drum di keempat rodanya. Bantalan rem drum ini adalah organik (mis., Terdiri dari bahan-bahan alami) dan seringkali terdiri dari resin dan asbes serta berbagai bahan lain untuk membantu meningkatkan pengereman dan keausan. Pada akhir 1960-an dan awal 1970-an, pabrik mobil mulai memasukkan rem cakram, terutama untuk kendaraan bermotor yang lebih besar, karena rem tersebut memiliki kinerja pengereman yang lebih baik. Pada tahun 1975, standar keselamatan kendaraan bermotor federal 105, yang mensyaratkan persyaratan pengereman yang lebih ketat, membantu mempercepat transisi ke sistem pengereman belakang cakram drum depan (Blau, 2001; Kim et al., 2003). *Brake pad* rem cakram organik Kelas A adalah yang pertama kali digunakan untuk beralih dari rem tromol roda empat ke cakram depan-belakang. Bantalan rem organik Kelas A dibuat dari asbes dan efektif untuk suhu rendah. Ketika mobil mulai mengecil pada akhir tahun 1970-an, semakin sulit untuk mendinginkan bantalan rem. Bantalan organik kelas B bekerja lebih baik pada suhu yang lebih tinggi, tetapi memiliki beberapa masalah termasuk daya tahan (Mathur et al., 2004; Dagwa dan Ibadode, 2005). Akibatnya, penggunaan bantalan rem semi-logam menjadi lebih populer. Bantalan rem cakram semi-logam memiliki tingkat keausan yang lebih rendah dan sifat pengereman yang baik pada suhu rendah dan tinggi.

Meskipun penggunaan asbes untuk rem belum dilarang, banyak industri bantalan rem bergerak menjauh dari bantalan rem asbes karena kekhawatiran menyesali partikel tulang di pabrik dan pembuangan limbah yang mengandung asbes. Ada beberapa hak paten untuk bahan gesekan organik bebas asbes (Dagwa, 2005). Perubahan dalam formulasi kampas rem juga didorong oleh pengumuman persyaratan efisiensi bahan bakar rata-rata perusahaan pada akhir tahun 1970-an, suatu pemikiran tahun 1980-an. Persyaratan ini menyebabkan industri mobil beralih dari mobil penggerak roda belakang ke mobil penggerak roda depan. Sakelar ini membutuhkan lebih banyak pengereman depan yang

menghasilkan suhu lebih tinggi dan preferensi untuk rem semi-logam (Gudmand-hoyer et al., 1999)

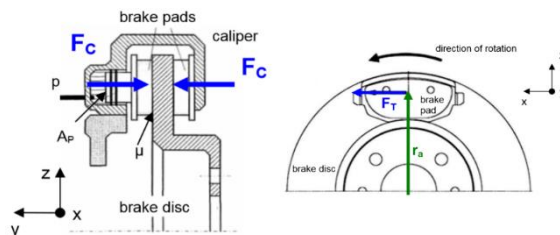


Gambar 2. 2 Kampas Rem Cakram (Dagwa dan Ibadode,2006).

2.1.1 Gaya Pengereman

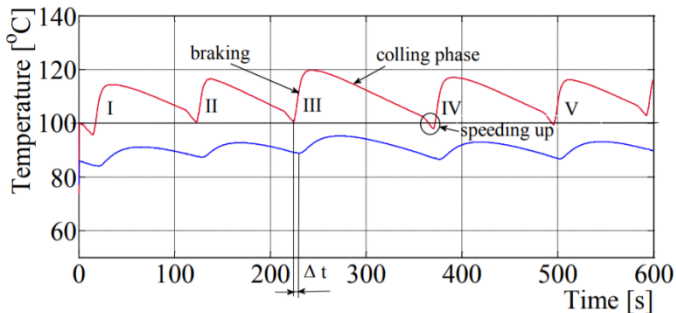
Gambar 2.3 menunjukkan gaya-gaya yang bekerja pada saat terjadi pengereman.

Dari tekanan hidrolik pada piston p dan luas area dari piston A_p dihasilkan gaya kompresi F_c . Gaya kompresi F_c kemudian menyebabkan adanya gaya tangensial $F_T = F_c \cdot 2\mu$ pada kedua *frictional area*. Gaya tangensial bersama jari-jari cakram r_a menghasilkan torsi pengereman $M_B = F_T \cdot r_a$. Torsi pengereman merupakan merupakan kuantitas yang menghasilkan gaya pengereman yang diinginkan, sehingga terjadi deselerasi dari kendaraan (Degenstein, 2006).



Gambar 2.3 Gaya Pada Saat Pengereman (Degenstein, 2006).

Menurut beberapa penelitian yang telah dilakukan. Penelitian tentang temperature kerja dari rem. Menurut (Aleksandar, 2015) telah melakukan penelitian dengan melakukan prediksi temperatur kerja dari rem mobil. Pada penelitian tersebut didapatkan temperatur kerja rem mobil maksimal sebesar 120°C selama 5 kali pengereman seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Temperatur yang Diukur pada Kampas Rem Selama 5 kali Pengereman (Aleksandar, 2015).

2.2 Komposit

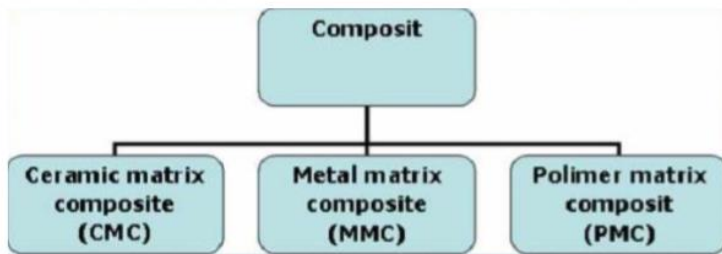
Komposit didefinisikan sebagai suatu material yang terdiri dari dua komponen atau lebih yang memiliki sifat atau struktur yang berbeda yang dicampur secara fisik menjadi satu membentuk ikatan mekanik yang dengan struktur homogen secara makroskopik dan heterogen secara mikroskopik. Material campuran tersebut akan menghasilkan material yang baru yang memiliki sifat unggul dari material pembentuknya (Sulistijono, 2012).

Berdasarkan jenis penguatnya, komposit dibedakan menjadi tiga, yaitu

1. Komposit Partikel, yaitu komposit yang tersusun atas matriks kontinyu dan penguat (reinforced) yang diskontinyu yang berbentuk partikel, fiber pendek atau whiskers.

2. Komposit Serat, yaitu komposit yang tersusun atas matriks kontinyu dan memiliki penguat berbentuk serat/fiber
3. Komposit Laminat, yaitu komposit yang terdiri dari beberapa lapisan lamina berpenguat fiber atau lamina berpenguat partikel atau lamina logam atau kombinasi dari lamina-lamina dengan material yang berbeda dimana lapisan saling terikat.

Berdasarkan jenis matriksnya, komposit dibedakan menjadi tiga, yaitu bisa dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Klasifikasi Komposit Berdasarkan Jenis Matriks (Callister, 2001).

- a. *MMC: Metal Matriks Composite* adalah salah satu jenis komposit yang menggunakan matriks logam
- b. *CMC: Ceramic Matriks Composite* adalah material dua fasa dengan satu fasa berfungsi sebagai penguat dan satu fasa sebagai matriks dimana matriksnya terbuat dari keramik
- c. *PMC: Polymer Matriks Composite* merupakan komposit yang menggunakan polimer sebagai matriksnya. Polimer merupakan matriks yang paling umum digunakan pada material komposit karena memiliki sifat yang lebih tahan terhadap korosi dan lebih ringan.

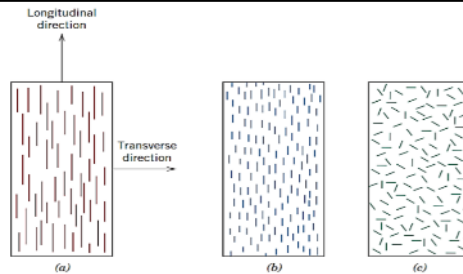
Dalam merancang material komposit, para ilmuwan dan insinyur telah cerdas menggabungkan berbagai logam, keramik, dan polimer untuk menghasilkan material generasi baru yang luar biasa. Kebanyakan komposit telah diciptakan untuk meningkatkan kombinasi karakteristik mekanis seperti kekakuan dan ketangguhan. Banyak material komposit terdiri dari hanya dua

fase; salah satu yang disebut matriks, yang kontinu dan mengelilingi fase lainnya, sering disebut fase terdispersi. Sifat-sifat komposit merupakan fungsi dari sifat-sifat fase konstituen, jumlah relatifnya, dan geometri dari fase terdispersi (Callister dan Rethwisch, 2010). Keuntungan dari komposit ada banyak, termasuk massa yang lebih ringan, kemampuan untuk mendapatkan kekuatan dan kekakuan optimal, meningkatkan *fatigue life*, ketahanan korosi, dan dengan desain yang bagus, biaya perakitan berkurang karena bagian detail lebih sedikit.

Kekurangan dari komposit meliputi: biaya bahan bakunya yang tinggi, dan komposit biasanya membutuhkan biaya fabrikasi dan perakitan yang tinggi; komposit dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban; komposit juga lemah dalam matriks menerima beban primer pada arah yang tidak merata dan tidak boleh digunakan di mana arah beban yang kompleks; komposit juga rentan terhadap dampak kerusakan dan delaminasi atau pemisahan lapisan yang dapat terjadi; dan komposit lebih sulit untuk diperbaiki dibandingkan dengan struktur logam (Callister dan Rethwisch, 2010).

2.3 Komposit Serat

Komposit yang diperkuat serat disubklasifikasikan oleh panjang serat. Untuk serat pendek, serat terlalu pendek untuk menghasilkan peningkatan yang signifikan dalam kekuatan. Pengaturan atau orientasi dari serat relatif terhadap satu sama lain, konsentrasi serat, dan distribusi semua yang signifikan memiliki pengaruh pada kekuatan dan properti lainnya dari komposit serat. Sehubungan dengan orientasi, ada dua kemungkinan: (1) serat yang sejajar pada arah longitudinal pada satu arah, dan (2) serat dengan arah yang acak. Serat kontinu biasanya searah (Gambar 2.6a), sedangkan serat diskontinu bisa berupa sejajar (Gambar 2.6b), secara orientasi acak (Gambar 2.6c), atau sebagian berorientasi. Sifat komposit yang lebih baik secara keseluruhan dapat diwujudkan dengan distribusi serat yang seragam (Callister dan Rethwisch, 2010).



Gambar 2. 6 Skema dari (a) Kontinyu dan Searah, (b) Diskontinyu dan Searah, dan (c) Diskontinyus dan Berorientasi Secara Acak pada Komposit yang Diperkuat Serat (Callister dan Rethwisch, 2010).

Secara umum tipe serat dibagi menjadi beberapa jenis, diantaranya:

- a. *Continuous Fiber Composite* Disebut juga sebagai *uni-directional*, mempunyai susunan serat panjang dan lurus membentuk lamina diantara matriksnya. Jenis komposit ini paling banyak digunakan. Kekurangannya adalah lemahnya kekuatan antar lapisan dikarenakan kekuatan antar lapisan dipengaruhi oleh matriksnya.
- b. *Woven fiber composite* Disebut juga *bi-directional*, komposit ini tidak mudah terpengaruh pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya juga mengikat antar lapisan. Akan tetapi susunan serat memanjangnya tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan tidak sebaik continuous fiber.
- c. *Discontinuous fiber*, tipe komposit dengan serat pendek. Komposit jenis ini masih dibedakan lagi menjadi:
 1. *Align discontinuous fiber* Dimana serat nya berukuran pendek namun tersusun secara rapat dan sejajar.
 2. *Randomly oriented discontinuous fiber* Komposit dengan serat pendek yang tersebar secara acak diantara matriksnya. Tipe acak sering digunakan pada produksi dengan volume besar karena faktor biaya manufakturnya lebih murah.

Ditinjau dari pembuatannya, serat diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu serat sintetis dan serat alami. Kedua jenis serat itu

digunakan sebagai penguat atau pengisi pada material komposit (Callister dan Rethwisch, 2010).

2.4 Serat Alam

Peningkatan kesadaran akan sumber daya tidak terbarukan menjadi langka dan ketergantungan kita yang tak terelakkan pada sumber daya terbarukan telah muncul. Pada abad ini bisa disebut abad selulosa, karena semakin banyak sumber daya tanaman terbarukan untuk produk sedang ditemukan. Hal ini dinyatakan secara umum bahwa serat alam itu terbarukan dan berkelanjutan, tetapi sebenarnya, tidak. Tanaman hidup itu terbarukan dan berkelanjutan yang mana serat alaminya diambil, tetapi tidak berserat sendiri.

a. Sumber serat

Tanaman, yang menghasilkan serat alam, diklasifikasikan sebagai primer dan sekunder tergantung pada pemanfaatannya. Tanaman primer adalah tanaman yang tumbuh untuk konten seratnya sementara tanaman sekunder adalah tanaman di mana serat diproduksi sebagai by-product. Jute, hemp, kenaf, dan sisal adalah contoh dari tanaman utama. Nanas, kelapa sawit dan sabut adalah contoh tanaman sekunder. Tabel 2.1 menunjukkan komposisi kimia dari serat utama yang digunakan secara komersial dalam komposit, Tabel 2.2 menunjukkan sifat mekanik dari serat alam, dan Tabel 2.3 menunjukkan sifat fisik dari serat alam.

b. Jenis serat

Ada enam tipe dasar dari serat alami. Serat-serat tersebut diklasifikasikan sebagai berikut: serat kulit pohon (*jute*, *flax*, *hemp*, *ramie*, dan *kenaf*), serat daun (*abaca*, *sisal* dan *nanas*), serat biji (sabut, kapas dan kapuk), serat inti (kenaf, hemp, dan jute), rumput dan alang-alang serat (gandum, jagung dan beras) dan semua jenis lain (kayu dan akar).

Tabel 2. 1 Komposisi kimia Serat Alam
(Callister dan Rethwisch, 2010)

<i>Fiber</i>	<i>Cellulose</i> (wt%)	<i>Hemicellulose</i> (wt%)	<i>Lignin</i> (wt%)	<i>Waxes</i> (wt%)
<i>Baggasse</i>	55.2	16.8	25.3	-
<i>Bamboo</i>	26-43	30	21-31	-
<i>Flax</i>	71	18.6-20-6	2.2	1.5
<i>Kenaf</i>	72	20.3	9	-
<i>Jute</i>	61-71	14-20	12-13	0.5
<i>Hemp</i>	68	15	10	0.8
<i>Ramie</i>	68.6-76.2	13-16	0.6-0.7	0.3
<i>Abaca</i>	56-63	20-25	7-9	3
<i>Sisal</i>	65	12	9.9	2
<i>Coir</i>	32-43	0.15-0.25	40-45	-
<i>Oil palm</i>	65	-	29	-
<i>Pineapple</i>	81	-	12.7	-
<i>Curaua</i>	73.6	9.9	7.5	-

Serat alam seperti jute, straw, sisal dan coir sedang mendapat perhatian sebagai bahan penguat untuk digunakan material komposit. Hal ini disebabkan karena:

- 1) Serat alam lebih murah dibandingkan dengan serat sintetik (syntethic fiber)
- 2) Memiliki berat jenis rendah
- 3) Memiliki kekuatan spesifik yang tinggi

-
- 4) Mudah diperoleh dan merupakan sumber daya alam yang dapat diolah kembali

Telah banyak penelitian mengenai pengaplikasian serat alam dalam pembuatan komposit. Penggunaan serat alam untuk *filler* dari komposit polimer yang telah digunakan oleh Farid (2017).

2.5 Bahan Penyusun Komposit

Komposit merupakan penggabungan dari dua material atau lebih yang memiliki fasa yang berbeda menjadi satu material baru. Adapun bahan penyusun komposit terdiri dari:

2.5.1 Bahan Penguat (*Reinforcement*)

Reinforcement adalah salah satu bagian utama dari komposit yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit. Bahan penguat (*Reinforcement*) biasanya kaku dan tangguh, *reinforcement* dapat dibedakan menjadi bahan alami dan buatan. Contoh bahan penguat alami berupa serat kelapa, serat eceng gondok dan masih banyak lainnya. Contoh bahan penguat buatan berupa serat karbon, serat gelas dan keramik.

2.5.2 Matriks

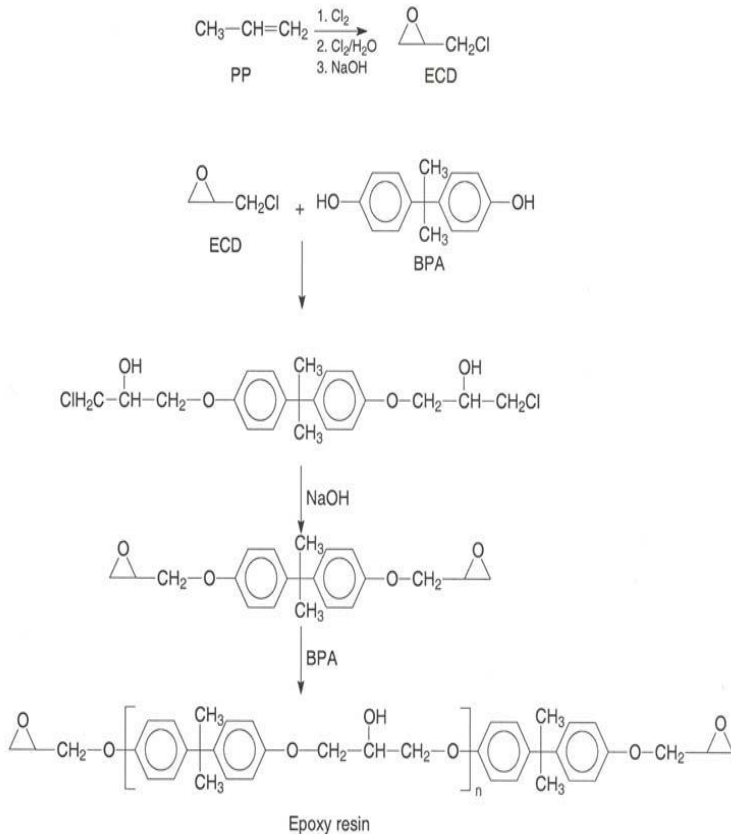
Matriks secara umum berfungsi untuk mengikat serat menjadi satu struktur komposit. Polimer, logam, dan keramik digunakan sebagai bahan matriks pada komposit, tergantung pada ketentuan yang dibutuhkan. Matriks menahan *fiber* dan melindunginya dari kerusakan eksternal, memindahkan dan mendistribusi tegangan yang diberikan, dan pada beberapa kasus berkontribusi memberikan sifat yang dibutuhkan seperti keuletan, ketangguhan, dan insulasi elektrik. Matriks harus dapat mengembangkan ikatan mekanik dan kimia dengan *fiber*. Pada komposit modern polimer merupakan bahan matriks yang paling banyak digunakan. Polimer dideskripsikan sebagai termoset atau termoplastik. Termoset tidak akan meleleh pada temperatur tinggi, sedangkan termoplastik akan melembut dan meleleh pada temperatur tinggi, tetapi akan mengeras kembali jika di dinginkan (Gibson, 1994).

Jenis thermoplastik relatif mudah diproses menjadi komposit bukan karbon, tetapi tantangan signifikan saat ini adalah mengubahnya menjadi karbon murni. Sifat thermoplastiknya mensyaratkan bahwa ia juga diisikan di dalam sampel melalui cara eksternal, atau diperlakukan secara kimiawi (distabilisasikan) sebelum pemanasan ke temperatur karbonisasi. Sedangkan, matriks jenis *thermosetting* mempunyai ketahanan yang baik pada temperatur tinggi karena proses pembuatannya menggunakan proses curing (pemanasan sampai menjadi keras) pada temperatur tinggi. (Miracle, 2001)

2.6 Resin Epoksi

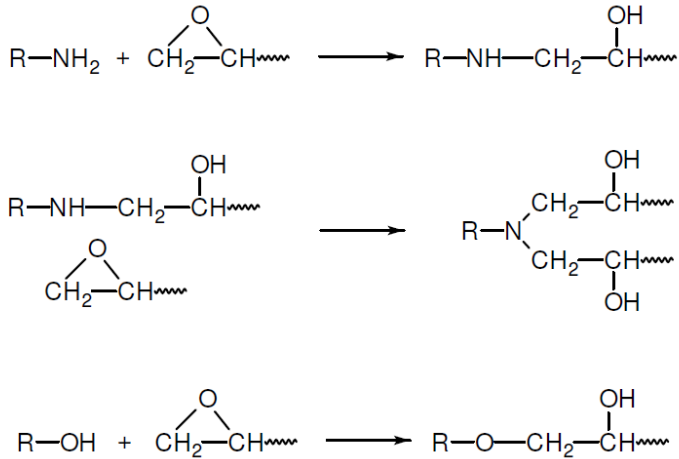
Resin epoksi adalah oligomers yang mengandung *oxirane*. Produksi pertama resin epoksi terjadi bersamaan di Eropa dan Amerika pada awal tahun 1940an. Hingga kini resin epoksi telah dikembangkan menjadi banyak variasinya. Resin epoksi adalah resin termoset yang memiliki beberapa kelebihan dibanding dengan resin-resin epoksi lainnya. Beberapa kelebihan resin epoksi dibandingkan dengan resin epoksi lainnya antarlain : tekanan yang diperlukan untuk fabrikasi resin epoksi adalah tekanan minimum yang digunakan untuk resin termoset lainnya; penyusutan ketika *curing* juga lebih rendah sehingga tegangan sisa setelah *curing* lebih rendah jika dibandingkan dengan resin poliester tak jenuh; *curing* dapat dilakukan dalam berbagai temperatur sesuai dengan *curing agent* yang digunakan sehingga derajat crosslink dapat dikontrol dengan baik; dan ketersediaan resin epoksi dari tingkat viskositas rendah hingga tinggi yang mudah ditemukan. Oleh karena, beberapa hal tersebut resin epoksi banyak digunakan pada perekat struktural, pelapisan permukaan dan komposit. Dalam pengaplikasiannya sebagai komposit resin epoksi seringkali digunakan sebagai matriks. Dalam pembuatannya resin epoksi memiliki dua atau lebih cincin *oxirane* atau gugus epoksi didalam struktur molekulnya. Umumnya epoksi resin adalah *diglycidyl ether of bisphenol A* (DGEBA) yang dihasilkan dari reaksi *epichlorohydrin* (ECD) dengan *bisphenol A*

(BPA). ECD dihasilkan dari *polypropylenen* (PP) dengan mereaksikan klorin dengan natrium hidroksida. Setelah ECD terbentuk, kemudian ECD direaksikan dengan BPA dengan adanya sodium hidroksida. Reaksi tersebut seperti yang dilihat pada Gambar 2.7. Dalam reaksi ini terjadi.



Gambar 2.7 Skema reaksi pembentukan resin epoksi (Fink, 2005).

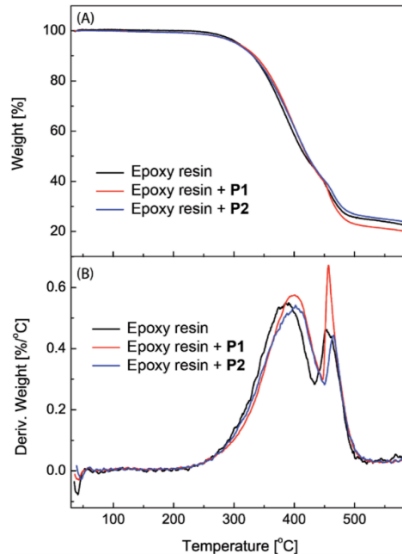
Pembelahan cincin oksirane dalam ECD oleh gugus hidroksil BPA. Kemudian terjadi siklisasi yang menyebabkan terbentuknya rantai epoksi setengah jadi. Kemudian rantai epoksi tersebut diekstensi oleh BPA sehingga terbentuklah resin epoksi (Fink, 2005). Untuk lebih jelasnya proses terbentuknya resin epoksi dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Reaksi Gugus *Glycidyl* dengan Amina (Fink, 2005).

Untuk membuat epoksi menjadi keras dan memiliki jaringan termoset yang tidak bisa di lelehkan perlu digunakan *crosslinking agents*. *Cosslinkers* atau yang umumnya disebut *curing agent* atau hardeners akan mendorong terjadinya ikatan *crosslink* atau mendorong terjadinya *curing* pada resin epoksi. *Curing* dapat terjadi dengan cara homopolimerisasi yang diinisiasi oleh *curing agent* katalitik atau juga terjadi dengan cara poliadisi atau kopolimerisasi dengan *curing agent* multifungsional (Ashcroft, 1993). Reaksi dasar antara gugus *glycidyl* dengan amina primer ditunjukkan pada gambar. Reaksi diawali dengan penambahan hidrogen amina primer dengan gugus epoksi. Produk reaksi ini adalah amina sekunder. Amina sekunder ini bereaksi.

Dengan gugus epoksi lainnya untuk membentuk amina tersier. Kemudian terjadi reaksi diautokatalisis oleh gugus OH yang terbentuk selama proses. Lalu terjadi reaksi esterifikasi antar gugus epoksi dan gugus hidroksil. (Fink, 2005)



Gambar 2. 9 Pengujian TGA Resin Epoksi (Chen, 2017).

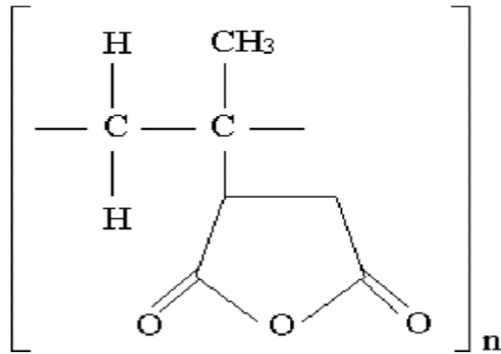
Gambar 2.9 menunjukkan hasil pengujian TGA untuk resin epoksi sesuai dengan penelitian(Chen,2017). Dapat dilihat bahwa resin epoksi memiliki temperatur degradasi senilai 300°C.

2.7 Maleic Anhydride-g-polypropylene (MAPP)

Maleic Anhydride-g-polypropylene (MAPP) adalah salah satu kompatibilizer dalam pembuatan komposit. Material ini disintesis dengan cara mereaksikan *grafting polypropylene* ke *maleic anhydride* (MAH). Dengan adanya komponen *maleic* dapat meningkatkan berat molekul, dan kejenuhan dari material sehingga semakin memudahkan untuk membentuk film dengan gaya adhesi yang lebih baik (coheren). *Maleic* juga dapat meningkatkan sifat mekanik material, seperti meningkatkan ketahanan impact,

meningkatkan fleksibilitas, dan meningkatkan ketahanan material terhadap goresan kekerasan.

Biasanya *maleic anhydride* dikenal untuk memperkuat gaya adhesi dua molekul yang berbeda. *Grafting maleic anhydride* ke dalam *polypropylene* saat ini adalah daya tarik utama di dalam industri dan pantas untuk dipertimbangkan dan dikembangkan, karena dapat menghasilkan kompatibilitas dan meningkatkan



Gambar 2. 10 Struktur Kimia *Maleic Anhydride-g-polypropylene* (Harper,2016).

Reaktivitas. Faktanya dengan dua tipe dari *grafted* polimer telah banyak digunakan untuk memperbaiki gaya adhesi antara dua komponen yang berbeda dalam campuran polymer. Gambar 2.10 menunjukkan struktur kimia dari MAPP (Harper,2016).

Penggunaan *coupling agent* merubah permukaan penguat menjadi *hydrophobic* sehingga mampu mengikat polymer dengan baik. Terbentuknya ikatan antara gugus hidroksil pada serat alam dan silanyl pada matrik dan kelompok *alkoxyl coupling agent* mengakibatkan ikatan pada permukaan serat dan matrik meningkat dan menunjukkan peningkatan kekerasan serta kekuatan.

MAPP *coupling agent* bekerja pada *interface* antara bagian anorganik dan bahan organik untuk mengikat atau menggabungkan dua material yang tidak sama tersebut. Salah satu faktor yang mempengaruhi ikatan adalah perpindahan air ke permukaan hidrofilik. Air yang masuk *interface* kedua zat merusak ikatan

antara polimer dan penguatnya tetapi sebuah coupling agent menciptakan sebuah ikatan antar anti air bahan anorganik dan organik. *MAPP coupling agent* memiliki sifat fisik dan kimia yang tidak hanya meningkatkan kekuatan ikatan tetapi juga mencegah *de-bonding* antarmuka selama komposit digunakan (Prasetyo, 2013).

2.8 Hukum Pencampuran

Sifat pembentuk komposit dibentuk dengan beberapa factor, antara lain: bentuk geometris, rasio perbandingan, struktur, proses pembuatan dan orientasi bahan penyusun (Sulistijono, 2012). Total massa dari komposit ialah jumlah dari massa fiber dan matriks. Persamaan ditunjukkan pada persamaan 2.1 dan 2.2.

dituliskan dengan persamaan:

$$mc = mm + mf \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\rho c.vc = \rho m.vm + \rho f.vf \dots\dots\dots (2.2)$$

Sehingga didapatkan massa jenis dari komposit yang ditunjukkan pada persamaan 2.3.

$$\rho c = (\rho m.vm + \rho f.vf) vc \dots\dots\dots (2.3)$$

Apabila di rubah kedalam fraksi massa persamaannya di tunjukan pada persamaan 2.4.

$$\rho c = 1 / (mf/\rho f + mm/\rho m) \dots\dots\dots (2.4)$$

Dapat dituliskan dengan persamaan yang dilihat pada persamaan 2.5.

$$Mf + Mm = 1 \dots\dots\dots (2.5)$$

- Dimana: mc : massa komposit (gr)
vc : volume komposit (cm³)
pc : massa jenis komposit (gr/cm³)
mf : massa fiber (gr)
vf : volume fiber (cm³)
pf : massa jenis fiber (gr/cm³)
mm : massa matriks (gr)
vm : volume matriks (cm³)
pm : massa jenis matriks (gr/cm³)

Mf : fraksi massa fiber

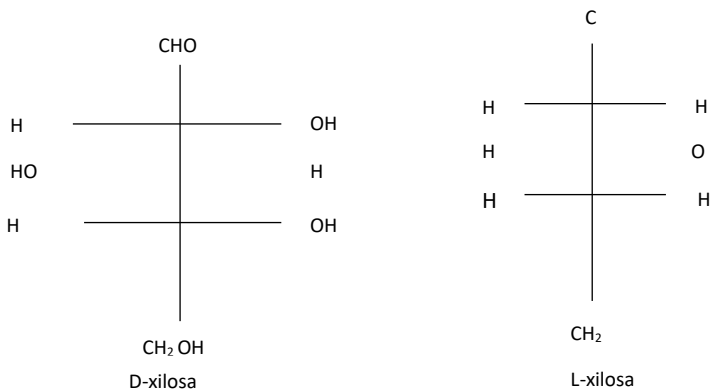
Mm : fraksi massa matriks

2.9 Serat Ampas Tebu

Serat merupakan komponen penting dalam komposit yaitu berfungsi sebagai penguat dalam komposit. Serat ampas tebu merupakan salah satu limbah padat pabrik gula. Residu berserat tebu setelah penyaringan dan ekstraksi jusnya, yang dikenal sebagai ampas tebu adalah salah satu residu pertanian terbesar di dunia (Pandey et al.,2000). Ampas tebu jumlahnya berlimpah di Indonesia. Ampas tebu merupakan limbah padat dari pengolahan industri gula tebu yang volumenya mencapai 30-40% dari tebu giling. Residu berserat tebu setelah penyaringan dan ekstraksi jusnya, yang dikenal sebagai ampas tebu adalah salah satu residu pertanian terbesar di dunia (Pandey et al.,2000;Trejo-hernandez et al.,2007;Mulinari et al.,2009;Hernandez-salas et al.,2009). Analisis ampas tebu menunjukkan bahwa konstituen utamanya adalah selulosa, hemiselulosa, lignin, abu, dan lilin (Walford,2008). Saat ini perkebunan tebu rakyat mendominasi luas areal perkebunan tebu di Indonesia. Ampas tebu termasuk biomassa yang mengandung lignoselulosa sangat dimungkinkan untuk dimanfaatkan menjadi sumber energi alternatif seperti bioetanol atau biogas. Ampas tebu memiliki kandungan selulosa 52,7%, hemiselulosa 20,0%, dan lignin 24,2% (Samsuri et al., 2007). Komposisi *Sugar cane baggase* ini menjadikannya bahan yang ideal untuk digunakan dan digunakan sebagai serat penguat dalam bahan komposit untuk tujuan menciptakan bahan baru yang memiliki sifat fisik dan kimia yang berbeda. Tinjauan literatur tersebut menunjukkan bahwa *Sugar cane baggase* lebih disukai dalam pembuatan produk hijau berkualitas tinggi mengingat biaya produksinya yang rendah. Holoselulosa merupakan istilah yang digunakan untuk menyebutkan selulosa dan hemiselulosa. Selulosa adalah polimer glukosa (hanya glukosa) yang tidak bercabang. Selulosa dapat dihidrolisis menjadi glukosa dengan menggunakan asam atau enzim. Hidrolisis menggunakan asam biasanya

dilakukan pada temperatur tinggi. Proses ini relatif mahal karena kebutuhan energi yang cukup tinggi. Pada tahun 1980- an, mulai dikembangkan hidrolisis selulosa dengan menggunakan enzim selulase (Gokhan Coral, et al., 2002).

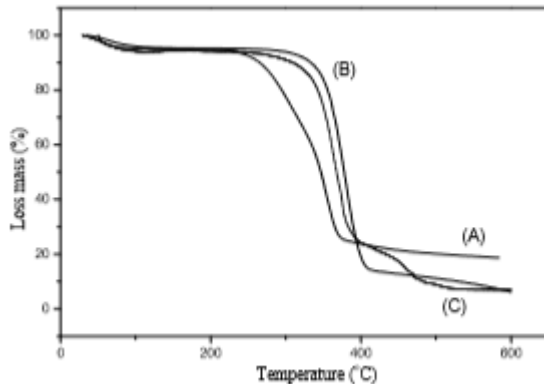
Hemiselulosa mirip dengan selulosa yang merupakan polymer gula. Namun, berbeda dengan selulosa yang hanya tersusun dari glukosa, hemiselulosa tersusun dari bermacam-macam jenis gula. Monomer gula penyusun hemiselulosa terdiri dari monomer gula berkarbon 5 (C-5) dan 6 (C-6), misalnya: xyloza, mannose, glukosa, galaktosa, arabinosa, dan sejumlah kecil rhamnosa, asam glukoroat, asam metal glukoronat, dan asam galaturonat. Xyloza adalah salah satu gula C-5 dan merupakan gula terbanyak kedua setelah glukosa (Simanjuntak, 1994). Xyloza merupakan gula kayu yang memiliki rumus molekul $C_5H_{10}O_5$ (Gambar 2.11).



Gambar 2. 11 Struktur Xyloza (Gokhan Coral, et al., 2002).

Gambar 2.12 menunjukkan suhu dekomposisi yang berbeda untuk setiap jenis serat selulosa. Serat ampas tebu yang belum diberi perlakuan mulai terurai pada 300 °C. Di sisi lain, serat selulosa mentah mulai terurai pada 324 °C dan 340 °C. Peningkatan suhu dekomposisi serat selulosa ini dapat dikaitkan dengan perawatan

Samples	Weight loss (%)						Degradation temperature peak (°C)
	100 °C	200 °C	300 °C	400 °C	500 °C	600 °C	
Unmodified sugarcane bagasse	7.9	8.2	25.2	77.1	80.6	81.9	260
Crude cellulose	4.3	5.1	6.4	81.2	88.9	93.9	324
Bleached cellulose	13.1	14.8	16.3	78.4	81.7	84.5	340



.**Gambar 2.12** TGA Serat Ampas Tebu (Pareira, 2011).

Serat Ampas Tebu memiliki temperature leleh sebesar range 200 °C -250 °C seperti yang dapat dilihat pada hasil uji TGA diatas (Pereira,2011).

2.10 Tanaman Tebu

Tebu merupakan salah satu tanaman yang cocok untuk mengurangi serat buatan seperti *fiberglass* dan banyak tersedia di Indonesia. Tanaman tebu merupakan tanaman *Gramineae* (keluarga rumput) dengan nama latin *Saccharum officinarum* yang sudah dibudidayakan sejak lama di daerah asalnya di Asia. Di daerah Jawa Barat disebut Tiwu, di daerah Jawa Tengah dan Jawa Timur disebut Tebu atau Rosan (Syakir dan Indrawanto, 2010). Tanaman ini tumbuh tinggi, memiliki batang tipis atau berbentuk seperti tongkat. Tebu ditanam dalam suatu galur/parit pada bagian

sisi/pinggirnya, pada musim gugur. Tanaman tebu tidak menuntut perawatan selama melewati musim dingin, dan pada musim semi akan muncul dengan tunas-tunasnya yang akan tumbuh setinggi pohon bambu. Toko bahan/produk pangan khas Asia di luar negeri (Asian grocery), sering kali juga menyediakan tanaman (batang) tebu. Gambar tanaman tebu dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Tanaman Tebu (Syakir dan Indrawanto, 2010).

Yang dapat diambil atau diekstrak dari tebu untuk dibuat serat adalah bagian ampasnya (*bagasse*). Ampas tebu (*bagasse*) adalah limbah padat dari gula tebu yang mengandung serat selulosa. Potensi *bagasse* di Indonesia cukup besar, menurut data di Indonesia tahun 2002, luas tanaman tebu di Indonesia 395.399,44 ha, yang tersebar di Pulau Sumatera seluas 99.383,8 ha, Pulau Jawa seluas 265.671,82 ha, Pulau Kalimantan seluas 13.970,42 ha, dan Pulau Sulawesi seluas 16.373,4 ha. Diperkirakan setiap ha tanaman tebu mampu menghasilkan 100 ton *bagasse*. Maka potensi *bagasse* nasional yang dapat tersedia dari total luas tanaman tebu mencapai 39.539.944 ton per tahun. (Syakir dan Indrawanto, 2010). Kandungan Kimia dari Sugarcane Bagasse (SB) dapat dilihat pada Tabel 2.2 dan gambar serat ampas tebu dapat dilihat pada Gambar 2.14.

Tabel 2. 2 Kandungan Kimia dari Tebu (Mariatti, 2008)

Kandungan Kimia	Presentasi
Selulosa	35-40%
Natural Rubber	20-30%
Lignin	15-20%
Sukrosa	10-15%

Beberapa kelebihan dari Serat Bagasse dapat dilihat di bawah ini:

1. Ramah lingkungan.
2. Merupakan bahan sisa sehingga biayanya rendah.
3. Tingkat ketersediaan tinggi.
4. Produksi dunia melebihi 1,4 milyar ton per tahun



Gambar 2.14 Serat Ampas Tebu (Mariatti, 2008).

2.11 Metode Pembuatan Komposit

Secara garis besar metoda pembuatan material komposit terdiri dari atas dua cara, yaitu :

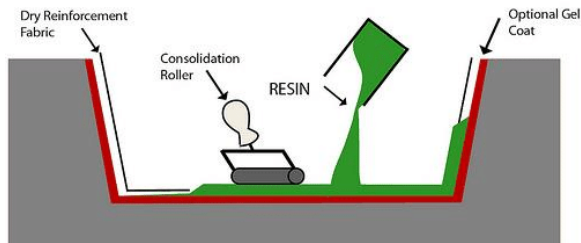
1. Proses Cetakan Terbuka (*Open-Mold Process*)
 - a) *Contact Molding/ Hand Lay Up*

Hand lay-up adalah metoda yang paling sederhana dan merupakan proses dengan metode terbuka dari proses fabrikasi komposit. Adapun proses dari pembuatan dengan metoda ini adalah dengan cara menuangkan resin dengan tangan kedalam serat berbentuk anyaman,

Rajuan atau kain, kemudian memberi tekanan sekaligus meratakannya menggunakan rol atau kuas. Proses tersebut dilakukan berulang-ulang hingga ketebalan yang diinginkan tercapai. Pada proses ini resin langsung berkontak dengan udara dan biasanya proses pencetakan dilakukan pada temperatur kamar. Kelebihan penggunaan metoda ini:

- Mudah dilakukan
- Cocok di gunakan untuk komponen yang besar
- Volumennya rendah

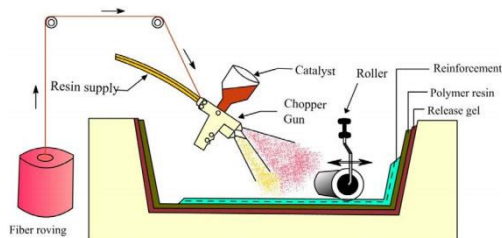
Pada metode *hand lay-up* ini resin yang paling banyak di gunakan adalah *polyester* dan *epoxies*. Proses ini dapat kita lihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Metode Hand Lay Up (Chawla,2013).

b) *Spray-Up*

Spray-up merupakan metode cetakan terbuka yang dapat menghasilkan bagian-bagian yang lebih kompleks ekonomis

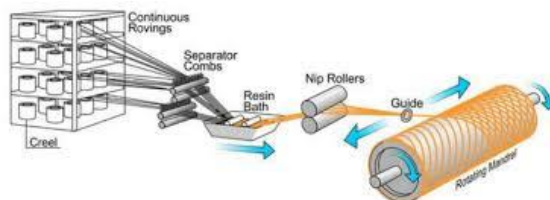


Gambar 2.16 Metode *Spray-Up* (Chawla,2013).

Proses *spray-up* dilakukan dengan cara penyemprotan serat (*fiber*) yang telah melewati tempat pemotongan (*chopper*). Sementara resin yang telah dicampur dengan katalis juga disemprotkan secara bersamaan. Wadah tempat pencetakan *spray-up* telah disiapkan sebelumnya. Setelah itu proses selanjutnya adalah dengan membiarkannya mengeras pada kondisi atmosfer standar. Proses ditunjukkan pada Gambar 2.16.

c) *Filament Winding*

Fiber tipe roving atau *single strand* dilewatkan melalui wadah yang berisi resin, kemudian *fiber* tersebut akan diputar sekeliling mandrel yang sedang bergerak dua arah, arah radial dan arah tangensial. Proses ini dilakukan berulang, sehingga cara ini didapatkan lapisan serat dan *fiber* sesuai dengan yang diinginkan. Resin termoset yang biasa di gunakan pada proses ini adalah poliester, vinil ester, *epoxy*, dan fenolat. Proses ditunjukkan pada Gambar 2.17.

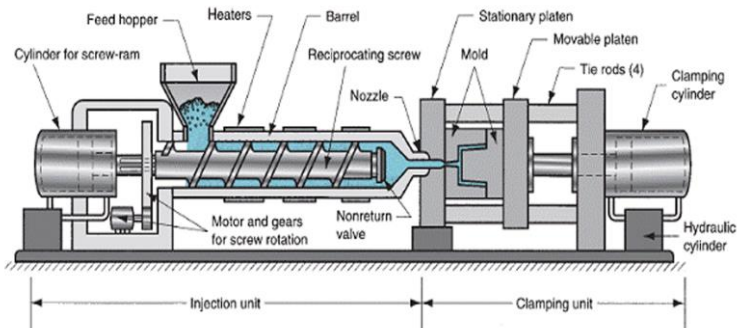


Gambar 2.17 Metode *Filament Winding* (Chawla,2013).

2. Proses Cetakan Tertutup (*Closed-Mold Process*)

a) Proses Cetakan Tekan (*Compression Molding*)

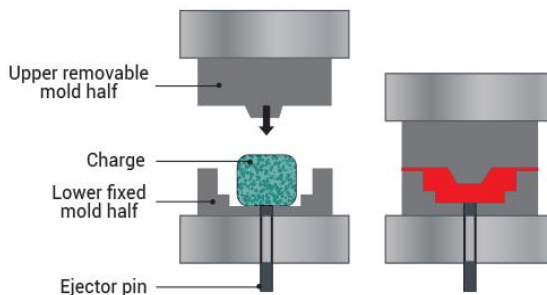
Proses cetakan ini menggunakan hydraulic sebagai penekannya. *Fiber* yang telah dicampur dengan resin dimasukkan ke dalam rongga cetakan, kemudian dilakukan penekanan dan pemanasan. Resin termoset khas yang digunakan dalam proses cetak tekan ini adalah poliester, vinil ester, epoksi, dan fenolat. Proses ditunjukkan pada Gambar 2.18.



Gambar 2.18 Metode *Compression Molding* (Chawla, 2013).

b) Injection Molding

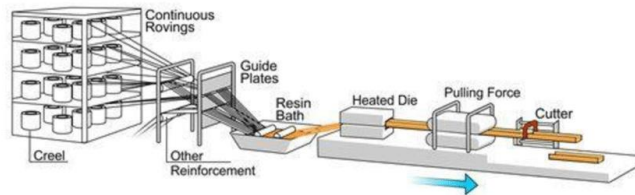
Metoda injection molding juga dikenal sebagai reaksi pencetakan cairan atau pelapisan tekanan tinggi. Fiber dan resin dimasukkan kedalam rongga cetakan bagian atas, kondisi temperature dijaga supaya tetap dapat mencairkan resin. Resin cair beserta *fiber* akan mengalir ke bagian bawah, kemudian injeksi dilakukan oleh mandrel ke arah *nozzle* menuju cetakan. Proses ditunjukkan pada Gambar 2.19.



Gambar 2.19 Metode *Injection Molding* (Chawla,2013).

c) *Continuous Pultrusion*

Fiber jenis *roving* dilewatkan melalui wadah berisi resin, kemudian secara kontinu dilewatkan ke cetakan pra cetak dan diawetkan (*cure*), kemudian dilakukan pengerolan sesuai dengan dimensi yang diinginkan. Atau juga bisa disebut sebagai penarikan serat dari suatu jaring atau *creel* melalui bak resin, kemudian dilewatkan pada cetakan yang telah dipanaskan. Fungsi dari cetakan tersebut ialah mengontrol kandungan resin, melengkapi pengisian serat, dan mengerasakan bahan menjadi bentuk akhir setelah melewati cetakan. Proses ditunjukkan pada Gambar 2.20.



Gambar 2.20 Metode *Continuous Pultrusion* (Chawla,2013).

2.12 Penelitian Terdahulu

Pemanfaatan limbah hasil produksi pabrik gula semakin berkembang setiap tahun nya. Limbah tersebut meliputi blotong,*molasse*,ampas tebu. Pemanfaatan ampas tebu sebagai komposit berpenguat serat alam. Salah satu contohnya adalah komposit dengan menggunakan serat ampas tebu sebagai material pengganti asbestos pada kanvas rem.

Kualitas kanvas rem dari ampas tebu (*bagasse*) cukup berkualitas dan mendekati kualitas kanvas rem suku cadang asli (*genuine*), dan menyamai kanvas rem kualitas I (Boga jayadheva,2005).Hal tersebut di nyatakan dengan hasil dari kanvas rem tersebut. Uji itu meliputi nilai kekerasan, koefisien gesek, dan hasil uji gesek, menunjukkan kualitas yang bagus, yaitu ada yang mendekati kualitas *genuine*, dan menyamai kualitas I spare part non-genuine.

Hasil pengujian didapatkan nilai kekerasan dan koefisien gesek kampas rem untuk motor, Kampas rem Bagasse Yamaha F1ZR 86,7 HRB dan 0,37 , YF1ZR Genunie 106,0 HRB dan 0,45 , Kampas rem Bagasse Honda Supra 87,3 HRB dan 0,37 , Kampas rem genuine 91,7 HRB dan 0,53, dan , Kampas rem Bagasse RX King 83,7 HRB dan 0,48 , Kampas Rem 30amaha RX King kualitas I 101,3 HRB dan 0,47 .Dari data tersebut terlihat sebagian sampel dari bagasse mempunyai derajat kekerasan yang lebih rendah dan koefisien gesek yang rendah sehingga tidak membuat cakram cepat aus. (Boga jayadheva,2005).

Telah banyak pengujian mengenai pengaplikasian komposit dengan menggunakan serat alam sebagai material pengganti asbestos pada kampas rem. Aigbodion (2010) melakukan penelitian menggunakan ampas tebu dan resin fenolik sebagai kampas rem dengan metode kompaksi. Ampas tebu dikeringkan selama satu minggu, dihancurkan dengan mesin *milling* hingga menjadi serbuk, dan diayak dengan menggunakan ayakan sebesar 710 μm , 350 μm , 250 μm , 150 μm , dan 100 μm . Ampas tebu yang telah diayak dicampurkan dengan resin fenolik dengan rasio 70% ampas tebu dan 30% resin fenolik. Campuran tersebut dicampur dalam *mixer*, hingga mencapai campuran homogen dan diletakkan kedalam cetakan. Campuran di kompaksi pada temperatur 140°C dengan tekanan 100 KN/cm² selama 2 menit. Setelah dikeluarkan, komposit di *curing* didalam oven pada temperatur 120°C selama 8 jam. Lalu dilakukan pengujian. Kesimpulan yang dapat diambil dari mikrostruktur komposit yaitu terdapat distribusi antara resin dan ampas tebu yang lebih merata seiring dengan berkurangnya ukuran *sieve*. Hal ini dikarenakan terjadi ikatan yang baik antara ampas tebu dan resin, dan terjadinya *packing distance* yang lebih dekat. Kekerasan meningkat seiring dengan menurunnya *sieve grade*.

Hal ini dikarenakan oleh meningkatnya luas area partikel ampas tebu sehingga meningkatkan kemampuan partikel menempel pada resin. Kekuatan kompresif dan densitas semakin meningkat seiring dengan turunnya *sieve grade* dikarenakan

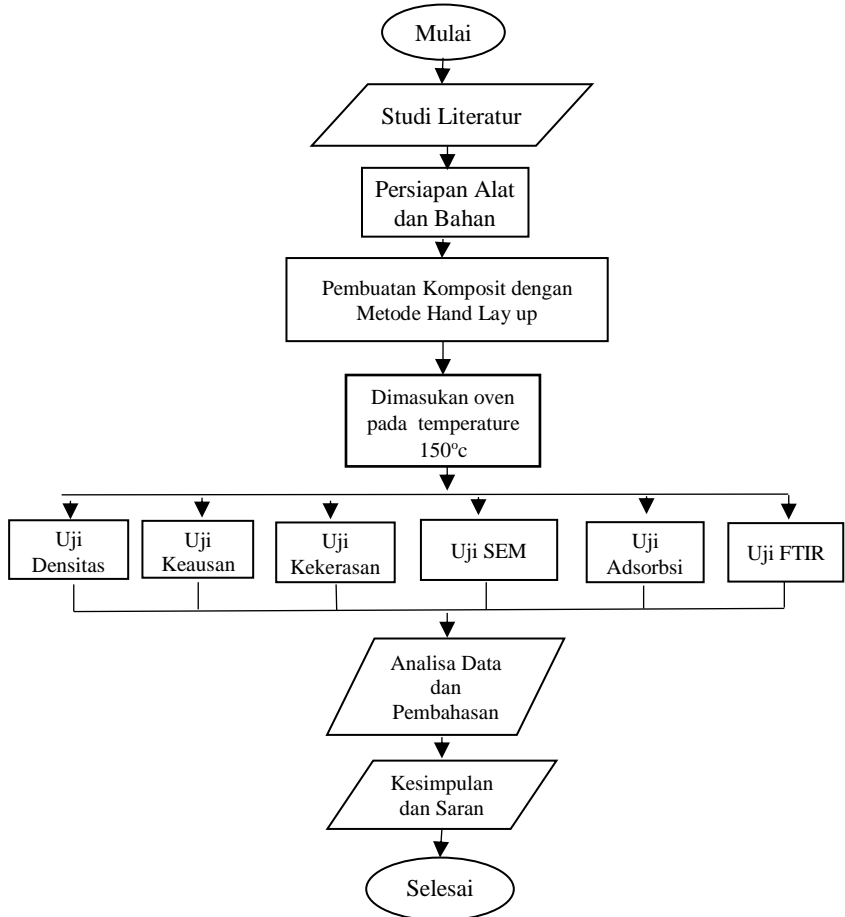
meningkatkan *packing distance*. Absorpsi oli dan air meningkat seiring dengan meningkatnya sieve grade dikarenakan oleh meningkatnya ukuran pori-pori pada komposit. Tingkat keausan meningkat seiring dengan meningkatnya sieve grade dikarenakan oleh *packing distance* yang lebih tinggi pada sieve grade rendah sehingga resin dan ampas tebu dapat menempel dengan lebih baik. Tabel 2.3 menunjukkan perbandingan antara kampas rem berbahan asbestos, tandan kulit kelapa, dan kampas rem berbahan dasar ampas tebu. Kampas rem berbahan dasar ampas tebu memiliki karakteristik fisik dan mekanik yang hampir sama dengan kampas rem berbahan dasar asbestos

Tabel 2. 3 Karakteristik Kampas Rem Berbahan Dasar Ampas Tebu (Aigbodion, 2010)

Property	Optimum Formulation Laboratory brake pad (PKS based)	Commercial brake pad (asbestos based)	New Formulation Laboratory brake-pad (bagasse based) Recommended
Specific gravity	1.65	1.89	1.43
Average wear (mg/m)	4.4	3.8	4.2
Thickness swell in water after 24 hrs (%)	5.03	0.9	3.48
Thickness swell in oil after 24 hrs (%)	0.44	0.3	1.11
Flame resistance test after 10 minutes	Charred with 46% ash	Charred with 9% ash	Charred with 34% ash
Compressive strength (Mpa)	103.5	110	105.6
Hardness, Brinell (at 3000 kgf)	92	101	100.5

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian

3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Ampas Tebu (*Saccharum Officinarum*)

Ampas tebu berasal dari Pabrik Gula Gempolkrep, Kabupaten Mojokerto, Provinsi Jawa Timur, Indonesia. Ampas tebu digunakan sebagai bahan baku sintesis yang digunakan sebagai pengisi material komposit seperti pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Serat Ampas Tebu

2. Resin Epoksi

Epoksi yang digunakan merupakan bahan untuk campuran matriks pada komposit serat kaca yang berupa cairan kental dan bening.

3. Hardener

Hardener yang digunakan merupakan bahan untuk campuran matriks pada komposit serat kaca yang berupa cairan kental yang berwarna keemasan.

4. *Maleic Anhydride-g-polypropylene* (MAPP)

MAPP yang digunakan pada penelitian ini berbentuk butiran berwarna putih untuk *coupling agent* komposit seperti pada Gambar 3.3. MAPP yang digunakan diperoleh dari



Gambar 3.3 *Maleic Anhydride-g-polypropylene*

3.2.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Timbangan Digital

Timbangan digital berfungsi untuk menimbang bahan yang digunakan seperti pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Timbangan Digital

2. Blender

Alat ini digunakan untuk menghaluskan ampas tebu.

3. Mesin *Shieving*

Mesin shieving digunakan untuk menyaring ampas tebu. Mesin shieving yang digunakan milik Laboratorium Fisika Material milik Departemen Teknik Material FTI-ITS seperti pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Mesin *Sieving*

4. Gelas Beaker
Alat ini digunakan sebagai wadah untuk mencampurkan larutan.
5. Oven
Oven digunakan untuk mengeringkan residu setelah diekstraksi. Oven yang digunakan milik Laboratorium Manufaktur di Departemen Teknik Material FTI-ITS. Seperti pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Oven

6. Cetakan
Digunakan untuk mencetak spesimen uji dan spesimen kampak rem. Cetakan dibuat dengan dimensi 20x15x15cm yang terbuat dari Kayu seperti pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Cetakan Kayu

7. Penggaris dan Jangka Sorong
Alat ini digunakan untuk mengukur dimensi spesimen agar presisi.
8. *Aluminium Foil*
Digunakan untuk melapisi cetakan agar tidak lengket pada spesimen
9. Alat Uji SEM
Alat SEM yang digunakan milik Laboratorium Metalurgi Departemen Teknik Material FTI-ITS seperti pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Alat Uji SEM

10. Alat Uji FTIR

Alat uji FTIR yang digunakan milik Laboratorium Metalurgi di Departemen Teknik Material FTI-ITS seperti pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Alat Uji FTIR

11. Alat Uji Densitas

Alat uji densitas menggunakan timbangan digital, tabung ukur, dan kawat (sample holder) seperti pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Alat Uji Densitas

12. Alat Uji Keausan

Mesin uji keausan *Ogoshi High Speed Universal Wear Testing (type OAT-U)* milik Laboratorium Mekanika Bahan Universitas Gadjah Mada Yogyakarta seperti pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Alat Uji Keausan

13. Alat Uji Kekerasan

Alat uji kekerasan yang digunakan milik Laboratorium Metalurgi Departemen Teknik Material FTI-ITS Surabaya seperti pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Alat Uji Kekerasan

14. Alat Uji Adsorpsi Air dan Oli

Pengujian absorpsi menggunakan timbangan digital dan tabung ukur.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah perbandingan komposisi fraksi massa ampas tebu dengan resin sebesar 49%,54%,59%,dan64%.

3.4 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ditunjukkan oleh Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Rancangan Penelitian

No.	Spesimen Uji	PENGUJIAN					
		SEM	FTIR	ρ	We ar Rat e	Kekera san	Adsor psi Air dan Oli
1	Ampas Tebu	V	V	-	-	-	-
2	49% SB+4%MAPP+ R	V	V	V	V	V	V
3	54% SB+4% MAPP+ R	V	-	V	V	V	V
4	59% SB+4%MAPP+ R	V	-	V	V	V	V
5	64%SB+4%M APP+R	V	-	V	V	V	V

3.5 Metode Penelitian

3.5.1 Persiapan Bahan

Sebelum melakukan pembuatan komposit, terlebih dahulu dilakukan persiapan bahan pembuat komposit. Tahap persiapan

bahan merupakan tahap yang sangat penting karena dapat mempengaruhi hasil pengujian dan dapat mempengaruhi hasil dari analisa data dan pembahasan penelitian yang dilakukan.

a. Pembuatan Cetakan

Cetakan dibuat dengan ukuran 70x70x60 mm terbuat dari kayu agar spesimen dapat dipotong sesuai dengan dimensi yang diinginkan.

b. Preparasi Serat Ampas Tebu

1. Menghaluskan serat ampas tebu dengan blender
2. Ampas tebu di-*sieving* dengan ukuran *sieve 60 mesh* agar didapatkan ukuran ampas tebu yang homogen.
3. Menimbang massa serat ampas tebu dengan fraksi massa 49%,54%,59% dan 64% dengan fraksi volume matriks menyesuaikan.

c. Pembuatan Komposit

1. Menimbang massa filler dan MAPP sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan. Mengukur volume resin dan hardener sesuai dengan rasio yang telah ditentukan.
2. Mengukur volume resin dan hardener sesuai dengan rasio yang telah ditentukan.
3. Mencampur ketiga komponen hingga homogen
4. Memasukkan campuran kedalam cetakan kayu yang sudah di lapiasi alumunium foil.
5. Melakukan proses oven pada komposit dengan temperatur 150°C selama 2 menit.

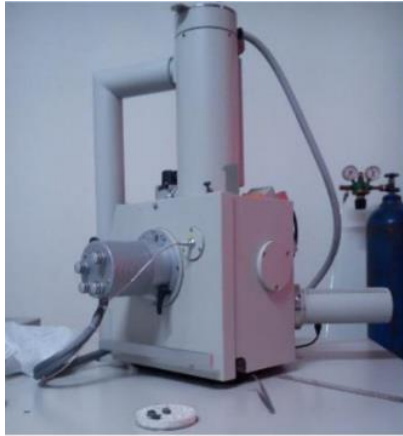
3.5.2 Proses Pengujian

Setelah spesimen komposit telah dibuat, dilakukan beberapa pengujian yang terdiri dari:

a. Pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Scanning Electron Microscopy (SEM) merupakan mikroskop yang memanfaatkan pancaran elektron berenergi tinggi untuk memeriksa objek dalam skala yang sangat kecil. Pengamatan ini memberikan informasi mengenai topografi (jenis permukaan objek), morfologi (bentuk dan ukuran partikel), komposisi (unsur

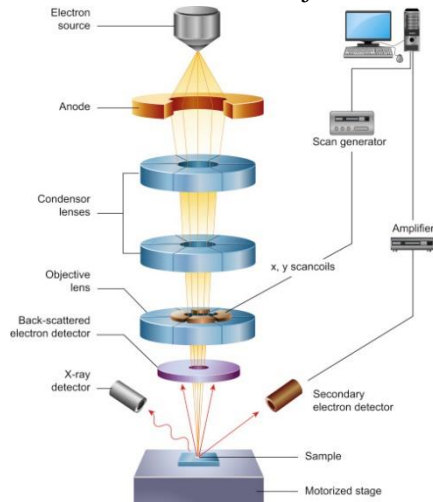
dan senyawa beserta jumlah relatif masing-masing) menggunakan EDS (*Energy Dispersive X-Ray analysis*). SEM digunakan untuk menguji topografi dan morfologi dari semua sample. Gambar 3.13 menunjukkan mesin SEM.



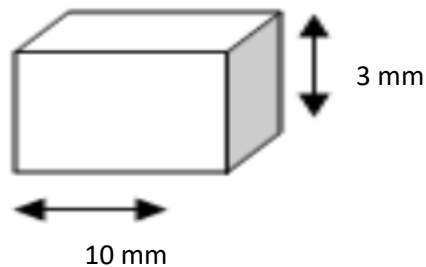
.Gambar 3. 13 Alat Uji SEM

Prinsip kerja SEM yaitu berkas elektron yang dihasilkan oleh electron gun menyapu permukaan sampel. Pada saat elektron berinteraksi dengan sampel, maka akan dihasilkan secondary electron (SEM), elektron ini masuk ke dalam detektor dan diubah menjadi sinyal listrik yang menghasilkan gambar pada layar monitor. Sinyal keluaran dari detektor ini berpengaruh terhadap intensitas cahaya di dalam tabung monitor, karena jumlah cahaya yang dipancarkan oleh monitor sebanding dengan jumlah elektron yang berinteraksi dengan sampel. Hasil yang ditampilkan dengan *secondary electron* ini adalah topografi permukaan sampel. Sedangkan untuk mengamati fasa-fasa, dilakukan dengan *backscattered electron* (BE). BE memberikan perbedaan kehitaman gambar berdasarkan nomor atom (Z) dari unsur-unsur fasa yang ada pada sampel. Bahan dengan nomor atom yang besar, akan tampak lebih terang dibanding bahan

dengan nomor atom yang lebih kecil. Gambar 3.14 Mengilustrasikan mekanisme alat kerja SEM



Gambar 3. 14 Mekanisme Kerja Alat Uji SEM (Callister, 2003).
Standar yang digunakan adalah Spesimen uji berbentuk balok kecil berukuran 10x10x3 mm. Gambar 3.15. menunjukkan dimensi spesimen SEM.

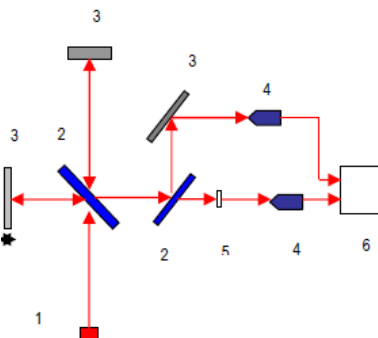


Gambar 3. 15 Dimensi Spesimen SEM

Pembuatan spesimen SEM dipotong dari hasil cetakan komposit dengan ukuran sesuai standar. Gambar 3.15. Menunjukkan dimensi dari spesimen komposit uji SEM.

b. Pengujian *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR)

Pengujian FTIR dilakukan dengan menggunakan standar ASTM E168 di Laboratorium Karakterisasi Material Departemen Teknik Material FTI-ITS Surabaya menggunakan instrumen *Thermo Scientific Nicolet IS10*. Pengujian FTIR bertujuan untuk melihat adanya gugus fungsi tertentu yang terbentuk pada spesimen uji. Prinsip dasar pengujian FTIR adalah interaksi energi dengan suatu materi. Saat spesimen uji ditembakkan dengan sinar inframerah, atom-atom dalam spesimen uji akan bergetar atau bervibrasi sebagai akibat energi yang berasal dari sinar inframerah tidak cukup kuat untuk menyebabkan terjadinya atomisasi ataupun eksitasi elektron. Besar energi vibrasi setiap komponen molekul berbeda-beda tergantung pada kekuatan ikatan yang terdapat pada molekul. Gambar 3.16. menunjukkan skema alat spektroskopi, angka 1 menunjukkan sumber inframerah yang ditembakkan ke pembagi berkas (beam splitter), lalu inframerah diteruskan ke sampel uji (5), setelah melewati benda uji kemudian melewati sensor inframerah, dan menghasilkan gambar akhir (Anam dkk, 2007).



Gambar 3. 16 Skema Alat Spektroskopi FTIR (Anam, Dkk, 2007).

Pengujian FTIR dilakukan untuk mengetahui informasi terkait ikatan kimia yang ada. Ikatan kimia tersebut diindikasikan dengan puncak-puncak yang berbeda. Spesimen yang digunakan untuk pengujian FTIR berupa cuplikan kecil dari material yang dibuat.

c. Pengujian Densitas

Uji densitas dilakukan sesuai standar ASTM D792. Untuk menghitung massa jenis digunakan spesimen yang sama dengan spesimen pengujian SEM. Perhitungannya adalah dengan mencari *specific gravity* terlebih dahulu yaitu dengan cara yang ditunjukkan pada persamaan 3.1 berikut:

$$sp\ gr\ 23/23^{\circ}C = a/(a + w - b) \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana:

a = masa spesimen, tanpa wire atau sinker di udara

b = masa spesimen, saat tercelup semua ke dalam larutan

sp gr = *Specific Gravity*

w = masa total sinker atau wire yang tercelup

Setelah mendapat *specific gravity*, kita dapat menghitung densitas dengan perhitungan yang ditunjukkan pada persamaan 3.2 sebagai berikut:

$$D_{23C}(g/cm^3) = sp\ gr\ 23/23^{\circ}C \times 0,9975 \dots\dots\dots(3.2)$$

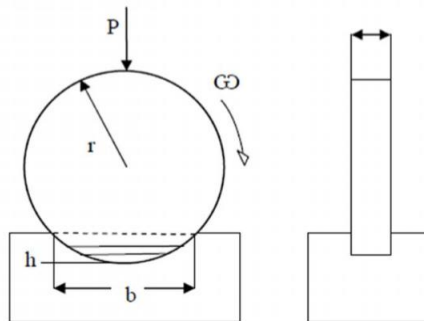
Alat uji densitas menggunakan timbangan digital, tabung ukur, dan kawat (*sample holder*) seperti pada Gambar 3.17.



Gambar 3. 17 Alat Uji Densitas.

d. Pengujian Keausan

Pengujian keausan dengan menggunakan alat *Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine* (tipe OAT-U) milik Laboratorium Mekanika Bahan Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Pengujian keausan bertujuan untuk mengetahui laju keausan dari spesimen uji. Prinsip dasar pengujian keausan yaitu material akan diberikan beban gesek dari piringan yang berputar (*revolving disc*). Pembebanan ini akan menghasilkan kontak yang pada akhirnya akan menggerus sebagian spesimen uji. Besarnya jejak permukaan inilah yang digunakan untuk menentukan laju keausan spesimen uji. Semakin besar dan dalam jejak keausan maka semakin tinggi volume material yang tergerus dari spesimen uji. Skema uji keausan ditunjukkan pada Gambar 3.18.



Gambar 3. 18 Skema Uji Keausan Metode Ogoshi (Sulardjaka, 2010).

Dimensi spesimen uji untuk pengujian keausan yaitu 50x30x5 mm. Pengujian keausan menggunakan parameter beban normal yaitu $P = 2.12$ kg, kecepatan $V = 0.244$ m/detik, pengausan selama 5 detik, dan *sliding distance* $L_o = 1.22$ m. Dimensi untuk piringan pengausan sebesar $r = 13.5$ mm dan tebal $B = 1.497$ mm. Pembuatan spesimen uji keausan dipotong dengan ukuran sesuai standar dari hasil cetakan. Nilai keausan dapat ditentukan dengan rumus pada persamaan 3.3 sebagai berikut:

$$W_s = \frac{1.5 W_o}{P_o L_o} \dots \dots \dots (3.3)$$

Dimana W_s adalah specific wear ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$), W_o adalah volume material (mm^3), P_o adalah beban normal (kg), dan L_o adalah *sliding distance* (m).

e. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk menganalisis tingkat kekerasan dari sampel komposit Serat Karbon/Epoksi. Dimensi spesimen dan prosedur yang dilakukan menggunakan sumber acuan standar ASTM D2240 - Durometer Hardness. Dimana ketebalan minimal sampel yaitu 6 mm. Durometer ini bekerja mengukur ketahanan material terhadap penetrasi indentor seperti jarum berpegas. Skala yang digunakan pada pengujian ini adalah dalam nilai Shore D.

Alat uji kekerasan durometer bisa dilihat pada Gambar 3.19.



Gambar 3. 19 Alat uji kekerasan Durometer (Astm, E2583).

f. Pengujian Adsorpsi Air dan Oli

Pengujian adsorpsi dilakukan dengan cara merendamkan spesimen uji kedalam air dan oli. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai adsorpsi dari spesimen uji. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengeringkan spesimen uji didalam oven 70°C lalu ditimbang dan diukur dimensi spesimen uji tersebut. Kemudian spesimen uji direndam kedalam air dan oli mesin (SEA20/50) selama 24 jam pada temperatur kamar. Setelah 24 jam, spesimen uji ditiriskan dari air dan oli lalu ditimbang. Rumus untuk menghitung nilai adsorpsi yaitu yang ditunjukkan pada persamaan 3.4 sebagai berikut:

$$\text{Adorpsi (\%)} = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100\% \dots \dots \dots (3.4)$$

Dimana:

W_1 = Berat setelah direndam

W_0 = Berat sebelum direndam

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini merupakan pembuatan komposit serat alam menggunakan resin epoksi sebagai matriks dan serat ampas tebu sebagai *filler*. Kemudian dilakukan analisa dari hasil pengujiannya untuk mengetahui morfologi dan sifat mekanik dari komposit resin epoxy berpenguat serat ampas tebu.

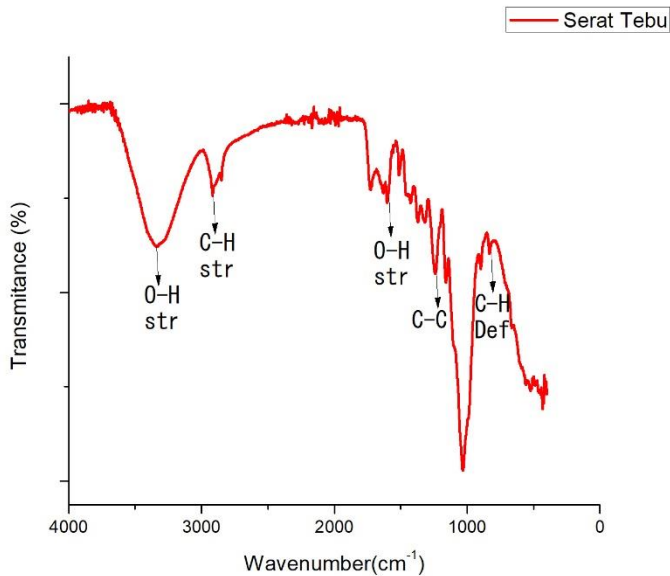
4.1 Hasil Uji *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR)

Identifikasi dari komposit dilakukan dengan menggunakan mesin FTIR. Beberapa sampel diuji dan dianalisa dengan FTIR untuk mengidentifikasi gugus fungsi serta ikatan kimia yang muncul pada sampel tersebut. Sampel yang digunakan dalam uji ini adalah serat tebu, resin, MAPP, Komposit

Hasil FTIR sampel Serat Tebu pada bilangan gelombang yang teramati pada 3300-3500 cm^{-1} menunjukkan adanya peregangan O-H yang merupakan karakteristik dari lignin dan karbohidrat. Penyerapan pada 2920 cm^{-1} menunjukkan peregangan dari CH_2 dan CH, yang menandakan karakteristik dari selulosa. Lalu panjang gelombang 1735 cm^{-1} menunjukkan peregangan C=O yang ada pada hemiselulosa (Corrales, 2012). Ikatan -OH deformasi terdapat pada daerah serapan sekitar 1603.85 cm^{-1} . Menurut literatur, daerah absorpsi 1200-1300 cm^{-1} merupakan daerah absorpsi dari lignin dan karbohidrat dengan gugus aromatik C=C. Area pada panjang gelombang 1100-1200 merupakan kontribusi dari hemiselulosa dan selulosa. Ikatan C-O-C yang mengalami peregangan didapat pada daerah serapan sekitar 1160 cm^{-1} . Pada puncak sekitar 1031 cm^{-1} menunjukkan ikatan C-C yang mengalami peregangan. Puncak pada daerah serapan sekitar 897 cm^{-1} menunjukkan ikatan C-H deformasi. Ikatan C-H ini disebut ikatan β -glukosida dalam gula (B Shanmugarajah, 2015). Panjang gelombang pada 1633 cm^{-1}

disebabkan karena adanya vibrasi C=C, kemudian panjang gelombang pada 1604cm^{-1} disebabkan karena adanya peregangan C=C, kedua panjang gelombang ini biasanya ditemukan pada struktur lignin aromatik. Pada 1514cm^{-1} terdapat peregangan C=C dari cincin aromatik pada lignin (Chandel, 2014).

Hasil pengujian FTIR ampas tebu tanpa perlakuan dapat dilihat pada Gambar 4.1.

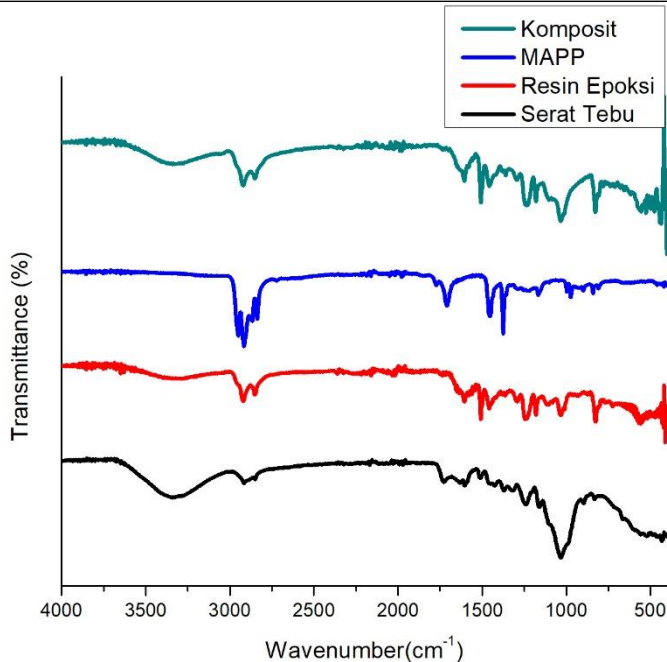


Gambar 4.1 Hasil FTIR Ampas Tebu

Tabel 4.1 Daerah Absorbansi Ampas

Gugus Fungsi	Daerah Absorbansi (cm ⁻¹)
C-H Deformasi	897,84
C-C <i>Stretching</i>	1031,94
C-O-C <i>Stretching</i>	1160,42
C=C Cincin Aromatik	1240,17
-CH ₂ Deformasi	1425,31
O-H Deformasi	1603,85
C-H <i>Stretching</i>	2916,88
O-H <i>Stretching</i>	3341,15

Hasil perbandingan uji FTIR untuk ampas tebu, resin epoksi, MAPP, dan komposit ditunjukkan pada Gambar 4.2 dan Tabel 4.2. Pada hasil FTIR resin epoksi menunjukkan adanya absorbansi pada panjang gelombang 3293,96 cm⁻¹ yang menunjukkan ikatan O-H *stretching*; panjang gelombang 2921,05 cm⁻¹ menunjukkan ikatan C-H *stretching*; panjang gelombang 2850,36 cm⁻¹ menunjukkan adanya ikatan CH₃ dan CH₂ *stretching*; panjang gelombang 1605,14 cm⁻¹ menunjukkan adanya ikatan O-H deformasi; panjang gelombang 1458,41 cm⁻¹ menunjukkan adanya ikatan CH₃ dan CH₂ deformasi; panjang gelombang 1362,82 cm⁻¹ menunjukkan adanya ikatan CH₃ deformasi; panjang gelombang 1104,80 cm⁻¹ menunjukkan adanya ikatan C-O; panjang gelombang 1030,10 cm⁻¹ menunjukkan adanya ikatan C-C *stretching*; panjang gelombang 825,06 cm⁻¹ menunjukkan adanya ikatan C-O-C *stretching*; serta panjang gelombang 724,05 cm⁻¹ menunjukkan adanya ikatan CH₂.



Gambar 4.2 Hasil FTIR pada Komposit,serat tebu,resin epoksi,MAPP

Pada hasil FTIR MAPP menunjukkan adanya absorbansi pada panjang gelombang $2916,33 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan ikatan C-H *stretching*; panjang gelombang $2867,16 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya ikatan CH_3 dan CH_2 *stretching*; panjang gelombang $1454,19 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya ikatan CH_3 dan CH_2 deformasi; serta panjang gelombang $1375,58 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya ikatan CH_3 deformasi. Pada daerah absorbansi ikatan hidrogen terjadi pergeseran daerah absorbansi pada komposit. Hal ini diakibatkan oleh adanya MAPP yang mengikat ampas tebu sehingga ikatan C-O pada komposit bertambah.

Tabel 4.2 Hasil Uji FTIR Serat Tebu, Resin Epoksi, MAPP, dan Komposit

Gugus Fungsi	Daerah Absorbansi (cm^{-1})			
	Serat Tebu	Resin Epoksi	MAPP	Komposit
O-H <i>Stretching</i>	3341,15	3293,96	-	3340,24
C-H <i>Stretching</i>	2916,88	2921,05	2916,33	2920,90
CH ₃ <i>Stretching</i>	2849,77	2850,46	2867,16	2861,02
CH ₂ <i>Stretching</i>				
O-H Deformasi	1603,85	1605,14	-	1606,08
CH ₃ Deformasi	1425,31	1458,41	1454,19	1457,74
CH ₂ Deformasi				
CH ₃ Deformasi	1370,27	1362,82	1375,58	1360,91
C-O-C <i>Stretching</i>	1240,17	1245,35	1223,50	1293,56
Ikatan C-O	-	1104,80	-	1180,20
C-C <i>Stretching</i>	1031,94	1030,10	-	1034,10
C-O-C <i>Stretching</i>	897,84	825,06	-	826,70
Ikatan CH ₂	3341,15	724,05	-	723,35

Pada daerah absorbansi ikatan hydrogen terjadi pergeseran daerah absorbansi pada komposit. Hal ini diakibatkan oleh adanya MAPP yang mengikat ampas tebu sehingga ikatan C-O-C pada MAPP berkurang. Pada perbesaran daerah serapan 3000-2800 cm^{-1} tidak terlihat adanya pembentukan ikatan kimia baru pada komposit. Hal ini juga dapat dilihat pada daerah serapan 1150-950 cm^{-1} . Hanya terlihat adanya sedikit pergeseran transmitansi daerah serapan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa komposit resin epoksi berpenguat serat tebu tidak terbentuk ikatan kimia baru pada komponen penyusun komposit.

Data serupa didapatkan (Xianyi, 2015) bahwa *coupling agent* dapat menurunkan fraksi void yang merupakan penyebab penetrasi air terbatas melalui matriks. Pembatasan penetrasi air mengurangi penyerapan air komposit. Fenomena ini dapat diperlakukan

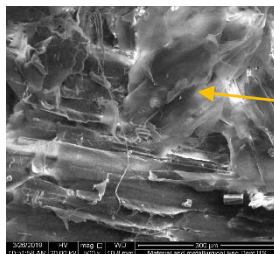
sebagai penyebab dominan penurunan penyerapan air dengan pekerjaan *coupling agent* yang juga saling berhubungan dengan fenomena adhesi. Didapatkan pula bahwa daerah absorbansi range 3400-2990 berkurang dikarenakan efek dari penambahan *coupling agent* pada komposit. Puncak dominan diamati sekitar 3336 cm^{-1} (peregangan O – H), 2901 cm^{-1} (getaran C – H), dan 897 cm^{-1} (hubungan β -glikosidik)

4.2 Hasil Uji *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Analisa morfologi dilakukan untuk mengamati ikatan serat tebu. Analisa morfologi dilakukan menggunakan instrumen *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengamati morfologi ikatan secara mikro dari spesimen. Analisa morfologi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) menghasilkan gambar dengan perbesaran 500x. Gambar 4.4. menunjukkan serat tebu yang putus putus atau discountious fiber dengan jenis *Randomly oriented discontinuous fiber*.

Yang dimana *randomly oriented discontinuous fiber* adalah Komposit dengan serat pendek yang tersebar secara acak diantara matriksnya(Dian,2016).

Hasil Pengujian serat ampas tebu tanpa perlakuan dapat dilihat pada gambar 4.3 dan Gambar 4.4 dan 4.5

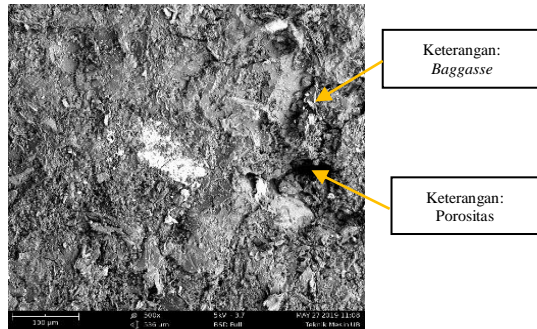


Keterangan:
Serat tebu campuran

Gambar 4.3 Hasil SEM Serat Ampas Tebu dengan Perbesaran 500x

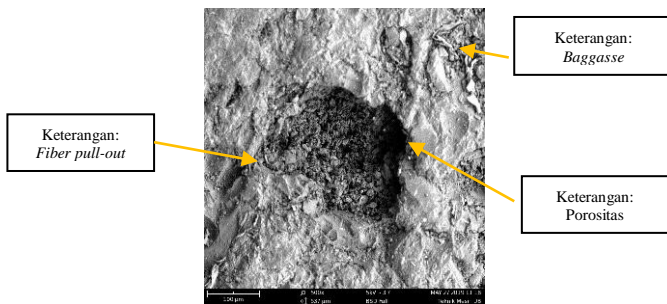
Pada ampas tebu terlihat serat tebu yang masih menjadi satu dengan serabut dari tebu dimana serat tersebut berasal dari bekas perasan dari mesin gilingan pada pabrik gula.

Pada komposit dengan komposisi 49% dapat terlihat porositas yang cukup besar pada perbesaran 250x terlihat bahwa persebaran *filler* yang kurang merata dan terjadi aglomerasi pada beberapa bagian, namun persebaran MAPP yang cukup merata dapat dilihat pada Gambar 4.4 dibawah ini.



Gambar 4.4 Hasil SEM Komposit Komposisi 49% Perbesaran 500x

Pada hasil SEM komposisi 64% *filler* perbesaran 250x Yang terlihat pada gambar 4.5 dapat terlihat terjadinya *fiber pull-out* pada beberapa bagian. Hal ini disebabkan kurang baiknya *interface* antara *filler* dan matriks.



Gambar 4.5 Hasil SEM Komposit Komposisi 64% perbesaran 500x

Terlihat partikel Maleic Anhydride-g-polypropylene (MAPP) yang cukup besar. Hal ini disebabkan oleh kurang homogennya penghalusan MAPP yang dilakukan pada proses pembuatan komposit. Hal ini dapat menyebabkan pengikatan yang kurang baik antara serat tebu dan Maleic Anhydride-g-polypropylene (MAPP) yang disebabkan oleh berkurangnya luas permukaan MAPP yang dapat menempel pada serat tebu. *Fiber pull-out* yang terjadi juga dapat disebabkan oleh pengikatan Maleic Anhydride-g-polypropylene (MAPP) yang kurang baik. *Fiber pull-out* yang terjadi dapat menyebabkan kekerasan yang menurun seiring dengan bertambahnya komposisi *filler* karena kekuatan dari komposit semakin menurun. MAPP yang kurang tersebar secara merata juga dapat menyebabkan kekuatan yang menurun tersebut. kurang baik. *Fiber pull-out* yang terjadi dapat menyebabkan kekerasan yang menurun seiring dengan bertambahnya komposisi *filler* karena kekuatan dari komposit semakin menurun. MAPP yang kurang tersebar secara merata juga dapat menyebabkan kekuatan yang menurun tersebut.

Data serupa didapatkan (Budrun, 2014) bahwa dengan peningkatan isi serat dalam matriks polimer, jumlah rongga meningkat, luas setiap lubang juga meningkat. Ini berarti adhesi rendah antara serat dan matriks polimer, cenderung menurunkan kekuatan komposit.

4.3 Hasil Uji Keausan

Hasil pengujian keausan komposit kanvas rem dari serat tebu dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Keausan

Fraksi Berat Serat (W_t)	Lebar Keausan (b_0)(mm)	Nilai Keausan (mm ² /Kg)	Rata-rata
49	0,9473	$2,0809 \times 10^{-8}$	4.411x10 ⁻⁸
	1,2684	$4,9953 \times 10^{-8}$	
	1,0526	$2,8548 \times 10^{-8}$	
	1,3789	$6,4179 \times 10^{-8}$	
	1,1052	$3,3046 \times 10^{-8}$	
	1,2894	$5,2475 \times 10^{-8}$	
	1,1212	$3,4502 \times 10^{-8}$	
	1,0921	$3,1884 \times 10^{-8}$	
64	1,1526	$3,7482 \times 10^{-8}$	4.864x10 ⁻⁸
	1,3175	$5,5981 \times 10^{-8}$	
	1,2894	$5,2475 \times 10^{-8}$	

Berdasarkan Tabel 4.3 Nilai keausan pada komposit dengan komposisi serat sebesar 49%, dan 64% secara berturut-turut didapatkan nilai keausan pada komposit dengan rata-rata sebesar pada komposisi 49% mendapat rata-rata $4,441 \times 10^{-8}$; pada komposisi 64% mendapat rata-rata $4,864 \times 10^{-8}$. Nilai Keausan paling tinggi terjadi pada komposit dengan komposisi serat sebesar 64%. Hal ini disebabkan oleh semakin meningkatnya komposisi serat, maka semakin turun juga ketahanan komposit terhadap gesekan yang ada, Dan dua dari empat variasi ini diambil mengacu pada nilai kekerasan yang di ambil Pada kekerasan di dapat nilai kekerasan yang paling tinggi pada komposisi 49% dan yang paling rendah terdapat pada komposisi 64%.

Dari data tersebut didapatkan menurut (Andrianto N.,2014) bahwa sampel dengan komposisi memiliki ketahanan terhadap keausan sebanding dengan peningkatan kekerasan pada permukaannya, artinya sampel yang memiliki kekerasan tinggi memiliki ketahanan aus yang baik dan begitupun sebaliknya

sampel yang memiliki kekerasan rendah memiliki ketahanan aus yang kurang baik.

Menurut (Liyong dkk.,2012) penambahan komposisi filler pada komposit akan meningkatkan nilai porositas pada komposit, peningkatan nilai porositas pada komposit sebanding dengan peningkatan nilai keausan pada material.

Nilai rata-rata keausan komposit pada komposisi 49% sebesar $4,441 \times 10^{-8}$ memiliki nilai lebih baik jika dibandingkan dengan kampas rem konvensional yang memiliki nilai keausan $4,59 \times 10^{-8}$. Maka dapat disimpulkan dari segi ketahanan aus, komposit serat ampas tebu dapat dijadikan salah satu alternatif kampas rem bebas asbestos.

4.4 Hasil Uji Kekerasan

Sifat mekanik pada sebuah material penting untuk diketahui agar material tersebut dapat diaplikasikan sesuai dengan sifat dan kebutuhannya. Salah satu cara dalam menentukan sifat mekanik sebuah material adalah dengan mengukur kekerasannya. Pengukuran kekerasan ini bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik yang diperoleh dari sebuah material.

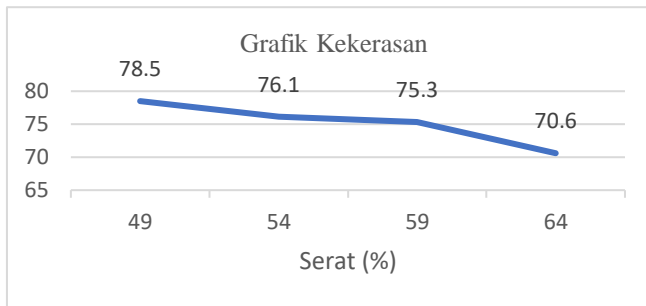
Hasil Pengujian Kekerasan komposit serat kampas rem dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan perbandingan hasil konversi pada Tabel 4.5 dan grafik pada Gambar 4.6.

Tabel 4.4. Hasil Pengujian Kekerasan

Fraksi Berat Serat (W_i)	Kekerasan (B)			Rata-rata (B)
	Uji 1	Uji 2	Uji 3	
49	77	78	80,5	88,5
54	74,5	76,5	77,5	80,4
59	73,5	76	76,5	76,9
64	70	71	71	68,2

Tabel 4.5 Hasil Konversi Pengujian Kekerasan

Fraksi Berat Serat (W _i)	Kekerasan (Shore D)	Kekerasan (BHN)
49	78,5	88,5
54	76,1	80,4
59	75,3	76,9
64	70,6	68,2



Gambar 4.6 Grafik Rata-Rata Uji Kekerasan

Menurut (Nevin dkk., 2015) dengan penambahan Maleic Anhydride (MAH) meningkatkan nilai kekerasan komposit karena terdapat *interfacial adhesion* yang kuat diantara matriks dan seratnya. Nilai yang di peroleh dari hasil tersebut di dapatkan pada komposit dengan komposisi serat 49% mendapat kan nilai rata-rata kekerasan 78,5 HD; pada komposisi serat 54% mendapatkan nilai rata-rata kekerasan 76,1 HD; dan pada komposisi 59% mendapatkan nilai rata-rata kekerasan 75,3 HD; dan pada komposisi serat 64% mendapatkan nilai rata-rata kekerasan 70,6 HD. Dari data tersebut didapat semakin banyak komposisi serat pada komposit serat semakin menurun juga nilai kekerasan dari komposit tersebut. Hal tersebut disebabkan karena porositas yang terdapat pada komposit dan semakin bertambahnya komposisi serat tebu semakin banyak juga porositas yang terjadi. Porositas

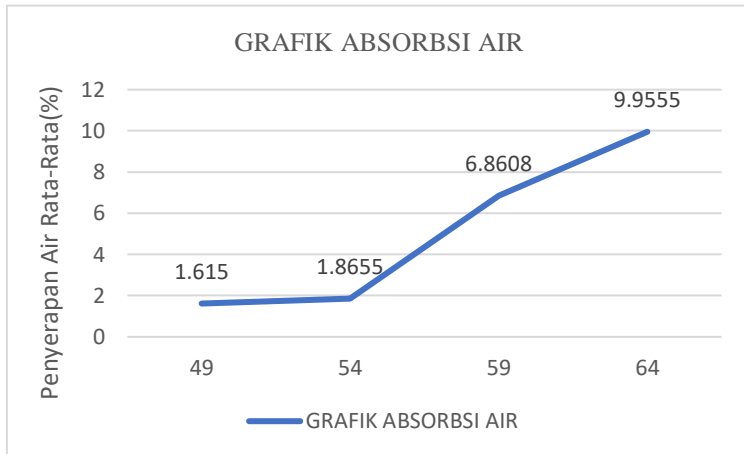
terjadi dikarenakan sifat dari serat tebu yaitu hidrofilik sedangkan sifat dari resin epoksi yaitu hidrofobik.

4.5 Hasil Uji Absorpsi Air dan Oli

Hasil pengujian absorpsi air komposit kanvas rem dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Gambar 4.7, sedangkan untuk hasil pengujian absorpsi oli komposit kanvas rem dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Gambar 4.8.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Absorpsi Air Komposit

Fraksi Berat Serat (W_i)	Berat Kering (gram)	Berat Jenuh (gram)	Selisih Berat	Berat Air (%)	Rata-Rata (%)
49	4,1482	4,2189	0,0707	1,7043	1,6150
	3,5670	3,6327	0,0657	1,8418	
	3,3795	3,4234	0,0439	1,2990	
54	2,1304	2,1667	0,0363	1,7039	1,8655
	3,3559	3,4214	0,0655	1,9517	
	2,1843	2,2267	0,0424	1,9411	
59	1,6257	1,6825	0,0568	3,4938	6,8608
	3,0544	3,1379	0,0835	2,7337	
	2,7051	2,7565	0,0514	1,9001	
64	2,9766	3,1602	0,1836	6,1681	9,9555
	1,6719	1,8491	0,1772	10,5987	
	1,5023	1,6991	0,1968	13,0999	



Gambar 4.7 Grafik Rata-Rata Penyerapan Air

Berdasarkan Gambar 4.7, absorpsi air pada komposit dengan komposisi serat sebesar 49%, 54%, 59%, dan 64% secara berturut-turut didapatkan hasil absorpsi air komposit rata-rata sebesar 1,6150%, 1,8655%, 6,8608%, dan 9,9555%. Absorpsi air paling tinggi terjadi pada komposit dengan komposisi serat sebesar 64%. Hal ini disebabkan oleh semakin meningkatnya komposisi serat, dimana sifat dari serat serat alam tersebut adalah hidrofilik, sehingga menyebabkan air yang terserap oleh serat semakin meningkat

Dalam semua komposisi filler, semakin besar komposisi serat tebu akan semakin meningkatkan daya serap air dari komposit. Penambahan serat tebu dengan komposisi 49% menunjukkan kemampuan serap air yang lebih rendah daripada serat tebu 64%. Dapat dilihat bahwa semakin kecil ukuran serat tebu akan meningkatkan kemampuan daya serap air. Namun perlu diingat bahwa daya serap air pada komposit *fibrous* bergantung pada temperatur, pembebanan serat, orientasi, dsb (Vilay, 2008).

Menurut (Das dkk.), pada awalnya air membasahi dinding sel dari serat tebu, kemudian air mengisi ruang kosong. Kenaikan daya serap air dikarenakan sifat serat tebu yang hidrofilik. Struktur tebu

yang mengandung selulosa hingga 40% mengakibatkan komposit dengan komposisi serat tebu lebih tinggi dapat menyerap air lebih banyak (Mawardi, 2009).

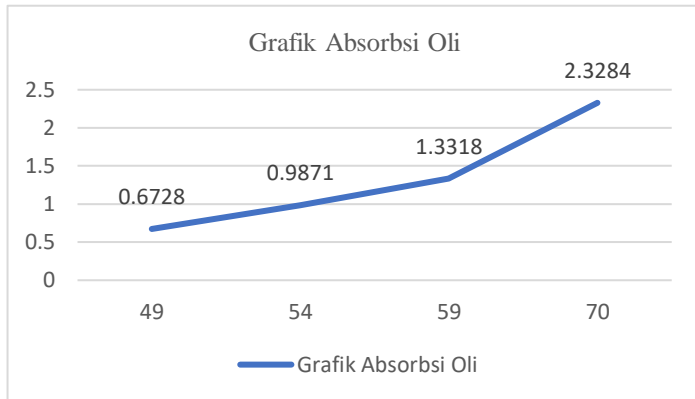
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Absorpsi Oli

Fraksi Berat Serat (W_i)	Berat Kering (gram)	Berat Jenuh (gram)	Selisih Berat	Berat Oli (%)	Rata-Rata (%)
49	2,6390	2,6553	0,0163	0,6176	0,6728
	3,9836	4,0098	0,0262	0,6576	
	1,6950	1,7076	0,0126	0,7433	
54	3,8092	3,8455	0,0363	0,9529	0,9871
	2,4362	2,4607	0,0245	1,0056	
	4,8455	4,8941	0,0486	1,0029	
59	2,3346	2,3721	0,0375	1,6062	1,3318
	2,0575	2,0803	0,0228	1,1081	
	2,3570	2,3872	0,0302	1,2812	
64	1,6987	1,7312	0,0325	1,9132	2,3284
	2,1341	2,1911	0,0570	2,6709	
	1,8282	1,8721	0,0439	2,4012	

Berdasarkan Gambar 4.8, Rata-rata absorpsi oli pada komposit dengan komposisi serat sebesar 49%, 54%, 59%, dan 64% secara berturut-turut didapatkan hasil absorpsi air komposit rata-rata sebesar 0,6728%, 0,9871%, 1,3318%, dan 2,3284%. Absorpsi oli paling tinggi terjadi pada komposit dengan komposisi serat sebesar 64%. Hal ini disebabkan oleh semakin meningkatnya komposisi serat, dimana sifat dari serat serat alam tersebut adalah hidrofilik, sehingga menyebabkan air yang terserap oleh serat semakin meningkat.

Menurut (Michael dkk,2013) didapatkan bahwa penyerapan bahan komposit akan semakin meningkat seiring dengan peningkatan penambahan kandungan dari bahan pengisi.

Sehingga menyebabkan oli yang terserap oleh serat ampas tebu semakin meningkat. Semakin meningkat komposisi serat juga menyebabkan terbentuknya porositas pada komposit, sehingga oli dapat terserap karena meningkatnya luas permukaan pada porositas.



Gambar 4.8 Grafik Rata-Rata Penyerapan Oli

4.6 Hasil Uji Densitas

Setiap material memiliki karakteristik masing-masing. Pembuatan komposit dilakukan untuk memperoleh karakteristik unggul dari setiap material yang dicampurkan. Salah satu karakteristik yang dapat dianalisa adalah dengan menentukan densitas dari material. Tujuan menentukan densitas ini adalah Untuk mengetahui pengaruh dari komponen-komponen pencampur untuk menghasilkan suatu material yang memiliki keunggulan komponen-komponen penyusun material tersebut.

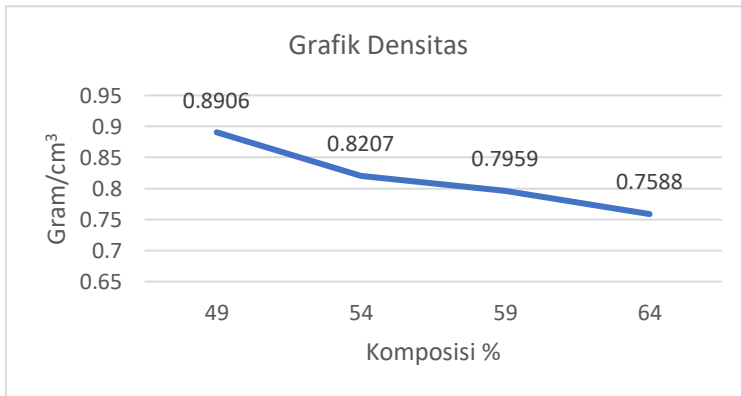
Pengujian densitas ini mengacu pada ASTM D792. Tahapan untuk pengujian densitas ini yaitu dimulai dengan mengukur massa masing-masing sampel komposit dengan cara ditimbang diudara, kemudian dilakukan pengukuran massa sampel komposit ketika tercelup dalam air dengan menggunakan sinker berupa tali benang. Setelah didapat nilai massa sampel di udara dan tercelup dalam air,

kemudain dilakukan perhitungan untuk mencari densitas masing-masing sampel

Hasil pengujian densitas komposit serat ampas tebu kampakas rem dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan Gambar 4.9

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Densitas Komposit

Fraksi Berat Serat (W_f)	Hasil Densitas			Rata-Rata
	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3	
49	0,8716	0,9136	0,8867	0,8906
54	0,8645	0,7913	0,8064	0,8207
59	0,7526	0,8795	0,7556	0,7959
64	0,6905	0,8054	0,7806	0,7588



Gambar 4.9 Grafik Rata-Rata Pengujian Densitas komposit

Dari pengujian densitas yang telah dilakukan didapatkan data bahwa pada komposit dengan komposisi serat 49% mendapatkan nilai rata-rata 0,8906 gr/cm³; pada komposisi serat 54% mendapatkan nilai rata-rata 0,8207 gr/cm³; pada komposisi serat 59% mendapatkan nilai rata-rata 0,7959 gr/cm³ dan pada komposisi serat 64% mendapatkan nilai rata-rata 0,7588 gr/cm³. Dari hasil tersebut dapat di simpulkan bahwa nilai densitas tertinggi terdapat pada sampel komposit dengan komposisi 64%. mendapatkan hasil serupa. Semakin menurunnya komposisi serat alam maka densitas dari komposit semakin meningkat. Hal ini

disebabkan karena serat ampas tebu memiliki densitas yang lebih rendah jika dibandingkan dengan densitas dari resin epoksi. Menurut (Surono,2016) mendapatkan hasil yang serupa Semakin menurunnya nilai Komposisi serat alam maka densitas dari komposit semakin meningkat. Hal tersebut disebabkan karena serat alam memiliki densitas yang lebih rendah jika dibandingkan dengan densitas dari resin epoksi. maka % porositas justru akan semakin besar (Zulfia, 2006). Sehingga % porositas meningkat seiring dengan penambahan filler (Pambudi dan Farid, 2017).

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis data yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan :

1. Pengaruh komposisi *filler* terhadap sifat fisik dari komposit kanvas rem berpenguat serat ampas tebu adalah sebagai berikut:
 - Komposisi *filler* yang semakin meningkat menyebabkan densitas yang semakin menurun. Nilai densitas tertinggi yaitu sebesar 0.8906 gr/cm^3 dan yang terendah yaitu sebesar 0.7588 gr/cm^3 .
 - Komposisi *filler* yang semakin meningkat menyebabkan nilai absorpsi air dan oli yang semakin meningkat. Nilai absorpsi air terendah yaitu sebesar 1.6150% dan Nilai absorpsi oli terendah yaitu sebesar 0.67%.
 - Komposisi *filler* yang semakin meningkat menyebabkan semakin banyak porositas yang terbentuk sesuai dengan hasil gambar SEM yang didapatkan.
 - Tidak terjadinya ikatan kimia antara penyusun komposit. Hal ini sesuai dengan hasil pengujian FTIR yang telah dilakukan
2. Pengurangan komposisi *filler* menyebabkan nilai keausan semakin meningkat namun nilai kekerasan yang semakin menurun Hal tersebut disebabkan karena porositas yang terdapat pada komposit dan semakin bertambahnya komposisi serat tebu semakin banyak juga porositas yang terjadi. Nilai keausan terbaik terdapat pada komposisi *filler* 49% yaitu sebesar $4.441 \times 10^{-8} \text{ mm}^2/\text{kg}$ dan nilai kekerasan terbaik terdapat pada komposisi *filler* 49% yaitu sebesar 88.5 BHN.

5.2 Saran

Telah dilakukan penelitian tentang komposit serat tebu dan resin epoksi sebagai bahan alternatif kampas rem bebas asbestos. Untuk penelitian selanjutnya agar mendapatkan hasil yang lebih baik disarankan:

1. Menambah persentase resin pada komposit, akan tetapi menurunkan jumlah persentase dari serat alam yang digunakan, sehingga mampu mendapatkan nilai yang optimal untuk nilai kekerasan dan keausan serta sifat fisik dan mekanik dari komposit.
2. Dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pembuatan komposit dengan metode *hand lay-up*

DAFTAR PUSTAKA

- Aigbodion, V.S., Agunsoye, J.O., 2010. ***Bagasse(sugarcane waste): Non-Asbestos Free Brake Pad Materials***. LAP Lambert Academic Publishing, Germany, ISBN 978-3-8433-8194-9.
- Aigbodion, V.S., Akadike, U., Hassan S.B., Asuke, F., Agunsoye, J.O., 2010. ***Development of asbestos – free brake pad using bagasse***. Tribol. Ind, 32 (1), 45-50.
- Aleksandar, Grkic. 2013. **Prediction of Disc Brake Contact Surface Temperatures**. 24th International Automotive Conference “Science and Motor Vehicles 2013” Vol. JUMV-SP-1301.
- Anam, C. (2007). **Analisis Gugus Fungsi pada Sampel Uji Bensin dan Spiritus dengan Metode Spektroskopi FT-IR**. Berkala Fisika Vol. 10, 79-85.
- Ashcroft, W., 1993. **Curing agents for epoxy resins. Dalam: Chemistry and Technology of Epoxy Resins**. University of Sheffield: SPRINGER SCIENCE BUSINESS MEDIA B.V., pp. 37-70.
- ASTM D570. **Standard Test Method for Water Absorption of Plastic**. American Society for Testing and Materials (ASTM). Philadelphia, USA.
- ASTM D792. **Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement**. Annual book of ASTM Standards, Vol.08. American Society for Testing and Materials (ASTM). Philadelphia, USA.

-
- ASTM D2583. **Standard Test For Indentation Hardness of Rigid Plastics by Means of a Barcol Impressor.** American Society for Testing and Materials (ASTM). Philadelphia, USA.
- ASTM E2809. **Standard Guide for Using Scanning Electron Microscopy/X Ray Spectrometry in Forensic Paint Examinations.** Annual book of ASTM Standards, Vol. 08.01, American Society for Testing and Materials (ASTM). Philadelphia, USA.
- ASTM E1252. **Standard Practice for General Techniques for Obtaining Infrared Spectra for Qualitative Analysis.** Annual book of ASTM Standards, Vol.08.01, American Society for Testing and Materials (ASTM). Philadelphia, USA.
- Blau, P. J.,2001. **Compositions, Functions and Testing of Friction Brake Materials and their Additives. Being a report by Oak Ridge** National Laboratory
- Bono, S.G., Dekyrger, W.J., 1990. *Auto Technology, Theory and service, 2nd ed.* Delmar Publishers, New York, 45-48.
- Budrun N, Abdul G, Abdullah M. 2014. *Investigation of the Surface Morphology and Structural Characterization of Palm Fiber Reinforced Acrylonitrile Butadiene Styrene (PF-ABS) Composites. Materials Sciences and Applications, 378-386*
- Callister, W. D. dan Rethwisch, D. G. (2010). *Materials Science and Engineering an Introduction. 8th ed.* USA: John Wiley & Sons, Inc
-

-
- Callister, William J. 2009. **Materials Science And Engineering An Introduction, 8th Edition**. New Jersey : John Wiley & Sons, Inc, Hoboken.
- Campbell, F.C. 2010. **Structural Composite Material**. USA: ASM International.
- Chandel, A. K. dkk. (2014). **Multi-scale Structural and Chemical Analysis of Sugarcane Bagasse in the Process of Sequential Acid-Base Pretreatment and Ethanol Production by Scheffersomyces shehatae and Saccharomyces cerevisiae**. *Biotechnology for Biofuels* Volume 7, pp. 1-17.
- Chawla, Krishan K. 2013. **Composite Materials, Third Edition**. USA: Springer.
- Chen, Guang. 2017. **Eugenol-modified Polysiloxanes as Effective Anticorrosion Assitives for Epoxy Resin Coatings**. *The Royal Society of Chemistry* 7 (55967-55976).
- Corrales, R. C. dkk. (2012). **Structural evaluation of sugar cane bagasse steam pretreated in the presence of CO₂ and SO₂**. *Biotechnology for Biofuels* Volume 5, pp. 1-8.
- Dagwa, IM., Ibadhbone, A.O.A., 2005. **Design and Manufacture of Experimental Brake Pad test Rig Nigerian Journal of Engineering Research and Development**, Basade Publishing Press Ondo, Nigeria, vol. 4(3). 15-24.
- Dagwa, IM., Ibadhbone, A.O.A., 2006. **Determination of optimum manufacturing conditions for asbestos-free brake pad using taguchi method**. *Nigerian Journal of*
-

-
- Engineering Research and Development.** Basade Publishing Press Ondo, Nigeria, pp, 1-8(4)
- Das, Oisik, dkk. 2017. **A Review on New Bio-based Constituents for Natural Fiber-polymer Composites.** Journal of Cleaner Production 149 (582-596).
- Degenstein, Thomas. 2006. **Dynamic Measurement of the Forces in the Friction Area of a Disc Brake During a Braking Process.** Institute of Automotive Engineering Department at Technische Universitat Darmstadt, Germany.
- Farid, M. Agung, P. Diah, S. Priyono, S. Ardhyana, H. Rahmasita, H. M. E. “Nanocellulose based polymer composite for acoustical materials”. Surabaya, Indonesia, **Research Center of Physics, Indonesia Institute of science:** 020025-1-020025-6, (2018)
- Farid, M. et. Al. 2017. “Improvement of acoustical characteristics: wideband bamboo based composite”, **J. Materials Science and Engineering**, Vol. 23,223,011021
- Gibson, R. F. (1994). **Principles of Composite Material Mechanics.** Michigan: McGraw-
- Gokhan, Coral., Burhan A., M. Nisa U., and Hatice G. 2002. **Some Properties of Crude Carboxymethyl Cellulose of Aspergillus niger Z10 Wild-Type Strain.** Turk J. Biol. 26. 209-213.
- Gudmand-Hoyer, L., Bach, A., Nielsen, G.T., Morgen, P., 1999. **Tribological properties of automobile disc brake with solid lubricant.** Wear 232, 168-175.
-

-
- Harper, David P. 2006 **Chemical Imaging of Wood-Polypropylene Composites**. Applies Spectroscopy Volume 60 (898-905)
- Hernandez-Salas KM, Villa-Ramirez MS, Veloz-Rendo NJS, Rivera-Hernandez KN, Gonzales-Cesar RA, Plascensia-Espinosa MA, et al. **Comparative hydrolysis and fermentation of sugarcane and agave bagasse**. Bioresource Technology 2009;100:1238-45.
- Boga jayadheva <http://bumn.go.id/rni/berita/148> diakses pada 11 februari 2019.
- Johannes Karl Fink. 2013. **Reactive Polymers Fundamentals and Applications (Second Edition)**. William Andrew Publishing.
- Mathur, R.B., Thiagarajan, P.,Dhami, T.L.,2004. **Controlling The hardness and tribological behavior of non-asbestos brake lining materials for of non-asbestos brake lining materials for automobile**. J. Carbon Sci. 5(1),6-11.
- Michael, Elmer Surya, Halimatuddahlia. 2013. **Daya Serap Air dan Kandungan Serat (Fiber Content) Komposit Poliester Tidak Jenuh (Unsaturated Polyester) Berpengisi Serat Tandan Kosong Sawit dan Selulosa**.
- Miracle, D. B. dkk. (2001). **ASM Handbook Volume 21: Composites**. USA: ASM International.
- Nevin Gamze Karsli, A. A. 2011. **Effects of maleated polypropylene on the morphology, thermal and mechanical properties of short carbon fiber reinforced polypropylene composites**. Materials and Design 32 (2011), 4069-4073
-

-
- Pandey A, soccol CR, Nigam P, Soccol VT. **Biotechnological potential of agro-industrial residues I: Sugarcane Bagasse**. *Bioresource Technology* 2000;74:69-80.
- Pambudi, Aji, Farid, M, dan H. Nurdiansah. 2017. **Analisa Morfologi dan Spektroskopi Infra Merah Serat Bambu Betung (Dendrocalamus Asper) Hasil Proses Alkalisasi Sebagai Penguat Komposit Absorpsi Suara**. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Sanmugarajah, Bawaanii, dkk. 2015. **Isolation of NanoCrystalline Cellulose (NCC) from Palm Oil Empty Fruit Bunch (EFB): Preliminary Result on FTIR and DLS Analysis**. *Chemical Engineering Transactions*, 45, 1705-1710.
- Sulistijono. 2012. **Mekanika Material Komposit**. Surabaya: ITS Press.
- Syakir, M. dan Indrawanto, C. dkk. (2010). **Budidaya dan Pasca Panen Tebu**. Jakarta: Litbang-perkebunan.
- T. Takeichi, N. Furukawa. 2012. **Epoxy Resins and Phenol-Formaldehyde Resins**. Japan: Elsevier.
- Vilay, V. dkk. (2008). **Effect of fiber surface treatment and fiber loading on the properties of bagasse fiber-reinforced unsaturated polyester composites**. *Composites Science and Technology* Volume 68, pp. 631-638.
- WANG Liyong, CHEN Xi, LI Le. WANG Qian. 2017. **Wear Calculation Model Considering the Effect of Porosity and Wear Properties of Wet Clutch Friction Disc**. Beijing Information Science and Technology University.
-

-
- Walford Sn. Sugarcane bagsse: **how easy it to measure its constituent? Proceedings of the south African sugar Technologist Assocation** 2008:81:266-73.
- Witono, J.A. 2003. **Produksi Furtural dan Turunnya: Alternatif Peningkatan Nilai Tambah Ampas Tebu Indonesia.** <http://www.chemistry.org/?sect=fokus&ext>. diakses 30 Desember 2011.
- Wypych, George. 2012. **Handbook of Polymers**, 195-197.
- Zulfia A, Ariati M. 2006. **Pengaruh Suhu Pemanasan dan Waktu Tahan Terhadap Karakterisasi Material Komposit Logam Al/SiC Hasil Infiltrasi Tanpa Tekanan.** *Makara, Teknologi*, Vol.10, 18-23.

(Halaman yang dikosongkan)

LAMPIRAN

Lampiran A

Perhitungan %Porositas Komposit

A. Densitas teoritis

$$\rho \text{ Resin Epoksi} = 1.54$$

$$\rho \text{ Ampas Tebu Hasil} = 0.8$$

$$\rho \text{ MAPP} = 0.934$$

Cetakan 70 x 70 x 60 cm dengan ketebalan 6 cm = 300 cm³

$$\rho_c = \frac{1}{\left(\frac{\%fiber}{\rho_{fiber}}\right) + \left(\frac{\%matriks}{\rho_{matriks}}\right) + \left(\frac{\%MAPP}{\rho_{MAPP}}\right)}$$

- Fraksi Massa 64%

$$\rho_c = \frac{1}{\left(\frac{64.81\%}{0.8}\right) + \left(\frac{34.46\%}{1.54}\right) + \left(\frac{0.73\%}{0.934}\right)}$$
$$= 0.9599 \text{ gr/cm}^3$$

- Fraksi Massa 59%

$$\rho_c = \frac{1}{\left(\frac{59.4\%}{0.8}\right) + \left(\frac{39.88\%}{1.54}\right) + \left(\frac{0.72\%}{0.934}\right)}$$
$$= 0.9908 \text{ gr/cm}^3$$

- Fraksi Massa 54%

$$\rho_c = \frac{1}{\left(\frac{54.13\%}{0.8}\right) + \left(\frac{45.15\%}{1.54}\right) + \left(\frac{0.72\%}{0.934}\right)}$$
$$= 1.0230 \text{ gr/cm}^3$$

- Fraksi Massa 49%

$$\rho_c = \frac{1}{\left(\frac{49.1\%}{0.8}\right) + \left(\frac{50.3\%}{1.54}\right) + \left(\frac{0.6\%}{0.934}\right)}$$
$$= 1.0564 \text{ gr/cm}^3$$

B. Perhitungan %Porositas

$$\frac{\rho_{teori} \left(\frac{gr}{cm^3} \right) - \rho_{eksperimen} \left(\frac{gr}{cm^3} \right)}{\rho_{teori} \left(\frac{gr}{cm^3} \right)} \times 100\%$$

- Fraksi Volume 64%

$$\%P = \frac{0.9599 - 0.7588}{0.9599} \times 100\% = 20.95\%$$

- Fraksi Volume 59%

$$\%P = \frac{0.9908 - 0.7959}{0.9908} \times 100\% = 19.67\%$$

- Fraksi Volume 54%

$$\%P = \frac{1.0230 - 0.8207}{1.0230} \times 100\% = 19.77\%$$

- Fraksi Volume 49%

$$\%P = \frac{1.0564 - 0.8906}{1.0564} \times 100\% = 15.69\%$$

Lampiran B

Perhitungan Nilai Keausan Komposit

A. Perhitungan Lebar Keausan

$$\text{Lebar keausan (mm)} = \frac{\text{lebar strip keausan}}{38}$$

Komposisi Serat (%)	Lebar strip keausan	Lebar Keausan (b ₀)(mm)
49	36	0.9473
	48	1.2684
	40	1.0526
	52	1.3789
	36	1.1052
	49	1.2894
	43	1.1212
	41	1.0921
64	44	1.1526
	50	1.3175
	45	1.1789

B. Perhitungan Nilai Keausan

$$\text{Nilai Keausan} = \frac{B \times b_0^3}{8 \times P_0 \times L_0 \times r}$$

- B** = Lebar piringan pengaus (mm) = 3 mm
b₀ = Lebar keausan (mm)
P₀ = Gaya tekan (kg) = 2.12 kg
L₀ = Jarak tempuh pengausan (mm) = 666000 mm
r = Jari-jari piringan pengaus (mm) = 10.85 mm

- Fraksi Volume 49%

- Titik 1

$$\begin{aligned} \text{Nilai Keausan} &= \frac{3 \times 0.9473^3}{8 \times 2.12 \times 666000 \times 10.85} \\ &= 2.080 \times 10^{-8} \text{ mm}^2/\text{kg} \end{aligned}$$

- Titik 2

$$\begin{aligned} \text{Nilai Keausan} &= \frac{3 \times 1.2684^3}{8 \times 2.12 \times 666000 \times 10.85} \\ &= 4.995 \times 10^{-8} \text{ mm}^2/\text{kg} \end{aligned}$$

- Titik 3

$$\begin{aligned} \text{Nilai Keausan} &= \frac{3 \times 1.0526^3}{8 \times 2.12 \times 666000 \times 10.85} \\ &= 2.854 \times 10^{-8} \text{ mm}^2/\text{kg} \end{aligned}$$

- Titik 4

$$\begin{aligned} \text{Nilai Keausan} &= \frac{3 \times 1.3789^3}{8 \times 2.12 \times 666000 \times 10.85} \\ &= 6.417 \times 10^{-8} \text{ mm}^2/\text{kg} \end{aligned}$$

- Titik 5

$$\begin{aligned} \text{Nilai Keausan} &= \frac{3 \times 1.1052^3}{8 \times 2.12 \times 666000 \times 10.85} \\ &= 3.304 \times 10^{-8} \text{ mm}^2/\text{kg} \end{aligned}$$

- Titik 6

$$\begin{aligned} \text{Nilai Keausan} &= \frac{3 \times 1.2894^3}{8 \times 2.12 \times 666000 \times 10.85} \\ &= 5.247 \times 10^{-8} \text{ mm}^2/\text{kg} \end{aligned}$$

- Titik 7

$$\begin{aligned} \text{Nilai Keausan} &= \frac{3 \times 1.1212^3}{8 \times 2.12 \times 666000 \times 10.85} \\ &= 3.450 \times 10^{-8} \text{ mm}^2/\text{kg} \end{aligned}$$

- Titik 8

$$\begin{aligned} \text{Nilai Keausan} &= \frac{3 \times 1.0921^3}{8 \times 2.12 \times 666000 \times 10.85} \\ &= 3.188 \times 10^{-8} \text{ mm}^2/\text{kg} \end{aligned}$$

-
- Titik 9

$$\begin{aligned} \text{Nilai Keausan} &= \frac{3 \times 1.1526^3}{8 \times 2.12 \times 666000 \times 10.85} \\ &= 3.748 \times 10^{-8} \text{ mm}^2/\text{kg} \end{aligned}$$

- Fraksi Volume 64%

- Titik 1

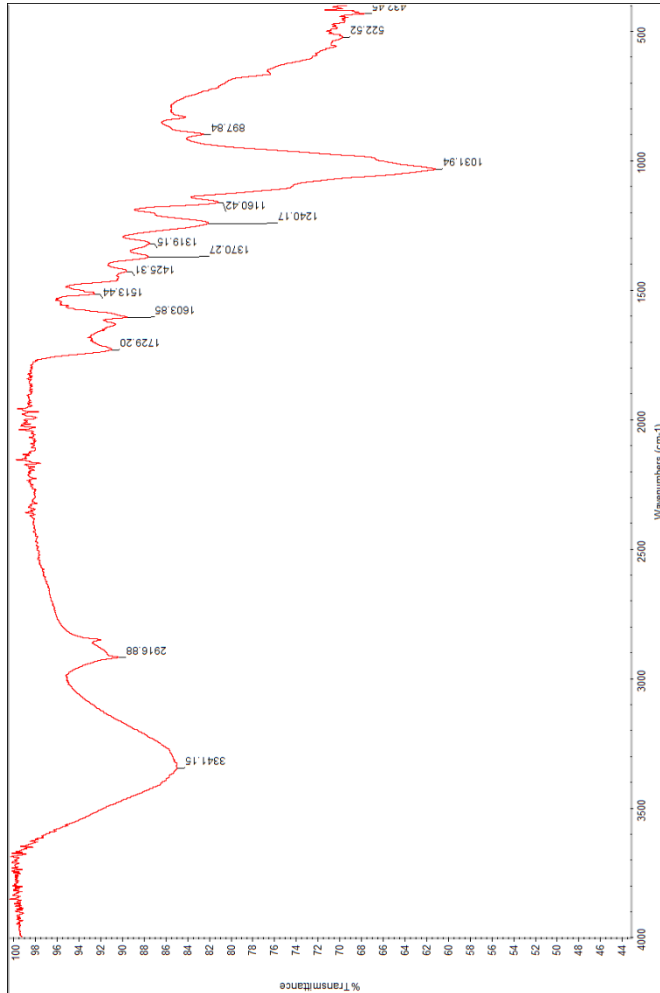
$$\begin{aligned} \text{Nilai Keausan} &= \frac{3 \times 1.3175^3}{8 \times 2.12 \times 666000 \times 10.85} \\ &= 5.598 \times 10^{-8} \text{ mm}^2/\text{kg} \end{aligned}$$

- Titik 2

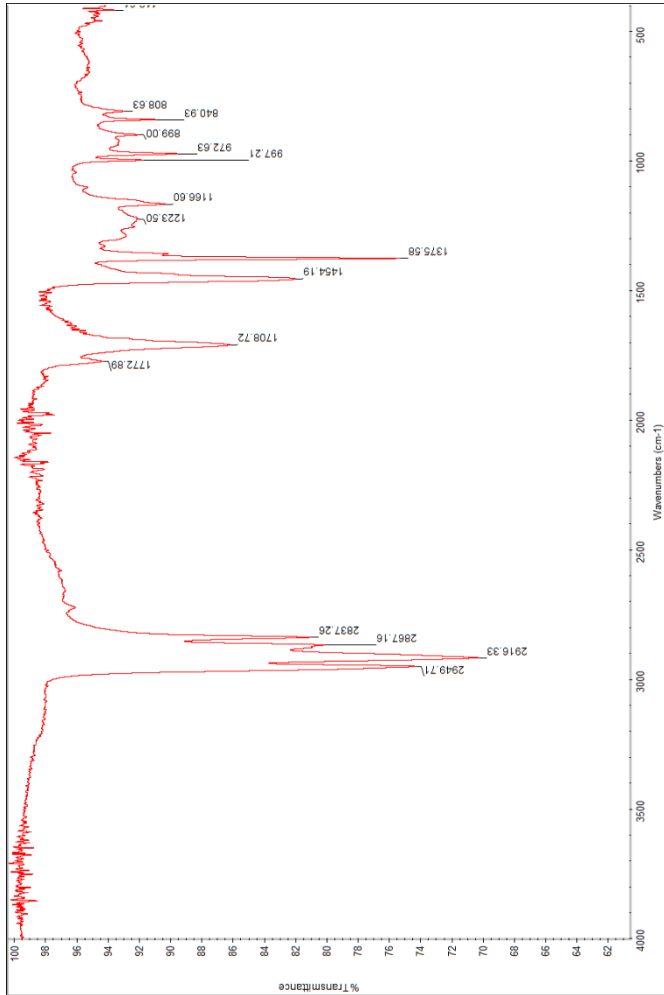
$$\begin{aligned} \text{Nilai Keausan} &= \frac{3 \times 1.1526^3}{8 \times 2.12 \times 666000 \times 10.85} \\ &= 3.748 \times 10^{-8} \text{ mm}^2/\text{kg} \end{aligned}$$

- Titik 3

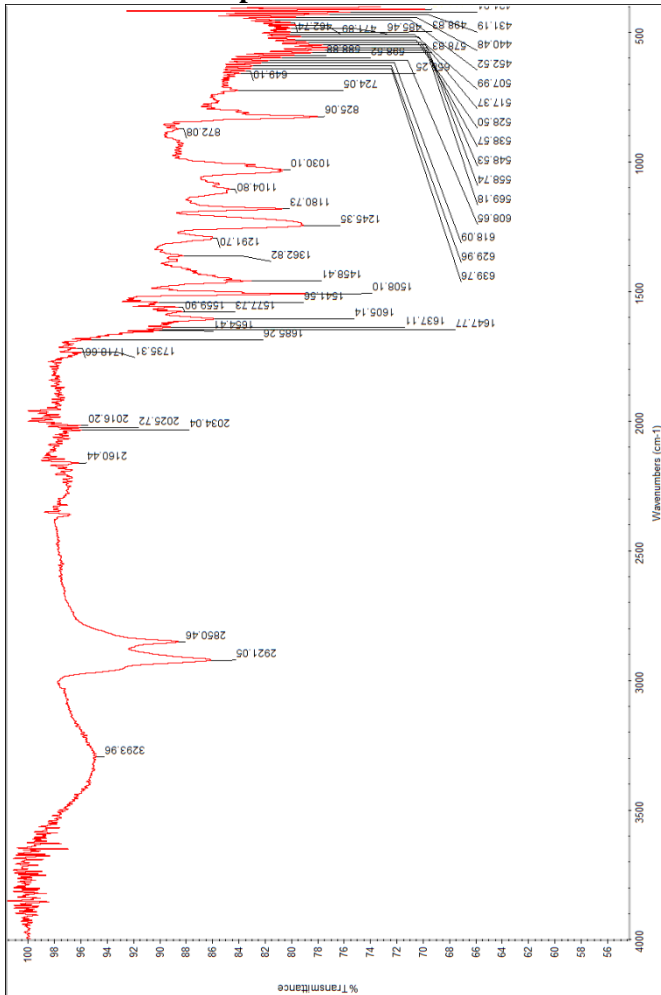
$$\begin{aligned} \text{Nilai Keausan} &= \frac{3 \times 1.1789^3}{8 \times 2.12 \times 666000 \times 10.85} \\ &= 5.247 \times 10^{-8} \text{ mm}^2/\text{kg} \end{aligned}$$

Lampiran C**Hasil Pengujian *Fourier Transform Infrared (FTIR)*****1. FTIR Ampas Tebu**

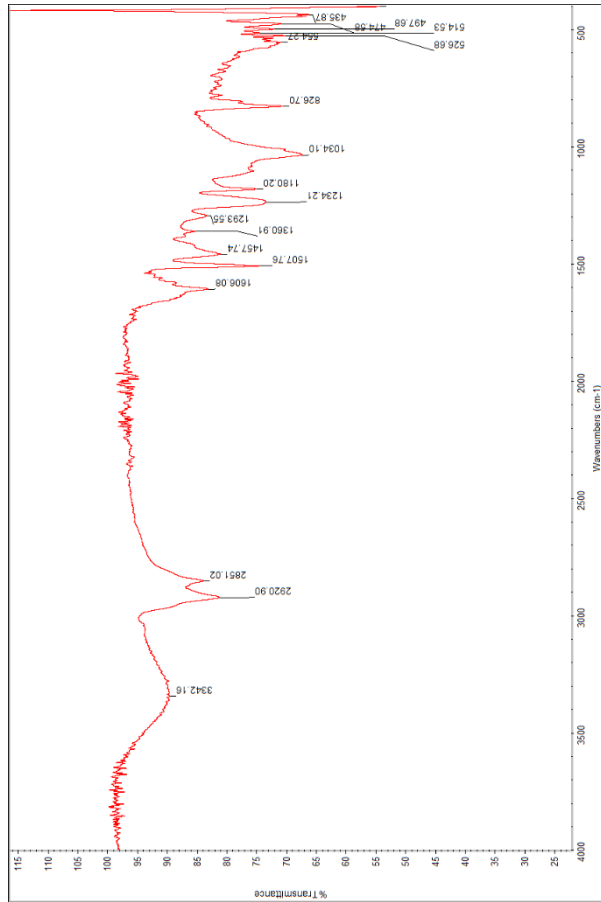
2. FTIR Maleic Anhydride-g-Polypropylene (MAPP)

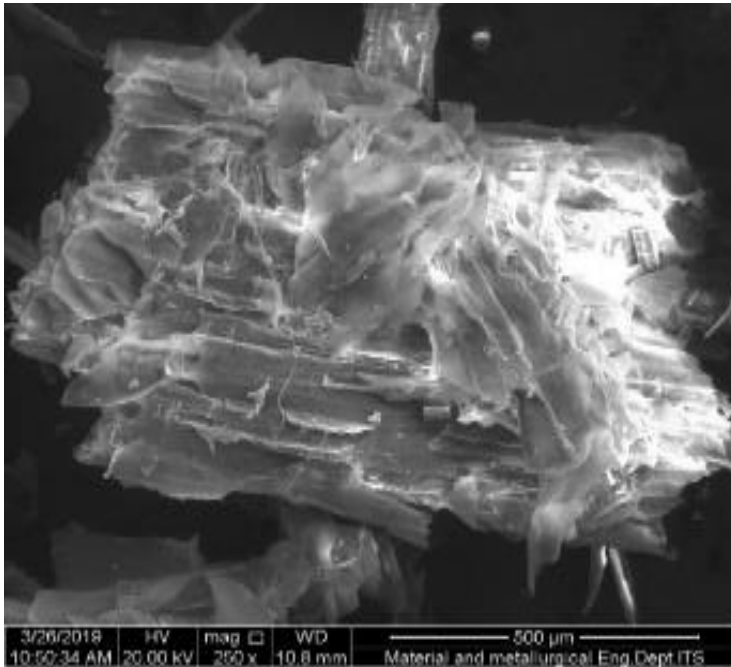


3. FTIR Resin Epoksi

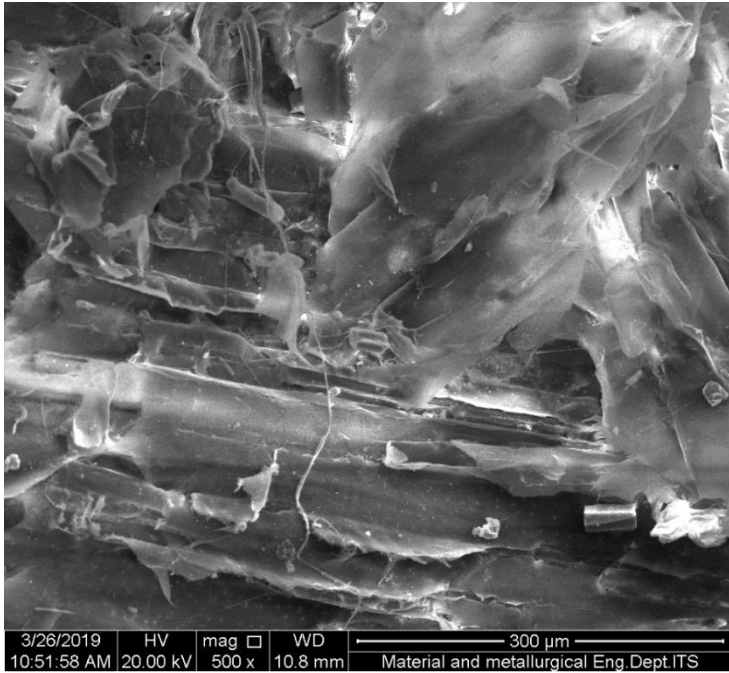


4. FTIR Komposit



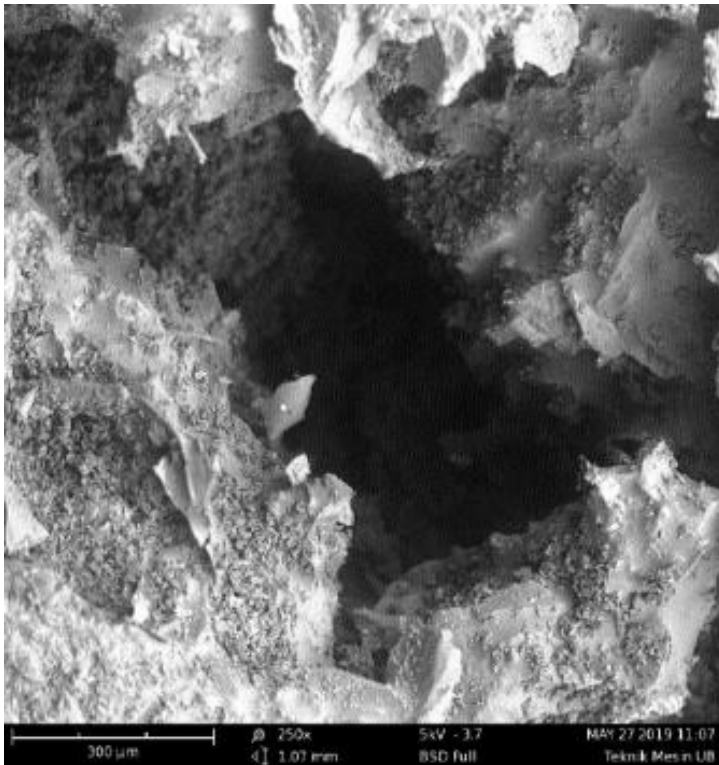
Lampiran D**Hasil Pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM)****1. SEM Ampas Tebu**

Perbesaran 250x

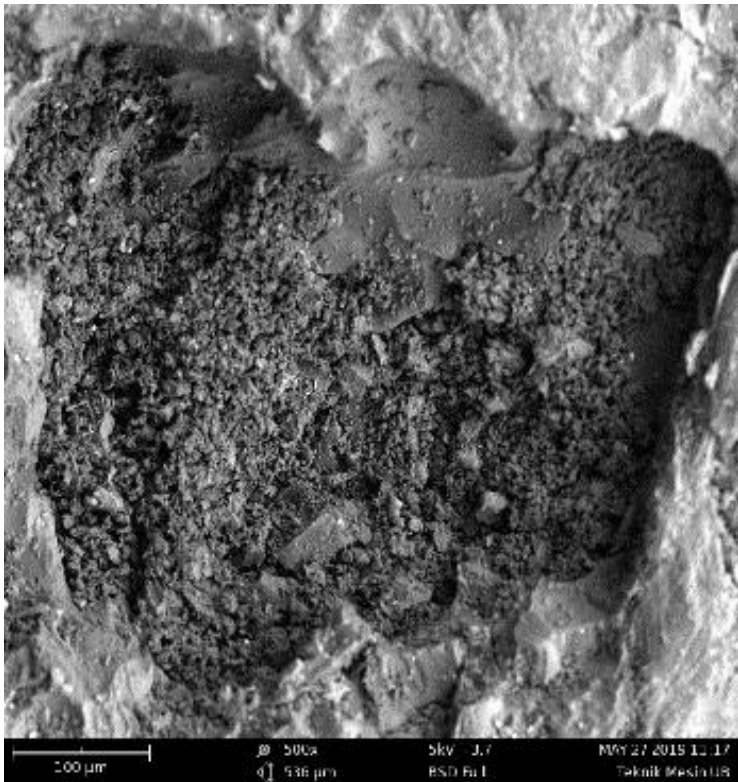


Perbesaran 500x

2. Komposit *filler* 49%

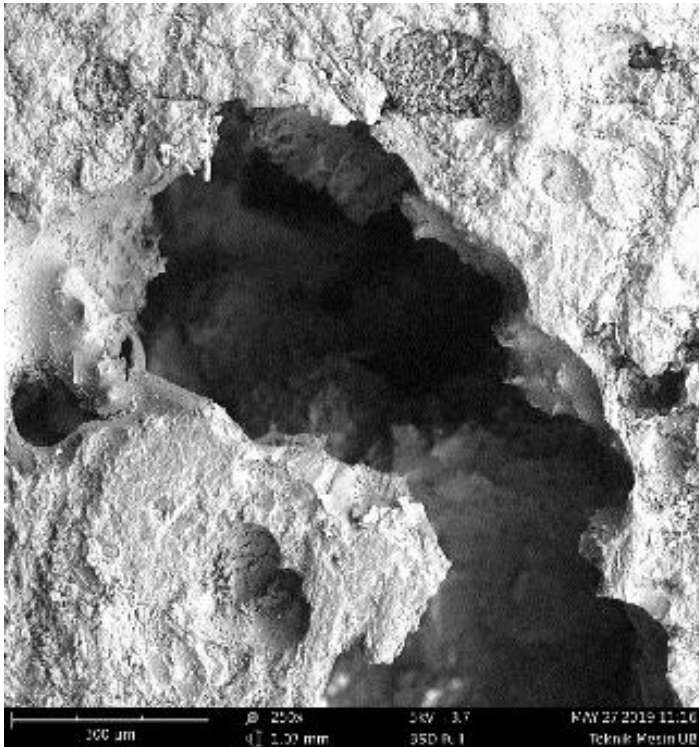


Perbesaran 250x

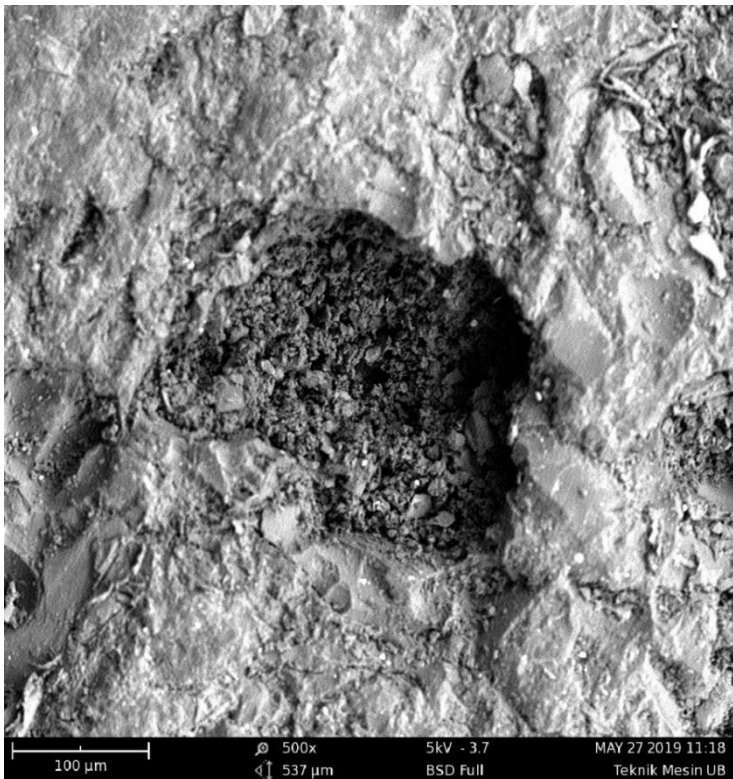


Perbesaran 500x

3. Komposit *filler* 64%



Perbesaran 250x



Perbesaran 500x

Lampiran D

Tabel Konversi Kekerasan Barcol

GYZJ-934-1	Brinell 10mm 500kg	Vickers Skg	Webster Model B	Rockwell			
				B	E	F	H
35		21					32
36		22					35
37		23					37
38		24					40
39		25					42
40	25	26					45
41	25	27					47
42	26	28					49
43	27	29					51
44	27	30					54
45	28	30					56
46	29	31					58
47	30	32			23		60
48	30	33	0.7		26		62
49	31	34	1.3		28		64
50	32	35	1.9		31		66
51	33	36	2.5		34		68
52	34	38	3.1		36		70
53	35	39	3.6		39	30	72
54	37	40	4.2		41	34	73
55	38	41	4.7		44	37	75
56	39	43	5.3		46	40	77
57	40	44	5.8		48	43	78
58	42	45	6.3		50	46	80
59	43	47	6.8		53	48	82
60	45	49	7.3		55	51	83
61	46	50	7.8		57	54	85
62	48	52	8.3		59	56	86
63	50	54	8.8		61	59	88
64	51	56	9.2		63	61	89
65	53	58	9.7		65	63	90
66	55	60	10.1		67	66	92
67	57	62	10.6		69	68	93
68	60	65	11.0		71	70	94
69	62	67	11.4		73	72	95
70	64	70	11.8	17	75	74	97
71	67	72	12.2	23	76	75	98
72	69	75	12.6	28	78	77	99
73	72	78	12.9	33	80	79	100
74	75	81	13.3	38	81	80	101
75	78	85	13.7	42	83	82	102
76	80	88	14.0	47	84	83	103
77	84	92	14.3	51	86	85	104
78	87	95	14.7	55	87	86	105
79	90	99	15.0	59	89	88	106
80	94	103	15.3	63	90	89	106

UCAPAN TERIMA KASIH

Selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Material FTI-ITS.
2. Teman – teman naga hitam, Audi, Wais, Yobi serta teman-teman Lab. Manufaktur yang telah membantu dan menyemangati penulis selama penulisan Laporan Tugas Akhir.
3. Teman – teman fungsio dan staff HMMT FTI-ITS sebagai tempat penulis untuk belajar dan mengisi hari-hari penulis sehingga mendapatkan pengalaman yang sangat berkesan.
4. Teman – temen Tim Hastob yang telah membantu dan menyemangati penulis selama penulisan Laporan Tugas Akhir.
5. Keluarga Kontrakan BERKAH (Adhe, Iqbal, Ivan, Ilham, Aryo, Ghifari) yang telah menemani dan memberikan banyak pengalaman berharga selama jenjang perkuliahan ini.
6. Keluarga MT 17 yang penulis sayangi, yang telah menemani dan memberikan banyak pengalaman berharga selama jenjang perkuliahan ini.
7. Serta seluruh pihak yang belum bisa dituliskan satu per satu oleh penulis. Terimakasih atas dukungan dan bantuan teman - teman sekalian.
8. Teman-teman yang telah menemani dan senantiasa mendukung penulis semasa kuliah ini.
9. Seluruh mahasiswa Teknik Material serta keluarga MT17 yang penulis sayangi, yang telah menemani dan memberikan banyak pengalaman berharga selama jenjang perkuliahan ini.
10. BEM ITS, BEM FTI, dan HMMT yang telah memberikan wadah bagi penulis untuk mengembangkan diri.

Akhir kata, semoga penelitian dapat bermanfaat dan berguna
bagi semua yang membutuhkan.

Surabaya, Juli 2019
Penulis

Erwin Yolanda Dwi Syaputra
NRP 02511540000126

UCAPAN TERIMAKASIH

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Mojokerto pada tanggal 16 Oktober 1996. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara pasangan Kastoha dan Suhartatik. Penulis menempuh pendidikan formal di SDN Gedongan 3 Kota Mojokerto, SMPN 2 Kota Mojokerto, dan SMAN 2 Kota Mojokerto. Setelah lulus dari SMA pada tahun 2015, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang perguruan tinggi di Jurusan Teknik Material Intstitut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Semasa kuliah penulis aktif mengikuti kegiatan organisasi, pelatihan, dan seminar. Penulis pernah menjabat sebagai staff BSO Minat Bakat HMMT FTI-ITS 2016/2017, Kepala Divis Khusus BSO Minat Bakat HMMT FTI-ITS 2017/2018. Selain itu penulis juga pernah mengikuti kepanitian kaderisasi HMMT-FTI ITS 2016,2017.

Penulis memiliki pengalaman kerja praktek di PTPN X Pabrik Gula Gempolkrep di Divisi Instalasi pada Juni – Juli 2018. Selama kerja praktek, penulis mendalami topik terkait “Analisis Pemilihan Material untuk Mata Pisau *Cane Cutter* pada Stasiun Gilingan di Pabrik Gempolkrep”.

Tugas akhir yang diambil penulis dalam bidang Material Inovatif berjudul “Karakterisasi komposit resin epoksi berpenguat serat ampas tebu untuk aplikasi kampas rem bebas asbestos.”

Email : erwin.yolanda16@gmail.com

No.Hp:081331516226