

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

www.itk.ac.id

Pada bab 2 kajian pustaka dan dasar teori ini dijelaskan mengenai keterkaitan beberapa referensi dengan penelitian yang akan dilaksanakan. Bab II ini meliputi beberapa aspek bahasan, diantaranya: komposit, klasifikasi komposit, kulit singkong, *poliester*, perlakuan alkali, pengujian massa jenis, pengujian tarik, pengujian tekuk, dan pengamatan *scanning electrone microscope*.

### 2.1. Komposit

Komposit didefinisikan sebagai kombinasi antara dua material atau lebih yang berbeda bentuknya, komposisi kimianya, dan tidak saling melarutkan antara materialnya dimana material yang satu berfungsi sebagai penguat dan material yang lainnya berfungsi sebagai pengikat untuk menjaga kesatuan unsur-unsurnya. Secara umum terdapat dua kategori material penyusun komposit yaitu matriks dan *reinforcement* (Maryanti, 2011).

*Reinforcement* atau biasa disebut dengan serat (*fiber*) merupakan jenis bahan berupa potongan-potongan komponen yang membentuk jaringan panjang yang utuh. Serat banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari, contohnya adalah serat pada kain. Serat sendiri terdiri atas dua jenis, yaitu serat alami dan serat sintetis. Serat merupakan unsur utama dalam komposit dan matriks merupakan unsur pengikatnya. Matriks merupakan fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar. Tujuannya adalah untuk mengikat partikel-partikel serat agar selalu berada pada tempatnya. Umumnya matriks dapat berupa polimer, logam maupun keramik (Fahmi, 2011).

Komposit paling canggih adalah komposit bermatriks polimer. Komposit ini memiliki karakteristik biaya yang relatif rendah, pembuatan sederhana dan kekuatan yang dihasilkan tinggi. Namun komposit ini juga memiliki kelemahan, yaitu temperatur kerja yang rendah, koefisien ekspansi termal dan kelembaban yang tinggi, dan pada arah tertentu sifat elastisitasnya rendah. Manufaktur komposit yang paling banyak digunakan adalah resin *thermoset* sebagai contoh resin *poliester* tak jenuh atau resin *epoxy*. Resin *poliester* digunakan karena memiliki biaya produksi

yang cukup rendah. Kemudian untuk resin *epoxy*, meskipun memiliki harga yang lebih mahal daripada *poliester*, resin ini sangat populer di berbagai bidang aplikasi. Komposit matriks polimer biasanya diperkuat oleh serat untuk meningkatkan karakteristik mekanis seperti kekuatan, kekakuan, dll.

Salah satu faktor terpenting yang menentukan perilaku mekanik material komposit adalah proporsi matriks dan serat yang dinyatakan oleh volume atau fraksi beratnya. Fraksi ini dapat ditetapkan untuk komposit dua fasa dengan cara berikut. Volume  $V$  komposit dibuat dari matriks volume  $V_m$  dan volume serat  $V_f$  ( $V = V_f + V_m$ ). dimana:

$$\rho_f = \frac{m_f}{v_f} \quad (2.1)$$

$$\rho_m = \frac{m_m}{v_m} \quad (2.2)$$

Dimana  $\rho_f$  adalah massa jenis serat,  $\rho_m$  adalah massa jenis matriks,  $m_f$  adalah massa serat,  $m_m$  adalah massa matriks,  $v_f$  adalah volume serat dan  $v_m$  adalah volume matriks (Altenbach, 2004).

## 2.2. Klasifikasi Komposit

Klasifikasi komposit umumnya terbagi berdasarkan komponen penyusunnya, matrik dan penguat (*reinforcement*). Berdasarkan matriksnya, komposit dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok yaitu :

### 1. Komposit matriks polimer (PMC)

PMC (*Polymer Matrix Composite*) merupakan matriks yang paling umum digunakan pada material komposit. Karena memiliki sifat yang lebih tahan karat, korosi dan lebih ringan. Matriks polymer terbagi dua yaitu termoset dan termoplastik. Perbedaannya polymer termoset tidak dapat didaur ulang sedangkan termoplastik dapat didaur ulang sehingga lebih banyak digunakan belakangan ini.

### 2. Komposit matriks logam (MMC)

MMC (*Metal Matrix Composite*) merupakan komposit yang menggunakan logam sebagai bahan pengikatnya. contoh logam yang digunakan sebagai matriks adalah aluminium. Kelebihan MMC dibandingkan dengan PMC adalah transfer tegangan dan regangan yang baik, ketahanan terhadap temperatur tinggi, tidak mudah terbakar dan tidak menyerap kelembaban.

### 3. Komposit matriks keramik (CMC)

CMC (Ceramic Matrix Composite) merupakan material 2 fasa dengan 1 fasa berfungsi sebagai *reinforcement* dan 1 fasa sebagai matriksnya, dimana matriksnya terbuat dari keramik. *Reinforcement* yang umum digunakan pada CMC adalah oksida, carbide, dan nitrid. Salah satu proses pembuatan dari CMC yaitu dengan proses DIMOX, yaitu proses pembentukan komposit dengan reaksi oksidasi leburan logam untuk pertumbuhan matriks keramik disekeliling daerah filler (penguat). Kelebihan dari CMC adalah sangat tangguh, bahkan hampir sama dengan ketangguhan cast iron, dan tahan pada temperatur tinggi.

Berdasarkan penguatnya (*reinforcement*), komposit dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok, yaitu:

#### 1. Komposit Partikel

Komposit partikel merupakan jenis komposit yang bahan penguatnya terdiri dari partikel-partikel. Dalam definisinya partikel ini berbentuk beberapa macam seperti bulat, kubik, bahkan bentuk tidak beraturan, tetapi rata-rata berdimensi sama. Keunggulan komposit partikel ini diantaranya menghasilkan kekuatan yang lebih seragam pada berbagai arah, ketahanan terhadap aus, tidak mudah retak dan dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan kekerasan material.

#### 2. Komposit Serat

Komposit serat merupakan jenis komposit yang bahan penguatnya terdiri dari serat-serat. Fungsi utama dari serat adalah untuk menopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit bergantung dari serat yang digunakan. Oleh karena itu, serat harus memiliki tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matriks penyusun komposit.

#### 3. Komposit Struktural

Komposit struktural merupakan jenis komposit yang bahan penguatnya memiliki bentuk lembaran-lembaran. Berdasarkan struktur, komposit ini dapat dibagi menjadi dua yaitu struktur *laminata* dan *sandwich*. Struktur *laminata* merupakan gabungan dari beberapa lembar komposit dengan arah tertentu. Sedangkan struktur *sandwich* terdiri atas tiga lapisan yang terdiri atas *flat composite* sebagai kulit, serta material inti dibagian tengahnya (Nayiroh, 2013).

### 2.3. Komposit Serat Alam

Serat alam adalah serat yang berasal dari alam dimana biasanya serat ini didapat dari serat tumbuhan maupun dari hewan. Contoh serat alam tumbuhan adalah serat kelapa, serat bambu, dan contoh serat alam hewan adalah sutera, wool.

Penelitian dan penggunaan serat alam berkembang dengan sangat pesat karena serat ini banyak memiliki keunggulan dibandingkan dengan serat buatan, yaitu mudah didapatkan, harga yang relatif murah dan ramah lingkungan. Serat alam memiliki sifat yang kuat, kaku, dan ringan serta tahan terhadap temperatur tinggi. Serat alam sangat menarik perhatian karena memiliki banyak keunggulan seperti:

1. Sifatnya yang mudah terurai di alam dengan waktu yang singkat
2. Rasio dari kekuatan dan massa jenis yang cukup tinggi
3. Banyak tersedia di alam dalam jumlah yang melimpah
4. Memiliki sifat keabrasifan yang rendah
5. Dapat diperbaharui dalam waktu singkat (Kaw, 1997)

### 2.4. Kulit Singkong

Dengan beras dan jagung menjadi sumber kalori pertama dan kedua yang paling signifikan, singkong adalah tanaman ketiga yang paling banyak ditanam di daerah subtropis dan topikal Afrika, Amerika Latin dan Asia 262.585.741 ton singkong diproduksi di seluruh dunia pada tahun 2012 di mana Nigeria, Thailand, Brazil dan Indonesia menduduki puncak daftar produsen. Selain itu, keunggulan ubi kayu adalah dapat ditanam pada lahan marginal dan tanah yang buruk karena tahan cuaca buruk dan kekeringan. Singkong memiliki berbagai kegunaan sehubungan dengan banyak aplikasi industri. Contoh populer termasuk produksi etanol dan biofuel yang telah menjadi fokus para peneliti dalam sepuluh tahun terakhir sehubungan dengan terbatasnya cadangan minyak fosil.

Ada tiga bagian utama tanaman ubi kayu yang ditunjukkan pada gambar 2.1 dan dijelaskan di bawah ini:

1. Daun

Protein dan pati diproduksi oleh daun. Nutrisi ini adalah blok bangunan utama untuk pertumbuhan sel dan perkembangannya. Oleh karena itu, hasil panen sangat dipengaruhi oleh kesehatan daun.

## 2. Batang

Batang memainkan fungsi organ pengangkut karena ia mentransfer makanan yang dihasilkan ke bagian tanaman yang berbeda untuk perkembangan dan pertumbuhan. Mereka juga menawarkan bahan tanam untuk berbagai tanaman terkait.

## 3. Akar.

Ada tiga macam akar pada tanaman singkong. Yaitu: akar tebal, akar berbonggol dan akar putih halus. Akar yang tebal membantu menancapkan tanaman ke tanah sementara akar umbi menyimpan karbohidrat. Akar putih halus di sisi lain, menyerap nutrisi dan air.



Gambar 2. 1 Tanaman Singkong (Edhirej, 2015)

Singkong, salah satu bahan pangan pokok di daerah tropis, biasanya digunakan sebagai bahan makanan tradisional, kue, dll. Produksi singkong cukup banyak; Namun, jumlah yang sangat kecil digunakan pada industri makanan tradisional, sedangkan sisanya digunakan dalam bentuk bahan baku pada industri tepung singkong. Produksi pati singkong biasanya melibatkan sejumlah besar limbah padat (kulit singkong), dan jika limbah padat ini langsung dibuang, maka dapat timbul masalah lingkungan yang signifikan. Kulit singkong yang tipis lapisan luar berwarna coklat yang memiliki lapisan dalam parenkim kasar yang lebih tebal.

Ini adalah limbah utama yang dikembangkan dalam pengolahan ubi kayu yang berlangsung baik dalam makanan maupun produk industri lainnya. Di negara berkembang, singkong menyediakan kalori tertinggi ketiga, setelah gandum, dan beras.

Kulit ubi kayu dapat membentuk sekitar 10-20% dari berat basah umbi yang menunjukkan potensi besar untuk digunakan dalam proses bioteknologi dan industri karena tersedia dalam jumlah besar dan tidak terlalu mahal. Namun, kulit ini dianggap sebagai zat limbah dan langsung dilepaskan yang menyebabkan masalah lingkungan yang parah sehubungan dengan pembusukannya. Pakan ternak menggunakan ubi kayu dalam jumlah yang sangat sedikit, karena kandungan proteinnya sedikit dan jumlah hidro sianida yang berlebihan serta serat kasar yang tinggi. Serat yang terkandung dalam kulit singkong, tersusun dari beberapa komponen penyusun yakni: selulosa, hemiselulosa, lignin seperti dalam Tabel 2.1,

Tabel 2. 1 Komposisi Penyusun Kulit Singkong (Salihu dkk, 2015)

Komponen	Jumlah (%)
Selulosa	39 ± 0.34
Hemiselulosa	25 ± 0.41
Lignin	8 ± 0.52

Sifat mekanik dari kulit singkong dapat dilihat pada tabel 2.2 sebagai berikut,

Tabel 2. 2 Sifat Mekanik Kulit Singkong

Bahan	Ketebalan (mm)	Ultimate Tensile Strength (MPa)	Modulus Elastisitas (MPa)	Bulk Density (gr/cm <sup>3</sup> )*
Kulit Singkong	2	1,49	30,28	0,25

\*) Amori (2013)

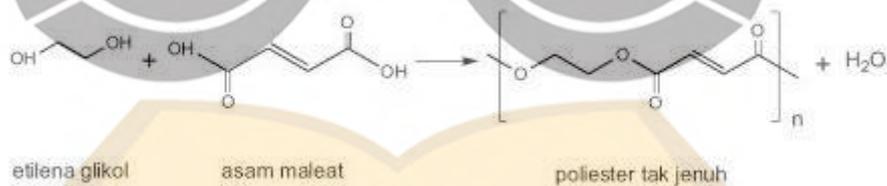
Kandungan zat gizi pada kulit singkong disajikan pada tabel 2.3 sebagai berikut,

Tabel 2. 3 Kandungan zat gizi pada kulit singkong (Mahanany, 2013)

Komponen	Jumlah (%)
Protein	8,11
Lemak	1,29
Pektin	0,22
Serat kasar	15,20
Kalsium	0,63
Karbohidrat	64,6

## 2.5. Resin *Poliester*

Dalam pembuatan komposit digunakan matriks untuk pengikat dari serat/penguat dan sebagai pelindung partikel dari kerusakan oleh faktor lingkungan. Salah satu jenis matriks yang biasa digunakan adalah resin *poliester* tak jenuh. *Poliester* tak jenuh adalah resin sintetik yang tersusun atas rantai lurus yang dihasilkan dari reaksi glikol dengan asam difungsional seperti asam maleat, asam adipat, dll. Resin *poliester* ini biasa digunakan untuk impregnasi serat yang selanjutnya dicetak menjadi bentuk yang diinginkan dengan proses ikatan silang menjadi produk plastik yang bersifat lebih ringan daripada aluminium, atau bahkan lebih kuat daripada baja, tahan korosi, tahan karat, tahan bahan kimia.



Gambar 2. 2 Sintesis Poliester Tak Jenuh Dari Etilena Likol dan Asam Maleat (Nadilah dkk, 2013)

Resin poliester tak jenuh pada suhu kamar berwujud cairan yang viscous dengan kekentalan 200- 2000 centi stroke, dan biasanya terdapat dalam larutan stirena. Pembuatan barang dari *poliester* tak jenuh memerlukan penambahan bahan aditif, misalnya senyawa-senyawa peroksida sebagai inisiator. Penambahan inisiator tersebut bertujuan untuk memfasilitasi terbentuknya radikal bebas yang akan mereaksikan stirena dengan rantai karbon berikatan rangkap yang terdapat

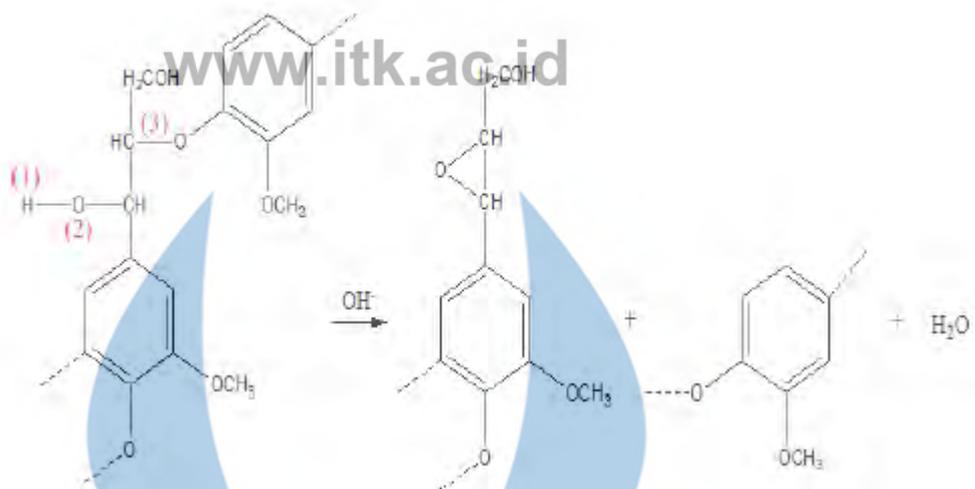
dalam poliester tak jenuh. Pemberian inisiator pada poliester tak jenuh juga akan mempercepat proses penguapan pada saat pembuatan barang. Penggunaan aselerator (misalnya: kobalt naftanat) akan semakin mengaktifkan reaksi, sehingga reaksi pembentukan ikatan silang arfiara poliester tak jenuh dan stirena dapat berlangsung semakin cepat (Nadilah, 2003). Poliester tak jenuh yang umum digunakan adalah jenis Yukalac 157 BQTN-EX. Massa jenis dari *poliester* ini adalah  $1,215 \text{ gr/cm}^3$  pada  $25^\circ\text{C}$  dan *viscosity number* adalah 4,5-5,0 poise. Katalis dari resin ini adalah metil etil keton peroksida atau disebut MEKPO (Savetlana, 2012)

Tabel 2. 4 Spesifikasi Resin Poliester (Callister, 2014)

Sifat-sifat	Nilai
Modulus tarik	2,8-4,1 GPa
Kekuatan tarik	48,3-72,4 MPa
Kekuatan luluh	59,3 MPa
<i>Elongation</i> saat patah	30-300%
Kekuatan Impak	10,6-21,2 J/m

## 2.6. Perlakuan Alkalisasi

Untuk mengoptimalkan sifat dari selulosa dan untuk menaikkan gaya adhesi antara serat dengan matriks polimer, dibutuhkan perlakuan baik perlakuan fisik maupun perlakuan kimia. Perlakuan kimia pada serat dapat mengubah struktur fisik maupun struktur kimia dari permukaan serat tersebut. Salah satu proses perlakuan kimia adalah alkalisasi. Alkalisasi merupakan metode yang paling banyak digunakan yang memiliki tujuan untuk menghilangkan kandungan lignin dan minyak yang menutupi permukaan luar seratt. Efek yang timbul dari perlakuan alkalisasi adalah berubahnya ikatan hydrogen dalam struktur jaringan serat yang mengakibatkan permukaan serat menjadi kasar.



Gambar 2. 3 Reaksi Pada Proses Alkalisasi (Pratama, 2017)

Pada proses alkalisasi dilakukan dengan melakukan perendaman serat dalam larutan alkali basa yang umumnya digunakan NaOH. Pada proses ini terjadi reaksi antara lignin dengan larutan basa NaOH. Pada proses alkalisasi, NaOH terdisosiasi menjadi Na<sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup>, dimana ion OH<sup>-</sup> bereaksi dengan gugus H pada lignin, kemudian membentuk H<sub>2</sub>O. Hal ini menyebabkan gugus O membentuk cincin epoksi (C-O-C), sehingga menyebabkan serangkaian gugus melepaskan ikatan pada gugus O. Reaksi menghasilkan dua cincin benzene yang terpisah, dimana masing-masing cincin memiliki gugus O yang reaktif. Gugus O reaktif ini bereaksi dengan Na<sup>+</sup> dan ikut larut dalam larutan basa sehingga lignin hilang ketika dibilas (Pratama, 2017).

## 2.7. Pengujian Kuat Tarik

Pengujian tarik merupakan metode pemberian gaya atau tegangan tarik untuk mengetahui kekuatan dari suatu material. Tegangan tarik yang digunakan adalah tegangan aktual eksternal atau perpanjangan sumbu benda uji. Uji tarik dilakukan dengan cara penarikan uji dengan gaya tarik secara terus-menerus, sehingga bahan (perpajangannya) terus menerus meningkat dan teratur sampai putus, dengan tujuan menentukan nilai tarik. Untuk mengetahui kekuatan tarik suatu bahan dalam pembebanan tarik, garis gaya harus berhimpit dengan garis sumbu bahan sehingga pembebanan terjadi beban tarik lurus.



Gambar 2. 4 Gambar Singkat Uji Tarik (Salindeho dkk, 2013)

Analisis kekuatan komposit biasanya dilakukan dengan mengasumsikan ikatan serat dan matrik sempurna. Pergeseran antara serat dan matriks dianggap tidak ada dan deformasi serat sama dengan deformasi matrik. Kekuatan tarik dapat dihitung dengan persamaan:

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A_0} \quad (2.3)$$

Dimana:

$\sigma$  = Tegangan tarik

$F_{maks}$  = Pembebanan maksimal

$A_0$  = Luas penampang awal (lebar x tebal) mm<sup>2</sup>

Regangan dapat dihitung dengan persamaan :

$$\epsilon = \frac{l_i - l_0}{l_0} \quad (2.4)$$

Dimana:

$\epsilon$  = Regangan (%)

$l_0$  = Panjang spesimen mula-mula (mm)

$l_i$  = Panjang spesimen setelah uji tarik (mm)

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (2.5)$$

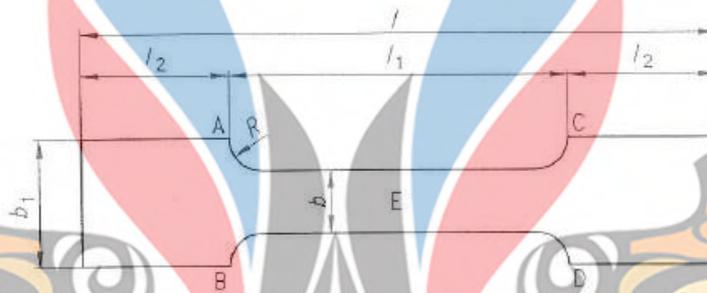
Dimana:

$\epsilon$  = Regangan Tarik (%)

$\sigma$  = Tegangan Tarik (MPa)

E = Modulus Elastisitas Tarik (MPa)

Pada kulit singkong digunakan standar pengujian SNI 3376-2012. Standar Nasional ini menetapkan metoda untuk pengukuran kuat tarik, perpanjangan pada beban tertentu dan perpanjangan putus kulit. Ini berlaku untuk semua jenis kulit. Tujuan pengujian mekanik untuk mengetahui sifat mekanis sehingga diketahui kekuatan dan kualitas dari sampel nantinya sebelum di buat produk barang jadi. Pada standar ini, kulit singkong dibentuk strip tipis dengan *gauge length* 5 cm di tengah spesimen, lalu dipasang pada *grip* mesin uji tarik dan diberi tegangan secara terus-menerus saat pemberian beban.



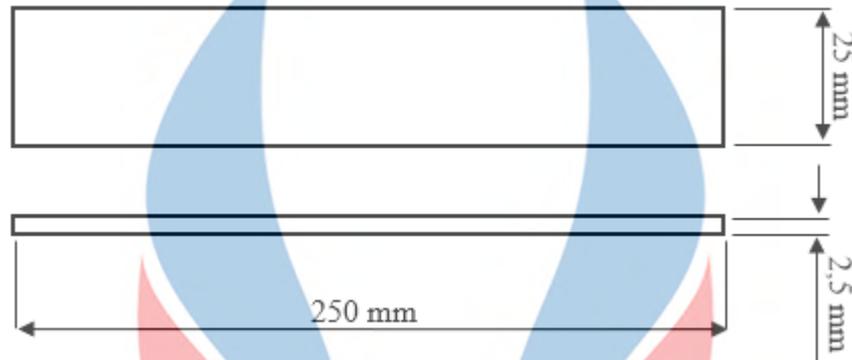
Gambar 2. 5 Dimensi Sampel Uji Tarik Kulit Singkong (SNI 3376-2012)

Tabel 2. 5 Dimensi Spesimen Menurut SNI 3376-2012

Keterangan	Panjang (mm)
l	110
l <sub>1</sub>	50
l <sub>2</sub>	30
b	10
b <sub>1</sub>	25
R	5

Pada komposit kulit singkong matriks *poliester* digunakan standar pengujian ASTM D 3039. Metode pengujian ini menentukan sifat tarik dalam bidang material komposit matriks polimer yang diperkuat oleh serat modulus tinggi. Bentuk material komposit dibatasi pada serat kontinu atau komposit yang diperkuat serat diskontinu di mana dilaminasi seimbang dan simetris sehubungan dengan arah

pengujian. Pada standar ini, sebuah strip tipis material yang memiliki penampang persegi panjang yang konstan dipasang pada *grip* mesin uji tarik dan secara terus-menerus dibebani tegangan saat pemberian beban. Kekuatan tarik maksimum material dapat ditentukan dari beban maksimum yang tercatat sebelum kegagalan.



Gambar 2. 6 Dimensi Sampel Uji Tarik Komposit (ASTM D-3039)

## 2.8. Pengujian Tekuk

Pengujian tekuk merupakan salah satu proses pengujian suatu material dimana dilakukan dengan cara menekan material untuk memperoleh data berupa kekuatan lengkung (tekuk) material tersebut. Alat uji tekuk adalah alat yang digunakan untuk melakukan pengujian kekuatan tekuk. Pada umumnya alat uji tekuk memiliki beberapa bagian yaitu rangka, alat tekan, *point bending* dan alat ukur.



Gambar 2. 7 Pengujian Tekuk (Beliu, 2016)

Rangka pada alat uji tekuk harus memiliki kekuatan lebih besar dari alat tekan, agar tidak terjadi kerusakan pada saat pengujian. Alat tekan berfungsi

sebagai alat yang memberikan gaya tekan pada benda uji pada saat melakukan pengujian. *Point bending* berfungsi sebagai tumpuan benda uji dan sebagai penerus gaya tekan yang dikeluarkan oleh alat tekan. Panjang pendek *point bending* berpengaruh terhadap hasil pengujian.

*Point bending* adalah suatu sistem atau cara dalam melakukan pengujian tekuk. *Point bending* memiliki 2 tipe yaitu: *three point bending* dan *four point bending*. Perbedaan dari kedua cara pengujian ini terletak pada bentuk dan jumlah *point* yang digunakan. *Three point bending* menggunakan 2 point dibagian bawah dan 1 point dibagian atas, sedangkan *four point bending* menggunakan 2 point dibagian atas dan 2 point dibagian bawah. *Three point bending* memiliki kelebihan dari sisi kemudahan persiapan spesimen, pengujian dan pembuatan point lebih mudah. Sedangkan *four point bending* memiliki kelebihan dari sisi penggunaan rumus perhitungan yang lebih mudah dan lebih akurat hasil pengujiannya. Namun keduanya memiliki kelemahan masing-masing, dimana *three point bending* kesulitan menentukan titik tengah persis, dan kemungkinan terjadi pergeseran. Sedangkan *four point bending* memiliki kekurangan pembuatan *point* yang lebih rumit dan 2 *point* harus bersamaan menekan benda uji.



Gambar 2. 8 *Three Point bending*(Beliu, 2016)

Adapun perhitungan kekuatan tekuk dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{3FL}{2bd^2} \quad (2.5)$$

Dimana:

- $\sigma_f$  = Tegangan lengkung (MPa)
- F = beban atau gaya yang terjadi (kgf)
- L = Jarak *point* (mm)
- b = lebar benda uji (mm)
- d = Ketebalan benda uji (mm)
- m = Slope tangent pada beban defleksi (N/mm)

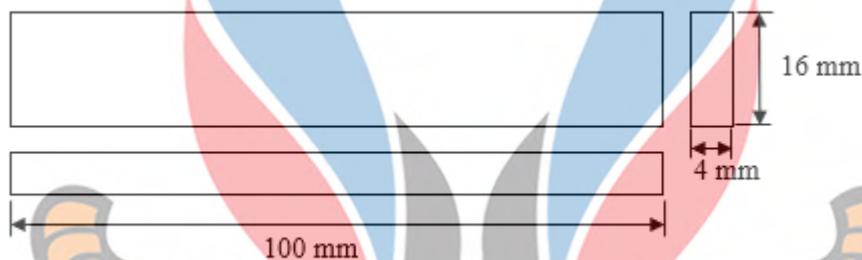
Adapun perhitungan modulus elastisitas tekuk dapat dirumuskan sebagai berikut:

www.itk.ac.id

$$E_b = \frac{L^3 m}{4bd^3} \quad (2.6)$$

(Beliu, 2016)

Pada pengujian tekuk untuk komposit, digunakan standar pengujian ASTM D 790 tentang standar metode uji untuk sifat lentur dari plastik tanpa pengisi dan dengan pengisi. Pada pengujian ini spesimen dibengkokkan sampai patah terjadi di permukaan luar spesimen uji atau sampai strain maksimum 5,0% tercapai, mana yang terjadi terlebih dahulu. Adapun dimensi sampel terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 9 Dimensi Spesimen Uji Tekuk (ASTM D-790)

## 2.9. Scanning Electron Microscopy (SEM)

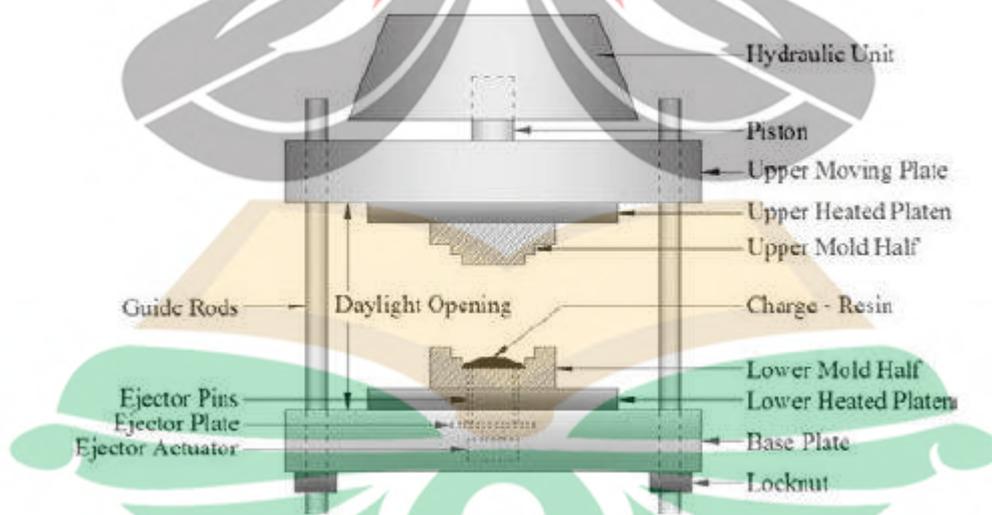
Mikroskop elektron pemindaian (SEM) menggunakan berkas elektron berenergi tinggi yang terfokus untuk menghasilkan berbagai sinyal di permukaan spesimen. Sinyal yang berasal dari interaksi sampel elektron memberikan informasi tentang sampel termasuk morfologi eksternal (tekstur), komposisi kimia, dan struktur kristal serta orientasi bahan penyusun sampel. Area dengan lebar sekitar 1 cm hingga 5 mikron dapat dicitrakan dalam mode pemindaian menggunakan teknik SEM konvensional (perbesaran mulai dari 20X hingga sekitar 30.000X, resolusi spasial 50 hingga 100 nm). Desain dan fungsi SEM sangat mirip dengan EPMA dan kemampuan yang tumpang tindih terjadi di antara kedua instrumen.

Scanning Electron Microscope (SEM) menggunakan konsep pantulan elektron sebagai prinsip kerjanya. *Electron gun* yang berada dalam SEM berfungsi menembakkan elektron ke arah sampel. Dalam *electron gun* ini terdapat filamen yang berfungsi sebagai katoda. Filamen ini dipanaskan dengan cara dialiri arus listrik sehingga menghasilkan cahaya serta awan elektron di sekitar filamen. untuk

menembakkan elektron bisa ditembakkan, maka ditempatkan anoda yang berlubang di dekat filamen. Elektron yang bermuatan negatif akan tertarik oleh anoda yang ada di bawahnya yang kemudian ditembakkan melalui lubang di anoda. Pengaturan kecepatan elektron ini dilakukan dengan mengatur tegangan (*accelerating voltage*) dari anoda dan katoda (Sujatno, 2015).

## 2.10. Metode *Compression Molding*

*Compression molding (thermoforming)* atau yang lebih dikenal sebagai teknik untuk membuat produk komposit yang bervariasi, teknik tersebut merupakan metode dengan *molding* yang tertutup. Sedangkan proses kerjanya dengan menerapkan tekanan tinggi ke bagian cetakan. Peralatan digerakkan dengan sistem hidrolik untuk menekan bahan yang dibentuk. Peralatan mengandalkan panas dari *heater* agar dapat membentuk bahan sesuai dengan cetakan ketika ditekan. Peralatan juga dapat membuat tiruan suatu produk, membuat cetakan, dan membuat kemasan suatu produk. Mekanisme gerakan *compression molding* adalah dengan menggunakan hidrolik dengan kapasitas tekanan sesuai dengan jenis bahan dan dimensi yang dibentuk. Semakin keras dan besar volume bahan yang di proses, maka semakin besar tekanan yang dibutuhkan.



Gambar 2. 10 Alat *Compression Molding* (Daniel dkk, 2019)

## 2.11. Penelitian Terdahulu

Berikut adalah rangkuman hasil penelitian terdahulu yang mempunyai keterkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan.

Tabel 2. 6 Penelitian Terdahulu

No	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
1	Maryanti dkk, 2011	Perlakuan Alkali (NaOH) dengan variasi 0%, 2%, 5% dan 8% selama 1 jam pada komposit serat kelapa matriks <i>poliester</i> , dengan kfraksi volume 30%:70%. Hasil perlakuan alkali mempengaruhi permukaan serat dimana konsentrasi NaOH 5% menghasilkan komposit dengan nilai optimum pada kekuatan tariknya sebesar 97,356 N/mm <sup>2</sup> .
2	Asroni, 2016	Komposit matriks <i>poliester</i> berpenguat ongkok limbah singkong dengan fraksi volume 40%, 50% dan 60% limbah singkong berukuran 20 <i>mesh</i> . Metode yang digunakan adalah <i>compression molding</i> . Dari pengujian tarik dan pengujian kekerasan diperoleh hasil tertinggi pada fraksi volume 40% serbuk dengan hasil 21,68 N/mm <sup>2</sup> dan 116,77 HRR. Komposit serbuk ongkok limbah singkong menjadi material yang dapat diaplikasikan pada papan partikel.
3	Pratama dkk, 2016	Komposit limbah tongkol jagung bermatriks <i>poliester</i> dengan fraksi volume serat 70% dan resin 30%, katalis 1% dari massa resin, dengan variasi ukuran <i>mesh</i> 8, 16, dan 30. Menggunakan metode <i>compression molding</i> dengan ukuran cetakan 30x30x1 cm dengan

		tekanan 160 Pa dan suhu kempa 150°C selama 20 menit. Hasil dari penelitian ini diperoleh konduktivitas termal terbesar pada komposit dengan ukuran partikel 30 <i>mesh</i> , yaitu sebesar 0,2090 W/m°C.
4	Hidayatullah dkk, 2017	Menggunakan metode <i>Hot Press</i> pada komposit HDPE berpenguat serat pelepah salak. Diberi perlakuan alkali berupa NaOH 5% selama 1,2,3,4,5 jam dengan fraksi volume pelepah salak 30%. Tekanan <i>hot press</i> yang diberikan sebesar 30 bar dengan temperatur penekanan 150°C selama 25 menit. Setelah 25 menit, tekanan dinaikkan hingga 50 bar lalu mesin dimatikan. Setelah itu, komposit didalam cetakan dibiarkan mendingin sampai 40°C. Hasil dari penelitian ini diperoleh kekuatan tekuk dan tekuk tertinggi pada perlakuan serat 3 jam yaitu sebesar 38,295 KJ/m <sup>2</sup> dan 33,62 Mpa.
5	Hestiawan, 2017	Resin <i>poliester</i> tak jenuh Yukalac 157 BQTN-EX7 dengan variasi penambahan katalis MEKPO 0,5%, 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3%, dengan metode <i>hand lay up</i> . Dari hasil pengujian tarik diperoleh nilai kekuatan tertinggi pada resin <i>poliester</i> dengan penambahan katalis 1% yaitu sebesar 62 Mpa.
6	Rahman dkk, 2018	Komposit papan partikel menggunakan serbuk kayu sengon- <i>poliester</i> dengan ukuran <i>mesh</i> 10 dan 20, dan variasi fraksi volume serbuk 30%, 32,5%, 35%, 37,5%, 40%. Hasil yang diperoleh dari pengujian <i>flexural</i> terbaik dihasilkan oleh komposit dengan ukuran <i>mesh</i> 20 dengan kekuatan <i>flexural</i> tertinggi sebesar 34,69 MPa.

---

www.itk.ac.id

Dan pada komposit ukuran *mesh* 10 diperoleh kekuatan *flexural* tertinggi sebesar 26,06 MPa.

---

7      Kardiman, 2019      Menggunakan metode *hot press* pada komposit sekam padi bermatriks HDPE dengan variasi temperatur 160°C, 180 °C, 200 °C, 220°C selama 15 menit. Adapun fraksi volume yang digunakan 20% serat dengan perlakuan NaOH 5% selama 2 jam. Hasil yang diperoleh dari pengujian tarik terbaik dihasilkan oleh komposit dengan temperatur penekanan 160°C sebesar 9,1406 Mpa dan regangan 1,03%.

---

8      Hardianti, 2020      Menggunakan metode *compression molding* pada komposit serbuk kayu sengon, keruing, dan meranti kuning dengan matriks *poliester* dengan fraksi volume 40% serbuk 60% matriks. Tekanan *compression molding* yang digunakan sebesar 40 bar (4000 kN/m<sup>2</sup>) dan temperatur *curing* 100°C selama 15 menit. Hasil yang didapatkan komposit limbah serbuk kayu sengon, kayu keruing dan kayu meranti bermatriks *poliester* memenuhi nilai standar minimal untuk penggunaan sebagai papan partikel biasa berdasarkan SNI 03-2105-2006.

---