

**STUDI PENGARUH FORMASI *FILLER* KOMPOSIT  
BALISTIK BERBAHAN SERAT RAMI DAN SERAT  
ABAKA TERHADAP KEMAMPUAN MEREDAM  
IMPAK PROYEKTIL**

**SKRIPSI**

Oleh:

**ALIF JATI SANTOSO**

**135090301111026**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2018**



**STUDI PENGARUH FORMASI *FILLER* KOMPOSIT  
BALISTIK BERBAHAN SERAT RAMI DAN SERAT  
ABAKA TERHADAP KEMAMPUAN MEREDAM  
IMPAK PROYEKTIL**

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains dalam bidang Fisika

Oleh:

**ALIF JATI SANTOSO  
135090301111026**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2018**

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**Studi Pengaruh Formasi *Filler* Komposit Balistik Berbahan Serat Rami Dan Serat Abaka Terhadap Kemampuan Meredam Impak Proyektil**

Oleh:

**ALIF JATI SANTOSO  
135090301111026**

**Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji pada Tanggal ..... dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang Fisika**

Pembimbing I

Pembimbing II

Dra. Lailatin Nuriyah, M. Si.  
NIP. 19560617.198602.2.001

Gancang Saroja, S.Si, M.T.  
NIP. 19771118.200501.1.002

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Brawijaya**

Prof. Dr.rer.nat Muhammad Nurhuda  
NIP. 19640910199021001

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



## LEMBAR PERNYATAAN

**Saya yang bertanda tangan di bawah ini:**

**Nama** : ALIF JATI SANTOSO

**NIM** : 135090301111026

**Jurusan** : FISIKA

**Penulis Skripsi berjudul** : Studi Pengaruh Formasi *Filler* Komposit Balistik Berbahan Serat Rami Dan Serat Abaka Terhadap Kemampuan Meredam Impak Proyektil

**Dengan ini menyatakan bahwa:**

1. Isi dari Skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain. Nama-nama yang termaksud di isi dan tertulis di daftar pustaka digunakan sebagai referensi pendukung dalam skripsi ini.
2. Apabila di kemudian hari ternyata Skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

**Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.**

Malang, 02 Mei 2018

Yang menyatakan,

ALIF JATI SANTOSO  
NIM. 135090301111026

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



# STUDI PENGARUH FORMASI *FILLER* KOMPOSIT BALISTIK BERBAHAN SERAT RAMI DAN SERAT ABAKA TERHADAP KEMAMPUAN MEREDAM IMPAK PROYEKTIL

## ABSTRAK

Pembuatan komposit dengan menggunakan serat sintetis pada komposit anti peluru memiliki dampak negatif bagi lingkungan karena sulit untuk terdegradasi serta memerlukan biaya produksi yang mahal. Penggunaan serat alam berbahan dasar tanaman telah menarik minat para ilmuwan, salah satunya adalah pemanfaatan serat Rami dan serat tanaman Pisang Abaka demi mengatasi dampak negatif dari serat sintetis. Penelitian ini dilakukan pembuatan komposit bebahan serat Rami dan serat Pisang Abaka dengan tujuan untuk mengetahui potensi dari kedua serat tersebut sebagai komposit balistik tahan redaman impak proyektil pada setiap formasi *filler* yang berbeda. Formasi *filler* yang digunakan adalah formasi *filler* Acak, Lurus, Anyaman, Hybrid 1 dan Hybrid 2. Pembuatan komposit dibuat dengan cara mencampurkan *filler* yaitu serat Rami dan serat Pisang Abaka dengan matriks resin Epoksi. Metode yang digunakan adalah metode *hand lay up*. Kemudian dilakukan pengujian tarik dan uji balistik level IIA. Hasil penelitian ini menunjukkan nilai kuat tarik dan modulus elastisitas tertinggi pada formasi *filler* serat Lurus, sedangkan nilai kuat tarik dan modulus elastisitas terendah pada formasi *filler* serat Acak. Sementara itu, hasil dari uji tembak menunjukkan bahwa hasil terbaik terdapat pada formasi *filler* Hybrid 2.

**Kata kunci:** Komposit, serat rami, serat pisang abaka, formasi *filler*, uji balistik, komposit balistik.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



# STUDY THE EFFECT OF *FILLER* FORMATION IN BALLISTIC COMPOSITE USING RAMI FIBER AND ABACA FIBER ON THE ABILITY OF DAMPING PROJECTILE IMPACT

## ABSTRACT

Composites manufacture using synthetic fibers on bullet-proof composites has a negative impact on the environment because it is difficult to degrade and requires expensive production costs. The use of natural plant-based fibers has attracted the interest of scientists, one of which is the utilization of Ramie fiber and Abaca Banana plant fiber to resolve the negative impact of synthetic fibers. This research is done to make Ramie fiber bone and Abatin fiber composites with the aim to know the potential of both fibers as composite resistant ballistic damping projectile impact on each different filler formation. The filler formation used was Discontinuous fiber (Random) , Continuous Fiber, Woven Fiber, Hybrid 1 and Hybrid 2 Fiber. Preparation of composite is made by mixing the filler of Ramie fiber and Abaca Banana fiber with Epoxy resin matrix. The method used is hand lay up. Tests conducted are tensile test and ballistic test level IIA. The results of this study showed the highest tensile strength and elasticity modulus in the formation of Continuous fiber filler, while the value of tensile strength and modulus of the lowest elasticity in the formation of Discontinuous (Random) fiber filler. Meanwhile, the results of the shooting test show that the best results are in the formation of filler Hybrid 2 fiber.

**Keywords :** Composite, ramie fiber, abaca banana fiber, filler formation, ballistic test, ballistic composite.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena berkah dan rahmatnya :

1. Prof. Dr.rer.nat Muhammad Nurhuda selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya
2. Ibu Dra. Lailatin Nuriyah, M. Si selaku pembimbing pertama yang telah meluangkan waktu dan pikiran, serta memberi arahan selama penelitian ini.
3. Bapak Gancang Saroja, S.Si, M.T selaku pembimbing kedua yang telah meluangkan waktu dan pikiran, serta arahan dalam penulisan skripsi ini.
4. Ibu Dra. Lailatin Nuriyah, M. Si selaku dosen pembimbing akademik sejak semester 1 hingga semester 8 yang selalu memberikan arahan serta motivasi.
5. Seluruh Dosen, Staf dan Karyawan jurusan Fisika yang telah memberikan pendidikan dan bantuan selama di jurusan Fisika FMIPA UB.
6. Teman-teman Jurusan FISIKA angkatan 2013 khususnya keluarga Fisika 2013 yang setia memberikan semangat.

Penulis menyadari bahwa penulisan ini masih terdapat kekurangan baik dalam penyusunan, bahasa dan penyajian penjelasannya. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik dari pembaca sehingga dapat memberikan perubahan ke arah yang lebih baik. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Malang, 02 Mei 2018

Penulis



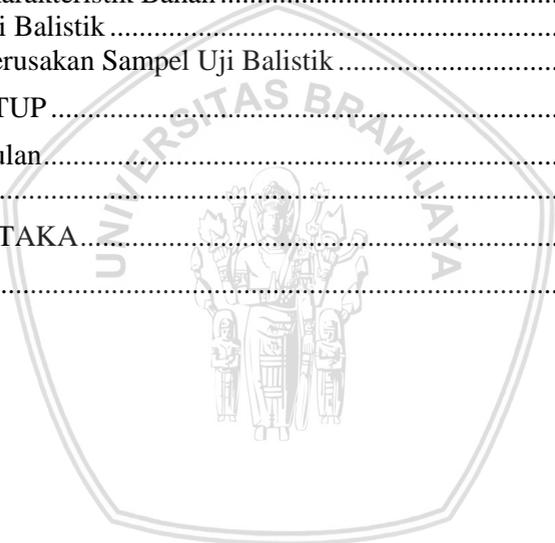
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN .....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Komposit.....	5
2.2 Komponen Penyusun Komposit.....	5
2.3 Serat Alam.....	6
2.4 Serat Rami (Boehmeria Nivea) .....	8
2.5 Serat Abaka (Musa Tekxtilis).....	9
2.6 Resin Epoxy .....	10
2.7 Balistik .....	11
2.8 Komposit Balistik.....	12
2.9 Perlakuan Alkali.....	12
2.10 Perlakuan Silane.....	13
2.11 Metode Hand Lay Up.....	15
2.12 Komposit Berpenguat Serat .....	15
2.13 Uji Tarik .....	17
2.14 Spesimen Uji Tarik.....	18
2.15 Sifat Mekanik Bahan.....	19
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
3.1 Waktu Dan Tempat .....	21
3.2 Alat dan Bahan.....	21



3.3 Alur Penelitian.....	21
3.3.1 Studi Literatur.....	22
3.3.2 Preparasi <i>Filler</i> Serat.....	22
3.3.3 Pembuatan Komposit.....	25
3.3.4 Pengujian.....	31
3.3.5 Analisa Data.....	33
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>35</b>
4.1 Hasil Preparasi Formasi Filler Serat.....	35
4.2 Hasil Pembuatan Komposit.....	38
4.3 Hasil Uji Tarik.....	41
4.4 Kurva Karakteristik Bahan.....	46
4.5 Hasil Uji Balistik.....	47
4.6 Hasil Kerusakan Sampel Uji Balistik.....	50
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>53</b>
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran.....	53
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>55</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>59</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tumbuhan rami dan serat rami.....	8
Gambar 2.2 Serat abaka dan tanaman pisang abaka.....	9
Gambar 2.3 Metode <i>hand lay up</i> .....	15
Gambar 2. 4 Tipe komposit serat .....	17
Gambar 2. 5 Gambaran singkat uji tarik.....	18
Gambar 2. 6 Kurva Tegangan-Regangan .....	18
Gambar 2. 7 Desain spesimen sesuai ASTM.....	19
Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	21
Gambar 3. 2 Alur Preparasi Serat.....	22
Gambar 3. 3 (a) Serat Rami dan (b) Serat Abaka.....	23
Gambar 3. 4 Perlakuan kimia serat.....	24
Gambar 3. 5 Alur Pembuatan Komposit.....	25
Gambar 3. 6 Desain spesimen uji tarik.....	26
Gambar 3. 7 Skema pembuatan <i>silicone rubber</i> uji Tarik.....	27
Gambar 3. 8 Cetakan akrilik uji balistik.....	28
Gambar 3. 9 Susunan <i>filler</i> dan matriks komposit.....	31
Gambar 3.10 Alat uji Tarik.....	32
Gambar 3.11 Proses uji tarik sampel.....	32
Gambar 3.12 Skema uji balistik.....	33
Gambar 4. 1 Hasil preparasi formasi <i>filler</i> .....	36
Gambar 4. 2 Hasil formasi <i>filler</i> serat.....	38
Gambar 4. 3 Sampel komposit sebelum uji Tarik.....	38
Gambar 4. 4 Sampel Uji Tarik.....	39
Gambar 4. 5 Sampel Uji Balistik.....	41
Gambar 4. 6 Hasil Uji Tarik.....	41
Gambar 4. 7 Grafik formasi <i>filler</i> terhadap kekuatan tarik.....	43
Gambar 4. 8 Grafik formasi <i>filler</i> terhadap elongasi.....	44
Gambar 4. 9 Grafik formasi <i>filler</i> terhadap modulus elastisitas...	45
Gambar 4.10 Kurva tegangan – regangan sampel.....	46
Gambar 4.11 Grafik Hasil Uji Balistik.....	50
Gambar 4.12 Hasil uji tembak sampel komposit.....	51
Gambar 4.13 Keadaan peluru setelah menumbuk sampel.....	52



(Halaman ini sengaja dikosongkan)



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pertimbangan Pemilihan Komposit.....	5
Tabel 2.2 Komposisi Kimia Serat Tanaman.....	6
Tabel 2.3 Sifat Mekanik Serat Tanaman.....	7
Tabel 2.4 Dimensi serat pisang abaka.....	9
Tabel 2.5 Sifat mekanik serat pisang abaka.....	10
Tabel 2.6 Sifat mekanik resin epoksi.....	10
Tabel 2.7 Klasifikasi Tingkatan Peluru.....	11
Tabel 2.8 Properti mekanik dan fisik serat rami setelah perlakuan kimia.....	13
Tabel 3.1 Tabel massa komposit.....	29
Tabel 4.1 Data ketebalan sampel.....	39
Tabel 4.2 Nilai kerapatan dan ketebalan sampel.....	40
Tabel 4.3 Nilai mekanik bahan.....	42
Tabel 4.4 Spesifikasi Uji Tembak Level IIA.....	47
Tabel 4.5 Hasil Uji Balistik.....	48
Tabel 4.6 Karakteristik Kayu Akasia.....	49

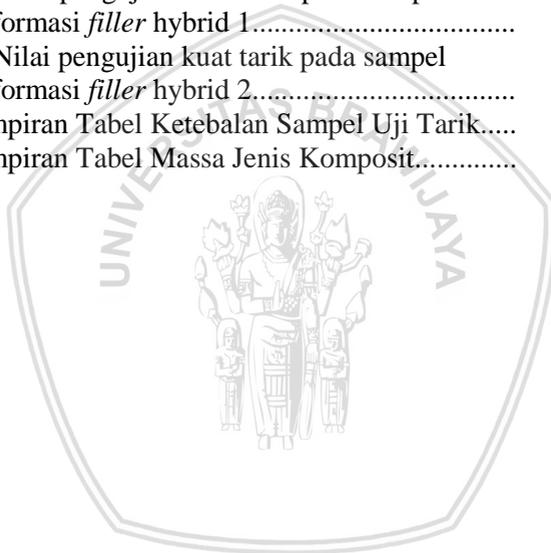


(Halaman ini sengaja dikosongkan)



## DAFTAR LAMPIRAN

A.	Lampiran Alat dan Bahan.....	59
B.	Lampiran Hasil Uji Tarik.....	61
	a). Nilai pengujian kuat tarik pada sampel formasi <i>filler</i> acak.....	61
	b). Nilai pengujian kuat tarik pada sampel formasi <i>filler</i> lurus.....	61
	c). Nilai pengujian kuat tarik pada sampel formasi <i>filler</i> anyaman.....	62
	d). Nilai pengujian kuat tarik pada sampel formasi <i>filler</i> hybrid 1.....	63
	e). Nilai pengujian kuat tarik pada sampel formasi <i>filler</i> hybrid 2.....	64
C.	Lampiran Tabel Ketebalan Sampel Uji Tarik.....	64
D.	Lampiran Tabel Massa Jenis Komposit.....	64



(Halaman ini sengaja dikosongkan)



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Bahan tahan peluru merupakan salah satu alat yang mempunyai peranan sangat penting dalam melindungi dari bahaya benda tajam ataupun benturan dan hantaman akibat tembakan senjata. Pada awalnya bahan tahan peluru terbuat dari bahan logam, namun sejak ditemukannya Kevlar oleh DuPont pada tahun 1965, dikembangkan bahan tahan peluru berbahan dasar material komposit. Bahan dasar penyusun rompi komposit yang paling umum digunakan adalah serat Kevlar, serat Dyneema yang dikembangkan oleh DSM, serat GoldFlex yang dikembangkan oleh Honeywell dan Spectra, karena memiliki keunggulan dalam menahan energi yang dihasilkan dari benturan balistik. Sebagian besar rompi tahan peluru yang digunakan di Indonesia adalah rompi berbahan dasar serat Kevlar dan Dyneema, akan tetapi bahan bahan ini sulit didapatkan dipasaran (Istiyadi, 2003).

Disisi lain, serat alam berbahan dasar tanaman telah menarik minat para ilmuwan saat ini. Serat alam memiliki karakteristik ringan, mudah didapat, dapat diperbaharui, mudah diolah, non abrasif, memiliki nilai kekuatan dan modulus yang cukup, relatif murah. Keunggulan serat alam yang telah disebutkan tadi menyebabkan beberapa jenis serat alam mulai mengambil tempat dalam berbagai aplikasi menggantikan material sintetis (Wang dkk, 2002).

Klemens (2009) mengembangkan komposit berbahan dasar serat pisang abacca dan resin epoksi dikombinasikan dengan keramik untuk panel tahan peluru level IIIA, selanjutnya Heru santoso dan Soekrisno (2009) mengembangan panel komposit berbahan serat rami untuk NIJ level II, IIA, dan IV. Komposit balistik dengan menggunakan serat alam dan mampu menahan energi dari proyektil peluru dengan cara mengabsorsi dan mendispersi energi dari benturan, menyebabkan peluru akan terdeformasi ke bentuk pesek/cendawan (*mushroom*).

Pohon pisang abaka adalah salah satu jenis tumbuhan pisang yang berasal dari negara Filipina. Pohon pisang abaka ini banyak tumbuh subur di daerah yang beriklim tropis, salah satunya adalah

Indonesia. Tanaman ini merupakan tanaman pisang yang dimanfaatkan seratnya dan digunakan sebagai bahan baku tekstil serta bahan baku kerajinan lainnya. Serat pisang abaka ini memiliki sifat fisik yang kuat dan tahan terhadap lembab serta tahan dari air asin sehingga dapat digunakan sebagai bahan pembuatan tali kapal laut (Kelemens, 2009).

Serat rami merupakan salah satu tanaman kuat dan dapat diproduksi secara cepat dengan frekuensi panen tiga kali per tahun. Saat ini dapat diekstrak dengan cara mengambil serat kulit tanaman rami tersebut. Jika dibandingkan dengan serat alam lainnya, serat ini tergolong salah satu serat terkuat dengan komposisi selulosa (65-75%) dan lignin (1-2%). Secara kimia serat rami diklasifikasikan ke dalam jenis serat selulosa. Rami memiliki kompatibilitas yang baik dengan seluruh jenis serat baik serat alam maupun sintetis sehingga mudah dicampur dengan jenis serat apapun (Sunghyun, 2006).

Berdasarkan latar belakang diatas, belum dilakukan penggunaan dua jenis serat alam serta variasi formasi *filler* untuk pembuatan komposit. Maka pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan komposit berbahan dasar serat rami dan serat pisang abaka dengan variasi formasi *filler* serat.

## 1.2 Perumusan Masalah

Dalam penelitian yang dilakukan ini, adapun rumusan masalahnya adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana membuat komposit balistik dari bahan serat rami dan serat abaka?
2. Bagaimana sifat mekanik dari komposit yang dihasilkan?
3. Bagaimana pengaruh bentuk serat pada komposit balistik terhadap redaman impak proyektil?

## 1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan masalah sebagai berikut :

1. Gaya gravitasi dan gaya gesekan udara pada pengujian balistik diabaikan.
2. Jumlah serat, diameter, dan lilitan diabaikan.

- 3 Proses pembuatan anyaman dan bentuk *filler* lainnya dilakukan secara manual.
- 4 Pengujian balistik dilakukan dengan sekali tembak setiap sampel dengan jenis senjata dan proyektil yang sama.

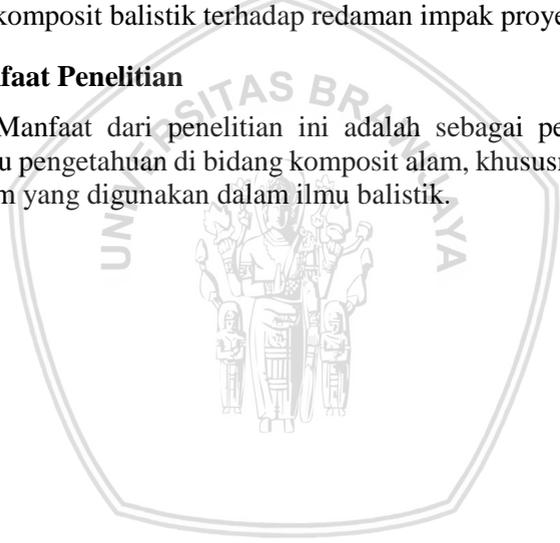
#### 1.4 Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

- 1 Mengetahui serta mempelajari cara pembuatan komposit balistik menggunakan serat pisang Abaka dan serat Rami.
- 2 Mengetahui sifat mekanik komposit.
- 3 Mengetahui dan mempelajari pengaruh bentuk serat pada komposit balistik terhadap redaman dampak proyektil.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai pengembangan ilmu pengetahuan di bidang komposit alam, khususnya komposit alam yang digunakan dalam ilmu balistik.



(halaman ini sengaja dikosongkan)



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Komposit

Material komposit merupakan suatu jenis bahan baru dari kombinasi dua atau lebih bahan dimana memiliki bahan dan sifat yang berbeda, dari pencampuran tersebut akan menghasilkan material komposit yang memiliki sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda. Bahan komposit memiliki kelebihan antara lain berat yang lebih ringan, kekuatan yang lebih tinggi, tahan korosi dan memiliki biaya pembuatan yang lebih murah karena berkurangnya jumlah komponen, kekuatannya, ketahanan terhadap pengurangan berat material (konstruksi ringan). Komponen utama dari komposit adalah bahan pengikat (*matriks*) dan bahan pengisi (*filler*) (Schwartz, 1984).

Karena keuntungan dari komposit yang ringan, kaku dan kuat, maka komposit banyak digunakan dalam aplikasi kehidupan sehari-hari. Beberapa pertimbangan didalam memilih komposit, alasan menggunakan dan aplikasinya, seperti dalam Tabel 2.1 berikut ini :

Tabel 2. 1 Pertimbangan Pemilihan Komposit

Alasan	Material yang dipilih	Aplikasi
Ringan, kaku, kuat	Boron, semua karbon/grafit, dan beberapa jenis aramid	Peralatan militer
Tidak mempunyai nilai ekspansi termal	Kanon/grafit, yang mempunyai nilai modulus tinggi	Untuk peralatan luar angkasa, contohnya sensor optik pada satelit
Tahan terhadap perubahan lingkungan	<i>Fiber glass, vinyl ester, bisphenol A</i>	Untuk tangki dan sistem perapian, tahan korosi dalam industri kimia

*Sumber : (Harper, 2002)*

### 2.2 Komponen Penyusun Komposit

Secara umum, komposit terbagi atas dua bagian dasar, yaitu :

a. Penguat (*reinforcement*)

Fungsi utama dari penguat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tingkat kekuatan dari sebuah komposit sangat tergantung dari penguat yang digunakan. penguat pada komposit umumnya mempunyai sifat yang kurang ulet namun lebih kaku dan kuat (Callister, 2000). Menurut Schwartz (1984), penguat yang sering digunakan selama ini antara lain serat gelas, serat karbon, serat sintesis (*kevlar*), dan nylon.

b. Pengisi (*Matriks*)

Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Berbeda dengan penguat, pada matriks ini umumnya lebih ulet namun mempunyai kekuatan serta kekakuan yang lebih rendah. Fungsi matriks antara lain :

1. Mentransfer tegangan ke serat
2. Membentuk ikatan koheren, permukaan matrik/serat.
3. Melindungi serat.
4. Memisahkan serat.
5. Tetap stabil setelah proses manufaktur (Callister, 2000).

### 2.3 Serat Alam

Serat alam merupakan material berbentuk filamen panjang atau benang yang dapat didapat dengan cara mengambil langsung dari alam. Serat alam dapat dijadikan sebagai salah satu bahan penyusun dari material komposit atau dibuat anyaman dan digunakan untuk kehidupan sehari-hari. Serat alam terdiri dari dua jenis, yaitu serat alam yang berasal dari tanaman dan serat yang berasal dari hewan. Komposisi kimia dari beberapa serat alam yang berasal dari tanaman dapat dilihat pada tabel berikut ini,

Tabel 2. 2 Komposisi Kimia Serat Tanaman (Leman dkk, 2008).

Jenis Serat	Kandungan Selulosa (%)	Kandungan Lignin (%)	Kandungan Pektin (%)
Flax	65-85	1-4	5-12
Hemp	60-77	3-10	5-14
Jute	45-63	12-25	4-10
Kenaf	35-57	8-13	3-5
Sisal	50-64	-	-

Abacca	60	12-13	1
Coir	30	40-45	-
Cotton	85-90	-	0-1
Ramie	68,8	0,6-0,7	1,9

Serat tanaman memiliki potensi besar untuk menggantikan serat sintetis dalam berbagai aplikasi. Selain karena karakteristiknya yang ringan, murah, mudah didapatkan, dapat diperbaharui, mudah diolah, dan mudah didaur ulang (Leman dkk, 2008). Beberapa jenis serat tanaman ada yang memiliki nilai mekanik yang besar. Sifat mekanik dari beberapa jenis serat tanaman dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.3 : Sifat Mekanik Serat Tanaman (Xue, 2007).

Jenis Serat	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )	Elongasi (%)	Kuat tarik (MPa)	Modulus Young (GPa)
Kapas	1,5-1,6	3,0-10,0	287-597	5,5-12,6
Jute	1,3-1,46	1,5-1,8	393-800	10-30
Flax	1,4-1,5	1,2-3,2	345-1500	27,6-80
Hemp	1,48	1,6	550-900	70
Rami	1,5	2,0-3,8	220-938	44-128
Sisal	1,33-1,5	2,0-14	400-700	9,0-38,0
Sabut Kelapa	1,2	15,0-30,0	175-220	4,0-6,0

Jika dilihat pada tabel, sifat mekanikal serat tanaman relatif besar yang dimana hal ini menyebabkan serat tanaman mulai banyak digunakan untuk menggantikan serat kaca, plastik, serta keramik dalam berbagai aplikasi seperti insulator, komponen furnitur dan ubin.

## 2.4 Serat Rami (Boehmeria Nivea)



Gambar 2. 1 (kiri) tumbuhan rami dan (kanan) serat rami

Serat rami merupakan salah satu tanaman kuat dan dapat diproduksi secara cepat dengan frekuensi panen tiga kali per tahun. Saat ini dapat diekstrak dengan cara mengambil serat kulit tanaman rami tersebut. Jika dibandingkan dengan serat alam lainnya, serat ini tergolong salah satu serat terkuat dengan komposisi selulosa (65-75%) dan lignin (1-2%). Sebagai perbandingan, kayu memiliki kandungan selulosa 40-50% dan kandungan ligninnya 15-35%. Bila serat rami ditarik atau dikupas dari batang tanamannya, akan didapatkan serat rami dalam bentuk gumpalan. Gumpalan tersebut kemudian diolah dan diproses guna memisahkan masing-masing serat yang menempel bersamaan atau digunakan secara langsung untuk mencegah kerusakan pada serat (Sunghyun, 2006).

## 2.5 Serat Abaka (*Musa Tekxtilis*)



Gambar 2. 2 (kiri) serat abaka dan (kanan) tanaman pisang abaka.

Batang pisang merupakan limbah dari tanaman pisang yang telah ditebang untuk diambil buahnya, sehingga menjadi limbah biologis dan belum banyak dimanfaatkan. Beberapa penelitian telah mencoba untuk memanfaatkannya antara lain untuk papan partikel dan papan serat (Rahman, 2006).

Pisang merupakan salah satu tanaman penghasil serat yang dapat dimanfaatkan sebagai biomaterial. Salah satu jenis pisang yang dapat diambil bagian seratnya adalah pisang abaka (*Musa Textillis*). Pisang abaka merupakan tumbuhan yang termasuk dalam famili *Musaceae* yang berasal dari negara Filipina yang telah dikenal dan dikembangkan sejak tahun 1519. Serat pisang abaka memiliki keunggulan yaitu kuat, tidak mudah putus, memiliki daya apung dan tahan terhadap air garam. Berikut dimensi dan sifat-sifat mekanik serat pisang abaka menurut Wibowo (1998) pada tabel 2.4 dan 2.5

Tabel 2.4 : Dimensi serat pisang abaka

Fiber	Length (cm)	Diameter (mm)	Cell Length (mm)	Cell width (µm)	
				Range	Mean
Abaca	200 or more	0.01-0.28	3-12	6-46	9.9



Tabel 2.5 : Sifat mekanik serat pisang abaka

Karakteristik	Nilai
Kuat Tarik	980 Mpa
Modulus elastisitas	22,4 Gpa
Densitas	1,35 g/cm <sup>3</sup>
Elongasi	2,9 %

## 2.6 Resin Epoxy

*Epoxy termosets* termasuk kelompok polimer yang digunakan sebagai bahan pelapis, perekat, dan sebagai matriks pada material komposit. *Epoxy termosets* sangat luas digunakan pada banyak aplikasi seperti otomotif, *aerospace*, perkapalan, dan peralatan elektronik. Salah satu *epoxy termosets* yang sering digunakan dalam bidang industri adalah resin epoxy. Epoxy resin dibentuk lewat reaksi kimia secara *in situ*, dimana resin dan *hardener* atau resin dengan katalis dicampur dalam satu tempat kemudian terjadilah proses pengerasan (polimerisasi). Sekali terjadi pengerasan, epoxy ini tidak bisa mencair lagi sekalipun dilakukan pemanasan sehingga resin ini memiliki karakteristik mekanik yang bagus, daya penyusut yang rendah, perekat yang bagus untuk banyak bahan logam, dan tahan terhadap kelembaban udara serta tahan terhadap tekanan (Wazan, 2006).

Resin epoksi memiliki sifat mekanik, listrik, kestabilan deminsi dan penahan panas yang baik. Selain itu resin ini kental, dengan viskositas tinggi. Sifat resin epoksi ditunjukkan pada Tabel 2.6 berikut:

Tabel 2.6 : Sifat mekanik resin epoksi. (Sumber: Klemens, 2009)

Properties	Nilai
Specific Gravity	1.2 – 1.3
Kekuatan Renggang (MPa)	55 – 130
Modulus Renggang (GPa)	2.75 – 4.1
Rasio Poison	0.2 – 0.33
Koefisien perluasan termal (m/moC)	10 – 6
Susut Proses (%)	1 – 5

## 2.7 Balistik

Balistik merupakan suatu konsep tentang dinamika gerak dari proyektil. Balistik adalah suatu ilmu yang mempelajari tentang perjalanan peluru (proyektil) ketika ditembakkan dari suatu senjata. Perjalanan tersebut meliputi perjalanan didalam laras senjata (internal ballistics), perjalanan di udara hingga menyentuh target (external ballistics) dan perjalanan melalui target jika terjadi penetrasi (Phoenix & Porwal, 2003). Proyektil merupakan bagian dari peluru, yang memiliki massa dan energi kinetik ketika peluru ditembakkan. Bagian dari peluru adalah selongsong dan proyektil, pada beberapa jenis peluru bagian luar selongsong dan proyektil terbuat dari tembaga yang dilapisi dengan timah, sedangkan bagian dalam selongsong berisikan bubuk mesiu, sedangkan pada proyektil pada bagian dalam terbuat dari hard steel core dan bagian luarnya terbuat dari paduan tembaga dilapisi timah. Selain karena proyektil mempunyai massa dan energi kinetik ketika ditembakkan, material penyusun proyektil yaitu hard steel core yang keras dapat merusak material lain ketika proyektil menumbuk material lain (Lerner dkk, 2004).

Standar pengujian balistik untuk komposit tahan proyektil atau peluru yang sering digunakan adalah standar NIJ (*National Institute of Justice*) Amerika. Berdasarkan standar ini, dibagi menjadi beberapa tingkatan (level), yaitu seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.7 : Klasifikasi Tingkatan Peluru

Level	Level Proteksi
IIA	Kaliber peluru FMJ RN 9 mm, massa nominal 8,0 g, kecepatan 373 m / s
II	Kaliber peluru FMJ RN 9 mm, massa nominal 8,0 g, kecepatan 398 m / s
IIIA	• Kaliber peluru FMJ .357 SIG dengan massa nominal 8,1 g dan kecepatan 448 m / s
III	• Kaliber peluru FMJ 7,62 mm dengan massa 9,6 g dan kecepatan 847 m / s
IV	• Kaliber peluru AP 0,30 mm massa 10,8 g dan kecepatan 878 m / s

(sumber : National Institute of Justice standard-0101.04, 2000)

## 2.8 Komposit Balistik

Material balistik bekerja dengan cara menyerap energi kinetik suatu proyektil peluru sehingga dapat mengurangi atau menghalangi penetrasi proyektil tersebut untuk menembus lapisan material balistik tersebut. Pada proses penyerapan energi kinetik peluru tersebut, serat yang menjadi bahan material balistik tersebut bertugas menangkap dan mendeformasikan bentuk peluru tersebut menjadi lebih lebar, sehingga penyerapan energi kinetik peluru menjadi lebih besar (Fauzidkk, 2014).

## 2.9 Perlakuan Alkali

Untuk memperoleh ikatan yang baik antara matriks dan serat dilakukan modifikasi permukaan serat. Modifikasi permukaan dilakukan untuk meningkatkan kompatibilitas antara serat alam dengan matriks. Alkalisasi pada serat alam adalah metode yang telah digunakan untuk menghasilkan serat berkualitas tinggi. Alkalisasi pada serat merupakan metode perendaman serat ke dalam basa alkali. Reaksi berikut menggambarkan proses yang terjadi saat perlakuan alkali pada serat:



Proses alkalisasi menghilangkan komponen penyusun serat yang kurang efektif dalam menentukan kekuatan antar muka yaitu hemiselulosa, lignin atau pektin. Dengan berkurangnya hemiselulosa, lignin atau pektin, wetability serat oleh matriks akan semakin baik, sehingga kekuatan antarmuka pun akan meningkat. Selain itu, pengurangan hemiselulosa, lignin atau pektin, akan meningkatkan kekasaran permukaan yang menghasilkan mechanical interlocking yang lebih baik (Maryanti dkk, 2011).

Menurut Brothers (2003) banyak referensi literatur perlakuan NaOH adalah metode yang efektif dan sederhana untuk mencapai hal ini. Tingkat keseimbangan dari waktu dan konsentrasi dari perlakuan ini untuk optimalnya sifat mekanik dari serat. Perbedaan konsentrasi berkisar dari 0,5% sampai 20% dan waktu perendaman berkisar antara 15 menit sampai 96 jam yang telah banyak dilakukan oleh peneliti. Namun, belum ada kesimpulan yang pasti dari penelitian tentang konsentrasi dan waktu perlakuan sehubungan dengan meningkatkan sifat mekanik.

Menurut Rohatgi (1983) bahwa 72 jam perendaman dengan 5% larutan NaOH memberikan UTS terbaik dan 96 jam perendaman dengan konsentrasi yang sama menghasilkan modulus tarik yang terbaik. Menurut penelitian Mohanty's (2000) 2% NaOH dalam larutan NaOH selama satu jam adalah perlakuan yang terbaik untuk UTS yang optimal pada komposit saat perendaman 5% larutan NaOH selama 1 jam memberikan hasil sifat lentur yang baik. Perlakuan alkali ini akan meningkat kuat tarik dari serat rami seperti pada Tabel 2.8 berikut ini.

Tabel 2.8 : Properti mekanik dan fisik setelah perlakuan kimia(Sumber: Marsyahyo, Indonesia,2009)

Ramie fiber-treated	Moisture content (%)	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Tensile strength (MPa)	Young's modulus (GPa)	Pore diameter (Angstrom)
RAMEK90	6.08±0.54	1.14±0.001	1227.71±220.69	134.05±29.56	26.109
RAMETON120	5.76±0.47	1.26±0.003	1226.35±141.35	106.36±14.17	74.072
RAMOL90	6.33±0.18	1.51±0.001	1143.68±182.30	106.10±16.76	75.459
RASILA180	5.77±0.31	1.43±0.002	1219.43±186.94	102.01±16.25	118.988

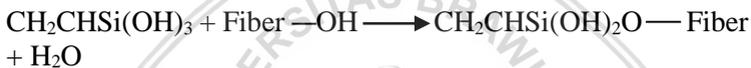
RAMEK90 yaitu perendaman dengan *methyl etil ketone* selama 90 menit, RAMETON120 perendaman dengan *aseton* selama 120 menit begitu seterusnya dengan RAMOL90 perendaman dengan *alcohol* selama 90 menit dan RASILA180 perendaman dengan *silane* selama 180 menit atau tiga jam.

## 2.10 Perlakuan Silane

Salah satu langkah untuk meningkatkan sifat mekanik dari serat alam yaitu dengan menambahkan unsur lain untuk meningkatkan adhesi serat tersebut. *Silane coupling agent* merupakan salah satu bahan tambahan guna meningkatkan adhesi serat terhadap matriknya. Penggabungan serat alam ke dalam matrik polimer dapat meningkatkan atau menurunkan kekuatan komposit. Komposit serat alam dengan *coupling agent* menunjukkan kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan komposit tanpa *coupling agent* untuk penggunaan jumlah serat yang sama.

Silane adalah bahan kimia campuran dengan rumusan kimia  $\text{SiH}_4$ . Silane digunakan sebagai *coupling agent* yaitu agar serat dapat menempel pada matriksnya, serta sebagai memberikan kestabilan pada bahan komposit. Silane sebagai *coupling agent* dapat menghilangkan nomor gugus selulosa hidroksil pada bagian antar-muka serat dengan matriks. Pemberian silane ini mengakibatkan adanya interaksi antara silanol dari silane dengan gugus hidroksil dari serat sehingga membentuk ikatan kovalen yang stabil ke dinding sel hingga kepermukaan serat. Oleh karena itu penambahan silane ini dapat menciptakan ikatan silang karena ikatan kovalen antara matriks dan serat. (Xue Li, 2007).

Skema reaksi dari perlakuan silane yang diberikan ditunjukkan sebagai berikut,

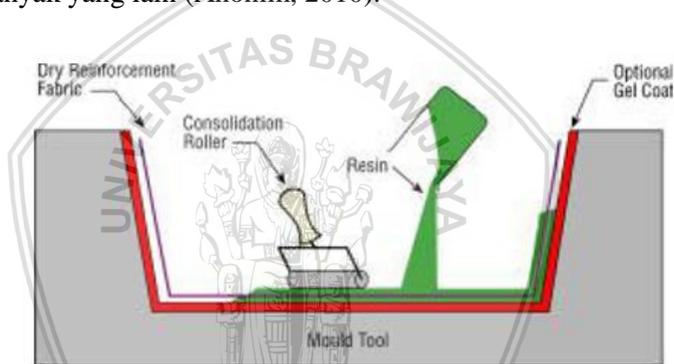


Reaksi silane dengan resin epoksi yaitu ketika serat telah diberikan perlakuan silane kemudian pada saat pembuatan komposit dengan resin epoksi maka reaksi yang terjadi menunjukkan bahwa meningkatnya sifat mekanik dan mengurangi penyerapan air dari komposit yang dihasilkan. Perlakuan serat rami dengan silane menghasilkan peningkatan kekuatan tarik hingga 17%, dan modulus hingga 25%, tetapi memang tidak mengubah ketangguhan dampak komposit epoksi yang dihasilkan. (Yanjun Xie, 2010).

Silane mempunyai rumus kimia umum  $\text{R}_{(4-n)}-\text{Si}-(\text{R}'\text{X})_n$ , dimana R adalah *alkoxy* dan X adalah *organofunctionality* dan R' adalah jembatan alkil yang menghubungkan antara silikon dengan *organofunctionality*. Sisi *organofunctionality* pada silane akan berinteraksi dengan matriks dengan tingkat interaksi tergantung pada tingkat reaktivitas dan kompatibilitas matriks. *Organofunctionality* pada silane diantaranya adalah amino, mercapto, glycidoxy, vinyl, dan methacryloxy. Sedangkan sisi *alkoxysilane* berperan dalam berikatan dengan serat alami (serat berlignin) yang dipakai sebagai bahan penguat (M.Abdelmouleh dkk, 2007).

## 2.11 Metode Hand Lay Up

*Hand lay-up* adalah metode yang paling sederhana dan merupakan proses dengan metode terbuka dari proses fabrikasi komposit. Cara kerja dari proses ini adalah dengan cara menuangkan resin langsung pada serat atau fillernya, kemudian meratakannya. Pada proses ini resin langsung berkontak dengan udara dan biasanya proses pencetakan ini dilakukan pada suhu kamar. Kelebihan penggunaan metode ini adalah mudah dilakukan, cocok digunakan untuk komponen yang besar, volumenya rendah serta memerlukan biaya yang murah. Aplikasi dari metode hand lay up ini biasanya digunakan pada material atau komponen yang sangat besar, seperti pembuatan bodi kapal, bodi kendaraan, bilah turbin angin, perahu dan masih banyak yang lain (Anonim, 2010).



Gambar 2. 3 : Metode Hand Lay Up (Anonim, 2002).

## 2.12 Komposit Berpenguat Serat

Komposit serat adalah komposit yang terdiri dari serat dan matriks. Fungsi utama dari serat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan, karena yang menerima tegangan pada komposit pertama kali adalah matriks kemudian diteruskan pada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum (Jones, 1975). Untuk memperoleh komposit yang kuat harus dapat menempatkan serat dengan benar. Berdasarkan penempatannya terdapat beberapa tipe serat pada komposit, yaitu :

**1. Continuous Fiber Composite (komposit diperkuat serat kontinyu)**

Continuous atau uni-directional, mempunyai susunan serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriksnya. Jenis komposit ini paling sering digunakan. Tipe ini mempunyai kelemahan pada pemisahan antar lapisan, hal ini dikarenakan kekuatan antar lapisan dipengaruhi oleh matriksnya.

**2. Woven Fiber Composite (komposit diperkuat serat anyaman)**

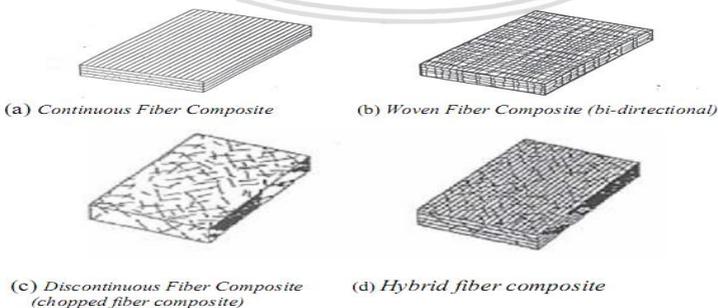
Komposit ini tidak mudah dipengaruhi oleh pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya juga mengikat antar lapisan. Akan tetapi susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan akan melemah.

**3. Discontinuous Fiber Composite**

Komposit ini adalah tipe komposit yang menggunakan serat dengan ukuran pendek. Salah satunya adalah *Randomly oriented discontinuous fiber*, dimana letak seratnya tersebar secara acak dan merata diseluruh komposit.

**4. Hybrid Fiber Composite**

Komposit ini merupakan komposit gabungan antara tipe serat lurus dengan serat acak. Tipe ini digunakan agar dapat mengganti kekurangan sifat dari kedua tipe dan dapat menggabungkan kelebihanannya.



Gambar 2.4 : tipe komposit serat (Gibson, 1994)



## 2.13 Uji Tarik

Uji tarik mungkin adalah cara pengujian bahan yang paling mendasar. Pengujian ini sangat sederhana, tidak mahal dan sudah mengalami standarisasi di seluruh dunia, misalnya di Amerika dengan ASTM E8 dan Jepang dengan JIS 2241. Dengan menarik suatu bahan kita dapat mengetahui sejauh mana material tersebut mengalami pertambahan panjang (Uchidarokakuho & Shudo, 1983).

Pertambahan panjang dari bahan uji disebut sebagai deformasi. Kekutan tarik diukur dengan menarik sebuah sampel dengan dimensi yang seragam. Tegangan tarik  $\sigma$ , adalah gaya yang diaplikasikan,  $F$ , dibagi dengan luas penampang  $A$  yaitu :

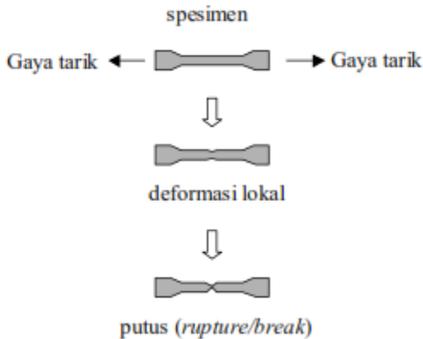
$$\sigma = F / A \quad (2.1)$$

perbandingan tegangan ( $\sigma$ ) terhadap perpanjangan ( $\epsilon$ ) disebut modulus elastisitas,  $E$ .

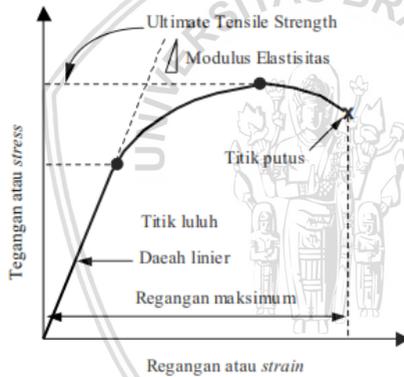
$$E = \sigma / \epsilon \quad (2.2)$$

(Surono dan Sukoco, 2016).

Bila kita menarik terus suatu bahan sampai putus (gambar 4), kita akan mendapatkan profil tarikan yang lengkap dengan berupa kurva seperti pada (gambar 5) dibawah ini. Kurva ini menunjukkan hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang. Kurva ini merupakan kurva standar ketika melakukan eksperimen uji tarik.  $E$  adalah gradien kurva dalam daerah linier, dimana perbandingan tegangan ( $\sigma$ ) dan regangan ( $\epsilon$ ) selalu tetap.  $E$  diberi nama “*Modulus Elastisitas*” atau “*Young Modulus*”. Kurva yang menyatakan hubungan antara *strain* dan *stress* seperti ini sering disingkat kurva SS (*SS curve*). Profil ini sangat diperlukan dalam sebuah penelitian.



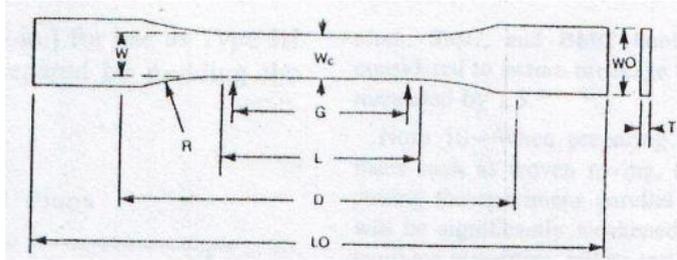
Gambar 2. 5 : Gambaran singkat uji tarik



Gambar 2. 6 : Kurva Tegangan-Regangan (Uchidarokakuho & Shudo, 1983).

### 2.14 Spesimen Uji Tarik

Standart desain spesimen yang akan digunakan adalah standart pengujian ASTM D638, dimana sampel berbentuk seperti tulang. Skema desain spesimen dari sampel yang sesuai dengan ASTM D638 bisa dilihat pada gambar 5.



Gambar 2. 7 : Desain spesimen sesuai ASTM D638 – 02 tipe III (ASTM, 2008).

Besarnya kekuatan tarik yang dihasilkan oleh komposit berdasarkan matrik dan penguat penyusunnya dapat diperkirakan nilainya melalui persamaan :

$$\sigma_c = V_m \sigma_m^* + V_f \sigma_f K_1 K_2 \quad (2.3)$$

Dengan :

$\sigma_c$  = kekuatan tarik komposit (Mpa)

$\sigma_m$  = kekuatan tarik matrik (Mpa)

$\sigma_f$  = kekuatan tarik penguat (Mpa)

$V_m$  = fraksi volume matrik

$V_f$  = fraksi volume penguat

$k_1$  = konstanta orientasi serat

$k_2$  = konstanta adhesi serat dengan matriks ( $\frac{l}{2l_c}$ ) (Jones, 1975).

## 2.15 Sifat Mekanik Bahan

Sifat – sifat bahan teknik perlu diketahui dengan baik karena bahan tersebut digunakan untuk berbagai macam keperluan dalam berbagai keadaan. Beberapa sifat mekanis yang dapat menjelaskan bagaimana bahan merespon beban yang bekerja dan deformasi yang terjadi, antara lain :

1. Kekakuan (*Stiffness*), adalah sifat bahan yang mampu regangan pada tegangan tinggi tanpa diikuti regangan yang besar. Kekakuan bahan merupakan fungsi dari modulus elastisitas E. Sebuah material yang mempunyai nilai E tinggi akan berdeformasi lebih kecil terhadap beban dibandingkan bahan dengan nilai E lebih rendah.

2. Kekuatan (*Strength*), adalah sifat bahan yang ditentukan oleh tegangan paling besar material mampu regang sebelum rusak. Ini dapat didefinisikan oleh batas proporsional, titik mulur, atau tegangan maksimum. Tidak ada satu nilai yang cukup bisa untuk mendefinisikan kekuatan karena perilaku bahan berbeda terhadap beban dan sifat pembebanan.
3. Elastisitas (*Elasticity*), adalah sifat material yang dapat kembali ke dimensi awal setelah beban dihilangkan. Nilai tepat elastisitas sangat sulit ditentukan. Yang bisa dilakukan adalah menentukan rentang elastisitas atau batas elastisitas.
4. Kelenturan (*resilience*), adalah sifat material yang mampu menerima beban impak tinggi tanpa menimbulkan tengangan lebih pada batas elastis. Energi yang diserap selama pembebanan disimpan dan dikeluarkan jika material tidak dibebani. Pengukuran kelenturan sama dengan pengukuran ketangguhan. (Zainuri, 2008)



## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Waktu Dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret 2017 hingga Mei 2018 di Laboratorium Biofisika Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya, Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, dan di Lapangan Tembak TNI Turen Malang.

### 3.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah seperangkat alat menganyam, Cetakan akrilik (23 x 23 x 5) cm, Cetakan Silikon *rubber* untuk sampel uji tarik, Gelas ukur, Timbangan *digital*, Ember, Pengaduk, Sendok, gunting, gelas plastic, spidol, oven, mikrometer sekrup, jangka sorong, Perangkat uji balistik, Mesin uji tarik, *magnetic stirrer*.

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah serat rami, serat abaka, resin epoxy dan pengerasnya, *silicon rubber*, NaOH, *Mirror Glaze*, Silane Coupling Agent Tipe RJ - 171, dan *Aquadest*.

### 3.3 Alur Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa alur tahapan yang dilakukan seperti pada Gambar 3.1



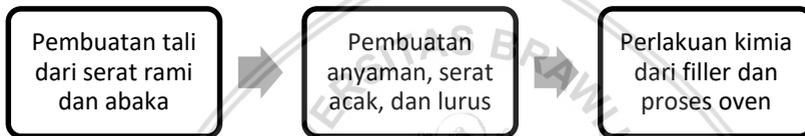
Gambar 3. 1 Alur Penelitian

### 3.3.1 Studi Literatur

Dalam proses penelitian ini, studi literatur merupakan tahapan pertama yang dijalani. Dalam tahap ini, penulis mencari pengetahuan mengenai sifat mekanik dari serat alam. Setelah itu penulis mencari literatur mengenai cara meningkatkan sifat mekanik serat alam, setelah itu penulis mencari literatur mengenai teori, sifat mekanik, dan pembuatan bahan komposit, kemudian penulis mencari literatur cara kerja bahan pelindung balistik. Setelah itu penulis mencari literatur persamaan dan pembuatan kurva untuk analisis data.

### 3.3.2 Preparasi *Filler* Serat

Pada tahap proses preparasi serat untuk *filler* komposit, ada beberapa tahapan yang dilakukan seperti pada Gambar 3.2



Gambar 3. 2 Alur Preparasi Serat

#### a) Pembuatan Formasi *Filler* Serat

Serat yang digunakan adalah serat yang didapatkan dari PT Balitas Malang. Setelah mendapatkan seratnya, kemudian mulai untuk membuat formasi filler serat yaitu formasi serat acak, serat lurus dan anyaman. Untuk formasi serat acak dilakukan dengan cara menggunting serat dengan ukuran 1 cm. Kemudian untuk pembuatan formasi serat lurus dilakukan dengan cara menggunting serat dengan ukuran 20 cm. Selanjutnya untuk formasi serat anyaman dilakukan beberapa tahapan, yaitu pertama – tama dilakukan pembuatan tali dari serat dengan cara melilit serat tersebut secara manual menggunakan tangan. Tali yang telah jadi selanjutnya dianyam menggunakan seperangkat alat anyaman secara manual menggunakan tangan. Proses penganyaman dilakukan hingga didapatkan ukuran 20 x 20 cm.



Gambar 3.3 (a) Serat Rami dan (b) Serat Abaka

#### **b) Perlakuan Kimia**

Setelah semua formasi filler selesai, dilakukan perlakuan kimia. Perlakuan kimia dibagi menjadi 2 tahap, yaitu perlakuan alkali dan perlakuan silane.

Perlakuan alkali dilakukan dengan cara menyiapkan alat dan bahan seperti aquades, NaOH, gelas ukur, ember. Pertama 5% NaOH dilarutkan dalam aquades dengan melakukan pengukuran terlebih dahulu menggunakan neraca digital untuk massa NaOH dan gelas ukur untuk volume aquades yang dihitung terlebih dahulu menggunakan persamaan  $5\% \text{ NaOH gr} = 5\% \times V_{\text{air}} \text{mL}$ , kemudian NaOH yg sudah sesuai massanya dan aquades yg sudah sesuai volumenya dimasukkan ke dalam ember dan dilarutkan dengan mengaduk menggunakan sendok. Setelah semua NaOH terlarut, seluruh serat yang telah siap dimasukkan kedalam baskom yang berisi 5% NaOH dan ditunggu selama 1 jam. Setelah 1 jam, serat diangkat dan dibersihkan menggunakan aquades agar pHnya kembali ke 7. Setelah itu serat dioven didalam mesin oven pada suhu  $110^{\circ} \text{C}$  selama 1 jam. Kemudian serat didiamkan pada suhu ruang selama 24 jam. Pada perlakuan alkali ini dilakukan untuk semua formasi filler serat secara bergantian.



Gambar 3. 4 Perlakuan kimia serat

Setelah perlakuan alkali, serat diberi perlakuan silane dengan konsentrasi sebesar 0.3%, yaitu dengan mengukur volume *aquadest* menggunakan gelas ukur terlebih dahulu sebesar 1000 ml, kemudian silane diukur volumenya menggunakan gelas ukur sampai didapatkan silane 3 ml. Setelah itu gelas ukur berisi *aquadest* 1000ml dicampurkan dengan asam asetat sampai ph 4. Kemudian silane 3 ml dimasukan ke dalam *aquadest* 1000 ml ph 4 dan diaduk selama 5 menit menggunakan *magnetic stirrer*. Setelah itu silane 0.3% dituangkan pada bak ember berisi serat. Serat direndam didalam larutan silane selama 15 menit. Setelah proses perendaman, serat dibilas menggunakan *aquadest* untuk mengembalikan ph menjadi 7. Setelah itu serat di oven selama 1 jam menggunakan suhu 110°C. Setelah selesai mengoven serat kemudian dijemur dibawah matahari langsung hingga kering merata dan dilanjutkan dengan proses pembuatan komposit.

Setelah dilakukan perlakuan alkali menggunakan NaOH, selanjutnya serat diberi perlakuan silane dengan konsentrasi 0,3%. Untuk memperoleh silane dengan konsentrasi 0,3% dilakukan dengan cara mengukur volume aquades sebesar 1 Liter (1000 ml) menggunakan gelas ukur, kemudian mengukur silane sebesar 3 ml. Kemudian aquades dicampurkan dengan asam asetat (cuka) hingga diperoleh ph 4. Kemudian silane 3 ml dimasukkan kedalam aquades ph 4 dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 5 menit. Setelah itu larutan silane yang sudah jadi 0,3% dituangkan pada ember. Kemudian semua formasi filler serat direndam dalam larutan silane 0,3% selama 15 menit secara bergantian. Setelah selesai proses perendaman pada larutan silane, kemudian dilakukan pengovenan

selama 1 jam pada suhu 110°C. Kemudian serat dijemur dibawah sinar matahari hingga kering sempurna.

### 3.3.3 Pembuatan Komposit

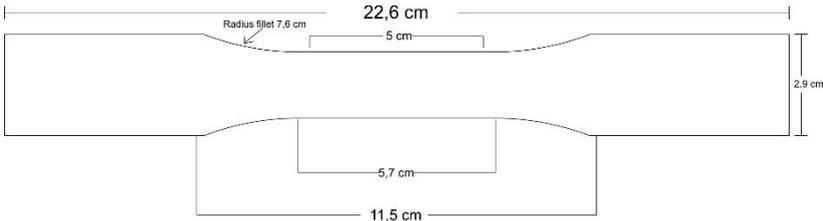


Gambar 3. 5 Alur Pembuatan Komposit

Tahap pembuatan komposit ini ada empat jenis, yaitu untuk pembuatan komposit dengan formasi filler serat lurus (kontinyu), acak, anyaman dan hybrid dimana hybrid ini gabungan antara serat anyaman dengan serat acak. Pembuatan sampel dilakukan setelah semua serat diberi perlakuan silane. Untuk sampel uji tarik dibuat dengan bentuk dan ukuran sesuai dengan standar ASTM D638 – 02 Tipe III, sedangkan untuk sampel uji balistiknya dibentuk kotak dengan ukuran 20 cm x 20 cm. Metode pembuatan dilakukan menggunakan *hand lay up*. Penyusunan layer filler pada setiap komposit untuk yang bentuk woven dan kontinyu disusun dengan stacking order (0/90, 0/90, 0,90) dan untuk satu layer filler merupakan satu jenis serat secara utuh (homogen). Sedangkan untuk formasi filler acak dilakukan pencampuran secara langsung untuk dua jenis filler, dan untuk bentuk hybrid adalah gabungan dari formasi filler serat anyaman dan serat acak.

### a) Penentuan Standar Sampel Uji Tarik Komposit

Sampel komposit uji tarik dibuat menggunakan ukuran standar ASTM D638 – 02 Tipe III dengan ketebalan  $\geq 0,8$  cm dan mengurangi panjang total 1 cm pada kedua ujung seperti pada gambar dibawah ini.



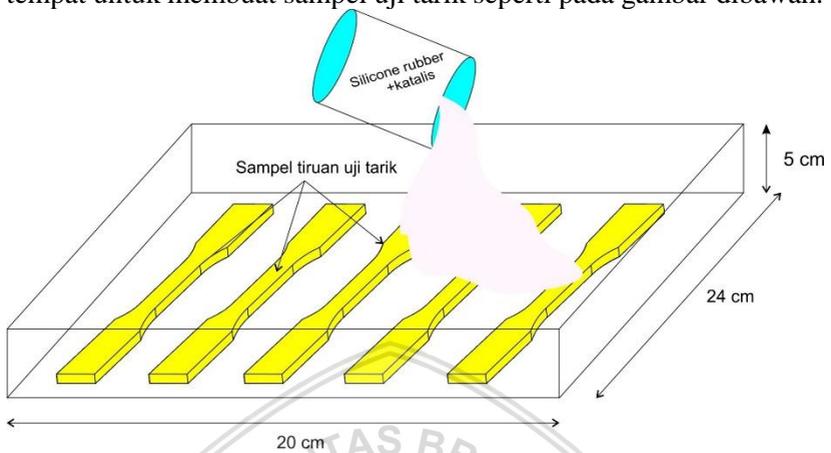
Gambar 3. 6 Desain spesimen uji tarik

Untuk uji balistik menggunakan bentuk persegi dengan ukuran 23 x 23 cm.

### b) Persiapan Cetakan Sampel Komposit Uji Tarik

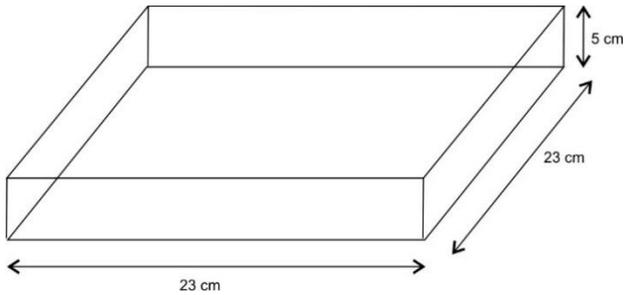
Pembuatan sampel komposit uji tarik ini dilakukan dengan menggunakan cetakan dari bahan *silicone rubber*. Digunakannya bahan *silicone rubber* ini bertujuan agar mempermudah untuk melepas sampel komposit uji tarik yang telah kering dari cetakan, karena bahan *silicone rubber* ini tidak lengket terhadap resin epoksi yang digunakan. selain sampel mudah dilepas, cetakan *silicone rubber* ini juga membuat bentuk sampel menjadi lebih rapih. Untuk membuat cetakan dari bahan *silicone rubber* yang pertama dilakukan adalah pembuatan desain tiruan sampel uji tarik komposit dari bahan akrilik yang di potong sesuai standar seperti pada gambar 3.5 sebanyak 5 buah. Kemudian melakukan pembuatan wadah dari kardus atau karton berbentuk kotak dengan ukuran  $(24 \times 20 \times 5) \text{ cm}^3$ . Kemudian desain tiruan sampel uji tarik dari akrilik diletakkan dalam kardus yang telah jadi dan diatur secara rapih dengan pemberian jarak antara sampel. Kemudian untuk pembuatan *silicone rubber* nya dilakukan dengan mencampur 1 kg *silicone rubber* dan katalis dengan takaran 4% massa dari 1 kg *silicone rubber* dan diaduk hingga *silicone rubber* mulai terasa berat. Kemudian dituangkan diatas tiruan sampel uji tarik yang ada dalam cetakan kardus. Setelah itu *silicone rubber* didiamkan sampai mengering sempurna pada suhu ruang selama  $\pm 24$  jam. Setelah kering, *silicone rubber* dilepas dari wadah dan dapat

digunakan. Dalam satu cetakan *silicone rubber* tersebut terdapat lima tempat untuk membuat sampel uji tarik seperti pada gambar dibawah.



Gambar 3. 7 Skema pembuatan *silicone rubber* uji tarik

Untuk pembuatan sampel uji balistik, digunakan cetakan dari bahan akrilik. Untuk pembuatan sampel uji balistik ini akan dibentuk persegi dengan ukuran 23 x 23 cm sehingga bahan akrilik ini lebih mudah untuk dibentuk persegi. Resin epoksi yang digunakan untuk membuat sampel komposit uji balistik ini akan lengket dengan bahan akrilik dan akan susah untuk melepaskannya dari cetakan, maka untuk mengatasi hal tersebut digunakan bahan *mirror glaze* untuk melapisi cetakan yang akan digunakan sebelum proses pencetakan komposit. Cetakan akrilik terdiri dari 4 potong akrilik dengan ukuran (23 x 5) cm dan 1 potong akrilik dengan ukuran (23 x 23) cm. Kemudian semuanya direkatkan dengan lem tembak agar menjadi cetakan seutuhnya.



Gambar 3. 8 Cetakan akrilik uji balistik

### c) Fraksi Massa

Sampel komposit pada penelitian ini dalam pembuatannya dilakukan dengan cara menentukan perbandingan *filler* dan matriksnya terlebih dahulu. Perbandingan yang digunakan adalah perbandingan fraksi massa antara *filler* dan matriks, dikarenakan dalam proses pembuatannya lebih mudah dan pengukurannya lebih akurat. Penentuan fraksi massa *filler* menggunakan persamaan :

$$F_f = \frac{M_f}{M_f + M_m} \times 100\% \quad (3.1)$$

Keterangan :  $F_f$  : Fraksi massa *filler*

$M_f$  : Massa *filler* (g)

$M_m$  : Massa matriks (g)

Kemudian dilakukan perhitungan fraksi massa *filler* dan matriks untuk setiap formasi *filler* serat lurus, acak, anyaman, hybrid 1 dan hybrid 2. Perbandingan massa campuran serat abaka dan serat rami yang digunakan adalah 1:1,3 dikarenakan untuk setiap formasi *filler* kedua jenis serat memiliki ukuran yang sama namun dengan massa jenis berbeda. Setelah itu digunakan resin epoksi dan katalisnya dengan perbandingan 1:1 yang merupakan standar perbandingan dari perusahaan (pabrik). Pada penelitian ini yang digunakan sebagai tetapan adalah massa *filler* dikarenakan proses pembuatan formasi *filler* yang tidak mudah untuk divariasikan secara akurat, jadi massa *filler* dan massa matriks yang digunakan untuk semua formasi *filler* adalah sama besar. Dikarenakan formasi *filler* yang berbeda - beda maka ketebalannya akan bervariasi pada setiap formasi *filler*.

Tabel 3.1 Tabel massa komposit

Sampel Uji	Massa <i>filler</i> (gram)	Massa matriks (gram)	Massa total komposit (gram)
Uji Tarik	13,782	32,158	45,94
Uji Balistik	185,38	432,553	617,933

#### d) Pencetakan Komposit

Proses pencetakan ini bertujuan untuk menggabungkan antara matriks dengan *filler* sehingga nantinya akan menjadi komposit yang sesuai dengan ukuran yang sudah ditentukan. Proses pembuatan komposit yang digunakan adalah metode *hand lay up*. Pencetakan sampel komposit balistik ini dibagi menjadi 2, yakni sampel untuk uji tarik dan sampel untuk uji balistik. Tahapan pembuatan pembuatan sampel adalah sebagai berikut :

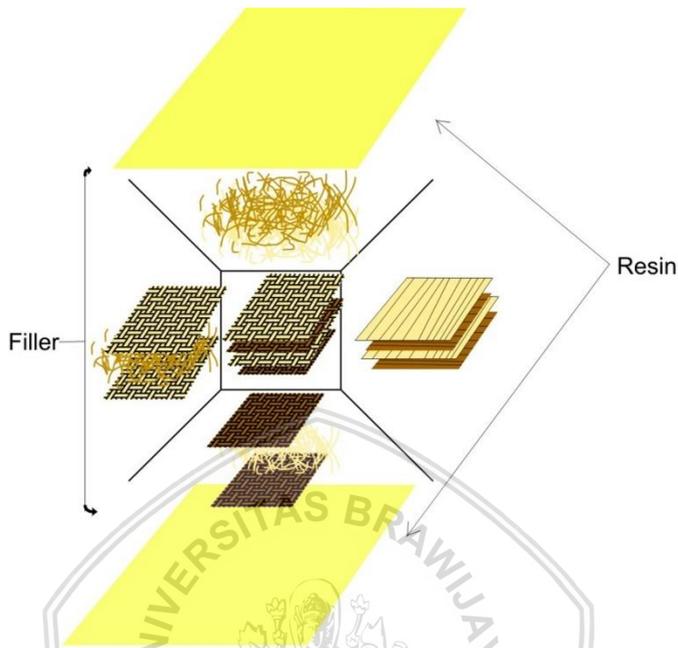
- Sampel uji tarik

Hal pertama yang dilakukan adalah mempersiapkan *filler* dengan setiap formasi serat lurus, acak, dan anyaman. Untuk formasi anyaman dilakukan pemotongan terlebih dahulu sesuai dengan bentuk standar uji tarik yang digunakan. Setelah semua formasi *filler* sudah siap, selanjutnya semua formasi *filler* ditimbang massanya menggunakan timbangan digital. Kemudian menyiapkan resin dan katalisnya untuk ditimbang dengan perbandingan 1:1 sesuai dengan petunjuk yang digunakan. Perbandingan fraksi massa yang digunakan untuk semua sampel adalah sama, yaitu 70% : 30% dimana 70% untuk matriks dan 30% untuk *filler*. Kemudian resin dan katalis diaduk hingga tercampur secara merata. Setelah resin dan *filler* siap, selanjutnya adalah proses pencetakan dimana proses pencetakan untuk setiap formasi *filler* berbeda – beda caranya. Untuk pembuatan sampel formasi *filler* lurus dilakukan dengan memasukkan resin terlebih dahulu kedalam cetakan kemudian memasukkan *filler*, hal ini dilakukan secara bergantian antara resin dan *fillernya* hingga seluruh *filler* tertutup dengan resin. Hal ini juga berlaku untuk formasi *filler* anyaman. Kemudian untuk pencetakan formasi *filler* acak dilakukan dengan cara mencampur semua *filler* dengan resin dan diaduk hingga merata (homogen), kemudian dimasukan kedalam cetakan. Kemudian

yang terakhir adalah pencetakan sampel dengan formasi hybrid 1 dan hybrid 2. Untuk hybrid 1 dan hybrid 2 ini *filler* yang digunakan adalah gabungan dari formasi *filler* anyaman dengan formasi *filler* acak. Untuk formasi hybrid 1 bagian *filler* yang dianyam adalah serat rami dan bagian acaknya adalah serat abaka, sedangkan untuk formasi hybrid 2 adalah kebalikan dari hybrid 1. Proses pencetakan untuk formasi hybrid ini yang dilakukan pertama kali adalah mencampur bagian serat acaknya dengan sebagian resin, kemudian urutan penyusunannya adalah memasukkan sedikit resin pada cetakan kemudian menaruh bagian serat acak diatas resin pada cetakan kemudian dioles dengan resin lagi menggunakan sendok plastik kecil kemudian memasukkan bagian anyaman, dan yang terakhir adalah memasukkan semua sisa resin pada bagian atas anyaman hingga semua bagian tertutup dengan resin. Setelah semua selesai, hal dilakukan terakhir adalah memberi pembebanan dengan menggunakan akrilik dan batu dengan beban  $\pm 10$  kg dan sampel didiamkan pada suhu ruang dalam rentan waktu  $\pm 24$  jam hingga kering. Proses pencetakan sampel uji tarik ini untuk setiap variasi formasi *filler* dibuat sebanyak 5 sampel, jadi total sampel yang dibuat adalah 25 sampel.

- Sampel uji tembak

Pencetakan sampel uji tembak ini juga dilakukan dengan metode *hand lay up*. Untuk cara dan proses pencetakan pada setiap formasi *filler* sama dengan proses pencetakan sampel uji tarik, hanya saja besarnya massa *filler* dan matrik yang digunakan adalah dua kali dari sampel uji tarik. Selain itu cetakan yang digunakan adalah cetakan dari akrilik, sehingga terdapat proses tambahan sebelum memulai proses pencetakan. Proses tersebut adalah proses mengoleskan *mirror glaze* pada sisi dalam cetakan agar komposit yang telah jadi nanti tidak menempel pada cetakan dan mudah untuk dilepas. Proses pencetakan sampel uji tembak ini untuk setiap variasi formasi *filler* dibuat sebanyak 2 sampel, jadi total sampel yang dibuat adalah 10 sampel.



Gambar 3.9 Susunan *filler* dan matriks sampel komposit uji tembak

### 3.3.4 Pengujian

#### a) Pengujian Tarik

Uji tarik dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh suatu sifat fisis mekanik bahan yakni kuat tarik bahan, modulus elastisitas dan perpanjangan (elongasi). Dari uji tarik nantinya juga bertujuan untuk mendapatkan data dari kurva mekanik bahan yang digunakan untuk mengetahui karakteristik dari setiap variabel formasi *filler* serat bahan yang diujikan. Dalam uji tarik ini menggunakan satu set alat uji tarik statik MFL Piuf – Und Me Bysteme GmbH D 6800 Mannheim dengan kecepatan 1,8 liter/ menit dan skala A + B. tahap pertama yang dilakukan saat pengujian adalah meletakkan sampel pada kedua penjepit atas dan bawah. Kemudian jarum *gauge* dan *extensometer* akan mulai bergerak, dan dicatat untuk setiap pertambahan panjang 5mm nilai pada *gauge*. Pertambahan panjang ini dicatat sebagai nilai

$\Delta L$  dan angka pada *gauge* dicatat sebagai gaya  $F$ . Nilai tersebut dicatat hingga sampel putus, sehingga data berupa data numerik yang siap diolah lagi melalui perhitungan manual untuk mendapatkan data sifat mekanik dan karakteristik dari setiap bahan uji.



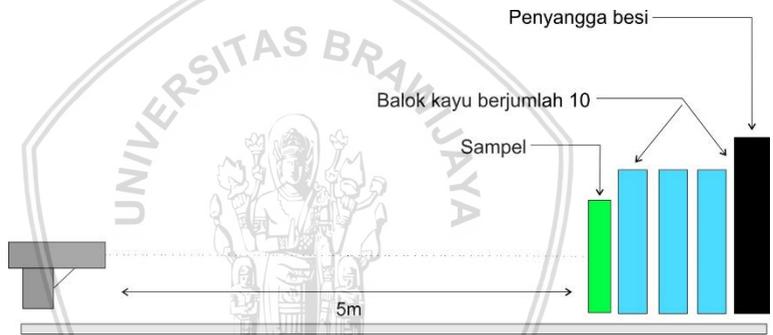
Gambar 3. 10 Alat uji tarik MFL Piuf – Und Me Bysteme GmbH D 6800 Mannheim



Gambar 3.11 Proses uji tarik sampel

**b) Pengujian Balistik**

Pada pengujian balistik digunakan peluru dengan level II – A dengan spesifikasi kaliber peluru 9 mm dengan massa 124 grain (8 gram) dan kecepatan peluru ( $373 \pm 9.1$ ) m/s dengan lapisan logam penuh (FMJ). Senjata yang digunakan untuk pengujian adalah jenis glock 19c. Jarak tembak antara senjata dengan spesimen yaitu 5 m. Kemudian bagian belakang sampel diletakan balok kayu sebanyak 10 lapis dengan masing – masing ketebalan 2,5 cm dan diibagian palig belakang kayu diletakan penyangga berupa besi yang digunakan sebagai penahan terakhir spesimen. Data kemampua sampel dalam menahan impak peluru dari energi kinetik peluru saat itu adalah seberapa banyaknya kayu yang tertembus oleh peluru.



Gambar 3. 12 Skema uji balistik

**3.3.5 Analisa Data**

Data hasil yang di peroleh dari seluruh pengujian yang di lakukan berupa nilai kuat tarik baik serat maupun komposit, kemampuan mekanik komposit meliputi kuat tarik, elongasi, modulus, dan kurva karakteristik bahan serta data kedalaman penetrasi peluru pada kayu yang menembus sampel dan energi kinetik peluru. Dari data properti mekanik dapat diketahui hubungannya dengan kemampuan bahan dalam menahan energi kinetik dari peluru. Nilai data yang diperoleh dari pengujian merupakan aspek dalam melakukan perhitungan dan analisa data. Hubungan tegangan dan regangan dari bahan dapat diketahui dengan menggunakan persamaan :



$$\sigma = \frac{F}{A} \tag{3.2}$$

Dan,

$$A = b \times t \tag{3.3}$$

Sehingga,

$$\sigma = \frac{F}{b \times t} \tag{3.4}$$

Keterangan :  $\sigma$  = Tegangan (MPa)       $b$  = lebar sampel (mm)  
 $F$  = Gaya (N)                               $t$  = tebal sampel (mm)  
 $A$  = Luasan (mm<sup>2</sup>)

Setelah itu data tegangan dan regangan pada setiap variabel diplot menggunakan *microsoft excel* dalam bentuk grafik untuk mendapatkan kurva karakteristik uji tarik. Kemudian data kekuatan tarik didapatkan dari tegangan tertinggi dan elongasi didapatkan dari regangan tertinggi kurva uji tarik. Atau juga melalui persamaan:

$$\sigma_{max} = \frac{F_{max}}{A} \tag{3.5}$$

$$\epsilon_{max} = \frac{\Delta L_{max}}{L_0} \tag{3.6}$$

Untuk mengetahui sifat kekakuan dan elastisitas bahan sampel komposit maka digunakan persamaan modulus elastisitas yang diperoleh dari slope garis lurus di daerah elastis kurva uji tarik, yaitu :

$$E = \frac{(\sigma_B - \sigma_A)}{(\epsilon_B - \epsilon_A)} \tag{3.7}$$

Setelah semua perhitungan dan pembuatan kurva selesai, kemudian dilakukan analisa pengaruh dari formasi *filler* serat yang berbeda terhadap hasil akhir dari uji tarik dan hasil data uji tembak.



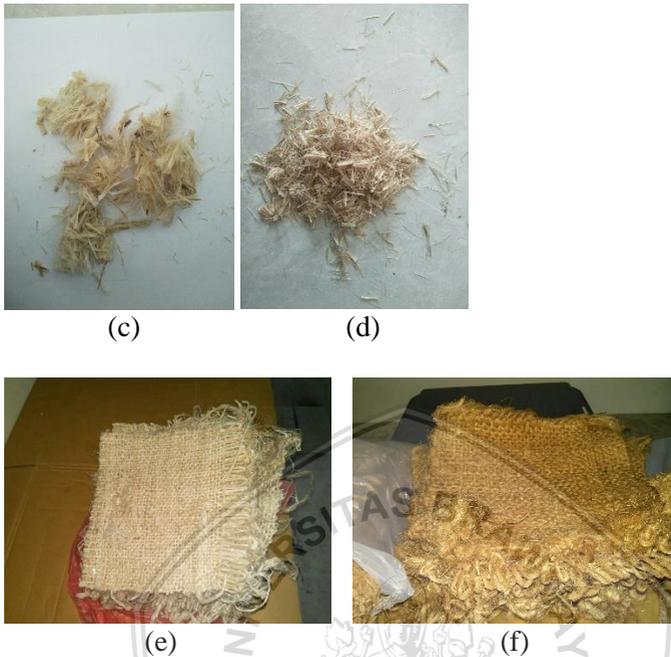
## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Preparasi Formasi Filler Serat

#### 4.1.1 Hasil Preparasi Formasi *Filler*

Pembuatan *filler* ini dibagi menjadi tiga jenis formasi *filler*, yaitu formasi *filler* lurus, acak dan anyaman. Untuk formasi hybrid merupakan gabungan dari serat acak dengan serat anyaman. Berdasarkan karakteristik fisik, serat masih terasa kasar saat di sentuh dikarenakan serat masih mengandung zat lilin seperti lignin dan pektin. Selain itu warna untuk serat rami maupun abaka masih terlihat putih bersih pada formasi *filler* serat lurus dan acak, namun untuk formasi *filler* serat anyaman pada serat abaka berwarna coklat muda sedangkan pada serat rami terlihat putih bersih. Preparasi formasi *filler* ini dimulai dari serat utuh dari Balitas kemudian di potong serta dianyam sesuai dengan formasi *filler* yang di inginkan. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.1.





Gambar 4.1 Hasil preparasi formasi setiap *filler* serat lurus (a) dan (b), serat acak (c) dan (d), anyaman (e) dan (f).

#### 4.1.2 Hasil Perlakuan Kimia

Setelah preparasi formasi *filler* selesai, kemudian dilanjutkan dengan pemberian perlakuan kimia untuk semua formasi *filler* serat. Perlakuan kimia ini bertujuan untuk menghilangkan kandungan zat lilin yaitu lignin dan pektin yang ada pada serat serta dapat memperkuat ikatan antara serat dengan resin (Maryanti dkk., 2011). Perubahan yang terjadi setelah perlakuan kimia ini adalah pada karakter fisiknya yang terasa sedikit lebih halus bila disentuh dengan tangan, kemudian untuk warnanya pada serat rami sedikit berubah menjadi kecoklatan dan untuk serat abaka menjadi coklat keemasan. Hasil dari perlakuan kimia pada setiap formasi *filler* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



(a)



(b)



(c)

(d)





(e)



(f)

Gambar 4.2 Hasil formasi *filler* serat setelah perlakuan kimia, (a,c,d) serat rami dan (b,d,f) serat abaka

## 4.2 Hasil Pembuatan Komposit

### 4.2.1 Komposit Uji Tarik

Setelah pembuatan formasi *filler* selesai, kemudian melakukan proses pembuatan sampel (komposit) dengan cara menggabungkan *filler* dan resin epoksi. Sampel komposit untuk uji tarik dibuat dengan menggunakan bentuk sesuai standar ASTM D638 – 02 tipe 3 seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.2.



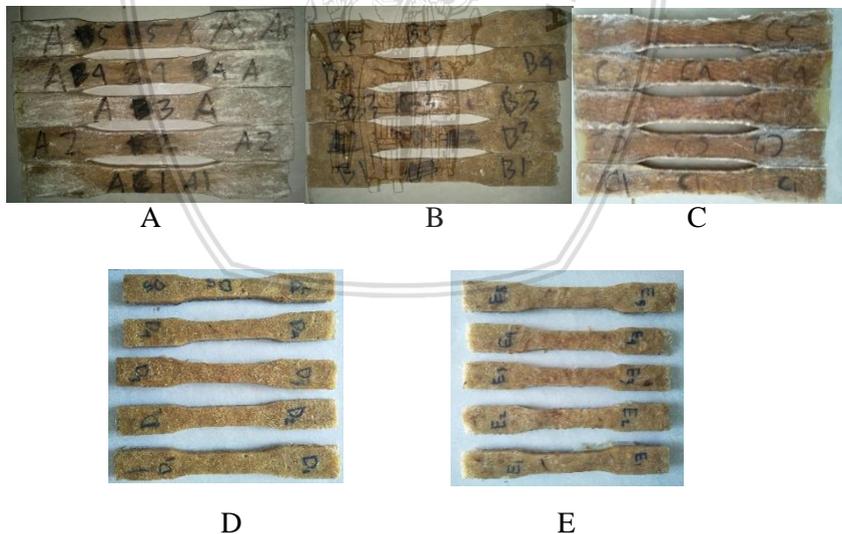
Gambar 4.3 Sampel komposit sebelum uji Tarik

Besarnya nilai ketebalan pada setiap sampel berbeda – beda, nilainya dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data ketebalan sampel

Sampel	A	B	C	D	E
Tebal (mm)	$7,8 \pm 0,4$	$6,8 \pm 0,4$	$8,2 \pm 0,2$	$8,2 \pm 0,4$	$8,6 \pm 0,3$

Sampel komposit yang dihasilkan memiliki ukuran panjang dan lebar sebesar 22,5 x 2,8 cm seperti yang terlihat pada gambar 4.3. Pada pembuatan sampel komposit uji tarik ini digunakan lima variasi formasi *filler* serat, yaitu formasi *filler* serat lurus, acak, anyaman, hybrid 1 dan hybrid 2. Untuk formasi hybrid 1 dan hybrid 2, *filler* yang digunakan adalah gabungan dari formasi *filler* anyaman dengan formasi *filler* acak. Untuk formasi hybrid 1 bagian *filler* yang dianyam adalah serat rami dan bagian acaknya adalah serat abaka, sedangkan untuk formasi hybrid 2 adalah kebalikan dari hybrid 1. Meskipun formasi *filler* serat yang berbeda – beda tetapi perubahan ketebalan pada sampel komposit tidak terlalu signifikan, karena perbandingan antara massa *filler* dengan matriks yang digunakan untuk semua sampel adalah sama yakni 30:70.



Gambar 4.4 Sampel Uji Tarik

## 4.2.2 Komposit Uji Balistik

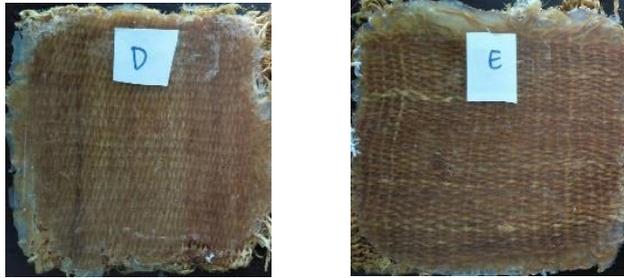
Sampel komposit untuk uji balistik ini dibuat dengan bentuk persegi berupa panel dengan ukuran  $\pm 21,5 \times 21,5$  cm. Pembuatan sampel dilakukan pada variasi formasi *filler* serat lurus, acak, anyaman, hybrid 1 dan hybrid 2. Kemudian untuk setiap variabel diulang satu kali, jadi total sampel yang dibuat berjumlah 10 sampel. Untuk pembuatan sampel uji balistik, yang dijadikan tetapan adalah massa *filler* serat. Setelah sampel komposit jadi, kemudian diukur massa serta panjang, tinggi dan lebar komposit untuk menghitung volumenya. Untuk pengukuran tinggi komposit dilakukan dengan cara aproksimasi di setiap sisi – sisi nya. Setelah massa dan volumenya didapatkan, maka selanjutnya dilakukan penghitungan massa jenis (kerapatan) dari sampel komposit. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Nilai kerapatan dan ketebalan sampel komposit

Formasi <i>filler</i>	Tebal (cm)	Kerapatan (gr/cm <sup>3</sup> )
Lurus (A)	1,60 $\pm$ 0,12	1,15
Acak (B)	1,60 $\pm$ 0,26	0,87
Anyaman (C)	1,45 $\pm$ 0,18	1,33
Hybrid 1 (D)	1,65 $\pm$ 0,14	1,06
Hybrid 2 (E)	1,85 $\pm$ 0,03	0,97

Hasil pembuatan sampel komposit uji balistik dapat dilihat pada Gambar 4.5.





Gambar 4.5 Sampel Uji Balistik formasi *filler* (A) Lurus, (B) Acak, (C) Anyaman, (D) Hybrid 1, (E) Hybrid 2

### 4.3 Hasil Uji Tarik

Pembuatan sampel telah selesai, kemudian dilanjutkan dengan melakukan pengujian tarik untuk semua sampel. Data hasil yang didapatkan yaitu berupa gaya ( $F$ ), panjang awal ( $L_0$ ), selisih panjang ( $\Delta L$ ), dan luas sampel ( $A$ ) dimana nilainya dapat dilihat pada lampiran. Kemudian data – data yang didapatkan diolah lagi untuk mengetahui sifat fisis mekanik seperti, kekuatan tarik yang menunjukkan kekuatan bahan ( $\sigma$ ), elongasi ( $\varepsilon$ ) yang menunjukkan kemampuan mulur bahan dan modulus elastisitas ( $E$ ) yang menunjukkan kekakuan atau elastisitas bahan pada semua sampel komposit. Hasil patahan uji tarik dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Hasil Uji Tarik

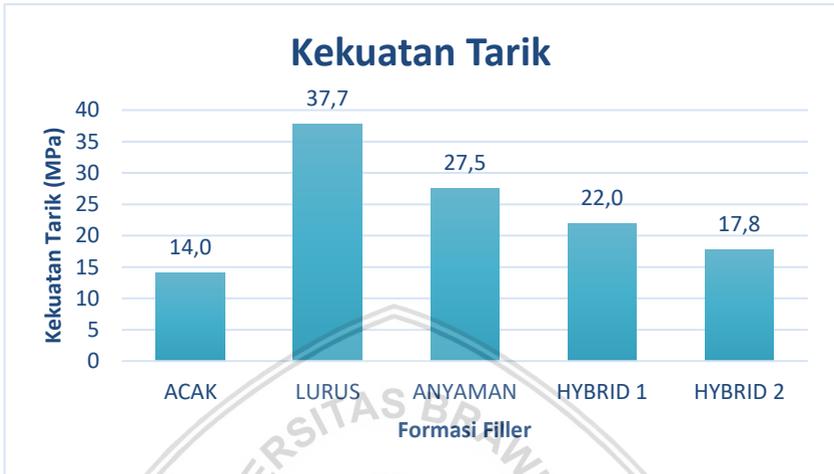
Untuk mengetahui perilaku suatu bahan yang mengalami beban tegangan, diperlukan suatu kurva karakteristik bahan. Hasil nilai mekanik uji tarik dari setiap sampel ditunjukkan pada tabel 4.5.

Tabel 4.3 Nilai mekanik bahan

Formasi <i>filler</i>	Kekuatan Tarik (Mpa)	Elongasi (%)	Modulus Elastisitas (Gpa)
Lurus	$37,7 \pm 3,2$	$2,5 \pm 1,1$	$8,8 \pm 0,6$
Acak	$14,1 \pm 1,8$	$1,3 \pm 0,2$	$5,2 \pm 0,4$
Anyaman	$27,5 \pm 1,5$	$3,3 \pm 0,3$	$7,6 \pm 0,2$
Hybrid 1	$21,9 \pm 1,6$	$2,2 \pm 1,2$	$6,8 \pm 0,6$
Hybrid 2	$17,8 \pm 1,5$	$1,4 \pm 1,3$	$6,3 \pm 0,9$

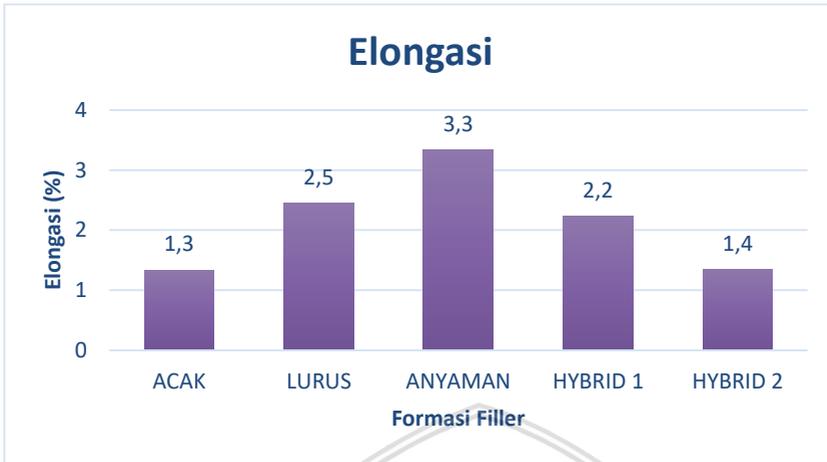
Tabel 4.3 menunjukkan nilai mekanik bahan untuk setiap formasi *filler* serat, dapat dikatakan bahwa dari data diatas bahwa perubahan formasi *filler* serat pada setiap komposit menghasilkan nilai properti mekanik yang berbeda – beda. Ini disebabkan karena dari setiap formasi *filler* serat memiliki sifat yang berbeda. Selain itu biarpun perbandingan fraksi massa yang digunakan untuk semua sampel adalah sama, namun karena formasi *filler* yang berubah – ubah pada setiap sampel maka menjadikan nilai properti mekanik juga berbeda. Nilai properti mekanik juga dipengaruhi oleh kekuatan ikatan antara matriks dengan *filler*, namun karena formasi *filler* serat pada setiap sampel berbeda maka kekuatan ikatan antara *filler* dengan matriks pun juga berbeda.

Pengaruh formasi *filler* serat pada komposit terhadap kekuatan tarik dapat ditunjukkan pada gambar 4.7.



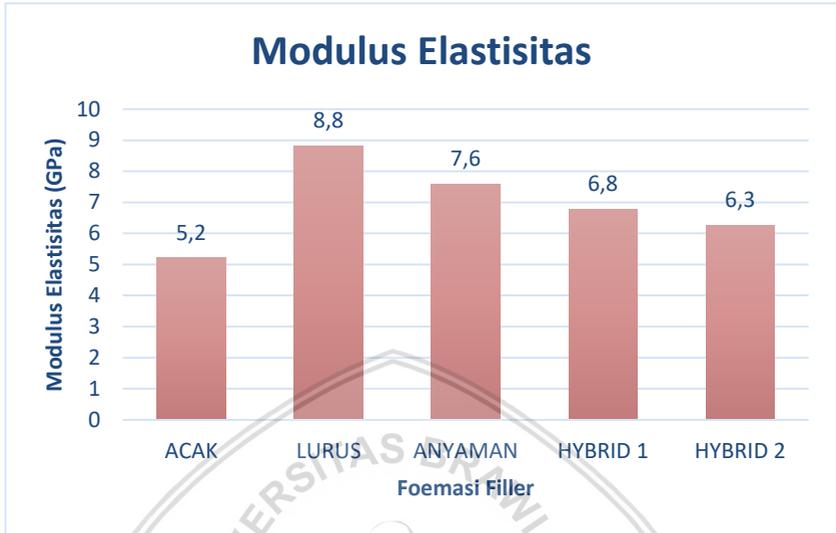
Gambar 4.7 Grafik formasi *filler* terhadap kekuatan tarik

Pada grafik kekuatan tarik diatas, didapatkan bahwa kekuatan tarik antara formasi *filler* serat acak dengan formasi *filler* serat lurus mengalami nilai kenaikan yang cukup besar, kemudian dari formasi *filler* serat lurus hingga formasi *filler* serat Hybrid 2 mengalami penurunan nilai yang tidak terlalu besar. Pada gambar 4.9 diatas terlihat bahwa kuat tarik komposit dengan formasi *filler* serat lurus memiliki nilai tertinggi yakni  $(37,7 \pm 3,2)$ Mpa dibandingkan komposit dengan formasi *filler* serat acak, anyaman, hybrid 1 dan hybrid 2. Selain itu untuk formasi *filler* serat acak memiliki nilai paling kecil yakni  $(14,1 \pm 1,8)$ Mpa. Hal ini disebabkan oleh tidak sempurnanya ikatan antara serat dan matriks resin epoksi yang mengakibatkan banyaknya gelembung udara (*void*) pada komposit. Kemudian alasan komposit formasi *filler* serat acak memiliki nilai lebih kecil karena formasi *filler* dengan serat acak tidak ada yang mampu secara optimum menahan gaya yang diberikan pada arah dimana gaya bekerja.



Gambar 4.8 Grafik formasi *filler* terhadap elongasi

Pada gambar 4.8 grafik elongasi menunjukkan nilai kenaikan mulai dari formasi *filler* acak hingga formasi *filler* anyaman, dan kemudian mengalami penurunan nilai pada formasi *filler* hybrid 1 hingga pada formasi *filler* hybrid 2. Dari nilai elongasi yang ditunjukkan pada grafik 4.10 dapat dikatakan bahwa nilai elongasi pada formasi *filler* anyaman memiliki kemampuan mulur yang paling besar dengan nilai yakni  $(3,3 \pm 0,3)\%$ . Sedangkan pada formasi *filler* acak memiliki kemampuan mulur paling kecil dengan nilai yakni  $(1,3 \pm 0,2)\%$ . Besarnya nilai elongasi pada formasi *filler* anyaman disebabkan karena serat anyaman dapat menyalurkan gaya secara merata pada komposit dengan baik dibandingkan dengan formasi *filler* serat yang lainnya. Selain itu ikatan antara resin dengan serat juga berpengaruh pada nilai elongasi ini, jika ikatan antara resin dengan serat kurang bagus maka menjadikan nilai elongasi yang kurang bagus.

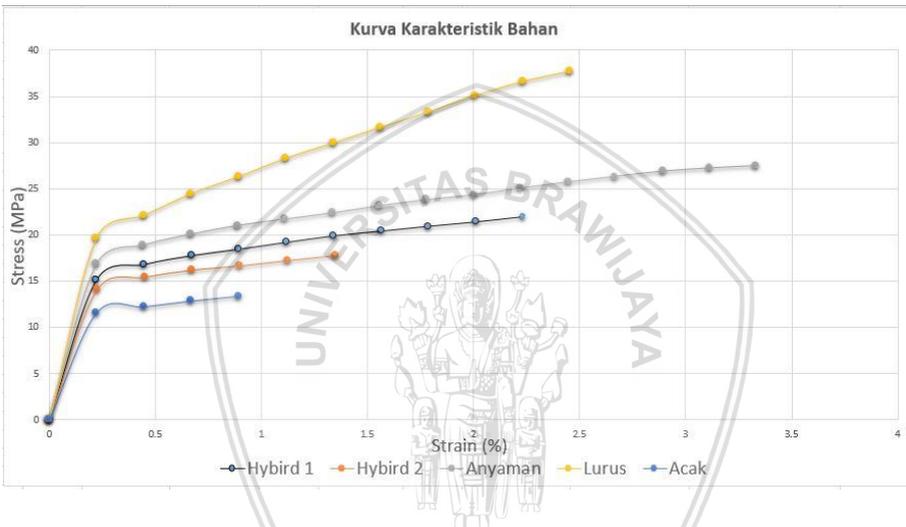


Gambar 4.9 Grafik formasi *filler* terhadap modulus elastisitas

Gambar 4.9 diatas menunjukkan pengaruh formasi *filler* terhadap modulus elastisitasnya. Perhitungan modulus dilakukan pada daerah elastis bahan. Dari grafik diatas diperoleh data bahwa modulus elastisitas pada formasi *filler* serat lurus memiliki nilai paling tinggi yakni  $(8,8 \pm 0,6)$ Gpa. Sedangkan pada formasi *filler* serat acak memiliki nilai paling rendah yakni  $(5,2 \pm 0,4)$  Gpa. Kemudian untuk nilai modulus elastisitas dari formasi *filler* serat lurus hingga hybrid 2 cenderung turun namun tidak terlalu besar. Dari data grafik diatas dapat dikatakan bahwa formasi *filler* serat lurus mempunyai sifat paling kaku dibandingkan dengan formasi *filler* yang lainnya karena semakin besar nilai modulus elastisitas suatu bahan, maka bahan tersebut akan semakin kaku dan pada formasi *filler* serat acak memiliki sifat paling elastis karena nilai modulus elastisitas nya paling kecil. Sehingga perubahan formasi *filler* serat pada komposit ini berpengaruh pada sifat modulus elastisitasnya.

#### 4.4 Kurva Karakteristik Bahan

Kurva karakteristik tegangan - regangan bahan digunakan untuk bisa mengetahui bagaimana perilaku formasi *filler* komposit terhadap pembebanan. Semakin besar nilai tegangan – regangan suatu bahan komposit, maka akan semakin baik jika digunakan untuk menyerap energi , seperti energi kinetik pada laju proyektil peluru. Besarnya energi yang diserap oleh bahan merupakan daerah yang diasir pada bawah kurva tegangan – regangan uji tarik (Hadi, 2016).



Gambar 4.10 Kurva tegangan – regangan sampel

Pada kurva karakteristik ini, dapat dilihat bahwa pada setiap formasi *filler* memiliki karakteristik bahan yang berbeda – beda pada saat diberikan tegangan. Nilai tegangan maksimum tertinggi diperoleh pada formasi *filler* serat lurus yakni sebesar  $(37,7 \pm 3,2)$  Mpa dengan nilai elongasinya yakni sebesar  $(2,5 \pm 1,1)\%$ . Kemudian untuk regangan maksimum terdapat pada formasi *filler* anyaman dengan nilai yakni  $(3,3 \pm 0,3)\%$  dengan nilai kuat tariknya yakni  $(27,5 \pm 1,5)$ Mpa.

Pada komposit dengan formasi *filler* acak, hybrid 1 dan hybrid 2 nilai yang diperoleh lebih kecil dari pada formasi *filler* lurus dan anyaman. Selain itu pada formasi *filler* acak, hybrid 1 dan hybrid 2 ini lebih cepat mengalami putus lebih cepat pada saat pengujian, sehingga



pada kedua formasi *filler* ini memiliki nilai elongasi yang rendah terutama pada sampel komposit dengan formasi *filler* acak. Pada sampel komposit dengan formasi *filler* acak, hybrid 1 dan hybrid 2, memiliki nilai kuat tarik terendah sehingga kemampuan menyerap beban impak juga diprediksikan masih belum bagus. Hal ini karena luasan daerah arsiran yang didapatkan pada sampel komposit dengan formasi *filler* acak, hybrid 1 dan hybrid 2 masih tergolong kecil jika dibandingkan dengan sampel komposit dengan formasi *filler* lurus dan anyaman.

Sebaliknya bahwa pada sampel komposit dengan formasi *filler* lurus dan anyaman, memiliki nilai kuat tarik tertinggi sehingga sampel komposit mengalami putus dengan waktu yang cukup lama. Jadi dapat diprediksi bahwa pada formasi *filler* serat lurus dan anyaman memiliki kemampuan menyerap beban impak yang baik. Alasan mengapa sampel komposit formasi *filler* lurus dan anyaman mampu menyerap impak dengan baik karena besar luasan pada daerah arsiran dari kedua variabel ini cukup luas jika dibandingkan dengan sampel komposit dengan formasi *filler* acak, hybrid 1 dan hybrid 2.

#### 4.5 Hasil Uji Balistik

Uji balistik dilakukan dengan penembakan pada sampel komposit uji tembak yang telah dibuat. Pengujian balistik bertujuan untuk membuktikan kesesuaian dari hasil data uji tarik pada komposit yang telah dilakukan, selain itu juga untuk mengetahui pengaruh formasi *filler* komposit untuk meredam impak proyektil. Uji balistik ini dilakukan dengan menggunakan standar uji NIJ (*National Institute of Justice*). Spesifikasinya dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Spesifikasi Uji Tembak Level IIA ((*National Institute of Justice*, 2005)

Level	Tipe dan kaliber peluru	Massa peluru (grains)	Kecepatan impak	
			ft/s	m/s
IIA	9mm full metal Jacket round nose	124	1220	341

Uji balistik dengan level IIA merupakan tingkatan terendah berdasarkan kaliber peluru dan massa peluru. Hasil dari uji balistik dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Uji Balistik

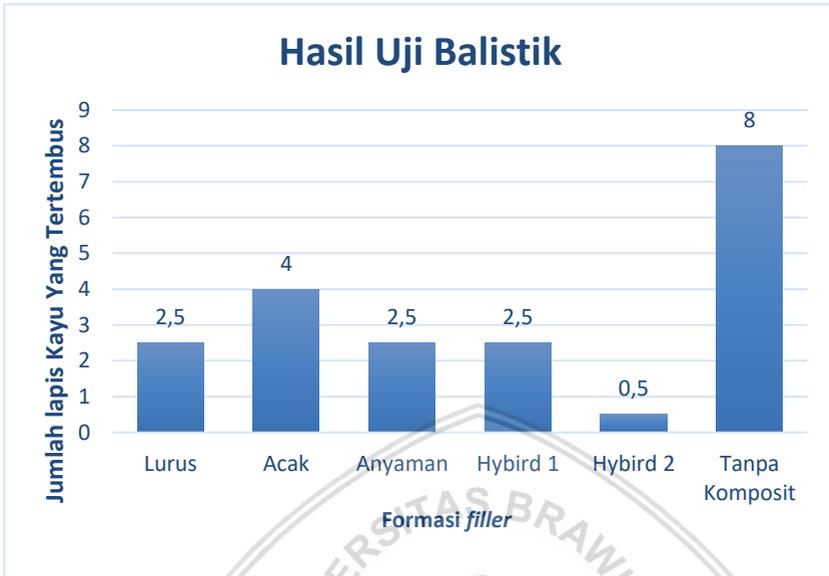
Formasi <i>filler</i> Sampel	Kedalaman Penetrasi (cm)	Berhenti Pada kayu ke- (Lapis)
Lurus	7,85	2,5
Acak	11,60	4
Anyaman	7,70	2,5
Hybrid 1	7,85	2,5
Hybrid 2	3,10	0,5
Tanpa Komposit	20	8

Untuk menganalisa hasil dari uji balistik ini dilakukan dengan cara pengukuran kedalaman penetrasi dan mengamati kerusakan yang terjadi pada sampel komposit. Kemudian untuk mengetahui kekuatan dari komposit dilakukan dengan mengukur seberapa banyak peluru menembus kayu yang berada pada belakang sampel. Kecepatan peluru yang digunakan pada saat pengujian yakni 380 m/s dengan massa peluru 8 gram sehingga energi kinetik yang dihasilkan oleh peluru yang ditembakkan adalah sebesar 577,6 Joule. Sebelum memulai uji tembak terhadap sampel, dilakukan penembakan terlebih dahulu pada papan kayu nya saja agar tau seberapa perbedaan tembus peluru antara terdapat sampel dan tidak ada sampel. Jenis kayu yang digunakan untuk lapisan penahan sampel adalah kayu akasia. Sifat fisik dan kekuatan fisik kayu akasia dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Karakteristik Kayu Akasia

No	Sifat Fisik dan Mekanik	Ketinggian Batang	
		150 cm	300 cm
1	Kadar Air (%)	13,78	14,89
2	Kerapatan ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	0,62	0,60
3	Berat Jenis	0,61	0,59
4	Kekuatan tekan sejajar serat ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ )	361,7	319,5 4
5	Kekuatan tekan tegak lurus serat ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ )	197	117
6	Kekuatan lentur/MOR/ ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ )	680,5	509,2 5
7	Keteguhan belah ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ )	110,9	80,25
8	Kekuatan tarik tegak lurus serat ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ )	133,03	98,27
9	Kekuatan geser sejajar serat ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ )	149,43	93,53
10	Kekerasan ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ )	565	452

Dari hasil data pengujian tembak yang telah dilakukan, didapatkan hasil seperti pada tabel 4.5, bahwa sampel dengan formasi *filler* hybrid 2 memiliki kekuatan untuk meredam dampak proyektil paling baik dari jika dibandingkan dengan keempat variabel yang lain, yakni dibuktikan dengan peluru yang bersarang pada balok kayu ke 0,5 dan kedalaman penetrasi yakni 1,25 cm. Sedangkan pada sampel komposit dengan formasi *filler* serat acak memiliki kemampuan meredam dampak proyektil paling kecil, hal ini dibuktikan dengan peluru yang bersarang pada balok kayu ke 4 dengan kedalaman penetrasi sebesar 10 cm. Hal ini tidak sesuai dengan hasil data dari uji tarik yang sebelumnya telah dilakukan. Peristiwa ini kemungkinan disebabkan karena pada pembuatan sampel uji balistik ikatan antara resin dengan serat jauh lebih baik dari pada sampel uji tarik.



Gambar 4.11 Grafik Hasil Uji Balistik

Dari grafik uji balistik diatas dapat dinyatakan bahwa komposit dengan formasi *filler* serat hybrid 2 memiliki kemampuan untuk meredam dampak proyektil paling bagus. Sedangkan untuk formasi *filler* serat lurus, anyaman dan hybrid 1 memiliki kekuatan yang setara atau sama. Dan komposit dengan formasi *filler* serat acak memiliki kemampuan meredam dampak proyektil paling lemah.

#### 4.6 Hasil Kerusakan Sampel Uji Balistik

Kerusakan hasil pengujian balistik pada sampel komposit dapat dilihat pada gambar 4.12. Dampak yang dihasilkan oleh dampak proyektil peluru pada sampel komposit yaitu terbentuknya lubang kecil sesuai dengan ukuran peluru serta lubang pada komposit cenderung menutup kembali. Selain itu kerusakan yang ditimbulkan oleh tumbukan peluru tidak terlalu meluas dan merusak pada komposit. Kerusakan hanya berada pada sekitar lubang yang dihasilkan

Ini terjadi karena tumbukan dari peluru dengan kecepatan yang tinggi. Jika kerusakan dampak yang ditimbulkan dengan kecepatan proyektil peluru yang rendah, maka kerusakan pada sampel komposit



akan dipengaruhi oleh besarnya diameter proyektil peluru yang menumbuk (Ellis, 1996). Selain itu bahan memiliki nilai elongasi yang cukup mampu untuk membuat bahan kembali ke bentuk awal. Sampel komposit yang dibuat dalam penelitian ini tidak memiliki nilai kekerasan (tidak di uji), namun kemampuan bahan untuk menahan dampak proyektil tidak hanya ditentukan oleh nilai kekerasannya. Nilai kuat tarik, elongasi dan modulus elastisitas bahan juga menjadi faktor penting dan berpengaruh terhadap dampak suatu bahan (Hadi, 2016).



Gambar 4.12 Hasil uji tembak sampel komposit

Pengujian balistik yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan jarak tembak 5 meter. Menurut *National Institute of Justice* (NIJ), pada jarak tersebut proyektil memiliki energi kinetik maksimal karena hambatan udara dan pengaruh gaya gravitasi bumi sangat kecil sehingga dapat diabaikan. Suatu proses penyerapan energi yang baik pada suatu komposit serat adalah dengan menyebarkan seluruh energi kinetik tersebut secara merata pada seluruh bagian komposit khususnya pada serat yang berperan penting dalam penyerapan energi, sehingga mengurangi beban atau tekanan terpusat pada komposit dan memungkinkan untuk proyektil tidak menembus komposit. Penyerapan energi yang baik pada suatu bahan tahan proyektil akan menyebabkan kerusakan pada peluru yang menumbuk. Dapat dilihat pada gambar 4.13 dibawah bahwa keadaan peluru sedikit penyok. Kerusakan pada peluru ini membuktikan bahwa sampel komposit yang telah dibuat dengan variasi formasi *filler* serat sudah

cukup mampu untuk meredam energi pada peluru meskipun peluru tetap menembus sampel komposit tersebut.



Gambar 4.13 Keadaan peluru setelah menumbuk sampel

Kemampuan bahan untuk meredam energi dinamakan sifat ketangguhan atau kekuatan impact. Untuk melakukan analisis terhadap redaman energi proyektil digunakan persamaan :

$$E = \int_{\epsilon_0}^{\epsilon_a} \sigma(\epsilon) d\epsilon$$

Dimana  $E$  adalah energi yang diserap,  $\sigma(\epsilon)$  adalah fungsi stress terhadap strain pada kurva karakteristik bahan,  $\int_{\epsilon_0}^{\epsilon_a} d\epsilon$  adalah intergral fungsi kurva dari titik *strain* 0 sampai titik *strain* akhir dan dapat dilihat bahwa kekuatan redaman energi suatu bahan berbanding lurus dengan kekuatan tarik, elongasi dan stress – strainnya. (Hadi, 2016).

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari data hasil dari penelitian ini, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah berhasil dilakukan rancang bangun komposit balistik berpenguat serat Rami dan serat Abaka menggunakan resin epoxy.
2. Perbedaan formasi *filler* serat pada komposit balistik berpengaruh terhadap sifat mekanik komposit dengan nilai kuat tarik terbaik pada formasi *filler* serat Lurus sebesar  $(37,7 \pm 3)$  Mpa sedangkan nilai kuat tarik terendah pada formasi *filler* serat Acak sebesar  $(14,1 \pm 2)$  Mpa.
3. Hasil pengujian balistik level IIA menunjukkan bahwa semua sampel tembus dengan hasil terbaik pada sampel komposit dengan formasi *filler* serat Hybrid 2 proyektil berhenti pada lapis balok kayu 0,5 dan hasil terendah pada sampel komposit dengan formasi *filler* serat Acak proyektil berhenti pada lapis balok kayu ke 4.

### 5.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya diharapkan penggunaan komposit berbahan serat alam yang lain atau lebih kuat serta metode yang jauh lebih baik agar komposit yang dihasilkan lebih bagus dan mampu meredam dampak proyektil.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)



## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2010). Biocomposites, JEC Paris Innovation, Paris, pp. 1-8.
- Anonim. (2002). Composite Materials Handbook, Departement of Defence, United States of America, pp. (6-74) – (7-39).
- Arsad, Effendi. 2011. Sifat Fisik dan Kekuatan Mekanik Kayu Akasia Mangium (*Acacia mangium Willd*) dari Hutan Tanaman Industri Kalimantan Selatan. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 3, 20-23.
- ASTM, D638. 2008. 638-03: Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. *Current edition approved Apr, 1, 1-16*.
- Brother J. (2003). *Composite Application Using Coir Fiber In Sri Lanka*. Final Report. Project Number CFC/FIGHF1/8FT. Belanda
- Callister, W.D, 2000, Materials Science and Engineering : An Introduction, edisi ke 5, pen.John Wiley, New York.
- Fauzi, Muhammad Iqbal, Aristo Kevin A.P. (2014). Stab-Resistant and Ballistic Vest made from Coconut Fiber. SMA Negeri 3 Semarang. Semarang.
- Gapsari, F., & Setyarini, P. H. (2012). Pengaruh Fraksi Volume terhadap Kekuatan Tarik dan Lentur Komposit Resin Berpenguat Serbuk Kayu. *Rekayasa Mesin*, 1(2), 59-64.
- Gibson, R.F. 1994. Principles of Composites Material Mechanics. Singapore: Mc. Graw Hill.
- Hadi, Syamsul.2016. *Teknologi Bahan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Hajime Shudo and Uchidarokakuho .1983. Material Testing (Zairyou Shiken). Japan
- Harper, CA. 2002. Handbook of Plastics, Elastomers and Composites, McGrawHill, Lutherville-Maryland.

- Istiyadi, Ir. 2003. Naskah Kajian Tentang Penelitian dan Pengembangan Pembuatan Plate Keramik Rompi Tahan Peluru Untuk Mendukung Kepentingan Negara. Jakarta : Departemen Pertahanan RI, Badan Penelitian dan Pengembangan.
- Jones, R.M. 1975. *Mechanics of Composite Materials*. Washington DC: Scripta Book Company
- Klemens. (2009). Pengembangan komposit berbahan dasar serat pisang abacca dan resin epoksi dikombinasikan dengan keramik untuk panel rompi tahan peluru level IIIA.
- Lerner, K. Lee dan Lerner, Brenda Wilmoth. 2004. *Gale Encyclopedia of Science (3<sup>rd</sup>ed)*. Canada : Thomson Learning, Inc.
- Li, Xue, Lope G. Tabil, dan Satyanarayan Panigrahi. Chemical Treatments of Natural Fiber for Use in Natural Fiber-Reinforced Composites : A Review. *J Polym Environ* (2007) 15:25-33 DOI 10.1007/s10924-006-0042-3.
- M. Abdelmouleh, S. Boufi, M.N. Belgacem, A. Dufresne. 2007. Short NaturalFibre Reinforced Polyethylene and Natural Rubber Composites: Effect of Silane Coupling Agents and Fibres Loading. *Composites Science and Technology* 67 (2007) 1627–1639
- Marsyahyo, Eko dkk. Identification of Ramie Single Fiber Surface Topography Influenced by Solvent-Based Treatment.
- Maryanti, Budha, Sonief, Ahmad As' ad dan Wahyudi, Slamet. 2011. Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Poliester Terhadap Kekuatan Tarik. *Rekayasa Mesin*, 2, 123-129.
- Mohanty,A.K.dkk. (2000).Coir-Polyester composites: Effect on fibre surface treatment on mechanical properties of composite.Rout &, International Plastics Engineering and Technology, Vol.04.
- Musaddad, H. M. A. (2007). *Agribisnis Tanaman Rami: Niaga Swadaya*.

- Nam, Sunghyun dan Anil N. Netravali. (2006). Green Composites I. Physical Properties of Ramie Fibers for Environment-friendly Green Composites. Fiber Science Program 2006, Vol.7, No.4, 372-379. Cornell University. Ithaca. NY 14853-4401. USA.
- National Institute of Justice. (2000). NIJ Standard-0101.04, Ballistic Resistance of Personal Body Armor. Washington DC : U.S. Department of Justice.
- Phoenix, S.L. dan Porwal, P.K., 2003, A New Membrane Model for the Ballistic Impact Response and Performance of Multi-Ply Fibrous Systems, International Journal of Solids and Structures, 40, pp. 6723– 6765.
- Rahman, H., 2006. *Pembuatan Pulp dari Batang Pisang Uter (Musa paradisiaca Linn. var uter) Pascapanen dengan Proses Soda*. Skripsi, Fakultas Kehutanan. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Rohatgi, P.K.dkk. (1983). *Alkali treatment for coir fibres for coir-polyester composites*. Research regional laboratory. India.
- Santoso, Heru dan Soekrisno. (2009). Preliminary Investigation on Bulletproof Panels Made from Ramie Fiber Reinforced Composites for.
- Schwartz, M.M, 1984, "Composite Materials Handbook", McGraw-Hill Inc, New York.
- Surono, Untoro dan Sukoco. (2016). Analisa Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Serat Ijuk Dengan Bahan Matrik Poliester.
- Wang, Tabil P., Kolyaba C.P. and Sokhansanj, 2002, Flax Fiber Reinforced Thermoplastic Composites, Journal The Society of Eng. In Agriculture, food and Biological Systems, Dep. Of Agriculture and Bioresource Univ. Saskatchewan., 57 Campus Drive, Saskatoon, Sk, Canada , S7N 5A9.
- Wazzan, 2006, Influence of Submicron TiO<sub>2</sub> Particles on the Mechanical Properties and Fracture Characteristics of Cured Epoxy Resin, Polymer-Plastics Technology and Engineering, 45, 1155-1161.
- Wibowo, A. 1998. Abaca (Musa Textillis Nee) Penghasil Serat. Duta Rimba XXIV (222) :31-37.

- Xie, Y., Callum A.S.H., Zefang X., Holger M., and Carsten M., 2010, Silane Coupling Agents Used for Natural Fiber/Polymer Composites: A review. *Composites Part A* Vol. 41 806– 819, Burckhardt-Institute, Germany.
- Zainuri, Achmad Muhib.2008. *Kekuatan Bahan*. Yogyakarta: ANDI OFFSET.
- Z. Leman, S.M. Sapuan, M. Azwan, M.M.H.M. Ahmad, M.A Maleque. The effect of environmental treatments on fiber surface properties and tensile strength of sugar palmreinforced epoxy composites. *Polym Plast Technol Eng*, 47 (2008), pp. 606-612.



## LAMPIRAN

### A. Lampiran Alat dan Bahan



Silane



Aquades



NaOH



Resin (kiri) dan Katalis (kanan)



Cetakan silicone rubber uji tarik    cetakan akrilik uji balistik



Timbangan digital



magnetic stirrer



**B. Lampiran Hasil Uji Tarik**

a). Nilai pengujian kuat tarik pada sampel formasi *filler* acak

No	acak	
	Strain(%)	Stress(MPa)
1	0	0
2	0.223015165	11.60714286
3	0.44603033	12.23739496
4	0.669045495	12.86764706
5	0.89206066	13.39285714
	1.115075825	14.04936975
	1.33809099	12.73634454

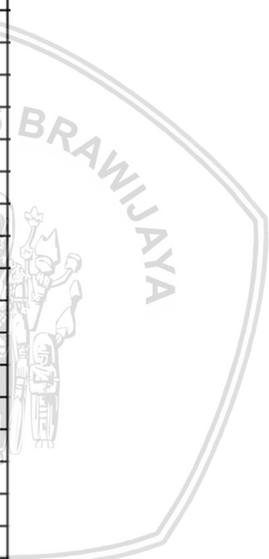
b). Nilai pengujian kuat tarik pada sampel formasi *filler* lurus

No	lurus	
	Strain(%)	Stress(MPa)
1	0	0
2	0.223413762	19.6875
3	0.446827525	22.09821429
4	0.670241287	24.46428571
5	0.893655049	26.30357143
6	1.117068811	28.30357143
7	1.340482574	29.95535714
8	1.563896336	31.65178571
9	1.787310098	33.30357143
10	2.010723861	35.08928571
11	2.234137623	36.60714286
12	2.457551385	37.72321429
13	2.680965147	37.33258929
14	2.90437891	38.28125
15	3.127792672	39.00669643
16	3.351206434	39.50892857
17	3.574620197	39.58333333
	3.798033959	38.16964286



c). Nilai pengujian kuat tarik pada sampel formasi *filler* anyaman

No	anyaman	
	Strain(%)	Stress(MPa)
1	0	0
2	0.22241993	16.8554007
3	0.44483986	18.90243902
4	0.66725979	20.07839721
5	0.88967972	21.03658537
6	1.11209964	21.73344948
7	1.33451957	22.38675958
8	1.5569395	23.17073171
9	1.77935943	23.82404181
10	2.00177936	24.3466899
11	2.22419929	25.08710801
12	2.44661922	25.74041812
13	2.66903915	26.35017422
14	2.89145907	26.91637631
15	3.113879	27.26480836
16	3.33629893	27.5261324
17	3.55871886	28.23751452
	3.78113879	28.45528455
	4.00355872	26.13240418
	4.22597865	26.56794425
	4.44839858	26.78571429
	4.67081851	27.00348432
	4.89323843	27.00348432
	5.11565836	27.00348432
	5.33807829	27.00348432



d). Nilai pengujian kuat tarik pada sampel formasi *filler hybrid* 1

No	hybrid 1	
	Strain(%)	Stress(MPa)
1	0	0
2	0.223613596	15.15679443
3	0.447227191	16.76829268
4	0.670840787	17.72648084
5	0.894454383	18.42334495
6	1.118067979	19.16376307
7	1.341681574	19.86062718
8	1.56529517	20.38327526
9	1.788908766	20.90592334
10	2.012522361	21.38501742
11	2.236135957	21.95121951
12	2.459749553	22.10865854
13	2.683363148	22.4847561
14	2.906976744	21.77700348
15	3.13059034	22.53919861
16	3.354203936	22.53919861
17	3.577817531	23.08362369
18	3.801431127	23.41027875
19	4.025044723	24.17247387
20	4.248658318	25.04355401
21	4.472271914	25.26132404
22	4.69588551	26.13240418

e). Nilai pengujian kuat tarik pada sampel formasi *filler hybrid 2*

No	hybrid 2	
	Strain(%)	Stress(MPa)
1	0	0
2	0.2250225	14.07807309
3	0.450045	15.40697674
4	0.67506751	16.19601329
5	0.90009001	16.65282392
6	1.12511251	17.23421927
7	1.35013501	17.77408638
8	1.57515752	17.49377076
9	1.80018002	16.40365449
10	2.02520252	17.23421927
11	2.25022502	17.33803987
12	2.47524752	17.44186047
13	2.70027003	17.64950166
14	2.92529253	17.64950166

### C. Lampiran Tabel Ketebalan Sampel Uji Tarik

Sampel	Ketebalan (mm)				
	Hybird 1	Hybird 2	Anyaman	Lurus	Acak
1	9	8	9	8	6
2	9	8	8	8	7
3	7	9	8	8	8
4	8	9	8	8	7
5	8	9	8	8	6
Rata - rata	8.2	8.6	8.2	8	6.8

### D. Lampiran Tabel Massa Jenis Komposit

Ff (%)	Sampel	Massa Serat (g)	Massa Resin (g)	Massa Komposit (g)	Tebal (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Massa Jenis (g/cm <sup>3</sup> )
lurus	A	299.43	698.67	998.1	1.65	858.19	1.163029166
	B	301.83	704.27	1006.1	1.43	752.39	1.337205439
acak	A	296.5	691.8333333	988.3333333	1.79	951.72	1.038470699
	B	294.23	686.5366667	980.7666667	1.64	755.56	1.298065894
anyaman	A	285.97	667.2633333	953.2333333	1.97	1067.58	0.892891711
	B	279.53	652.2366667	931.7666667	1.7	852.36	1.093160949
hybrid 1	A	260.87	608.6966667	869.5666667	2.17	1199.86	0.72472344
	B	252.2	588.4666667	840.6666667	2.19	1120.27	0.750414335
hybrid 2	A	250.33	584.1033333	834.4333333	3.41	1866.61	0.447031428
	B	250.13	583.6366667	833.7666667	3.73	2033.41	0.41003372