



**PENGARUH JUMLAH LAMINA *FIBERGLASS* TERHADAP SIFAT  
MEKANIK DAN PENGUJIAN BAU KOMPOSIT LIMBAH KOPI DENGAN  
METODE *VACUUM MOLDING***

**SKRIPSI**

oleh :

**Masfeya Eka Hermiansyah**

**131910101016**

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

**2017**



**PENGARUH JUMLAH LAMINA *FIBERGLASS* TERHADAP SIFAT  
MEKANIK DAN PENGUJIAN BAU KOMPOSIT LIMBAH KOPI DENGAN  
METODE *VACUUM MOLDING***

**SKRIPSI**

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk  
menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)

dan mencapai gelar Sarjana Teknik

oleh :

**Masfeya Eka Hermiansyah**

**131910101016**

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

**2017**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan :

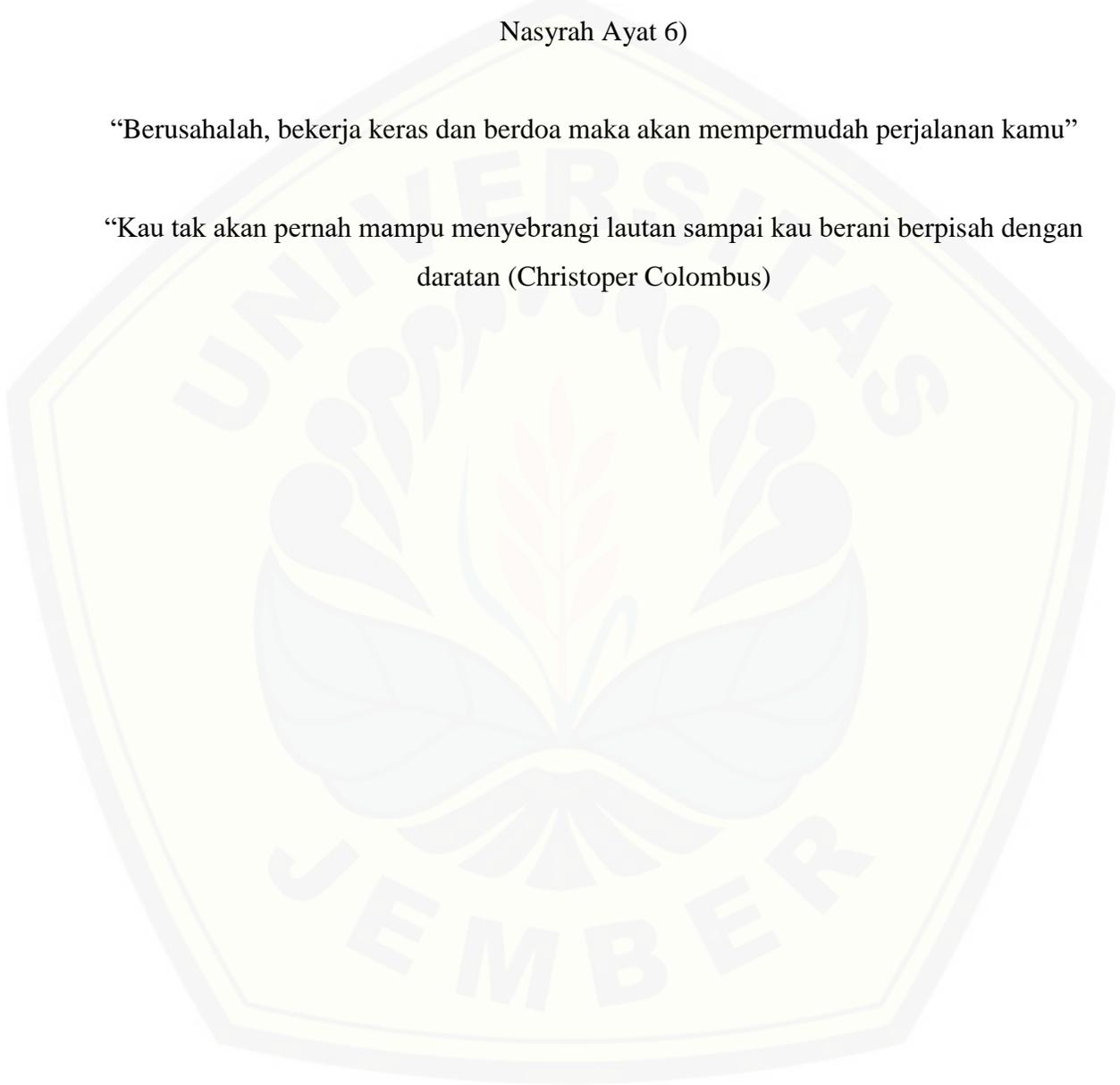
1. Bapak dan Mamaku tercinta, Bapak Suhermanto dan Ibu Kariyatmi.
2. Adik-adikku tersayang, Anugrah Ganda Pramudya dan Indra Wicaksono Tri Ari Pamungkas.
3. Guru-guruku dari taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi.
4. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang senantiasa menularkan ilmunya, semoga menjadi ilmu yang bermanfaat dan barokah dikemudian hari. Bapak Dedi Dwilaksana, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, Bapak Sumarji, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang selalu memberikan saran dan arahan yang sangat membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini. Dr Agus Triono, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama dan Bapak Dr. Salahudin Junus, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Anggota yang telah banyak memberi saran dan berbagai pertimbangan menuju ke arah yang benar dalam penyelesaian skripsi ini.
5. “Material Research Group”, tim riset material yang telah memotivasi serta mendukung penuh.
6. Almamater yang saya banggakan Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember.

**MOTTO**

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan” (Terjemahan Surat Alam  
Nasyrah Ayat 6)

“Berusahalah, bekerja keras dan berdoa maka akan mempermudah perjalanan kamu”

“Kau tak akan pernah mampu menyebrangi lautan sampai kau berani berpisah dengan  
daratan (Christoper Colombus)



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Masfeya Eka Hermiansyah

NIM : 131910101016

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pengaruh Jumlah Lamina *Fiberglass* Terhadap Sifat Mekanik dan Pengujian Bau Komposit Limbah Kopi Dengan Metode *Vacuum Molding* ” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 21-12-2017

Yang menyatakan,

(Masfeya Eka Hermiansyah)

NIM. 131910101016

SKRIPSI

PENGARUH JUMLAH LAMINA *FIBERGLASS* TERHADAP SIFAT MEKANIK  
DAN PENGUJIAN BAU KOMPOSIT LIMBAH KOPI DENGAN METODE  
*VACUUM MOLDING*

Oleh

Masfeya Eka Hermiansyah

131910101016

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Sumarji, S.T., M.T.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Pengaruh Jumlah Lamina *Fiberglass* Terhadap Sifat Mekanik Dan Pengujian Bau Komposit Limbah Kopi Dengan Metode *Vacuum Molding*” karya Masfeya Eka Hermiansyah telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Kamis, 21 Desember 2017

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Dedi Dwilaksana, S.T.,M.T

NIP. 19691201 199602 1 001

Anggota I

Dr. Agus Triono S.T.,M.T.

NIP. 19700807 200212 1 001

Sekretaris,

Sumarji, ST.,M.T.

NIP. 19680202 199702 1 001

Anggota II

Dr. Salahudin Junus, S.T.,M.T.

NIP. 19751006 200212 1 002

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M. UM.

NIP. 19661215 199503 2 001

## RINGKASAN

**Pengaruh Jumlah Lamina *Fiber Glass* Terhadap Sifat Mekanik Dan Pengujian Bau Komposit Limbah Kopi Dengan Metode *Vacuum Molding*;** Masfeya Eka Hermiansyah, 131910101016; 2017 : Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Komposit merupakan perpaduan dari bahan yang dipilih berdasarkan kombinasi sifat fisik masing-masing material penyusun untuk menghasilkan material baru dengan sifat yang baru dibandingkan sifat material dasar sebelum dicampur dan terjadi ikatan permukaan antara masing-masing material penyusun. Dari campuran tersebut akan dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Perkembangan penggunaan komposit menggunakan partikel limbah kopi saat ini terbukti dapat mengurangi bau yang tidak sedap. Untuk aplikasinya komposit ini sebagai panel.

Dalam penelitian ini dilakukan penambahan partikel limbah kopi 40%. Didapatkan kekuatan tarik 7 MPa, kemudian dengan penambahan 1 lamina, 2 lamina, 3 lamina dan 4 lamina. Semakin bertambahnya lamina mengakibatkan penurunan kekuatan tarik. Meskipun dengan penambahan 1 lamina mengalami kenaikan. Akan tetapi dengan penambahan 2 lamina, 3 lamina, dan 4 lamina mengalami penurunan kekuatan tarik.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Terapan dan Laboratorium Uji Bhan Fakulta Teknik Universitas Jember. Dari hasil penelitian yang dilakukan data(*porosity*) yang lebih banyak maka amonia dapat terserap lebih banyak dibandingkan ukuran partikel yang lebih besar. Ketika partikel semakin kecil maka lubang (*porosity*) semakin sedikit. hasil pengujian tarik tertinggi pada komposit tanpa partikel limbah kopi dengan variasi 1 lamina *fiber glass* sebesar 118,92 MPa, sedangkan pengujian bending tertinggi pada komposit tanpa partikel limbah kopi dengan variasi 4 lamina sebesar 537,54 MPa. Untuk hasil pengujian bau dengan variasi

partikel limbah kopi dengan mesh 30 sampai 70 mesh didapatkan *persentase* tertinggi untuk penyerapan bau pada variasi mesh 30 dengan *persentase* 8,63%, penyebabnya dimana partikel dengan mesh 30 terdapat lubang.



## *SUMMARY*

Composite is a combination of selected materials based on the combination of physical properties of each constituent material to produce new material with new properties compared to the nature of the base material before being mixed and there is a surface bond between each constituent material. From the mixture will be produced a composite material that has mechanical properties and characteristics different from the material forming. The development of the use of composites using particles of coffee grounds is now proven to reduce unpleasant odors, for this composite application as panel.

In this research, the addition of 40% coffee pulp particles. The tensile strength of 7 MPa was obtained, then with the addition of 1 lamina, 2 lamina, 3 lamina and 4 lamina. The increase in lamina leads to a decrease in tensile strength.

This research was conducted at Applied Technology Laboratory and Laboratory of Bhan Test of Faculty of Engineering, University of Jember. From the results of research conducted data of the highest tensile test results on composite without particle coffee pulp with variation of 1 lamina fiberglass equal to 118,92 MPa. while the highest bending test on composite without particulate coffee pulp with a variation of 4 lamina of 537.54 MPa. For odor test results with variation of coffee waste particles with mesh 30 to 70 mesh obtained the highest percentage for the odor absorption on the mesh variation 30, the cause where the particles with mesh 30 there is a hole (porosity) more than the ammonia can be absorbed more than the size of the particle greater than. As the particles get smaller the hole (porosity) gets smaller.

## PRAKATA

Segala puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya yang telah diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Sebagai sumber inspirasi dan panutan umat manusia dalam menjalani kehidupan di dunia ini.

Skripsi yang berjudul “Pengaruh Jumlah Lamina *Fiber Glass* Terhadap Sifat Mekanik dan Pengujian Bau Komposit Limbah Kopi dengan Metode *Vacuum Molding*” ini diajukan guna untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan, dukungan, dan arahan kepada penulis selama penyusunan skripsi ini khususnya kepada :

1. Kedua orangtua dan keluarga, Suhermanto dan Kariyatmi atas segala bentuk kasih sayang, do'a dan dukungan yang tak hentinya diberikan kepada saya. Kedua adik-adikku tersayang, Anugrah Ganda Pramudya dan Indra Wicaksono Tri Ari Pamungkas yang menjadi penyemangat tersendiri untuk saya.
2. Bapak Dedi Dwilaksana S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama, serta Bapak Bapak Sumarji, S.T., M.T., selaku bapak dosen pembimbing anggota yang telah bersedia untuk meluangkan waktu dalam membimbing dan mengarahkan saya selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini dari awal sampai akhir.
3. Bapak Dr. Agus Triono, S.T., M.T. selaku bapak dosen penguji I, dan Bapak Dr. Salahudin Junus, S.T., M.T. selaku bapak dosen penguji II yang telah memberikan kritik dan saran yang sangat membangun dalam penyusunan skripsi ini.
4. Seluruh staf pengajar dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah banyak memberikan ilmu, pengetahuan, dan wawasan selama saya belajar di bangku perkuliahan.

5. Tim riset material “*Material Research Group*”, Bapak pembimbing yang selalu memberi dukungan penuh baik moral maupun materil, motivasi, dan ilmu-ilmu yang ditularkan demi kesuksesan penulis. Serta anggota gelombang 2 dan 3 yang telah banyak membantu baik tenaga, pikiran, dan motivasi.
6. Segenap teman-teman teknik mesin, khususnya angkatan 2013 yang telah banyak sekali berbagi ilmu dan pengalaman selama masa perkuliahan.
7. Semua pihak yang telah membantu proses penelitian dan penyusunan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa sebagai manusia yang tak lepas kesalahan dan kekurangan, oleh karena itu diharapkan adanya kritik, saran, dan ide yang bersifat konstruktif demi kesempurnaan karya tulis skripsi ini dan penelitian berikutnya yang berkaitan. Semoga hasil dari penelitian pada skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada berbagai pihak.

DAFTAR ISI

<b>PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>MOTTO</b> .....	iv
<b>PERNYATAAN</b> .....	v
<b>PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>SUMMARY</b> .....	x
<b>PRAKATA</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	3
<b>1.4 Tujuan Penelitian</b> .....	4
<b>1.5 Manfaat Penelitian</b> .....	4
<b>1.6 Hipotesa</b> .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
<b>2.1. Komposit</b> .....	5
2.1.1 Pengikat (Matrik) .....	5
2.1.2 Penguat ( <i>reinforcement</i> ).....	7
<b>2.2. Jenis-jenis Material Komposit</b> .....	7
2.2.1 Komposit Serat.....	7
2.2.2 Komposit Laminat.....	8
2.2.3 Komposit Partikel ( <i>Particulate Composite</i> ).....	8
<b>2.3. Metode Pembuatan Komposit</b> .....	9
2.3.1 <i>Hand Lay Up</i> .....	9

2.3.2	Metode <i>Vacuum Molding</i> .....	9
2.3.3	<i>Vacuum Bag</i> .....	10
2.3.4	<i>Spray Up</i> .....	10
2.3.5	<i>Filament Winding</i> .....	11
<b>2.4.</b>	<b>Resin <i>Unsatrated Polyester</i></b> .....	<b>11</b>
<b>2.5</b>	<b>Limbah kopi</b> .....	<b>12</b>
<b>2.6</b>	<b><i>Fiber glass</i></b> .....	<b>15</b>
<b>2.7</b>	<b>Uji Mekanik Komposit</b> .....	<b>15</b>
2.7.1	Pengujian Tarik .....	16
2.7.2	Pengujian <i>Bending</i> .....	18
2.7.3	Pengujian Bau .....	19
2.7.4	Pengujian Makro .....	21
2.7.5	Pengujian Mikro.....	21
<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>22</b>
<b>3.1.</b>	<b>Metode Penelitian</b> .....	<b>22</b>
<b>3.2.</b>	<b>Tempat dan Waktu Penelitian</b> .....	<b>22</b>
<b>3.3.</b>	<b>Alat dan Bahan</b> .....	<b>23</b>
<b>3.4.</b>	<b>Prosedur Penelitian</b> .....	<b>23</b>
3.4.1	Langkah – langkah perlakuan limbah kopi .....	23
3.4.2	Langkah – Langkah pemotongan <i>fiber glass</i> .....	24
3.4.3	Proses pembuatan komposit.....	24
<b>3.5</b>	<b>Susunan Komposit Limbah Kopi dengan Variasi Penambahan Serat.</b>	<b>25</b>
<b>3.6</b>	<b>Tabel Data Hasil</b> .....	<b>26</b>
	Tabel 3.2 Tabel Variasi data dan Pengambilan data.....	26
<b>3.7</b>	<b>Langkah-langkah Pengujian Sampel</b> .....	<b>26</b>
3.7.1	Pengujian Tarik .....	26
3.7.2	Pengujian <i>Bending</i> .....	27
3.7.3	Pengujian Bau dengan Sensor TGS 2602 .....	27
<b>3.8</b>	<b>Diagram Alir Penelitian</b> .....	<b>29</b>
	Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.5. ....	29

<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	30
<b>4.1. Data Hasil Pengujian</b> .....	30
4.1.1 Hasil Uji Tarik Komposit.....	30
4.1.2 Data Hasil Uji Bending Komposit .....	31
4.1.3 Data Hasil Pengujian Bau .....	33
<b>4.2. Pembahasan</b> .....	34
4.2.1 Analisa Morfologi pengujian Makro Komposit.....	34
4.2.2 Analisa Morfologi Pengujian Mikro Komposit .....	36
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	44
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	44
<b>5.2 Saran</b> .....	44
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	45
<b>Lampiran A</b> .....	48
<b>Data Hasil Pengujian</b> .....	48
1 Tabel Data Hasil Uji Tarik.....	48
2 Tabel Data Pengujian Bending .....	49
3 Tabel Pengujian Bau .....	50
<b>Lampiran B</b> .....	51
<b>Lampiran C</b> .....	53

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1 Komposit Serat (Mallick, 2007)..... 7

Gambar 2.2 Unidirection Laminate ( Mallick, 2007) ..... 8

Gambar 2.3 Komposit Patikel (Mallick, 2007)..... 8

Gambar 2.4 Metode Hand Lay Up (Gibson, 2012)..... 9

Gambar 2.5 Metode Vacuum Bag (Gibson, 2012). ..... 10

Gambar 2.6 Metode Spray Up (Gibson, 2012). ..... 11

Gambar 2.7 Metode Filament Winding (Gibson, 2012) ..... 11

Gambar 2.8 Resin Unsaturated Polyester Eterset 2504 ..... 12

Gambar 2.9 Perubahan kandungan gas amonia yang diserap terhadap waktu (Oiwa & Okuzawa, 2015) ..... 13

Gambar 2.10 Mekanisme Penyerapan Gas Amonia (Oiwa & Okuzawa, 2015)..... 14

Gambar 2.11 (a) Continuoud Fiber Mat (CFM) dan (b) Chopped Strand Mat (CSM) (Mallick,2007)..... 15

Gambar 2.12 Pengujian Bending ASTM D790 ..... 18

Gambar 2.13 Rasio Hambatan Sensor TGS 2602 dengan Konsentrasi Gas (FIGARO USA, INC). ..... 20

Gambar 2.14 Ketergantungan Suhu dan Kelembapan pada Sensor TGS 2602 (FIGARO USA, INC). ..... 20

Gambar 2.15 Rangkaian Sensor TGS 2602 ..... 21

Gambar 3.1 Cetakan Spesimen dengan Variasi 2 Lamina dan komposit limbah kopi25

Gambar 3.2 Dimensi Spesimen Pengujian Tarik ..... 27

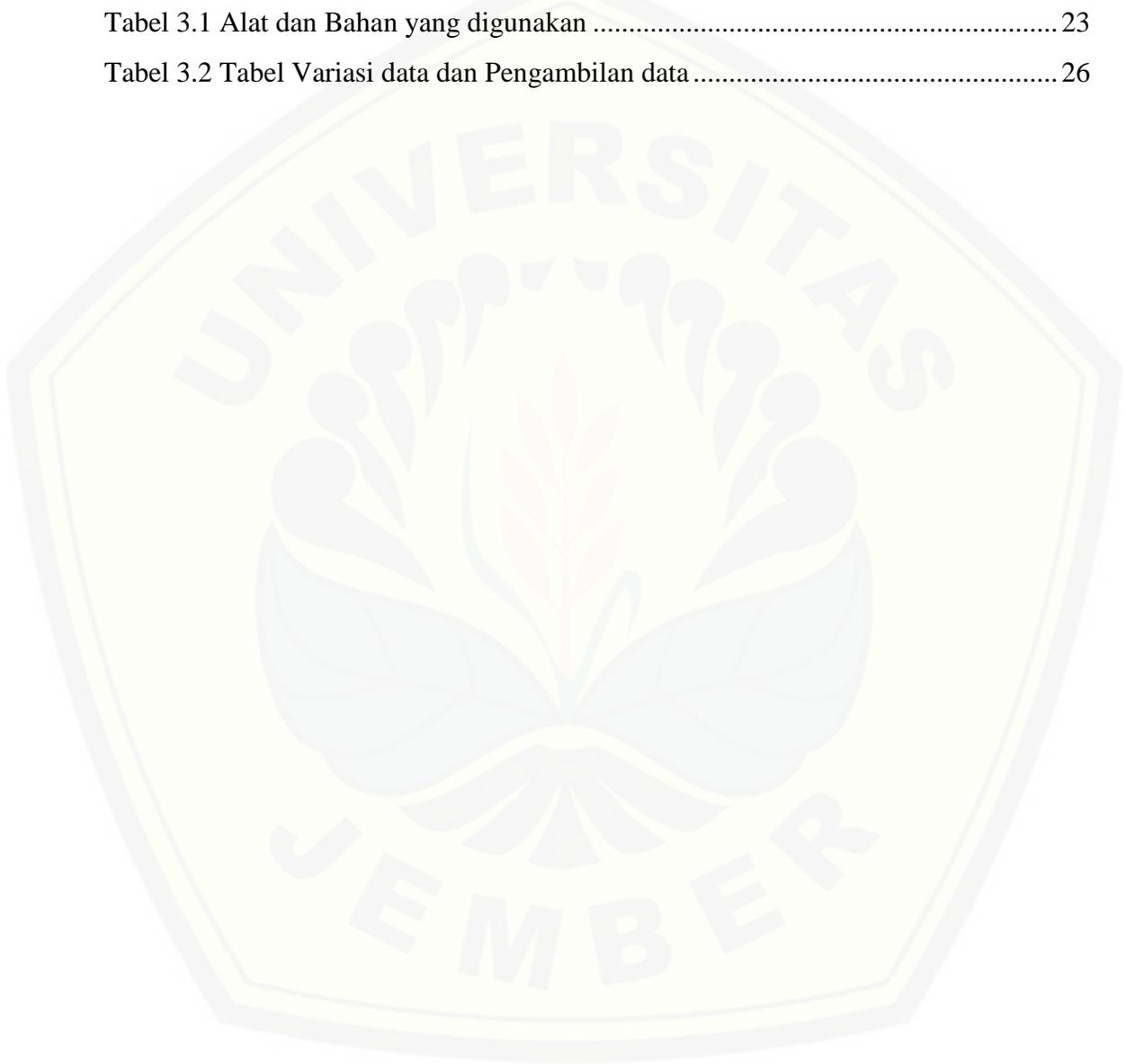
Gambar 3.3 Dimensi Spesimen Pengujian Bending ..... 27

Gambar 4.1 Grafik Uji Tarik..... 31

Gambar 4.2 Grafik Pengujian Bending..... 32

**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Resin Unsaturated Polyester ETERSET 2504.....	14
Tabel 3.1 Alat dan Bahan yang digunakan .....	23
Tabel 3.2 Tabel Variasi data dan Pengambilan data .....	26



## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dengan perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan yang sangat pesat, material komposit merupakan material yang sangat cocok digunakan dan banyak dikembangkan didunia, khususnya banyak dijumpai di berbagai industri dan rumah tangga. Komposit memiliki kelebihan daripada logam terutama dari segi kekuatan yang dapat direkayasa, memiliki kekuatan yang tinggi, dan tahan terhadap korosi. Bahan komposit polimer tersusun dari beberapa polimer yaitu matrik dan *reinforcement*. Pada saat ini penggunaan material komposit telah banyak digunakan di berbagai bidang misalnya pada aplikasi struktural mulai dari aplikasi otomotif, aeromodelling dan kelautan sebagai pengganti bahan konvensional (Marcovikova. L., and ,Viera., Z., 2015).

Material komposit memiliki kelebihan tersendiri, terutama serat sebagai elemen penguat sangat mempengaruhi sifat mekanik dari komposit karena meneruskan beban yang didistribusikan oleh matrik. Beberapa material juga menggunakan serat yang berbeda-beda. Serat alam dan serat sintetis paling sering digunakan untuk berbagai macam aplikasi (Changduk Kong., dkk,1990) (Kanking S, dkk., 2012) (Krishnaiah P, dkk, 2016) (M. Ramesh , dkk., 2012). Dalam dekade terakhir ini komposit polimer *filler* telah menarik minat besar akademisi dan industri karena menggabungkan bahan komposit memiliki kelebihan meningkatkan performa, memperbaiki sifat dan murah (Feng Jie, dkk, 2016). Berbagai macam *filler* dipertimbangkan sebagai bahan penguat komposit tergantung kebutuhan masing-masing penggunaan. Salah satunya adalah kopi, kopi merupakan salah satu produk pertanian yang paling melimpah, serta salah satu minuman yang paling banyak dikonsumsi di dunia. Sekitar enam juta ton residu keras yang dikenal sebagai limbah kopi Selain itu perkembangan selanjutnya kopi dapat menjadi produk berharga seperti enzim, asam organik, bahan bakar, etanol pewarna, kompos, dan senyawa fenolik antioksidan (Kyung W.J., dkk) dan (Maria

V.P.R., dkk, 2014). Limbah kopi mengandung sejumlah besar senyawa organik yaitu, polifenol, lignin, selulosa, hemiselulosa, dan polisakari dan lainnya. Selain itu limbah kopi mempunyai manfaat salah satunya dapat menetralkan bau (Tilahun, A., Dkk., 2016). Komposit juga dapat dikembangkan dengan banyak metode, salah satunya dengan metode *vacuum molding*. Metode *vacuum* sendiri memiliki kelebihan antara lain memiliki ketebalan yang sama, dapat mengurangi void, dapat mencegah porositas dibandingkan metode lainnya (Ercan Sevkata dan Malek Brahimi, 2011).

Berdasarkan laporan hasil penelitian bahwa 100% *fiber glass* menggunakan matrik *unsaturated polyester* didapatkan hasil uji tarik tertinggi 39,85 MPa (K. John, 2004). Kemudian laporan penelitian selanjutnya 40% *fiber glass* dan 100% *unsaturated polyester* didapatkan hasil uji tarik 85 MPa dan uji bending sebesar 105 MPa (M.B Kulkarni, 2015). Laporan hasil peneliti selanjutnya bahwa 70% *unsaturated polyester* dan 30% *fiber glass* didapatkan uji tarik 75,75 N.mm<sup>-2</sup> dan uji bending 253,28 N.mm<sup>-2</sup> tanpa *aluminium tri hydrate* (R. Daulath). Kemudian laporan hasil penelitian mengatakan bahwa dengan fraksi berat 30% *fiber glass* dan resin 70% maka didapatkan kekuatan tarik tertinggi 144 Mpa dan kekuatan bending 150 Mpa (Marcovikova. L., and Viera., Z, 2015). Peneliti selanjutnya melaporkan bahwa semakin banyak fraksi volume untuk tanpa perlakuan *fiber glass*, maka semakin meningkatkan sifat mekanik didapatkan kekuatan tarik yang paling besar 43 MPa sedangkan kekuatan impak paling tinggi didapatkan sebesar 130 J/m (Atiqah. A, dkk, 2013).

Peneliti selanjutnya untuk variasi lamina pada 2 lamina *fiber glass* 1 lamina jute didapatkan uji tarik 56,68 Mpa dan uji bending 28,81 Mpa (Braga R.A, 2015). Peneliti selanjutnya untuk variasi 3 lamina *fiber glass* dan 2 lamina banana plus sisal didapatkan uji tarik tertinggi 104 MPa (Arthanarieswaran, 2014). Peneliti selanjutnya melaporkan untuk variasi lamina 6 layer *fiber glass* dan 4 layer jute didapatkan uji tarik sebesar 125 MPa, kemudian untuk variasi lamina 4 layer *fiber glass* dan 6 layer jute didapatkan hasil uji geser 16,5 MPa (Sabeel, 2008).

Peneliti selanjutnya didapatkan data *polyhydroxybutyrate* tanpa *filler* didapatkan kekuatan tarik sebesar 31,9 MPa, kemudian dengan penambahan *filler coffee parment* 10% didapatkan 30,8 MPa. Kemudian menggunakan *filler coffee huks* 10% didapatkan uji tarik 29,8 MPa (Kelen C. Dkk, 2015). Peneliti selanjutnya mengatakan bahwa dengan campuran 100% *polypropylane* didapatkan kekuatan bending dan impak sebesar 37 MPa dan 2,6 J/m. Kemudian penambahan *filler* pada campuran 80% *polypropylane* dan 20% *Spent Coffee Ground* didapatkan kekuatan bending sebesar 33,4 MPa, dan kekuatan impak sebesar 1,1 J/m (Daniel G. 2015).

Pada penelitian ini akan dilakukan analisis kekuatan mekanik komposit limbah kopi dengan matrik *unsaturated polyester* dengan penguat *fiber glass* kemudian ditambahkan partikel limbah kopi dengan tujuan untuk mengetahui sifat mekanik serta kemampuan partikel limbah kopi dapat menyerap bau (amonia).

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas perumusan masalah pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi lamina *fiber glass* terhadap sifat mekanik pada komposit limbah kopi ?
2. Bagaimana bentuk morfologi dari komposit limbah kopi dengan variasi jumlah *fiber glass*?
3. Bagaimana pengaruh variasi mesh terhadap pengujian bau pada komposit limbah kopi ?

## 1.3 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan permasalahan yang akan dianalisa dalam penelitian ini, maka akan dibatasi permasalahan yang akan dibahas sebagai berikut:

1. Menggunakan komposit limbah kopi dengan ukuran mesh 80.
2. Menggunakan *fiber glass random* (acak).
3. Menggunakan matrik *unsaturated polyester* eterset 2504 APT.

4. Menggunakan metode *Vacuum Molding*.
5. Menggunakan variasi *fiber glass* dengan penambahan limbah kopi dan tanpa menggunakan limbah kopi pada 0 layer, 1 layer, 2 layer, 3 layer dan 4 layer.
6. Pengujian bau limbah kopi menggunakan variasi mesh 30 – mesh 70 dan menggunakan amonia

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Mengetahui pengaruh variasi lamina *Fiber glass* terhadap sifat mekanik komposit limbah kopi dengan metode *Vacuum Molding*.
2. Mengetahui bentuk morfologi dari komposit berpenguat partikel limbah kopi dan *Fiber glass* dengan metode *Vacuum Molding*.
3. Mengetahui pengaruh variasi mesh terhadap pengujian bau (amonia) pada komposit limbah kopi.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini antara lain :

1. Menambah referensi nilai uji tarik dan bending, morfologi dan dapat mengetahui seberapa besar limbah kopi dapat mengurangi polusi bau.
2. Aplikasi untuk interior otomotif, perahu, ubin dan lain-lain.

#### **1.6 Hipotesa**

Hipotesa pada penelitian yaitu didapatkan berdasarkan latar belakang yang dimana dengan matrik *unsaturated polyester* dengan penambahan lamina *fiber glass* maka kekuatan tarik dan bending meningkat seiring dengan penambahan lamina *fiber glass*. Kemudian dengan penambahan partikel limbah kopi mengakibatkan penurunan kekuatan, akan tetapi partikel limbah kopi memiliki keunggulan yaitu memiliki karakteristik mengurangi polusi bau (amonia).

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Komposit

Komposit merupakan perpaduan dari bahan yang dipilih berdasarkan kombinasi sifat fisik masing-masing material penyusun untuk menghasilkan material baru dengan sifat yang baru dibandingkan sifat material dasar sebelum dicampur dan terjadi ikatan permukaan antara masing-masing material penyusun. Dari campuran tersebut akan dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Pencampuran material komposit material dilakukan dalam skala makroskopis. Material komposit banyak digunakan dalam industri karena karakteristiknya yang mudah disesuaikan dengan kebutuhan dan prosesnya yang relatif ramah lingkungan. (Mallick, 2007).

Penggabungan material yang berbeda bertujuan untuk menemukan material baru yang mempunyai sifat antara material penyusunnya yang tidak akan diperoleh jika material penyusunnya berdiri sendiri. *Fibre* sangat berperan dalam memberikan kekuatan dan kekakuan komposit, namun aspek lain yang menjadi sumber kekuatan komposit didapat dari matrik yang memberikan ketahanan terhadap temperatur tinggi, ketahanan terhadap tegangan geser, dan mampu mendistribusikan beban.

#### 2.1.1 Pengikat (Matrik)

Matrik diartikan sebagai material pengikat antar serat atau partikel. Matrik berfungsi sebagai penahan, pelindung, pembagi serta mempengaruhi penampilan dari suatu material. Umumnya lebih *ductile* tetapi mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih rendah. Matrik pada komposit mempunyai beberapa fungsi (Mallick, 2007), antara lain sebagai berikut:

1. Membentuk ikatan koheren dengan serat.
2. Mentransfer tegangan yang bekerja diantara serat.

3. Melindungi serat terhadap lingkungan yang korosif, seperti bahan kimia dan kelembaban.
4. Dapat melindungi permukaan serat dari degradasi mekanis (misalnya oleh abrasi).

Matrik mempunyai peran yang kurang signifikan terhadap kekuatan mekanik pada komposit. Akan tetapi, pemilihan matrik memiliki pengaruh besar pada kompresi, inter laminar serta sifat-sifat *inplane* dari material komposit. Matrik dapat membentuk ikatan terhadap serat dan mentransfer beban yang bekerja pada serat sehingga mempengaruhi sebagian besar kekuatan dari material komposit. Akhirnya, untuk menentukan kekuatan dan untuk mengurangi terjadinya cacat pada material komposit tergantung pada karakteristik pemilihan matrik.

Secara garis besar material komposit dapat dibagi berdasarkan matrik yang digunakan (Mallick, 2007) yaitu:

1. *Polymer Matrix Composite*

Terdiri dari serat penguat dan matrik dari bahan polimer. Serat penguat memiliki kekuatan dan modulus yang tinggi, sedangkan matrik untuk melindungi serat dari lingkungan luar dan sebagai bahan pengikat antar serat penguat.

2. *Metal Matrix Composite*

Terdiri dari metal alloy sebagai matrik yang diperkuat dengan serat kontinu, whisker (serat-seratnya pendek yang berbentuk kristal tunggal), atau partikel, karena komposit ini menggunakan metal sebagai matrik, maka jenis ini memiliki ketahanan yang tinggi terhadap temperatur, tetapi memiliki berat yang tinggi.

3. *Ceramic Matrix Composite*

Serat penguatnya dapat berupa serat kontinu, *diskontinyu*, ataupun berbentuk partikel yang tersusun dari bahan keramik atau pun grafit.

### 2.1.2 Penguat (*reinforcement*)

Salah satu bagian utama dari komposit adalah penguat (*reinforcement*) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit. penguat biasanya bersifat kurang ductile akan tetapi lebih kaku dan lebih kuat dari sifat matriknya. Penguat biasanya dapat berupa serat maupun butiran butiran kecil yang disebut partikel. Penguat dapat juga disebut sebagai bahan pengisi (*filler*) yang digunakan dalam pembuatan komposit. Penguat yang sering digunakan dalam pembuatan komposit antara lain serat E-Glass, boron, karbon dan lain sebagainya. Bisa juga dari serat alam antara lain serat kenaf, jute, rami, ijuk dan lain sebagainya *fiber glass*.

## 2.2. Jenis-jenis Material Komposit

Secara garis besar ada 3 macam jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakannya (Mallick, 2007), yaitu:

### 2.2.1 Komposit Serat

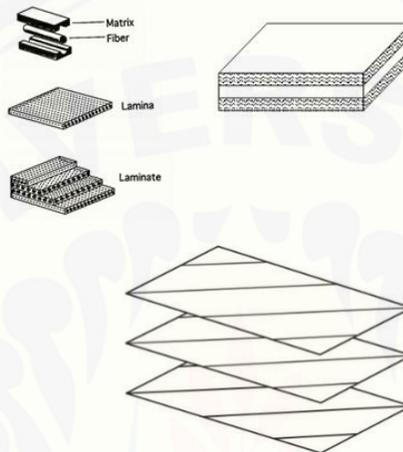
Merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat. Fiber yang digunakan berupa *fiber glass*, *carbon fiber*, *aramid fiber (polyaramide)*, dan sebagainya. *Fiber* ini disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman, seperti pada Gambar 2.1 sebagai berikut.



Gambar 2.1 Komposit Serat (Mallick, 2007)

### 2.2.2 Komposit Laminat

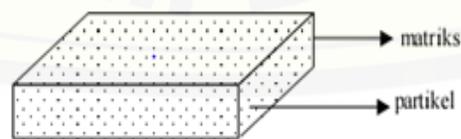
Merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri. Dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 *Unidirection Laminate* ( Mallick, 2007)

### 2.2.3 Komposit Partikel (*Particulate Composite*)

Merupakan jenis komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriknya. Distribusi partikel dalam matrik secara acak dan merata. Partikel ini berbentuk bulat, kubik, tetragonal atau bahkan berbentuk yang tidak beraturan secara acak. akan tetapi, rata-rata partikel berdimensi sama. Bahan komposit partikel umumnya digunakan sebagai pengisi dan penguat bahan komposit keramik (*Ceramic Matrix Composite*). Komposit berpenguat partikel dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Komposit Patikel (Mallick, 2007)

Bahan komposit partikel pada umumnya lebih lemah daripada bahan komposit serat. Bahan komposit partikel mempunyai keunggulan seperti, ketahanan terhadap aus, tidak mudah retak dan mempunyai daya pengikat dengan matrik yang baik.

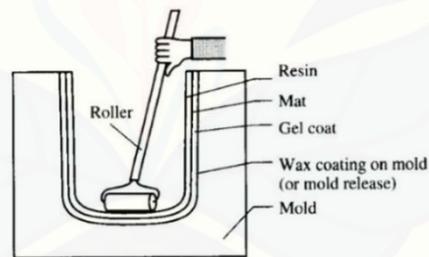
### 2.3. Metode Pembuatan Komposit

Secara garis besar metoda pembuatan material komposit terdiri dari dua cara yaitu proses cetakan terbuka (*open-mold process*) dan proses cetakan tertutup (*closed-mold process*).

#### 2.3.1 Hand Lay Up

*Hand lay up* adalah metode yang paling sederhana untuk pembuatan komposit. Dimana prosesnya dimana cetakan disiapkan kemudian resin dan katalis dicampurkan kemudian dituang kemudian diratakan dengan menggunakan *roller* atau bisa juga dengan tuas.

Pada metode *hand lay up*, resin yang paling banyak digunakan adalah *polyester* dan *epoxy*. Proses *hand lay up* dapat kita lihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Metode *Hand Lay Up* (Gibson, 2012).

Aplikasi dari pembuatan produk komposit menggunakan *hand lay up* ini biasanya digunakan pada material atau komponen yang sangat besar, seperti pembuatan kapal, bodi kendaraan, bilah turbin angin, bak mandi, dan perahu.

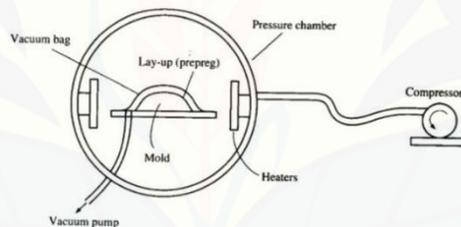
#### 2.3.2 Metode *Vacuum Molding*

Pada proses ini mirip dengan *vacuum bag* akan tetapi penutup cetakan *vacuum bag* menggunakan karet plastik tertentu, sedangkan *vacuum molding* sendiri tergantung cetakan yang akan dipakai, misalnya memakai kaca atau plastik. *Vacuum molding* yaitu dimana resin dialirkan menggunakan pompa *vacuum* menuju cetakan sedangkan

spesimennya mengikuti cetakan yang telah dibuat. Dengan bantuan mesin *vacuum* ini dapat meminimalisir *void* (udara yang terjebak) yang terjadi pada spesimen.

### 2.3.3 *Vacuum Bag*

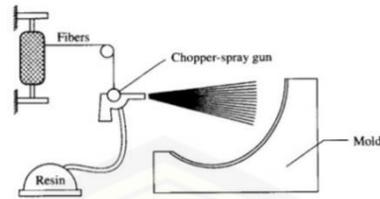
Pada proses ini digunakan pompa *vacuum* untuk menghisap udara yang ada dalam wadah tempat diletakkannya komposit yang akan dicetak. Dengan divakumnya udara dalam wadah, maka udara yang ada diluar penutup plastik akan menekan kearah dalam. Hal ini akan menyebabkan udara yang terperangkap dalam spesimen komposit akan dapat diminimalkan. Apabila dibandingkan dengan *hand lay up*, metode ini memberikan penguatan konsentrasi yang lebih tinggi, *adhensi* lebih baik pada antar lapisan, dan kontrol lebih baik pada resin atau rasio kaca. Aplikasi dari metode ini adalah pembuatan kapal pesiar, komponen mobil balap dan perahu. Hal tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Metode *Vacuum Bag* (Gibson, 2012).

### 2.3.4 *Spray Up*

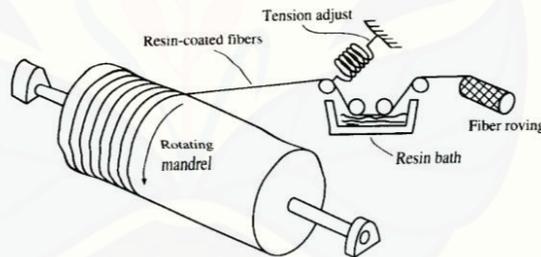
*Spray-up* merupakan Proses *spray-up* dilakukan dengan cara penyemprotan serat (*fiber*) yang telah melewati tempat pemotongan. Sementara resin yang telah dicampur dengan katalis juga disemprotkan secara bersamaan pada wadah tempat pencetakan *spray up* yang telah disiapkan sebelumnya. Setelah itu proses selanjutnya adalah dengan membiarkannya mengeras pada kondisi atmosfer standar. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Metode *Spray Up* (Gibson, 2012).

### 2.3.5 *Filament Winding*

*Fiber tipe chopped strand mat* atau bisa juga serat diganti dengan menggunakan benang katun, kemudian 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 *thermosetting* yang biasa digunakan pada proses ini adalah *polyester*, *vinil ester*, *epoxies*, dan fenolat. Adapun metode *filament winding* ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Metode *Filament Winding* (Gibson, 2012)

## 2.4. **Resin Unsaturated Polyester.**

Resin *unsaturated polyester* merupakan matrik *thermosetting* yang paling banyak digunakan dalam pembuatan komposit GFRP (*Glass Fiber Reinforced Plastic*) karena dapat digunakan untuk pembuatan komposit dengan metode *hand lay up* hingga metode yang lebih kompleks seperti *filament winding*, *resin injection molding*, maupun *resin transfer molding*. Berikut karakteristik *unsaturated polyester* Eterset 2504 APT. Adapun Gambar 2.8.

Gambar 2.8 Resin *Unsaturated Polyester Eterset 2504*Tabel 2.1 Resin *Unsaturated Polyester ETERSET 2504 APT (ETERNAL CHEMICAL CO., LTD).*

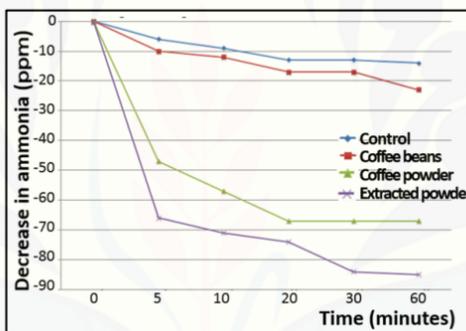
<b>Resin <i>Unsaturated Polyester Eterset 2504</i></b>		
<b>Sifat</b>	<b>Nilai Satuan dalam</b>	<b>Nilai dalam Satuan US</b>
	<b>Matrik</b>	
Densitas	1,12x10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup>	70 lb/ft <sup>3</sup>
Modulus Elastisitas	3,4 Gpa	493 Ksi
Kekuatan Tarik	60 Gpa	870 Psi
Penguluran	2 %	2 %
Kekuatan Lendut	113 Mpa	16400 Psi
Ekspansi Termal	31 x 10 <sup>-6</sup> °C	17 x 10 <sup>-6</sup> in/(in.hr)
Konduktivitas Termal	0,17 W/(m.K)	1,18 BTU.in/(hr.ft <sup>2</sup> .°F)
Temperatur Kerja	170 °C	325 °F
Maksimum		

## 2.5 Limbah kopi

Kopi merupakan salah satu minuman yang populer di dunia. Ditahun 2014 saja produksi biji kopi sudah mencapai 9 *Billion* kilogram. Sedangkan daerah sekitar kabupaten Jember merupakan ladang produksi kopi contohnya saja pada kecamatan

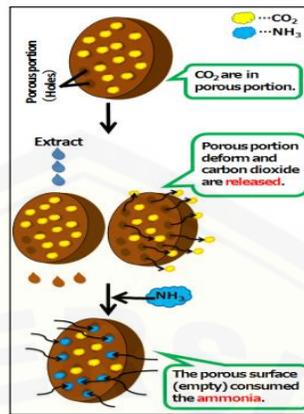
Silo, Ijen dan Sumberbaru. Pusat penelitian kopi juga ada dikota Jember dan di kecamatan Jenggawah. Hal tersebut mengindikasikan bahwasannya kopi merupakan komoditi besar didaerah Jember dan limbah kopi, bekas seduhan kopi yang dikenal sebagai SCG (*Spent Coffee Ground*) akan banyak dihasilkan.

Kopi sendiri selain dijadikan minuman, biji kopi juga diidentifikasi mempunyai efek penyerapan bau, dan ditempatkan dibanyak tempat untuk mengeliminasi bau busuk. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Oiwa dan Okuzawa, 2015). Mereka meneliti bagaimana efek biji kopi, bubuk kopi dan bubuk kopi yang sudah diekstrak terhadap penyerapan bau dari amonia selama 60 menit. Berikut pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Perubahan kandungan gas amonia yang diserap terhadap waktu (Oiwa & Okuzawa, 2015)

Terlihat pada gambar 2.9 bahwa bubuk kopi yang sudah dicampur dengan air pada suhu 100 °C disini dinamakan *extracted powder* mempunyai penyerapan yang paling bagus terhadap gas amonia yaitu sebesar 85 ppm sedangkan bubuk kopi atau *coffee powder* dan biji kopi *coffee bean* dapat menyerap bau 67 dan 23 ppm. Selanjutnya pada Gambar 2.10 mekanisme penyerapan bau.

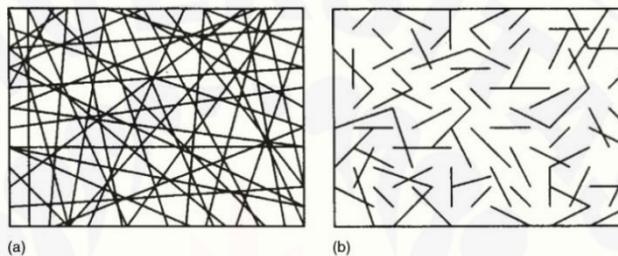


Gambar 2.10 Mekanisme Penyerapan Gas Amonia (Oiwa & Okuzawa, 2015).

Pada Gambar 2.10 terlihat biji kopi yang mengandung karbondioksida dapat dikeluarkan ketika dipanggang (*roasted*), penggilingan dan proses ketika mendidihkan dengan air. Hal ini menjadikan material menjadi lebih berlubang atau *porous* yang mengakibatkan luasan permukaan dari bubuk kopi menjadi lebih besar. Zat amonia tersebut menempati bagian dari kopi yang kosong dan berlubang atau *porous*. Dengan demikian penyerapan gas amonia yang berbau busuk dapat berlangsung karena adanya biji kopi, bubuk kopi maupun bubuk kopi yang sudah diekstrak (limbah kopi) (Oiwa & Okuzawa, 2015). Kopi merupakan salah satu produk pertanian yang paling melimpah, serta salah satu minuman yang paling banyak dikonsumsi di dunia. Sekitar enam juta ton residu keras yang dikenal sebagai limbah kopi. Selain itu perkembangan selanjutnya kopi dapat menjadi produk berharga seperti enzim, asam organik, bahan bakar, etanol, pewarna, kompos, dan senyawa fenolik antioksidan (Kyung, W., dkk) dan (Mari, V., dkk, 2014). Limbah kopi mengandung sejumlah besar senyawa organik yaitu, polifenol, lignin, selulosa, hemiselulosa, dan polisakarida lainnya. Selain itu limbah kopi mempunyai manfaat salah satunya dapat menetralkan bau (Tilahun, A., Dkk., 2016).

## 2.6 *Fiber glass*

Serat gelas (*fiber glass*) biasanya digunakan sebagai penguat komposit matrik jenis polimer, serat gelas sangat umum digunakan dalam industri karena bahan baku yang sangat banyak tersedia. Komposisi *fiber glass* mengandung silika yang berguna memberikan kekerasan, fleksibilitas dan kekakuan. Serat gelas juga bahan yang tahan api atau tidak mudah terbakar. Adapun contoh *fiber glass* dengan tipe Random ditunjukkan pada Gambar 2.11 sebagai berikut :



Gambar 2.11 (a) *Continuoud Fiber Mat (CFM)* dan (b) *Chopped Strand Mat (CSM)*  
(Mallick,2007)

Adapun penelitian bahwa serat *fiber glass* untuk variasi lamina pada 2 lamina *fiber glass* 1 lamina jute didapatkan uji tarik 56,68 Mpa dan uji bending 28,81 Mpa (Braga R.A, 2015). Maka fungsi dari *fiber glass* memang benar sebagai penguat dari komposit.

## 2.7 Uji Mekanik Komposit

Sifat mekanik bahan adalah hubungan antara respon atau deformasi bahan terhadap beban yang bekerja. Sifat mekanik berkaitan dengan kekuatan, kekerasan keuletan, dan kekakuan. Dalam penelitian ini, sampel akan diuji dengan pengujian tarik, bending, geser dan seberapa besar limbah kopi menyerap bau terhadap variasi lamina. Adapun semua pengujian memiliki ASTM (*American Society For Testing and Material*) yaitu standart pengujian untuk sebuah material.

### 2.7.1 Pengujian Tarik

ASTM D3039 merupakan standard pengujian sifat tarik pada komposit bermatrik polimer. Material komposit terbatas pada serat kontinyu maupun serat diskontinyu dengan *laminat* yang seimbang dan simetris. Metode pengujiannya dengan menggunakan sebuah *flat strip* tipis yang berbentuk persegi panjang dengan penampang dipasang pegangan dan beban yang tetap. Kekuatan *ultimate* material dapat ditentukan dari beban maksimum dilakukan sebelum kegagalan. Metode pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan kekuatan tarik tertinggi menurut (ASTM D3039).

Uji tarik adalah salah satu uji *stress-strain* mekanik yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik, dimana bahan uji akan ditarik sampai putus. Pengujian tarik dilakukan untuk mencari tegangan dan regangan (*stress-strain* test). Dari pengujian tarik dapat diketahui beberapa sifat mekanik material yang sangat dibutuhkan dalam desain rekayasa. Hasil dari pengujian ini adalah grafik beban dengan perpanjangan atau elongasi. Adapun Tabel 2.2 sebagai berikut.

Tabel 2.2 Geometry Spesiment ASTM D3039

Orientasi Fiber	Lebar mm (in)	Panjang Keseluruhan mm(in)	Tebal mm (in)	Panjang Tab mm (in)	Tebal Tab mm (in)	Sudut Kemiringan Tab (°)
Unidirectio	15 (0,5)	250 (10,0)	1 (0,040)	56 (2,25)	1,5 (0,062)	7 or 90
Unidirectio	25 (1,0)	175 (7,0)	2 (0,080)	25 (1,0)	1,5 (0,062)	90
Balanved and Symetric	25 (1,0)	250 (10,0)	2,5 (0,100)	emery cloth	—	—
Random - Discontinuo us	25 (1,0)	250 (10,0)	2,5 (0,100)	emery cloth	—	—

Ilmu kekuatan bahan adalah kumpulan pengetahuan yang membahas hubungan antara gaya intern, deformasi, dan beban luar. Tegangan (*stress*) adalah beban dibagi luas penampang bahan sedangkan regangan (*strain*) :

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

$\sigma$  = Tegangan tarik (MPa)

F = Beban yang diberikan dalam arah tegak lurus pada penampang spesimen (N).

A = Luas penampang spesimen sebelum diberikan pembebanan (mm<sup>2</sup>).

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

$\epsilon$  = Regangan tarik (Mpa)

$\Delta L$  = Pertambahan Panjang (mm)

L = Panjang Awal (mm)

Hubungan antara *stress* dan *strain* dapat dirumuskan :

$$E = \sigma / \epsilon \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

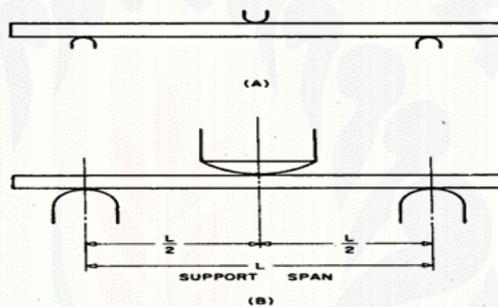
E = Modulus Elastisitas (Gpa)

$\sigma$  = Tegangan (Mpa)

$\epsilon$  = Regangan (Mpa)

2.7.2 Pengujian *Bending*

ASTM D790 merupakan metode untuk menentukan sifat bending dari plastik dengan penguat maupun tanpa penguat. Sebuah balok dengan penampang persegi panjang ditempatkan pada 2 buah penyangga (*support span*) dan diberi beban tepat ditengah tengah. Terlihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Pengujian *Bending* ASTM D790

- a. Maksimum jari-jari yang dipakai 3,2 mm b. Pada penyangga, radius penyangga 1,6 x tebal spesimen, maximum jari-jari beban 4x tebal spesimen.

Pada pengujian material dengan tebal 1,6 mm atau lebih besar. Jarak antar penyangga (*support span*) seharusnya  $16 \pm 1$  kali tebal spesimen. Lebar spesimen tidak boleh lebih besar dari satu perempat untuk spesimen dengan tebal lebih dari 3,2 mm. Spesimen harus cukup lama untuk memungkinkan tetap menggantung sampai akhir sehingga diberi tambahan 10 % pada masing-masing ujung.

Proses perhitungan kekuatan bending.

$$\sigma = \frac{3 PL}{2 bd^2} \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan :

$\sigma$  = Tegangan bending (MPa)

P = Beban (N)

L = jarak antar penyangga (*support span*) (mm)

b = Lebar dari spesimen (mm)

d = tebal (mm)

Sedangkan perhitungan untuk regangan *bending*.

$$\epsilon_f = \frac{6Dd}{L^2} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

$\epsilon_f$  = regangan *bending* (mm/mm)

D = maksimum defleksi (mm)

L = jarak antar penyanggah (*support span*) (mm)

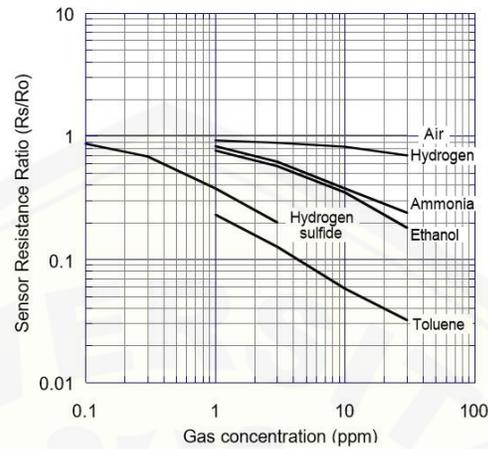
d = tebal spesimen (mm)

### 2.7.3 Pengujian Bau

Pengujian bau merupakan pengujian untuk mengetahui seberapa besar spesimen dapat menyerap bau, dimana pengukurannya menggunakan sebuah sensor yang dimasukkan ke dalam spesimen guna mengetahui perubahan bau yang terjadi pada spesimen. Sensor yang digunakan adalah sensor gas dimana sebuah alat untuk membaca keberadaan bermacam jenis gas dalam suatu tempat, misalnya karbon monoksida, hidrokarbon, nitroksida dan lain-lain.

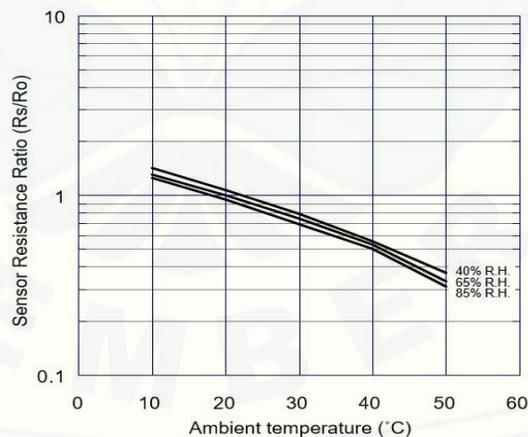
Sensor adalah sesuatu yang digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan lingkungan atau kimia. Sensor gas adalah alat yang dapat menghasilkan sinyal listrik sebagai fungsi interaksinya dengan senyawa kimia, dalam hal ini gas atau uap senyawa organik. Sensor yang digunakan yaitu TGS 2602 yang memiliki tingkat sensitivitas dan selektifitas yang baik pada kontaminasi udara terhadap gas di luar ruang seperti amonia dan gas hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S).

Adapun karakteristik sensitivitas sensor TGS 2602 untuk beberapa jenis gas diperlihatkan pada Gambar 2.13 berikut.

**Sensitivity Characteristics:**

Gambar 2.13 Rasio Hambatan Sensor TGS 2602 dengan Konsentrasi Gas (FIGARO USA, INC).

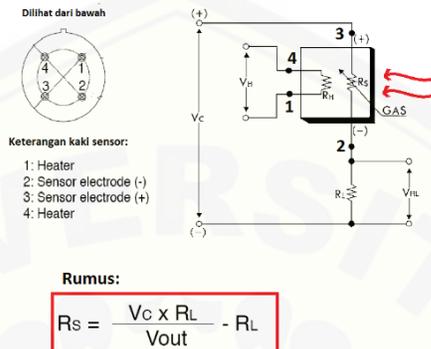
Pada sumbu y merupakan perbandingan resistansi sensor, dimana  $R_s$  merupakan sensor yang ditampilkan gas pada konsentrasi berbeda dan  $R_0$  merupakan resistansi sensor pada udara bersih. Berikut adalah Gambar 2.14 menunjukkan Ketergantungan Suhu dan Kelembapan pada sensor TGS 2602.

**Temperature/Humidity Dependency:**

Gambar 2.14 Ketergantungan Suhu dan Kelembapan pada Sensor TGS 2602 (FIGARO USA, INC).

Sumbu y merupakan perbandingan resistansi sensor, dimana  $R_s$  merupakan resistansi sensor di udara bersih pada suhu/kelembapan berbeda, dan  $R_0$  merupakan

resistansi sensor di udara bersih pada 20<sup>0</sup>C dan 65% RH. Berikut rangkaian sensor ditunjukkan Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Rangkaian Sensor TGS 2602

Keterangan :

- $R_s$  : Resistansi Sensor (Ohm)  
 $R_L$  : Resistansi Beban (Ohm)  
 $V_c$  : Rangkaian Tegangan (Volt)  
 $V_{out}$  : Tegangan keluar (Volt)

#### 2.7.4 Pengujian Makro

Pengujian makro merupakan pengujian untuk melihat permukaan yang terjadi setelah pengujian sifat mekanik, selain itu juga melihat letak patahan yang terjadi setelah pengujian. Biasanya diamati dengan media foto, peralatan yang digunakan adalah kamera SLR, kamera *handphone*, kamera digital, dll.

#### 2.7.5 Pengujian Mikro

Pengujian mikro merupakan pengujian untuk melihat struktur mikro dari suatu material, misalnya adanya void didalam spesimen, mengetahui perbedaan antara partikel, serat dan matrik, mengetahui kegagalan terjadinya delaminasi, *breakage*, dan *fiber pull-out* pada spesimen. Peralatan yang digunakan adalah digital mikroskopportabel.

## **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1. Metode Penelitian**

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental merupakan suatu metode yang digunakan untuk menguji bagaimana pengaruh variasi lamina terhadap kekuatan dan dapat mengurangi polusi bau.

### **3.2. Tempat dan Waktu Penelitian**

Proses studi literatur, perencanaan, dan pengerjaan penelitian dilakukan di Laboratorium Terapan Teknik Mesin Universitas Jember, sedangkan proses karakterisasi sifat mekanik bending dan tarik dilaksanakan dilaboratorium Uji Bahan Teknik Mesin Universitas Jember dengan waktu pengerjaan pada bulan Desember 2016 sampai November 2017.

### 3.3. Alat dan Bahan

Alat dan Bahan yang digunakan selama proses pengerjaan pada Tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1 Alat dan Bahan yang digunakan

Alat	Bahan
1. Mesin Bor	Limbah Kopi
1. Mesin Gerinda Duduk	<i>Unsaturated Polyester</i>
2. Kompor Listrik	<i>Wax, Mold Release</i>
3. Universitas Testing Machine	Plastisin
4. Kaca	Hardener
5. Jangka Sorong	Sensor TGS 2602
6. Neraca Digital	
7. Plastik Foto	
8. Double Tip	
9. Selang	
10. Oven	
11. Ayakan Mesh	
12. Cutter	
13. Glue Gun	
14. Mesin Vacuum	
15. Sensor Tekanan	
16. Pemotong Kaca	
17. Lem Besi	
18. Hit Gun	
19. Thermokopel	
20. Gunting	
21. Kran	
22. Tire Valve	

### 3.4. Prosedur Penelitian

#### 3.4.1 Langkah – langkah perlakuan limbah kopi

Proses perlakuan dari limbah kopi melalui beberapa tahapan antara lain:

1. Kopi bekas di saring dipisahkan bagian cair. Setelah itu di keringkan dengan suhu 80°C selama 4 - 5 jam.
2. Limbah kopi di hancurkan menggunakan grinder dan di ayak menggunakan mesh 80.

#### 3.4.2 Langkah – Langkah pemotongan *fiber glass*

1. Fiberglass diukur menggunakan penggaris sesuai cetakan.
2. Kemudian *fiber glass* siap untuk di potong menggunakan gunting.

#### 3.4.3 Proses pembuatan komposit

Proses pembuatan limbah kopi dengan metode hand lay-up :

1. Siapkan kaca sesuai cetakan yang akan dibuat
2. Kemudian olesi kaca menggunakan *wax release* supaya resin mudah dilepas dari kaca
3. Kemudian limbah kopi oven terlebih dahulu sebelum digunakan
4. Fraksi volume yang digunakan adalah 60% resin *unsaturated polyester* dan 40% limbah kopi
5. Setelah dioven timbang sesuai dengan volume cetakan yang sudah dihitung
6. Siapkan resin sesuai dengan volume cetakan
7. Lalu campurkan kedua kemudian beri katalis sesuai perhitungan
8. Kemudian tuangkan pada kaca yang sudah diolesi *wax release*
9. Kemudian atas di tutup dengan kaca kemudian dijepit dengan memakai *C-clamp* supaya kaca dapat menekan dengan sempurna.
10. Hasil yang diharapkan supaya komposit limbah kopi menjadi lebih tipis
11. Kemudian lepas setelah kering

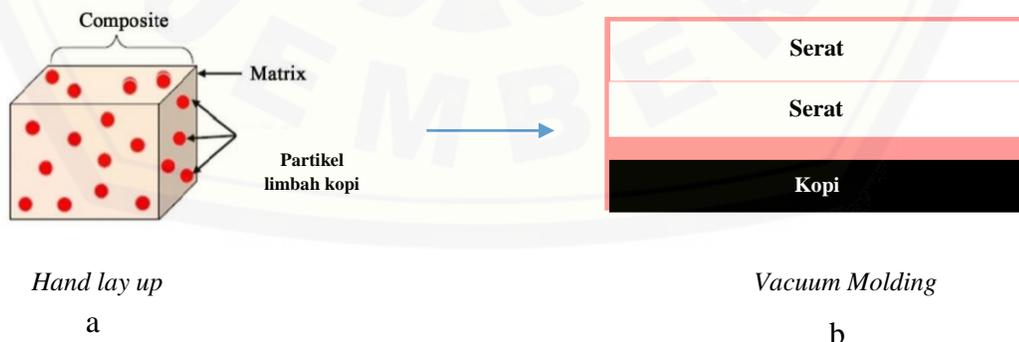
Pembuatan komposit menggunakan limbah kopi dengan metode *vacuum molding* :

1. Buat dasaran terlebih dahulu untuk meletakkan plastik diatasnya, disini saya menggunakan kaca sebagai dasaran.
2. Kemudian cetakan diberi plastik astralon pada bawah sendiri supaya pada saat pembukaan mudah.
3. Lalu letakkan komposit limbah kopi yang sudah jadi diatas plastik astralon,
4. Kemudian *fiber glass* diletakkan diatas komposit limbah kopi sesuai dengan variasi lamina 1,2,3,4.

5. Setelah itu tutup dengan menggunakan plastik astralon dengan cara ditekan dan diperlahan-perlahan didorong supaya tebal mengikuti serat yang didalam.
6. Selanjutnya pinggiran diberi lem tembak (*hand gun*) supaya tidak bocor pada saat proses.
7. Kemudian beri selang inlet dan selang outlet untuk mengalirkan adonan
8. Kemudian beri malam untuk berjaga-jaga supaya tidak terjadi kebocoran
9. Cek kebocoran pada cetakan, apabila sudah lanjutkan ke proses selanjutnya
10. Siapkan resin 100% sesuai volume cetakan komposit dan beri katalis 1% dari volume katalis.
11. Kemudian atur tekanan yang digunakan, lalu hidupkan mesin *vacuum*
12. Setelah selesai kemudian matikan mesin *vacuum*, lalu spesimen dibiarkan mengering pada suhu lingkungan sampai mengering.
13. Kemudian komposit dilepaskan dari cetakan.
14. Selanjutnya komposit dipotong dengan gerinda duduk untuk mendapatkan ukuran yang presisi sesuai ASTM (*American Society for Testing and Material*).

### 3.5 Susunan Komposit Limbah Kopi dengan Variasi Penambahan Serat.

Cetakan spesimen dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Cetakan Spesimen dengan Variasi 2 Lamina dan komposit limbah kopi sebagai berikut : a) *Hand lay up*, b) *vacuum molding*

Pada gambar 3.1 adalah contoh gambar susunan yang saya gunakan untuk membuat komposit. Jadi limbah kopi dibuat terlebih dahulu dengan metode *hand lay up*, lalu setelah komposit limbah kopi sudah jadi, maka limbah kopi diletakkan dibawah sendiri, kemudian setelah itu serat diletakkan diatasnya kemudian ditutup dengan plastik astralon, kemudian di proses menggunakan *vacuum molding*.

### 3.6 Tabel Data Hasil

Tabel 3.2 Tabel Variasi data dan Pengambilan data

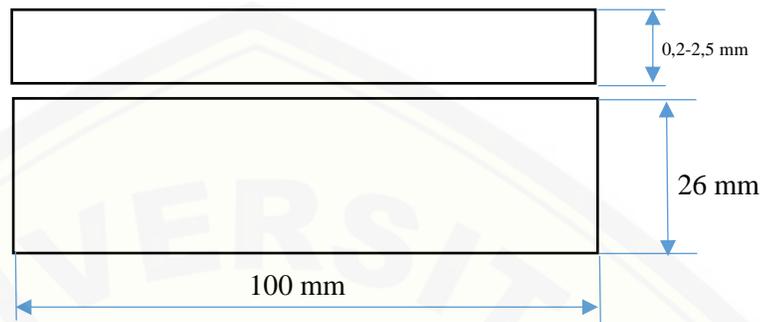
No	Variasi	Jumlah Lamina	Hasil Uji Tarik (MPa)	Hasil Uji Bending (MPa)
1.	Matrik + Serat E-Glass (CSM)	Lamina 0	48,00	55,75
		Lamina 1	118,92	185,36
		Lamina 2	96,5	264,02
		Lamina 3	75,95	373,08
		Lamina 4	62,26	537,34
2.	Matrik + Serat E-Glass (CSM) + Limbah kopi	Lamina 0	7	47,1
		Lamina 1	60,37	137,52
		Lamina 2	58,97	246,17
		Lamina 3	54,06	249,43
		Lamina 4	49,03	175,68

### 3.7 Langkah-langkah Pengujian Sampel

#### 3.7.1 Pengujian Tarik

Pengujian yang saya lakukan disini saya menggunakan mesin uji tarik *UNIVERSAL TESTING MACHINE* 30 TON yang ada pada Lab. Uji Bahan. Spesimen diposisikan tegak lurus dan dijepit pada kedua ujungnya. Kemudian diberi awalan tegangan serta diatur parameter mesin sebelum memulai proses penarikan. Spesimen di uji tarik dan diamati hingga spesimen putus. Setelah itu didapatkan data terkait

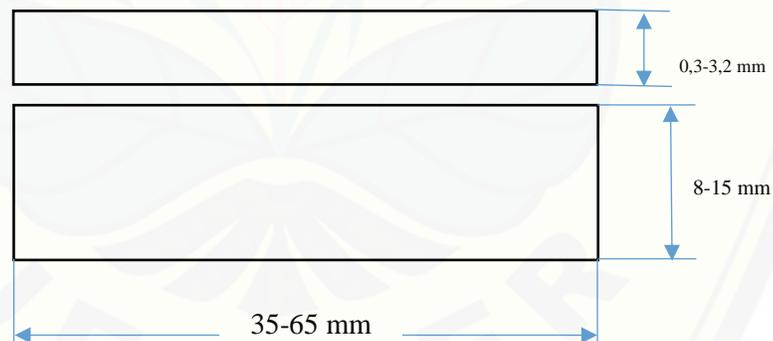
pengujian yaitu tegangan maksimum dan regangan yang diperoleh. Adapun dimensi spesimen yang akan diuji menurut ASTM D 3039 seperti Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Dimensi Spesimen Pengujian Tarik

### 3.7.2 Pengujian Bending

Pengujian ini dilakukan dengan mesin uji tekuk dimana spesimen diletakkan diantara penyangga kemudian diberikan gaya sampai spesimen terputus. Setelah itu didapatkan hasil pengujian data yang telah diuji. Adapun dimensi yang akan di uji menurut ASTM D 790 seperti Gambar 3.3.



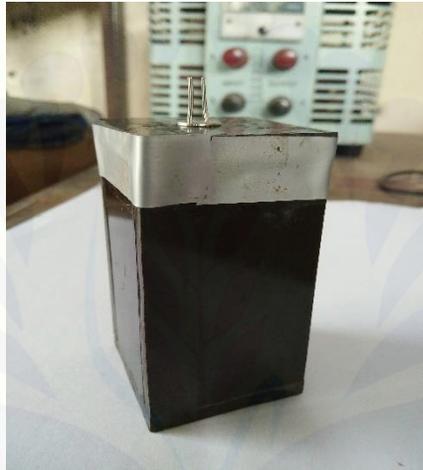
Gambar 3.3 Dimensi Spesimen Pengujian Bending

### 3.7.3 Pengujian Bau dengan Sensor TGS 2602

Pengujian bau merupakan pengujian untuk mengetahui seberapa besar spesimen dapat menyerap bau, dimana pengukurannya menggunakan sebuah sensor yang dimasukkan kedalam spesimen guna mengetahui perubahan bau yang terjadi pada spesimen. Sensor yang digunakan adalah membaca keberadaan bermacam-

macam jenis gas dalam suatu tempat, misalnya karbon monoksida, hidrokarbon, nitroksida dan lain-lain.

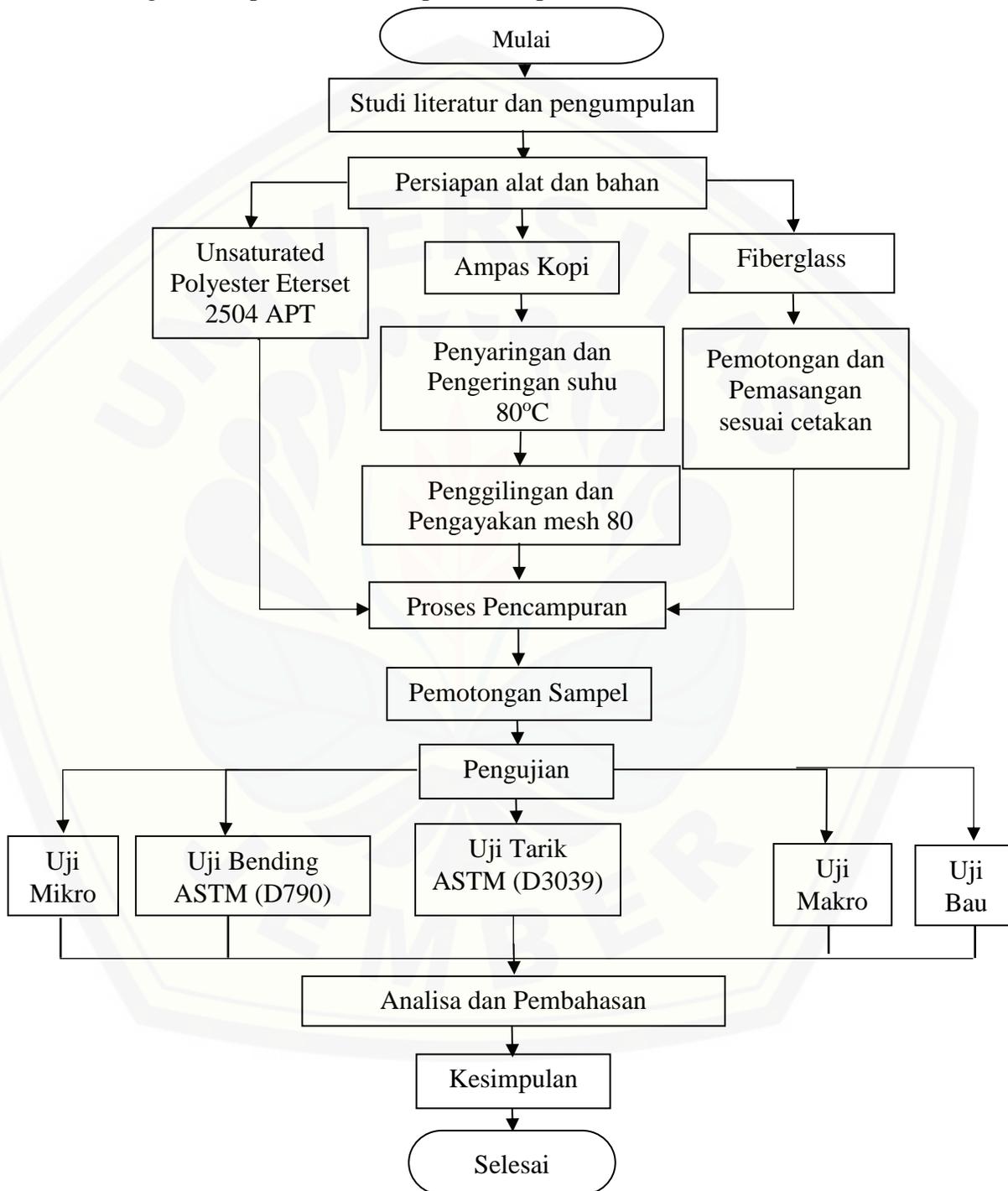
Sensor adalah sesuatu yang digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan lingkungan atau kimia. Cara kerja sensor gas yaitu dimana sensor dimasukkan kedalam suatu tempat atau spesimen kemudian diberi gas didalam tersebut supaya dapat dibaca oleh sensor gas. Sensor yang digunakan adalah sensor TGS 2602. Ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Dimensi Spesimen Pengujian Bau

### 3.8 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Diagram Alir

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Didapatkan hasil pengujian tarik tertinggi tanpa partikel limbah kopi sebesar 118,92 MPa, kemudian untuk pengujian bending tertinggi tanpa partikel limbah kopi didapatkan 537,34 MPa.
2. Semakin bertambahnya jumlah serat maka pembasahan semakin susah sehingga mengakibatkan penurunan kekuatan untuk pengujian tarik, akan tetapi berbeda dengan pengujian bending yang masih meningkat, hal tersebut didukung dengan pengujian morfologi.
3. Untuk pengujian bau didapatkan penyerapan bau yang tertinggi yaitu pada mesh 30 dengan persentasi 8,33% kemudian penyerapan bau terkecil pada mesh 70 sebesar 2,3 %.

### 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah:

Ketika komposit limbah kopi digunakan lagi sebaiknya awal-awal sudah menentukan limbah kopi yang dibutuhkan seberapa banyak dan tempat-tempat mana saja yang dituju untuk pengumpulan limbah kopi, supaya pengumpulan limbah kopi dapat dicapai dengan baik, karena pengumpulan limbah kopi cukup sulit.

Penelitian tentang limbah kopi perlu dikembangkan mengingat penelitian limbah kopi untuk komposit yang masih sangat sedikit dan ditambah ciri khas dari sifat limbah kopi sendiri yaitu dapat mengurangi polusi bau.

**DAFTAR PUSTAKA**

- A. Atiqah, M. M. (2013). *Development of kenaf-glass reinforcement unsaturated polyester hybrid composite for structural applications.*
- A.H.M Fazle, M. M. (2014). *Study on the Mecchanical Properties of Glas Fiber Reinforcement Polyester Composites.*
- Abdullah, E. T. (2013). *A study of Bending Properties of Unsaturated Polyester/Glass Fiber Reinforcement Composites.* 129-132.
- Adane Tilahun, B. S. (2016). *Spent Coffee Ground Mengandung Sejumlah Besar Senyawa Organik (Polifenol, Lignin, Selulosa, Hemiselulosa, dan Polisakarida dan lainnya) yang dapat dimanfaatkan Sebagai Sumber Nilai Tambah Produk.*
- Ahmad Shofianto, I. S. (2017). *Pengaruh Lamina Fiberglass Terhadap Cacat Void Komposit Montmorillonite dengan Metode Vacuum Molding.*
- Al-Ibadi, A. A. (2016). *Investigation On Mechanical Properties Of Saturated Polyester Reinforcement by Nanoclay and Different Glass Fibers COMposites.* Thomson Reuters.
- Badawy, A. A. (2012). *Impact behavior of glass fibers reinforcement composite laminates at different temperatures.* 105-111.
- Braga, R. (2015). *Analysis Of The Mechanical and Thermal Properties Of Jute and Glass Fiberglass as Reinforcement Epoxy Hybrid Composites.*
- Cesim Atas, Y. A. (2011). *An experimental investigation on the low velocity impact response of composite plates repaired by VARIM and hand lay-up processes.*
- Changduk Kong, H. P. (2014). *Department of Aerospace Engineering, Chosun University. Study on structural design and analysis of flax natural fiber composite.*
- Daniel Garcia-Garcia, A. C.-S. (2015). *Reducing The Water Uptake Of Enviromentally Friendly Polypropylene Composite.*
- Ercann Sevkata, M. B. (2011). *The Bearing Strength of pin Loaded Woven COMposites Manufactured by Vacuum Assisted Resin Transfer Molding and Hand Lay-Up.*
- G.gupta, A. G. (2016). *Mechanical behavior of glass fiber polyester hybrid composite filled with natural fillers. Materials Science and Engineering*149.
- Gibson, R. F. (2012). *Principles Of Composite Material Mechanics: Taylor & Francis Group.*
- Haryati, N. (2008). *Kontribusi Komoditas Kopi Terhadap Perekonomian Wilayah Kabupaten Jember.*
- Jie Feng, S. R. (2016). *Interactions at the interface of polymer matrix-filler particle composites.*
- K. Sabeel Ahmed, S. V. (2008). *Tensile, flexural and interlaminar shear properties of woven jute and jute-glass fabric reinforcement polyester composites,* 330-335.
- Kelen Cristina Reisa, L. P. (2015). *Materials Research. Particles of Coffee Wastes as Reinforcement in Polyhydroxybutyrate (PHB) Based Composites,* 546-552.

- Kyung-Won Jung, B. H.-J.-U.-H. (2016). *Fabrications of Granular Activated Carbons Derived From Spent Coffee Grounds by Entrapment in Calcium Alginate Beads for Absorption of Acid Orange 7 and Methylene Blue*.
- Lenka Markovicova, V. Z. (2015). *Composite Materials Based On Pa Reinforcement Glass Fibers*.
- M. B Kulkarni, H. A. (2015). *Department Polymer Engineering, Maharashtra Institute of Technology, Kothrud, Pune, 411038, India. Studies on Thermal and Mechanical Properties of Glass Fiber-Reinforcement Unsaturated Polyester/Benzoxazine Composites*.
- M. Ramesh, K. P. (2012). *Mechanical Property Evaluation of Sisal-Jute-Glass Fiber Reinforcement Polyester Composites*.
- Mallick, P. (2007). *Fiber Reinforcement Composites*. London.
- Manoj Samson R, V. T. (2016). *Development of Hybrid E-glass fibre reinforcement polymer matrix composite and study of mechanical properties. Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*.
- Maria Valderez Ponte Rocha, L. J. (2014). *Bioresource Technology. Ultrasound-Assisted Production Of Biodiesel and Ethanol From Spent Coffee Grounds*.
- N. UDDIN, S. C. (2013). *The University of Alabama at Birmingham, US. Vacuum assisted resin transfer molding (VARTM) for external strengthening of structures*.
- Naif Abdullah Al-Dhabi, K. P. (t.thn.). *Development and validation of ultrasound-assisted solid liquid extraction of phenolic compounds from waste spent coffee grounds*.
- Naziatul Fazilah binti Mohd Zalani, D. S. (2016). *Tensile Properties Of Woven Kenaf Fiber Reinforcement Polypropylene Hybrid Alumunium-Composite*. 7823-7827.
- Oiwa, Y. &. (2015). *Deodorant Effect of Coffee Beans. Seeding Innovations Through Fostering Thailand-Japan Youth Friendship.*, 1-4.
- P. Amuthakkannan, V. M. (2013). *Effect of Fiber Length and Fibre Content on Mechanical Properties of Short Basalt Fibre Reinforced Polymer Matrix Composites*. 107-117.
- R. Daulath Banu, R. V. (t.thn.). *Optimization Studies In Flame Retardant Fibre Reinforcement Plastic Composites For Roofing Application*.
- S. Belaid, S. C. (2015). *Thermal Aging effect on the Mechanical Properties of Polyester Fiberglass Composites*. 2597-2803.
- S. K. Jamal, S. A. (2016). *Mechanical Properties of hybrid woven kevaf/recycled glass fibre reinforcement polyester composites*.
- Sirichai Kankin, P. N. (2012). *Use Of Bagasse Fiber Ash As Secondary Filler In Silica or Carbon Black Filled Natural Rubber Compound*.
- Sirichai Kanking, P. N. (2012). *Materials and Design 41 . Use of bagasse fiber ash as secondary filler in silica or carbon black filled*, 74 – 82.
- Srinivas Shenoy Heckadka, S. Y. (2015). *Chopped Strand/Plain Weave E-Glass as Reinforcement in Vacuum Bagged Epoxy Composites*.

- Torabizadeh, M. A. (2013). *Tensile, compressive and shear properties of unidirectional glass/epoxy composites subjected to mechanical loading and low temperature services*. 199-309.
- V. Naga Prasad Naidu, M. A. (2011). *Tensile & Flexural properties of sisal/glass fibre reinforcement hybrid composite*.
- V.P Arthanaries waran, A. K. (2014). *Evaluation of mechanical properties of banana and sisal fiber reinforcement epoxy composites : influence of glass fiber hybridization*. Elsevier.



## Lampiran A

## Data Hasil Pengujian

1 Tabel Data Hasil Uji Tarik

no	komposit non limbah kopi	kekuatan tarik			Rata- rata (MPa)
		pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	
1	No Lamina	121,2	116,2	98,5	112
2	1	118,07	125,68	113,02	118,92
3	2	102,59	95,35	91,56	96,5
4	3	78,32	81,29	68,24	75,95
5	4	60,29	61,08	65,41	62,26

no	komposit limbah kopi	kekuatan Tarik			Rata- rata (MPa)
		pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	
1	No Lamina	7,22	7,12	6,91	7
2	1	96,46	97,46	89,37	94,10
3	2	56,56	61,09	63,46	60,37
4	3	62,61	53,52	60,78	58,97
5	4	56,57	53,62	51,98	54,06

2 Tabel Data Pengujian Bending

no	komposit non limbah kopi	kekuatan Bending			Rata- rata (MPa)
		pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	
1	No Lamina	55,58	56,88	54,8	55,75
2	1	206,99	185,125	163,97	185,36
3	2	242,41	275,27	274,38	264,02
4	3	369,30	378,38	371,55	373,08
5	4	552,14	526,16	533,71	537,34

no	komposit limbah kopi	kekuatan Bending			Rata- rata (MPa)
		Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	
1	No Lamina	47,21	46,8	47,3	47,1
2	1	139,30	146,37	122,19	137,52
3	2	243,34	246,72	248,46	246,17
4	3	261,06	238,56	248,66	249,43
5	4	177,84	178,95	170,24	175,68

3 Tabel Pengujian Bau

no	Mesh limbah kopi	Presentase Pengurangan Amonia			Rata-rata (%)
		Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	
1	30	3,4 %	10,20 %	12,30 %	8,63 %
2	40	3,8 %	7,8 %	10,14 %	7,34 %
3	50	3,2 %	6,67 %	8,26 %	6,04 %
4	60	1,2 %	0,34 %	11,97 %	4,5 %
5	70	0,31 %	0,25 %	6,44 %	2,3 %

Lampiran B

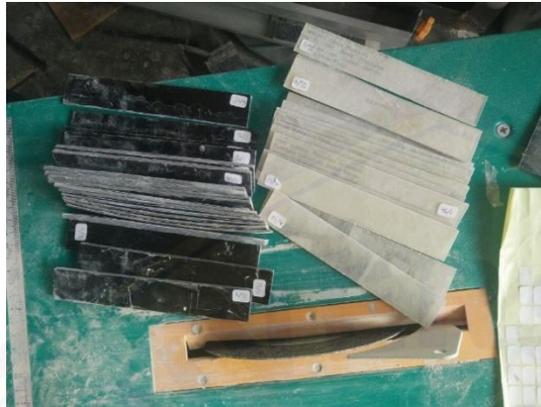


Foto spesimen



Foto pemotongan spesimen

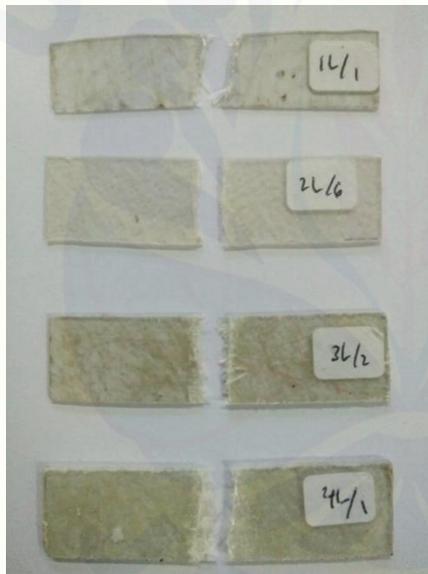


Foto spesimen uji bending  
tanpa limbah kopi

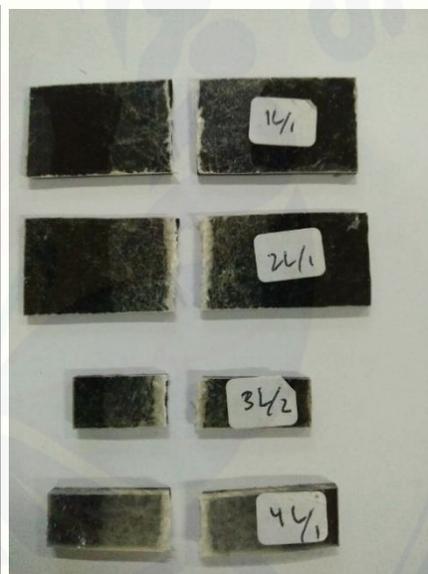


Foto spesimen uji bending  
limbah kopi

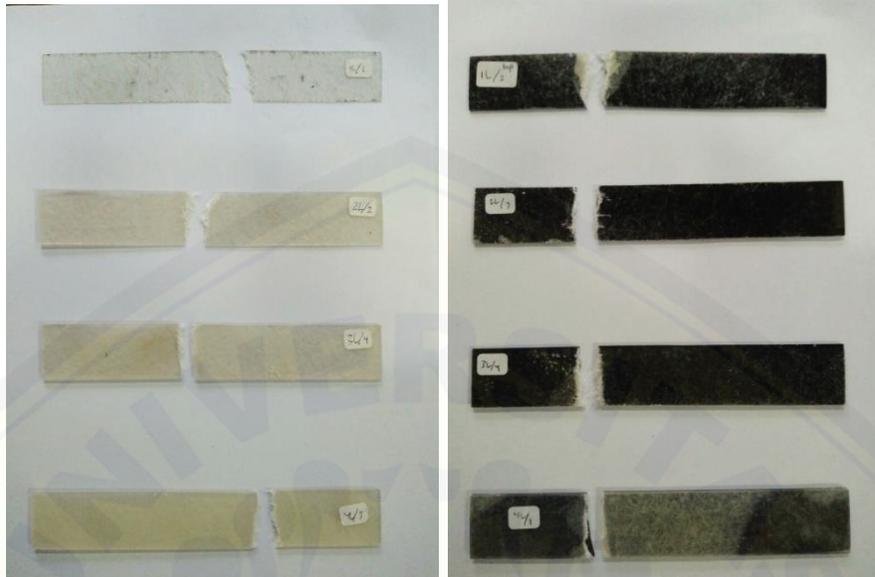


Foto spesimen uji tarik  
Tanpa limbah kopi

Foto spesimen uji tarik  
Limbah kopi



Lampiran C



Mesin *vacuum*



Resin UP



Gerinda tangan



Alat pemotong kaca



Kaca



*Hand gun*



Penggaris



*Cutter dan double tip*



Oven



Limbah kopi



Mata bor kaca  
dan bor duduk



Katalis



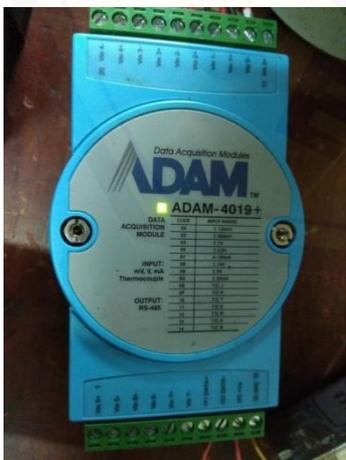
*Vacuum  
chamber*



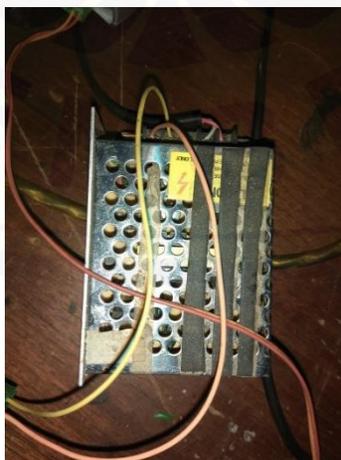
Ayakan mesh 80



Cetakan Uji Bau



ADAM



*Power Supply*



*Universal  
Testing*



Digital  
Mikroscope



Suntikan



Pencekam  
Spesimen



Proses  
Pengujian Bau



Limbah kopi



Pengovenan  
limbah kopi



Suntikan



Mold Release



Proses penghalusan disk milling



Einstein Brew



Kantin Kampus Teknik Unej



Amoniak (7 PPM)



Fiber glass



Table Saw