

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan pustaka

Pemanfaatan komposit Serat alam mulai banyak digunakan untuk kebutuhan manusia, diantaranya untuk aplikasi dibidang otomotif, industri, penerbangan, dan biomedis. Akan tetapi kekuatan mekanis dan sifat fisis serat alam tidak sekuat sintetis beberapa kekurangan yang dimiliki oleh serat alam yaitu bersifat hidrofilik, sifat ini berlawanan dengan matriks polimer yang bersifat hidrofobik, hal ini menyebabkan terjadinya lemah ikatan antara matriks dengan fillers, dan dapat menurunkan sifat mekanik serat. Kelemahan ini dapat diatasi dengan memodifikasi permukaan serat dengan cara alkalisasi.

Sosiati dkk, (2019) melakukan penelitian perlakuan serat dengan cara *alkalisasi* yaitu perendaman serat pada konsentrasi 6% NaOH selama 0 jam, 4 jam, 10 jam, 24 jam, dan 36 jam pada suhu ruangan, Hasil penelitian bahwa perlakuan alkali pada 6% NaOH selama 36 jam akan bermanfaat untuk meningkatkan sifat tarik komposit serat alami yang juga didukung oleh serat dispersi yang sangat baik di semua komposit dengan memodifikasi permukaan dapat meningkatkan sifat mekanis pada serat alami..

Penelitian komposit laminat hibrida telah di laporkan, Ghozali dkk, (2017) melakukan penelitian komposit hibrid dengan fillers serat Kenaf-karbon dan matriks LDPE. Dengan perbandingan serat hibrida dengan matriks adalah 20/80%, dan fraksi volume serat hibrida (kenaf/E-glass) 50/50, 40/60, dan 30/70 masing-masing panjang serat 10 mm, tipe serat yang digunakan adalah orientasi serat acak, dengan teknik hand lay up, fabrikasi komposit dibuat secara laminate dimana pembuatannya berbentuk lapisan-lapisan antara matriks dengan serat dan cetakan kemudian di press menggunakan *hot compression molding* hasil rekayasa dengan tekanan 25 (± 2) kg/cm² dan suhu 175°C. Pengujian mekanis yaitu uji tarik, hasil penelitian menunjukkan kekuatan tarik komposit menurun seiring bertambahnya serat E-glass. Pada variasi fraksi volume serat kenaf/E-glass

(50:50%) memiliki kekuatan tarik sebesar 11,72 MPa. Pada variasi fraksi volume serat kenaf/ E-glass (40% : 60%) terjadi penurunan sebesar 24 % dan pada kenaf/ E-glass (30% : 70%) juga mengalami penurunan sebesar 66 % dari kekuatan yang paling optimum. Kekuatan tarik tertinggi terdapat pada variasi fraksi volume serat kenaf/ E-glass (50% : 50%) yaitu sebesar 11,72 MPa

Penelitian komposit dengan metode mixing telah di laporkan, (Suantara, dkk. 2018) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi panjang serat terhadap kekuatan tarik komposit *sansevieria trifasciata polypropylene* dengan menggunakan metode fabrikasi campur (*mixing*). Pada penelitian ini panjang serat yang digunakan 180 mm (*continues*) dan 30 mm (*randomly*), Nilai kekuatan tarik optimum yang diperoleh sebesar 48,052 MPa pada serat lurus 180mm dan nilai terendah sebesar 22,15 MPa pada serat acak (*randomly*) 30 mm.

Penelitian komposit dengan metode fabrikasi sandwiching telah telah berhasil dilakukan, Sosiati dkk, (2016) melakukan penelitian *Bio-composites Fabricated by Sandwiching sisal fibers with polypropylene* (PP), dengan perbandingan serat dan matrik 50:50, dan pengujian bending dengan standar ASTM D 790-02, hasil dari penelitian tersebut nilai tegangan bending tertinggi pada spesimen komposit short fiber yaitu sebesar 31,39 Mpa (*alkali treatment*) dan nilai tegangan bending terkecil sebesar 23,75 Mpa (*untreated*)

Pengujian fisis *water absorption* dilakukan untuk mengetahui ketahanan dan kemampuan komposit terhadap air ataupun kelembaban. Aji dkk, (2012) telah melakukan penelitian tentang *water absorption* komposit hibrida HDPE/kenaf/nanas, dengan 7 variasi KENAF, PALF, K3P7% (kenaf 30% palf 70%), K4P6%, K6P4%, K7P3% dan K5P5%. Fabrikasi menggunakan mesin *Hot Press* dengan fraksi volume HDPE/Serat 60:40 % berat. Metode pengujian *water absorption* ASTM D570, spesimen dimasukkan pada suhu 50°C selama 24 jam dan pada suhu 105°C selama 2 jam untuk memastikan spesimen kering dan kemudian spesimen didinginkan kedalam desikator. Pengujian *water absorption* selama 2 minggu, hasil penelitian menunjukkan kenaikan berat terendah terdapat

pada variasi K3P7% sebesar 4 % dan pertambahan berat tertinggi pada variasi PALF sebesar 7%. Hasil tersebut terjadi karena variasi K3P7% mempunyai ikatan dan kompatibilitas yang baik antara filer dan matrik

2.2. Dasar Teori

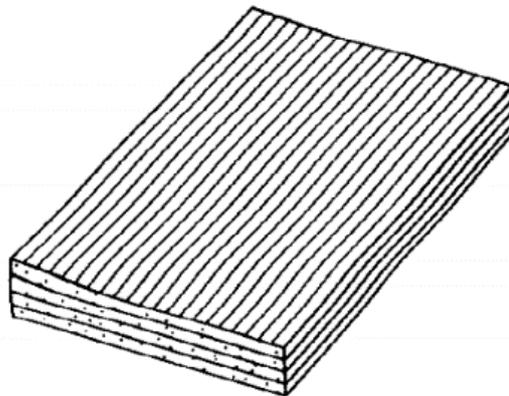
2.2.1. Komposit

Material komposit adalah gabungan antara dua atau lebih material yang berbeda, dimana salah satu dari material tersebut digunakan sebagai matrik atau material induk dan yang lain digunakan sebagai material pengisi, dan pengisi tersebut tidak larut antara material satu dengan material yang lainnya.

Secara umum komposit diklasifikasikan menjadi 3 macam, yaitu:

1. Komposit serat (*fibre composite*)

Fibre composite merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai penguat. Serat yang digunakan biasanya berupa serat karbon, serat glass, serat alami dan sebagainya. Serat ini bisa disusun secara acak (*randomly*) maupun dengan orientasi tertentu, dan bisa juga dalam bentuk yang kompleks seperti anyaman (*woven*).



Gambar 2.1 Komposit serat (Gibson, 1994)

2. Komposit serpih (*flake composite*)

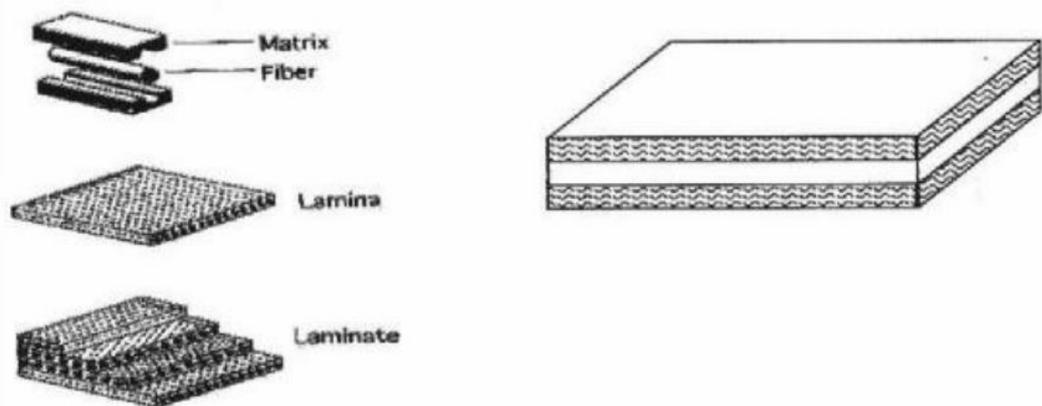
Komposit serpih adalah komposit dengan metode fabrikasi berupa penambahan material dengan bentuk serpihan kedalam matriksnya. Serpihan yang digunakan dapat berupa serpihn mika, glass, maupun serpihan metal baja.

1. Komposit skeltal (*filled composite*)

Komposit skeltal adalah komposit yang didalamnya mengandung partikel yang hanya digunakan untuk memperbesar volume material dan bukan untuk kepentingan sebagai bahan penguat. Pada komposit skeltal biasanya diberi tambahan material atau filler kedalam matriksnya dengan struktur bentuk tiga dimensi.

2. Komposit laminat (*laminated composite*)

Komposit laminat adalah jenis komposit yang tersusun dari dua atau lebih material penguat yang digabung menjadi satu, dengan setiap lapisannya mempunyai sifat berbeda. Laminat dibuat agar elemen struktur mampu menahan beban *multiactial*, sesuatu yang tidk dapat dicapai dengan lapisan tunggal.

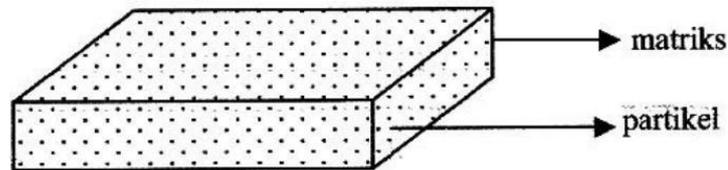


Gambar 2. 2 Komposit lamina (Gibson, 1994)

3. Komposit partikel (*particulate composite*)

Komposit partikel adalah komposit yang menggunakan partikel serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya. Komposit ini biasanya mempunyai bahan penguat yang

dimensinya kurang lebih sama, seperti bulat, balok, serta bentuk-bentuk lainnya yang memiliki sumbu hampir sama.



Gambar 2. 3 Komposit partikel (Gibson, 1994)

2.2.2 Matriks

Matriks adalah suatu elemen yang memiliki fraksi volume terbesar (dominan) didalam material komposit yang berfungsi sebagai bahan pengikat serat agar menjadi satu material yang terstruktur, mampu meneruskan atau memindahkan beban eksternal pada bidang geser antara serat dan matriks sehingga matriks dan serat saling berhubungan, serat untuk melindungi komposit dari kerusakan eksternal. Matriks juga bisa berasal dari polimer, logam maupun keramik (Gibson, 1994). Secara umum, matriks yang paling banyak digunakan untuk material komposit dalam industri dan bidang transportasi adalah polimer. Bahan polimer yang sering digunakan ada dua macam, yaitu :

a. *Thermoplastik*

Thermoplastik merupakan bahan yang dapat berubah sifat menjadi lunak jika dipanaskan, dan akan kembali ke bentuk semula bila didinginkan karena molekul yang terdapat pada *thermoplastik* tidak mengalami proses ikat silang (*cross linking*). Contoh dari *thermoplastik* adalah PP (*Poly Propylene*), Nylon, PE (*Poly Ethylene*), PVC (*Poly Vinyl Chlorida*), PS (*Poly Styrene*), dan sebagainya.

b. *Thermosetting*

Thermosetting adalah salah satu bahan yang tidak dapat didaur ulang karena molekul pada *thermosetting* mengalami dan telah membentuk ikatan

silang (*cross linking*). Contoh dari *thermosetting* adalah Epoxy, Phenolic, Plenol, urea, dan lain-lain

2.2.3 PE (*polyethylene*)

Polyethylene merupakan salah satu jenis polimer yang terbentuk melalui proses polimerisasi monomer *ethylene*. *Polyethylene* disebut juga polietena atau politena yang merupakan etena *homopolimer* yang memiliki berat molekul 1500 – 100.000 dengan perbandingan C (85,7%) dan H (14,3%), dapat dibuat melalui proses polimerisasi etilena cair pada suhu dan tekanan tinggi atau rendah. Polimer ini memiliki sifat lentur, ulet, tahan terhadap bahan kimia, serapan uap air rendah, dan mudah diproses. *Polyethylene* dibagi 4 jenis berdasarkan densitasnya, yaitu LDPE, LLDPE, HDPE, dan MDPE (Marpaung, 2011).

1. LDPE

LDPE (*Low Density Polyethylene*) dibuat dengan cara melakukan polimerisasi dengan tekanan yang tinggi. Kekakuan dan kuat tarik yang dimiliki LDPE lebih rendah dibandingkan dengan HDPE (*modulus young* 20.000 – 30.000 psi dan kuat tarik 1200 – 2000 psi), tetapi LDPE ini memiliki derajat elongasi yang tinggi (400 – 800%), maka jenis polimer ini mempunyai ketahanan untuk putus yang tinggi. Titik leleh LDPE berkisar pada suhu 105°C – 115°C. LDPE dalam dunia perdagangan lebih dikenal dengan nama sebutan *alathon*, *dylan* dan *fortiflex*.

2. LLDPE

LLDPE (*Linier Low Density Polyethylene*) merupakan kopolimer etilen dengan beberapa sedikit jumlah kandungan heksana, butan, atau oktan sehingga memiliki percabangan yang banyak pada rantai utama dengan jarak yang teratur. LLDPE lebih kuat dibandingkan dengan LDPE.

3. HDPE

HDPE (High Density Polyethylene) adalah jenis bahan yang memiliki berat jenis sekitar 0,935 – 0,965 gr/cm³, dibuat dengan cara melakukan polimerisasi dengan menggunakan tekanan dan suhu yang rendah sekitar (50°C – 70°C). HDPE memiliki sifat yang lebih kaku dibandingkan dengan LDPE dan MDPE, dan mempunyai ketahanan terhadap suhu tinggi sehingga dapat digunakan untuk produk yang akan disterilkan

4. MDPE

MDPE (*Medium Density Polyethylene*) memiliki sifat lebih kaku dari LDPE dan titik lelehnya lebih tinggi dari LDPE yang suhunya berkisar 115 °C – 125 °C

Polimer *polyethylene* adalah bahan polimer yang mempunyai tingkat kekerasan yang tinggi dan baik, dapat tahan terhadap bahan kimia kecuali oksida kuat dan halida, mampu larut dalam hidrokarbon aromatik dan larutan hidrokarbon yang terklorinasi diatas suhu 70°C. Sifat - sifat yang dimiliki *polyethylene* sangat dipengaruhi oleh struktur rantai dan kerapatannya. LDPE yang mempunyai sifat lebih lentur, kedap air, ketahanan terhadap listrik yang baik, dan memiliki tembus cahaya yang kurang baik dibandingkan HDPE. Kristalinitas yang dimiliki HDPE sangat rendah yang disebabkan oleh cabang dari rantai polimer, hal ini yang menyebabkan LDPE lebih elastis dibandingkan dengan HDPE. Sedangkan sifat HDPE yang mempunyai sifat kristalinitas yang lebih kaku dan lebih kaku karena termasuk polimer linier. Bentuk rantai dan kerapatan yang dimiliki ini sangat berbeda menyebabkan polimer ini mempunyai sifat yang berbeda. Menurut Josep, (2008). ada dua cara yang dapat dilakukan dalam proses pembuatan rantai panjang dari polimer termoplastik *polyethylene* secara umum yaitu :

- a. Proses dengan kondisi pada tekanan tinggi yang dapat menghasilkan LDPE.
- b. Proses dengan kondisi pada tekanan rendah yang dapat menghasilkan HDPE.

Tabel 2.1 Sifat Fisik dan Mekanik *Polyethylene* dan *Polypropylene*

(Joseph P. Greene, 2013)

	Polypropylene	LDPE (For Comparison)	HDPE (For Comparison)
Density	0,90	0,91- 0,925	0,959-0,965
Crystallinity	30% to 50%	30% to 50%	80% to 91%
Molecular Weight	200K to 600K	10K to 30K	250K to 1.5M
Molecular Weight Dispersity MWD (Mw/Mn)	Range of MWD for processing	Range of MWD for processing	Range of MWD for processing
Tensile Strength, psi	4,500 – 5,500	600 - 2,300	5,000 – 6,000
Tensile Modulus, psi	165K – 225K	25K – 41K	150K – 158 K
Tensile Elongation, %	100% - 600%	100% - 650%	10% - 1300%
Impact Strength ft-lb/in	0,4 – 1,2	No break	0,4 – 4,0
Hardness, Shore	R80 - 102	D44 – D50	D66 – D73

2.2.4 Serat Sisal

Serat alam merupakan alternatif *filler* komposit untuk berbagai komposit polimer karena beberapa keunggulan sifatnya dibandingkan serat sintetis, antara lain yaitu harganya murah, densitas rendah, dan ramah terhadap lingkungan (Chandramohan, 2008). Akhir-akhir ini, pemanfaatan serat alam sebagai *filler* komposit telah diaplikasikan secara komersial di berbagai bidang industri seperti bidang otomotif dan olahraga. Di antara berbagai jenis serat alam, sisal merupakan salah satu tanaman yang paling banyak dimanfaatkan. Serat yang

dihasilkan dari daun sisal tersebut sering digunakan sebagai tali, benang, karpet, dan macam-macam kerajinan hal tersebut dikarenakan kekuatannya yang baik, tahan lama, dan afinitas terhadap zat warna baik (Kusumastuti, 2009).



Gambar 2. 4 Pohon sisal (sumber : <http://www.palmaris.org>)

Produksi sisal di seluruh dunia mencapai 4,5 juta ton setiap tahunnya. Tanzania dan Brazil merupakan negara penghasil sisal terbesar (Chand dkk 1993). Tanaman sisal dapat menghasilkan 200-250 daun, yang dimana masing-masing daun terdiri 1000-1200 bundel serat yang mengandung sejumlah 4% serat, 0,75% kutikula, 8% material kering, dan 87,25% air (Kusumastuti, 2009).



Gambar 2. 5 Serat sisal (Kusumastuti, 2009)

Komposisi kimia dari serat sisal telah dikaji oleh beberapa peneliti, diantaranya Ansell (1991) dalam Kusumastuti (2009) menemukan bahwa serat sisal mengandung 78% selulosa, 8% lignin, 10% hemi-celluloses, 2% wax dan 1% ash. Kemudian Rowell (1992) dalam Kusumastuti (2009) menyatakan bahwa sisal mengandung 43-56% selulosa, 7-9% lignin, 21-24% pentosan dan 0,6-1,1% ash. Menurut Joseph, dkk (1996) dalam Kusumastuti (2009), sisal mengandung 85-88% selulosa. Bervariasinya komposisi kimia dari serat sisal disebabkan oleh perbedaan tempat asal dan umur serat metode pengukuran. Kemudian Chand dan Hashmi (1993) menunjukkan bahwa selulosa dan lignin yang terdapat pada sisal bervariasi dari 49,62-60,95 dan 3,75-4,40%, tergantung pada usia tanaman.

Tabel 2. 1 Sifat serat sisal (Joseph dkk, 1996)

Densitas (kg/m ³)	<i>Moisture content</i> (%)	Kekuatan Tarik (MPa)	Modulus (GPa)	<i>Maximum Strain</i> (%)	Diameter (μ m)
1450	11	604	9,4-15,8	-	50-200
1450	-	530-640	9,4-22	3-7	50-300
-	-	347	14	5	-
1030	-	500-600	16-21	3,6-5,1	-
1410	-	400-700	9-20	5-14	100-300
1400	-	450-700	7-13	4-9	-
-	-	530-630	17-22	3,64-5,12	100-300
1450	-	450-700	7-13	4-9	-

2.2.5 Serat Karbon

Serat karbon merupakan jenis serat terkuat saat ini yang sering digunakan sebagai material konstruksi. Polimer yang diperkuat dengan serat karbon banyak digunakan untuk aplikasi alat olahraga, mobil balap, pesawat terbang, serta komponen luar angkasa. Laminasi serat karbon kontinu (grafit) juga telah dipakai secara luas (Severenia, 2002). Seringkali serat karbon dilakukan kombinasi antara

serat jenis lain untuk membentuk komposit hibrida (seperti serat karbon dan sisal, serat karbon dan kevlar). Serat karbon berdiameter 5-10 μm dapat diperoleh dalam bentuk tali dengan 1000, 3000, 6000, atau 12000 filamen dan sebagai *pre-preg* dengan resin (Bishop dan Smallman, 2000).

Dengan berdasarkan degradasi terkendali atau pirolisis serat, proses pembuatan serat karbon dilakukan dalam beberapa tahap. Peregangan panas merupakan inti dari pemrosesan, dengan demikian kecenderungan penyusutan serat dapat dicegah dan dihasilkan orientasi molekular dengan tingkat tinggi. Dengan peregangan panas terjadi peningkatan temperatur hal tersebut memicu grafitasi dan memperbaiki modulus elastisitas tetapi menurunkan regangan perpatahan (Bishop dan Smallman, 2000). Akhirnya dilakukan perlakuan permukaan untuk lebih meningkatkan kemampuan pembentukan ikatan dengan matriks dan ukuran untuk memudahkan penggunaan (Zhang dkk, 2004).

Setiap serat karbon yang dihasilkan sangat murni, dan pada dasarnya terdiri dari beberapa bentuk anyaman pita grafit turboplastik dan sedikit karbon *amorf*. Orientasi pita mendekati sumbu serat dan modulus aksial meningkat jika struktur mendekati bentuk dan struktur grafit sempurna. Struktur serat bersifat sangat *anisotropik*, modulus elastisitas sepanjang serat dan tegak lurus serat adalah 200-800 $\text{GN}\cdot\text{m}^{-2}$ dan 10-20 $\text{GN}\cdot\text{m}^{-2}$ (Bishop dan Smallman, 2000).

2.2.6 Alkalisasi

Perbedaan sifat pada serat alam (*hydrophilic*) dan matriks (*hydrophobic*) menyebabkan ikatan antar serat dan matriks menjadi lemah dan dapat menurunkan sifat mekanis komposit, sehingga perlu dilakukan proses alkalisasi (Akil dkk, 2011). Alkalisasi serat alam dilakukan dengan tujuan untuk melarutkan kotoran alam dan kandungan lignin yang terdapat pada lapisan luar serat. Larutan yang sering digunakan dalam proses alkalisasi yaitu NaOH (Natrium Hidroksida), KOH (Kalium Hidroksida) dan LiOH (Lithium Hidroksida). Serat yang telah diberi perlakuan alkali akan memiliki tingkat penyerapan yang tinggi jika proses alkalisasi terlalu lama dan konsentrasi yang tinggi, dikarenakan lignin yang masih

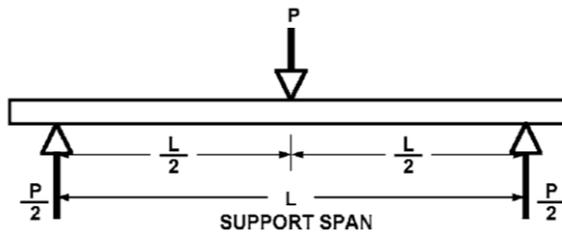
menempel pada selulosa telah larut. Lignin yang ada memiliki sifat hidrofobik yang kurang bersifat kompatibel dengan matriks, sehingga dengan proses alkalisasi yang tepat dapat memperbaiki kompatibilitas serat dengan matriksnya (John & Anandjiwala, 2008).

Perlakuan alkali dengan menggunakan larutan kimia tidak hanya dilakukan pada serat alam saja, melainkan juga dilakukan pada serat sintetis. Seperti halnya pada serat karbon, untuk mendapatkan sifat gabungan yang baik dilakukan perlakuan permukaan untuk lebih meningkatkan kemampuan pembentukan ikatan dengan matriks dan ukuran untuk memudahkan penggunaan (Zhang dkk, 2004). Perlakuan permukaan pada serat karbon dapat menggunakan nitrogen cair (N_2) yang direndam dengan metode lama waktu yang diperlukan. Proses perlakuan serat karbon dengan nitrogen cair dalam waktu yang optimal mampu menghilangkan sifat amorf (*amorphous*) yang dimiliki karbon, sehingga meningkatkan ikatan antar serat dan ikatan dengan matriks. Sifat amorf pada sisi serat karbon adalah ikatan pada struktur molekulnya, dimana amorf ikatan antar molekulnya tidak teratur sedangkan semi-kristal adalah kombinasi antara rangkaian yang teratur. Pada bagian amorf mempunyai daya serap yang lebih besar dan kekuatan yang rendah jika dibandingkan dengan sifat kristalin serat. Pada bagian kristalin letak dan jarak antara molekul-molekul tersusun sangat teratur dan sejajar, sedangkan bagian amorf letak dan jarak antara molekul tidak teratur. Pada jarak yang besar inilah yang dapat berpengaruh terhadap ikatan antar serat dan matriks (Zhang dkk, 2004).

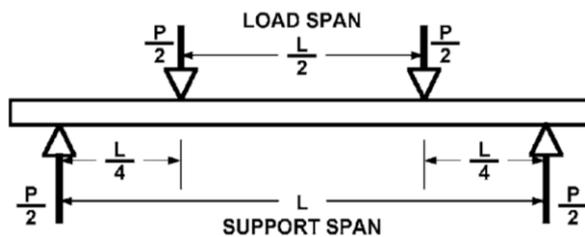
2.2.7 Pengujian Bending

Uji bending merupakan salah satu bentuk pengujian untuk mengetahui sifat mekanis kuat bending, modulus elastisitas, dan regangan bending, suatu material. Proses pengujian dilakukan dengan cara meletakkan spesimen uji pada span dan dibawah penekan alat uji, kemudian spesimen akan mendapatkan tekanan bending hingga terjadi patahan (Wona dkk, 2015).

Standar untuk pengujian bending dibedakan berdasarkan jenis material, seperti material komposit polimer yang khusus menggunakan standar ASTM D790. Ada dua macam bentuk penekanan bending yang dilakukan, yaitu dengan tiga titik bending (ASTM D790) dan empat titik penekanan (ASTM D6272).



Gambar 2. 6 Tiga titik bending (ASTM D790)



Gambar 2. 7 Empat titik bending (ASTM D6272)

Untuk menentukan tegangan bending yang berdasarkan ASTM D790 dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.1 sebagai berikut :

$$\sigma_f = \frac{3 P L}{2 b d^2} \dots\dots\dots [2.1]$$

Dengan: σ_f = tegangan bending (MPa)

P = beban (N)

L = *support span* (mm)

B = lebar (mm)

D = tebal (mm)

Akan tetapi jika rasio perbandingan *support span* dan tebal spesimen lebih dari 16 maka menggunakan persamaan 2.2 sebagai berikut :

$$\sigma_f = \left(\frac{3 P L}{2 b d^2} \right) \left[1 + 6 \left(\frac{D}{L} \right)^2 - 4 \left(\frac{d}{L} \right) \left(\frac{D}{L} \right) \right] \dots\dots\dots [2.2]$$

Dengan: D = defleksi (mm)

Sedangkan untuk menentukan modulus elastisitas bending digunakan persamaan 2.3 sebagai berikut :

$$E_B = \frac{L^3 m}{4 b d^3} \dots\dots\dots [2.3]$$

Dengan: E_B = modulus elastisitas (GPa)

M = slope (N/mm)

Kemudian regangan bending maksimal terjadi dimana perubahan nilai perpanjang elemen permukaan luar spesimen uji di bagian tengah. Untuk menentukan besarnya nilai regangan bending dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.4 berikut :

$$\epsilon_f = \frac{6Dd}{L^2} \dots\dots\dots [2.4]$$

Dengan: ϵ_f = regangan bending (mm/mm)

2.2.8 Pengujian daya serap air

Pada saat fabrikasi spesimen, kemungkinan terjadinya udara yang terjebak dalam lapisan atau terjadi karena dekomposisi mineral yang membentuk akibat perubahan cuaca, maka terbentuklah lubang atau rongga kecil didalam sempel komposit (pori). Pori dalam spesimen bervariasi dan menyebar diseluruh spesimen yang sudah di potong sesuai ukuran. Pori-pori mungkin menjadi tampungan air bebas didalam spesimen.

Presentase berat air yang mampu diserap spesimen dan serat didalam air disebut daya serap air, sedangkan banyaknya air yang terkandung dalam spesimen dan serat disebut kadar air. Pengujian daya serap air dilakukan terhadap semua variasi spesimen yang ada, data didapatkan dari hasil penimbangan berat spesimen kering dan basah. Lama perendaman dalam air dilakan secara bertahap

6 jam, 12 jam, 18 jam, dan 24 jam dalam suhu kamar. Massa awal sebelum direndam diukur dan juga massa sesudah perendaman.

Pengujian daya serap air mengacu pada ASTM D570 tentang prosedur pengujian, dimana bertujuan untuk menentukan besarnya persentase air yang masuk atau terserap oleh spesimen yang direndam dengan variasi perendaman.

Berikut adalah persamaan 2.5 untuk menghitung pertambahan berat dalam uji daya serap air.

$$WA = \frac{B2-B1}{B1} \times 100 \dots\dots\dots[2.5]$$

Dengan: WA = daya serap air (%)

B1 = berat sebelum perendaman (gram)

B2 = berat setelah perendaman (gram)

Kemudian berikut persamaan 2.6 untuk menghitung *thickness swelling*.

$$Ts = \frac{T2-T1}{T1} \times 100 \dots\dots\dots[2.6]$$

Dengan: Ts = *thickness swelling* (%)

T1 = tebal sebelum perendaman (mm)

T2 = tebal setelah perendaman (mm)

2.2.9 *Microscope Optic Digital*

Mikroskop digital adalah variasi dari mikroskop optik tradisional yang menggunakan optik dan charge coupled device (CCD) kamera ke output gambar digital yang disambungkan ke monitor, atau dengan menggunakan perangkat lunak yang berjalan pada komputer. Sebuah mikroskop digital berbeda dengan mikroskop optik yang ketentuannya untuk mengamati sampel secara langsung melalui sebuah lensa mata. Karena gambar diproyeksikan langsung pada kamera CCD, seluruh sistem ini dirancang untuk gambar monitor. Bagian-bagian Mikroskop Digital USB ditunjukkan pada Gambar 2.8.

- a. LED Switch, untuk mengatur pencahayaan terang atau redup.
- b. LED Light, lampu mikroskop.
- c. Zoom Button, tombol untuk memperbesar pengelihatn mikroskop.
- d. Snap Button, tombol untuk mengambil gambar.
- e. Focus Wheel, untuk mengatur fokus gambar.



Gambar 2.8 Microscope digital USB