

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Bahan Penelitian

a. Serat Sisal

Serat sisal dalam penelitian ini digunakan sebagai bahan penguat atau *filler* yang didapatkan dari Balai Penelitian Tanaman Pemanis Dan Serat (BALITTAS) di Malang, Jawa Timur yang dibeli melalui situs belanja online Tokopedia. Serat sisal yang digunakan memiliki densitas 1,3-1,6 g/cm³, kekuatan tarik 706 MPa, Modulus elastisitas 16,8 GPa dan *elongation at break* 3-6% (Sosiati dkk, 2019).



Gambar 3.1 Serat Sisal

b. Serat Karbon

Serat karbon yang digunakan didapatkan dari china yang dibeli melalui situs online aliexpress pada toko Hobbyrover. Spesifikasi serat karbon yaitu jenis material serat Toray T700sc 120000-50C *Carbon Fiber*, ukuran benang 12000, kuat tarik 711 KSI/ 4,9 GPa, modulus 36 Msi/ 260 GPa, tegangan 2,1%, berat 800g, densitas 1,8 g/cm³ dan panjang 1250 m (Torayca; NO,CFA-005).



Gambar 3.2 Serat Karbon

c. *Polymethyl Methacrylate* (PMMA)

Polymethyl Methacrylate digunakan sebagai bahan pengikat komposit atau matriks yang didapatkan dari toko Dental Jaya Yogyakarta. Spesifikasi dari PMMA yaitu ISO 1567 *Type II Class I POR* dengan berat 500 g.



Gambar 3.3 *Polymethyl Methacrylate* (PMMA)

d. Katalis Verteks

Katalis verteks digunakan sebagai pelarut PMMA dalam proses fabrikasi komposit. Dimana katalis verteks didapatkan dari toko Dental Jaya Yogyakarta.



Gambar 3.4 Katalis Verteks

e. Aquades

Aquades merupakan air murni (H_2O) yang memiliki PH 7, bersifat tidak bewarna (bening), tidak berasa, dan tidak berbau. digunakan untuk membersihkan serat sisal. Aquades didapatkan dari toko Progo Mulya Yogyakarta.

f. Asam Nitrat atau Nitrit Acid (HNO_3)

Asam Nitrat digunakan sebagai cairan kimia untuk merendam serat karbon pada proses perlakuan.

3.2 Alat Penelitian

a. Timbangan Digital

Timbangan digital digunakan untuk menimbang berat serat *filler* dan *matriks*

b. Gelas Ukur 50 mL

Gelas ukur 50 mL digunakan sebagai wadah untuk pembuatan larutan. *Liquid SC* dengan PMMA.

c. Gelas Ukur 10 mL

Gelas Ukur 10 mL digunakan sebagai wadah gelas ukur *Liquid SC*.

d. Pengaduk Kaca

Pengaduk kaca digunakan untuk pengaduk larutan *Liquid SC* dengan PMMA.

e. *Hand Gloves*

Hand Gloves digunakan untuk melindungi tangan agar tidak terkontaminasi oleh cairan kimia.

f. Cetakan Benda Uji Tarik dan Bending

Cetakan pengujian dalam penelitian ini menggunakan material logam yang dibuat di Citra Jogja Kreasi. Ukuran cetakan uji tarik mengacu pada ASTM D638-01. Sedangkan pada cetakan uji bending mengacu pada ASTM D790-02



Gambar 3.5 Cetakan spesimen
Uji Tarik



Gambar 3.6 Cetakan spesimen
Uji Bending

g. *Cold Press Machine*

Cold Press Machine digunakan sebagai alat *press* spesimen komposit.

h. Mikroskop Optik

Mikroskop Optik dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui komposisi atau persebaran komposit hasil uji bending. Tipe Mikroskop optik yang digunakan adalah OLYMPUS-SZ61TR.



Gambar 3.7 Mikroskop Optik

i. Alat Uji Tarik dan Bending

Uji tarik dan Bending yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan *universal testing machine* (UTM) Zwick Roell Z020 dengan kapasitas 20000 N *made in* Jerman. Pengujian ini dilakukan di Politeknik Akademi Teknik Mesin Industri Surakarta (ATMI).



Gambar 3.8 Alat Uji Tarik dan Bending Zwick Roell Z020

j. *Scanning Elctron Microscopy (SEM)*

Pengujian SEM yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan *Scanning Elctron Microscopy (SEM HITACHI SU-3500) made in China*. Pengujian ini dilakukan di Balai Penelitian Teknologi Bahan Alam Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia - Yogyakarta.



Gambar 3.9 Alat uji SEM Hitachi SU-3500

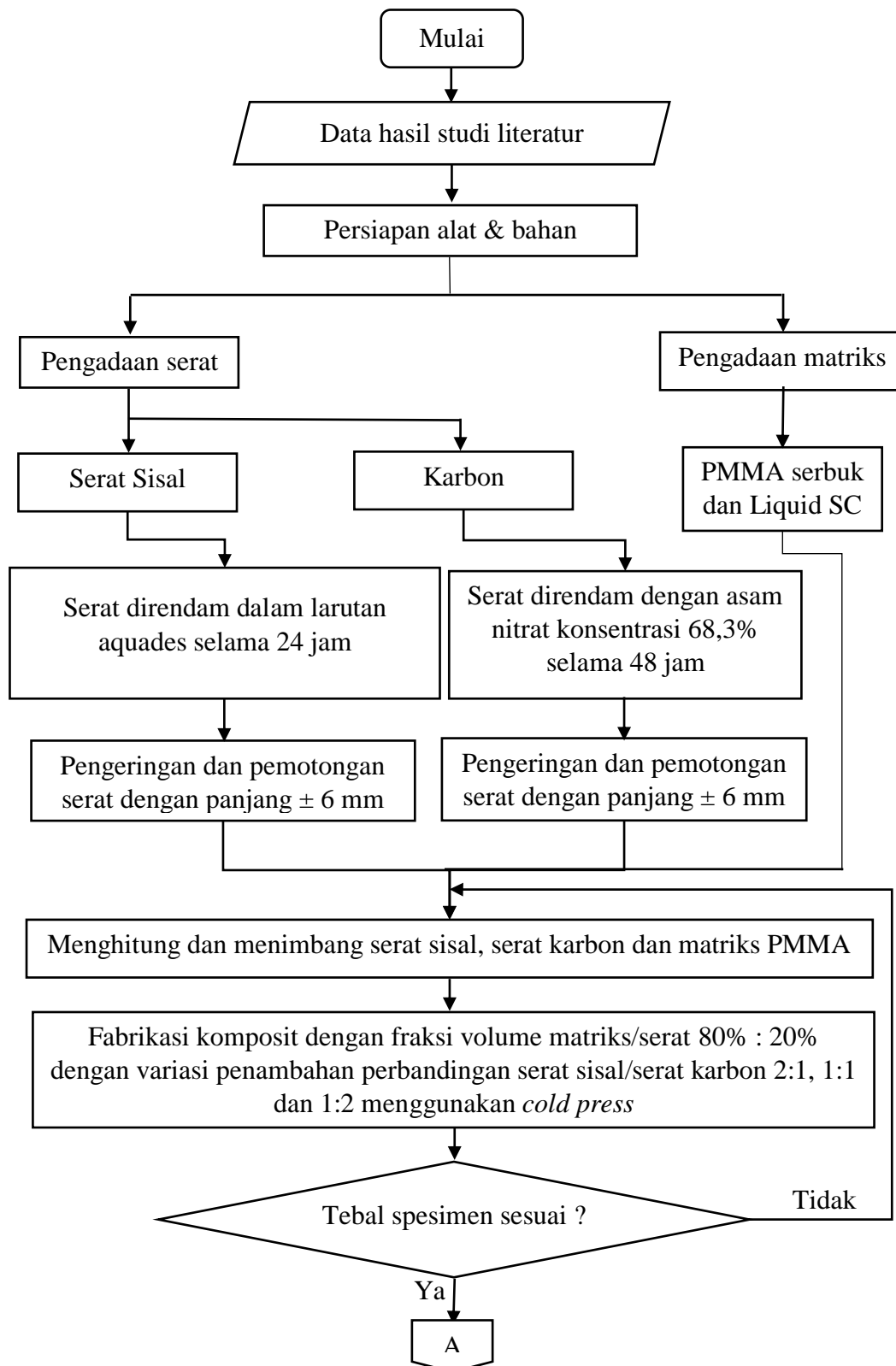
k. *Thermogravimetric Analyzer*

Pengujian termal atau *thermogravimetric* yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan *Thermogravimetric Analyzer (Instrument TA SDTQ600)* dengan kapasitas sampel 200 mg dan temperatur *ambient* hingga 1500°C *made in Jerman*. Pengujian ini dilakukan di Universitas Putra Malaysia.

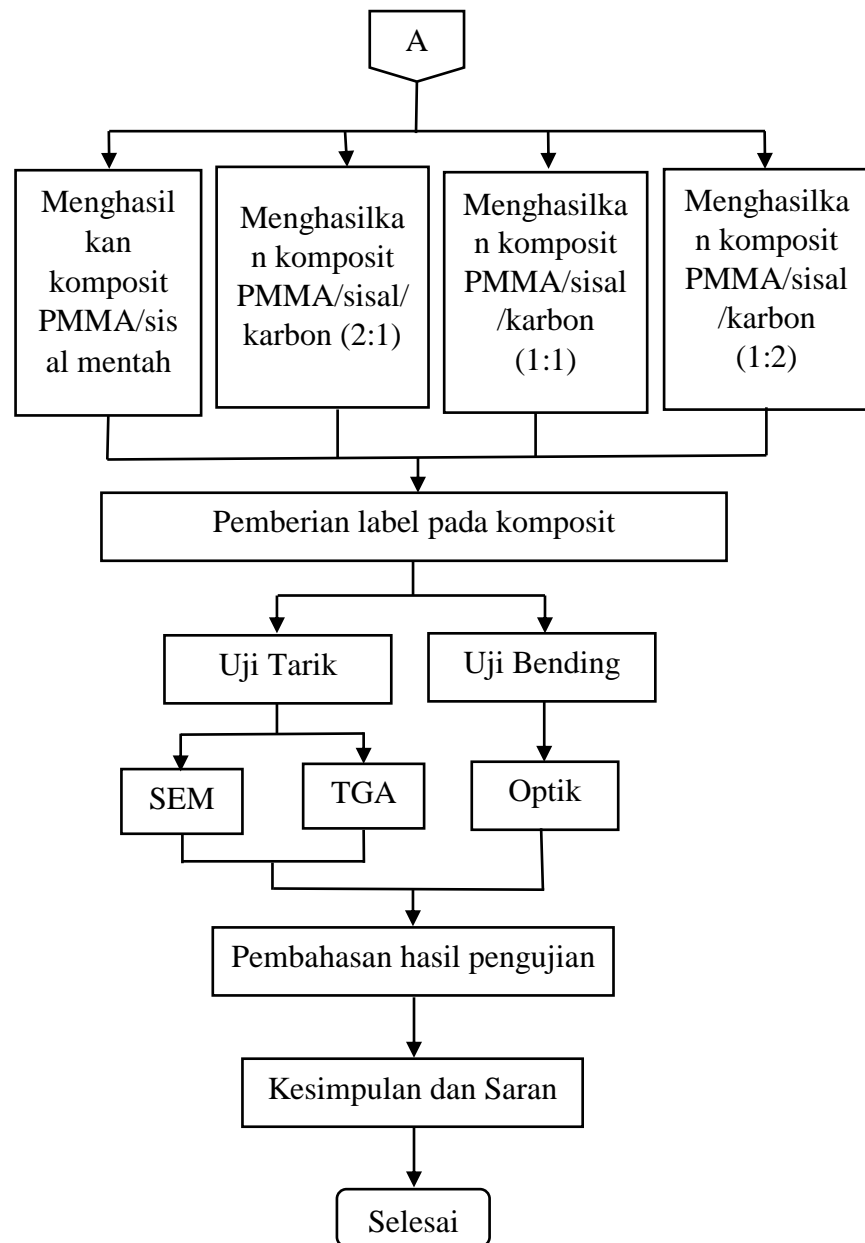


Gambar 3.10 Alat uji TGA (*Instrument TA SDTQ600*)

3.3 Tahapan Penelitian



Gambar 3.11 Diagram alir penelitian



Gambar 3.12 Diagram alir penelitian

3.3.1 Perlakuan Serat

a. Perlakuan Serat Sisal

Dalam tahapan penelitian diawali dengan proses perlakuan pada serat sisal. Namun dalam proses perlakuan tidak menggunakan cairan kimia. Persiapan serat sisal dilakukan dengan menimbang berat awal sebelum dilakukan proses pembersihan, kemudian rendam serat pada aquades selama 24 jam bertujuan

untuk menghilangkan getah pada serat. Setelah dilakukan perendaman serat dibilas dengan menggunakan air yang mengalir agar serat bersih dari kotoran pada saat proses perendaman dengan aquades. Serat yang telah dicuci dikeringkan pada suhu ruangan. Dalam proses pengeringan serat ditimbang untuk dibandingkan dengan dengan berat awal sisal untuk memastikan bahwa serat telah kering. Kemudian serat yang telah kering dipotong dengan panjang 6 mm (Sosiati dkk, 2019). Pada saat sebelum dilakukan pembersihan dan pemotongan serat disisir terlebih dahulu agar serat sisal mudah dibentuk dan mempermudah proses pemotongan.

b. Perlakuan Serat Karbon

Perlakuan pada serat karbon menggunakan cairan kimia. Serat karbon yang akan digunakan dipersiapkan terlebih dahulu dengan melakukan penimbangan berat awal. Karbon dicuci dengan air yang mengalir dan aquades sebelum dilakukan perendaman pada asam nitrat. Setelah karbon bersih lakukan perendaman pada asam nitrat dengan konsentrasi 68,3% selama 48 jam. Kemudian karbon dibilas dengan aquades agar karbon dapat netral setelah dilakukan perendaman pada asam nitrat keringkan pada suhu 80°C selama 6 jam. Serat karbon dipastikan kembali telah benar-benar kering dengan melakukan penimbangan untuk dibandingkan dengan berat awal karbon, selanjutnya serat karbon dipotong dengan panjang 6 mm (Sosiati dkk, 2019).

3.3.2 Perhitungan fraksi Volume

Perbandingan fraksi volume serat dan matriks 20% : 80%, serat sisal tanpa hibrid dengan serat karbon menggunakan perbandingan fraksi volume yang sama. Variasi lain dilakukan pada perbandingan hibrid pada serat sisal dan serat karbon yaitu 2:1, 1:1 dan 1:2. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan fraksi volume uji tarik

Diketahui :

$$\text{Massa jenis serat sisal} = 1,2 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Massa jenis karbon} = 1,8 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Massa jenis PMMA} = 1,18 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Dimensi cetakan : panjang (p) = 165 mm}$$

$$\text{lebar (l)} = 19 \text{ mm}$$

$$\text{tebal (t)} = 3,2 \text{ mm}$$

Perbandingan fraksi volume serat dan matriks 20% : 80%

Fraksi volume serat sisal/ PMMA 20/80

$$\text{Volume cetakan, } v_c = \text{dari aplikasi inventor} = 8,394 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume matriks, } v_m = \frac{80\%}{100\%} \times 8,394 \text{ cm}^3 = 6,7152 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Massa matriks, } m_m &= v_m \times \rho_m \\ &= 6,7152 \text{ cm}^3 \times 1,18 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 7,923 \text{ gr} \end{aligned}$$

Perbandingan PMMA/Sisal

$$\text{Volume matriks, } v_m = \frac{80\%}{100\%} \times 8,394 \text{ cm}^3 = 6,7152 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Massa matriks, } m_m &= v_m \times \rho_m \\ &= 6,7152 \text{ cm}^3 \times 1,18 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 7,923 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume sisal, } v_s &= \frac{20\%}{100\%} \times 8,394 \text{ cm}^3 \\ &= 1,678 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa serat sisal, } m_{\text{sisal}} &= v_{\text{sisal}} \times \rho_{\text{sisal}} \\ &= 1,678 \text{ cm}^3 \times 1,2 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 2,013 \text{ gr} \end{aligned}$$

Perbandingan Sisal : Karbon (2:1)

$$\begin{aligned} \text{Volume sisal, } v_s &= \frac{13,33\%}{100\%} \times 8,394 \text{ cm}^3 \\ &= 1,118 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa serat sisal, } m_{\text{sisal}} &= v_{\text{sisal}} \times \rho_{\text{sisal}} \\ &= 1,118 \text{ cm}^3 \times 1,2 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 1,341 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume serat karbon, } v_c &= \frac{6,66\%}{100\%} \times 8,394 \text{ cm}^3 \\ &= 0,559 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa serat karbon, } m_c &= v_c \times \rho_c \\ &= 0,559 \text{ cm}^3 \times 1,8 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$= 1,006 \text{ gr}$$

Perbandingan Sisal : Karbon (1:1)

$$\begin{aligned} \text{Volume sisal, } v_s &= \frac{10\%}{100\%} \times 8,394 \text{ cm}^3 \\ &= 0,839 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa serat sisal, } m_{sisal} &= v_{sisal} \times \rho_{sisal} \\ &= 0,894 \text{ cm}^3 \times 1,2 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 1,072 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume serat karbon, } v_c &= \frac{10\%}{100\%} \times 8,394 \text{ cm}^3 \\ &= 0,839 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa serat karbon, } m_c &= v_c \times \rho_c \\ &= 0,894 \text{ cm}^3 \times 1,8 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 1,609 \text{ gr} \end{aligned}$$

Perbandingan Sisal : Karbon (1:2)

$$\begin{aligned} \text{Volume sisal, } v_s &= \frac{6,66\%}{100\%} \times 8,394 \text{ cm}^3 \\ &= 0,559 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa serat sisal, } m_{sisal} &= v_{sisal} \times \rho_{sisal} \\ &= 0,559 \text{ cm}^3 \times 1,2 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 0,670 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume serat karbon, } v_c &= \frac{13,33\%}{100\%} \times 8,394 \text{ cm}^3 \\ &= 1,118 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa serat karbon, } m_c &= v_c \times \rho_c \\ &= 1,118 \text{ cm}^3 \times 1,42 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 1,587 \text{ gr} \end{aligned}$$

2. Perhitungan fraksi volume uji bending

Diketahui :

$$\text{Massa jenis serat sisal} = 1,2 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Massa jenis karbon} = 1,8 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Massa jenis PMMA} = 1,18 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Dimensi cetakan : panjang (p)} = 127 \text{ mm}$$

$$\text{lebar (l)} = 12,5 \text{ mm}$$

$$\text{tebal (t)} = 3,2 \text{ mm}$$

Perbandingan fraksi volume serat dan matriks 20% : 80%

Fraksi volume serat sisal/ PMMA 20/80

$$\begin{aligned} \text{Volume cetakan, } v_c &= (127 \times 12,5 \times 3,2) = 5080 \text{ mm}^3 \\ &= 5,08 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volume matriks, } v_m = \frac{80 \%}{100 \%} \times 5,08 \text{ cm}^3 = 4,064 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Massa matriks, } m_m &= v_m \times \rho_m \\ &= 4,064 \text{ cm}^3 \times 1,18 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 4,795 \text{ gr} \end{aligned}$$

Perbandingan PMMA : Sisal Mentah

$$\text{Volume matriks, } v_m = \frac{80 \%}{100 \%} \times 5,08 \text{ cm}^3 = 4,064 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Massa matriks, } m_m &= v_m \times \rho_m \\ &= 4,064 \text{ cm}^3 \times 1,18 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 4,795 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume sisal, } v_s &= \frac{20 \%}{100 \%} \times 5,08 \text{ cm}^3 \\ &= 1,016 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa serat sisal, } m_{sisal} &= v_{sisal} \times \rho_{sisal} \\ &= 1,016 \text{ cm}^3 \times 1,2 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 1,219 \text{ gr} \end{aligned}$$

Perbandingan Sisal : Karbon (2:1)

$$\begin{aligned} \text{Volume sisal, } v_s &= \frac{13,33 \%}{100 \%} \times 5,08 \text{ cm}^3 \\ &= 0,677 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa serat sisal, } m_{sisal} &= v_{sisal} \times \rho_{sisal} \\ &= 0,677 \text{ cm}^3 \times 1,2 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 0,812 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume serat karbon, } v_c &= \frac{6,66 \%}{100 \%} \times 5,08 \text{ cm}^3 \\ &= 0,338 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Massa serat karbon, } m_c = v_c \times \rho_c$$

$$= 0,338 \text{ cm}^3 \times 1,8 \text{ gr/cm}^3$$

$$= 0,608 \text{ gr}$$

Perbandingan Sisal : Karbon (1:1)

$$\text{Volume sisal, } v_s = \frac{10\%}{100\%} \times 5,08 \text{ cm}^3$$

$$= 0,508 \text{ cm}^3$$

$$\text{Massa serat sisal, } m_{sisal} = v_{sisal} \times \rho_{sisal}$$

$$= 0,508 \text{ cm}^3 \times 1,2 \text{ gr/cm}^3$$

$$= 0,609 \text{ gr}$$

$$\text{Volume serat karbon, } v_c = \frac{10\%}{100\%} \times 5,08 \text{ cm}^3$$

$$= 0,508 \text{ cm}^3$$

$$\text{Massa serat karbon, } m_c = v_c \times \rho_c$$

$$= 0,508 \text{ cm}^3 \times 1,8 \text{ gr/cm}^3$$

$$= 0,914 \text{ gr}$$

Perbandingan Sisal : Karbon (1:2)

$$\text{Volume sisal, } v_s = \frac{6,66\%}{100\%} \times 5,08 \text{ cm}^3$$

$$= 0,338 \text{ cm}^3$$

$$\text{Massa serat sisal, } m_{sisal} = v_{sisal} \times \rho_{sisal}$$

$$= 0,338 \text{ cm}^3 \times 1,2 \text{ gr/cm}^3$$

$$= 0,405 \text{ gr}$$

$$\text{Volume serat karbon, } v_c = \frac{13,33\%}{100\%} \times 5,08 \text{ cm}^3$$

$$= 0,677 \text{ cm}^3$$

$$\text{Massa serat karbon, } m_c = v_c \times \rho_c$$

$$= 0,677 \text{ cm}^3 \times 1,8 \text{ gr/cm}^3$$

$$= 1,218 \text{ gr}$$

Tabel 3.1 Perhitungan Perbandingan Serat Sisal/Karbon dan PMMA uji tarik

Fraksi volume serat dan matriks 20% : 80%	Massa sisal (gr)	Massa Karbon (gr)	Massa PMMA (gr)
Sisal mentah	2,013	-	7,923
Sisal/Karbon (2 : 1)	1,341	1,006	7,923
Sisal/Karbon (1 : 1)	1,072	1,609	7,923
Sisal/ Karbon (1 : 2)	0,670	1,587	7,923

Tabel 3.2 Perhitungan Perbandingan Serat Sisal/Karbon dan PMMA uji bending

Fraksi volume serat dan matriks 20% : 80%	Massa sisal (gr)	Massa Karbon (gr)	Massa PMMA (gr)
Sisal mentah	1,219	-	4,795
Sisal/Karbon (2 : 1)	0,812	0,608	4,795
Sisal/Karbon (1 : 1)	0,609	0,914	4,795
Sisal/ Karbon (1 : 2)	0,405	0,218	4,795

3.3.3 Pembuatan Komposit

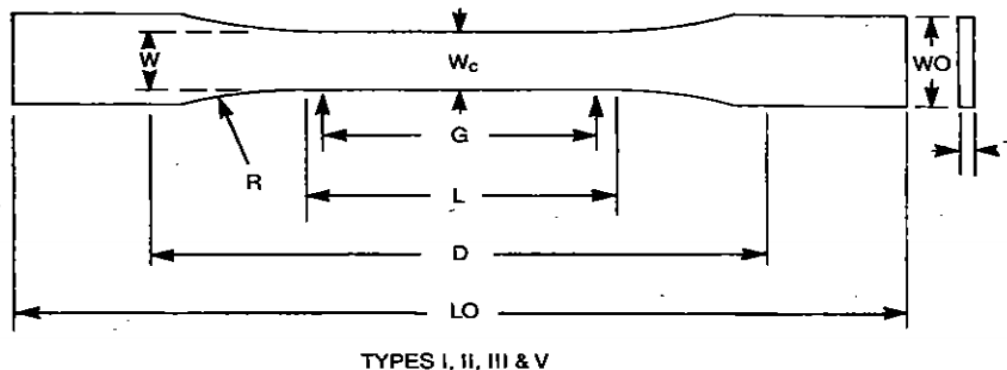
Prosedur dalam pembuatan komposit dengan perbandingan fraksi volum antara *filler* dan *matriks* 20%:80%, dan variasi perbandingan pada komposit hibrid serat sisal dan karbon (2:1), (1:1) dan (1:2). Fabrikasi dilakukan dengan metode serat acak satu lapisan secara manual atau *hand lay up* dengan susunan PMMA-serat sisal/karbon-PMMA serta ditekan menggunakan mesin *cold press* dengan tekanan untuk uji tarik 2,1 MPa dan bending 3,5 MPa pada temperatur ruangan selama 60 menit. Material komposit dicetak sesuai dengan standar ASTM D638-01 untuk uji tarik dan bending dengan standar ASTM D790-01.

3.3.4 Prosedur Pengujian

3.3.4.1 Pengujin Tarik

Material komposit yang telah difabrikasi sesuai dengan ASTM D638-01 selanjutnya spesimen diukur sesuai prosedur pengujian uji tarik pada ASTM

D638-01 yang ditunjukkan pada Gambar 3.13 dan berikut standar ukuran ASTM D638-01 sebagai berikut :



Gambar 3.13 Bentuk dan ukuran spesimen sesuai standar ASTM D638-01

Tabel 3.3 Standar ukuran pengujian tarik ASTM D638-01

Dimensions (see drawings)	7 (0.28) or under		Over 7 to 14 (0.28 to 0.55), incl		4 (0.16) or under		Tolerances
	Type I	Type II	Type III	Type IV ^B	Type V ^{C,D}		
<i>W</i> —Width of narrow section ^{E,F}	13 (0.50)	6 (0.25)	19 (0.75)	6 (0.25)	3.18 (0.125)	±0.5 (±0.02) ^{B,C}	
<i>L</i> —Length of narrow section	57 (2.25)	57 (2.25)	57 (2.25)	33 (1.30)	9.53 (0.375)	±0.5 (±0.02) ^C	
<i>WO</i> —Width overall, min ^G	19 (0.75)	19 (0.75)	29 (1.13)	19 (0.75)	...	+ 6.4 (+ 0.25)	
<i>WO</i> —Width overall, min ^G	...	...	...	...	9.53 (0.375)	+ 3.18 (+ 0.125)
<i>LO</i> —Length overall, min ^H	165 (6.5)	183 (7.2)	246 (9.7)	115 (4.5)	63.5 (2.5)	no max (no max)	
<i>G</i> —Gage length ^I	50 (2.00)	50 (2.00)	50 (2.00)	...	7.62 (0.300)	±0.25 (±0.010) ^C	
<i>G</i> —Gage length ^I	...	...	...	25 (1.00)	...	±0.13 (±0.005)
<i>D</i> —Distance between grips	115 (4.5)	135 (5.3)	115 (4.5)	65 (2.5) ^J	25.4 (1.0)	±5 (±0.2)	
<i>R</i> —Radius of fillet	76 (3.00)	76 (3.00)	76 (3.00)	14 (0.56)	12.7 (0.5)	±1 (±0.04) ^C	
<i>RO</i> —Outer radius (Type IV)	...	...	...	25 (1.00)	...	±1 (±0.04)

Spesimen diukur sesuai standar pengujian uji tarik pada ASTM D638-01 yang tertera pada Tabel 3.3 Spesimen siap untuk dilakukan uji tarik seperti yang terlihat pada Gambar 3.14 berikut :



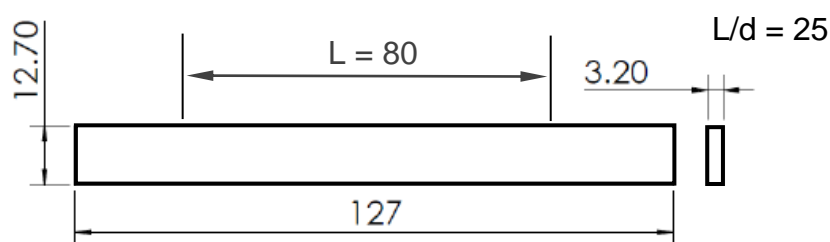
Gambar 3.14 Spesimen komposit siap uji tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan mengacu pada standar ASTM D638-01 menggunakan alat UTM (*Universal Tensile Machine*) Zwick Roell Z020 dengan tujuan untuk mengetahui sifat mekanis komposit hibrid seperti tegangan, regangan

dan modulus elastisitas. Beban yang digunakan pada uji tarik 0,1 MPa dengan kecepatan 5 mm/min. Pengujian pada setiap variasi sebanyak 5 buah spesimen. Pengujian dilakukan di Politeknik ATMI Surakarta.

3.3.4.2 Pengujian Bending

Material komposit yang telah difabrikasi sesuai dengan ASTM D790-02 selanjutnya spesimen diukur sesuai prosedur pengujian uji tarik pada ASTM D790-02 yang ditunjukkan pada Gambar 3.15 dan berikut standar ukuran ASTM D638-01 sebagai berikut :



Gambar 3.15 Ukuran spesimen uji *bending*



Gambar 3.16 Hasil Cetakan sesuai dengan ASTM D790-02

Pengujian bending dilakukan mengacu pada standar ASTM D790-01 yang bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik komposit terhadap pembebanan lengkung. Alat yang digunakan dalam pengujian ini adalah UTM (*Universal Tensile Machine*) Zwick Roell Z020 yang dilakukan di Politeknik ATMI Surakarta. Metode pengujian yang digunakan yaitu *Three Point Bending* dengan pembebanan sebesar 0,1 MPa dengan kecepatan 3,33 mm/menit serta dengan panjang span 80 mm. Pengujian pada setiap variasi sebanyak 5 buah.

3.3.5 Karakterisasi Material Komposit

1. *Microscope Optic Digital*

Pengujian menggunakan *Microscope Optic Digital* berfungsi untuk mengetahui persebaran material komposit pada hasil uji bending. Pengujian dilakukan dengan memotong bagian tengah spesimen yang berukuran 1 cm. Kemudian komposit yang telah terpotong diamati persebaran serat sisal, serat karbon dan matriks.

2. *Scaning Electron Microscope (SEM)*

SEM dilakukan untuk mengamati objek solid secara langsung pada hasil patahan dari uji tarik yang telah dilakukan. Persiapkan material komposit hasil uji tarik dengan dilakukan coating. Material komposit diamati dengan dilakukan perbesaran untuk mendapatkan gambar yang baik untuk mempermudah karakterisasi material. Perbesaran yang dilakukan pada pengujian ini adalah 100 kali. Pengujian dilaksanakan di Balai Penelitian Teknologi Bahan Alam Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia - Yogyakarta.

3. Thermogravimetri (TGA)

Sampel komposit hasil uji tarik dilakukan pengujian TGA dengan berat antara 13-15 mg sebagai spesimen dengan laju pemanasan 20°C/menit dalam atmosfer nitrogen dengan menggunakan *Thermogravimetric Analyzer (Instrument TA SDTQ600)*. Analisis TGA dilakukan dengan menggunakan Sistem TGA / DSC1 STAR, Mettler Toledo analyzer termal. Dekomposisi termal dari masing-masing sampel terjadi dalam kisaran suhu terprogram 30-300°C. Penurunan berat dan suhu terus menerus dicatat dan dianalisis. Pengujian ini dilakukan di Universitas Putra Malaysia.