

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Serat alam sudah banyak digunakan sebagai bahan aplikasi biomedis salah satunya serat sisal. Serat sisal merupakan famili Agavaceae, serat ini berasal dari daun dengan komposisi 78% selulosa, 10% hemiselulosam 8% lignin, 2% getah dan 1% abu (Barkakaty, 1976). Aktifitas antibacterial dari tanaman sisal telah diteliti oleh (Zwane., et al, 2010) bahwa sisal memiliki zat anti-mikroba. Ekstrak sisal ini yang dapat menghambat pertumbuhan *Escherichia coli* dan *Bacillus stearothermophilus*. Selain itu juga sisal termasuk dalam bahan aktif antimikroba yang larut dalam minyak.

Milanese., et al (2012) meneliti tentang Flexural Behavior of Sisal/Cstor Oil-Based Polyurethane and Sisal/Phenolic Composites. Penelitian ini menggunakan komposit sisal / fenolik dan sisal / polyurethane dengan menganalisis tiga titik kelenturan menggunakan air. Hasil penelitian kekakuan komposit sisal / fenolik ketika direndam di dalam air didapatkan modulus elastisitas sebesar 11,2 MPa dan sisal / polyurethane modulus elastisitas sebesar 3,7 MPa.

Femi dan Yogi (2014) meneliti tentang perbedaan kekuatan tarik dan bending *fiber reinforce composite* dengan serat sisal teralkalisasi larutan 5% NaOH selama 4 jam dan tanpa alkalisasi. Matriks yang digunakan *flowable composite* yang biasa digunakan dalam dunia kedokteran gigi. Hasil kuat tarik menunjukkan FRC dengan serat sisal alkalisasi didapatkan sebesar 46,97 MPa dan tanpa alkalisasi sebesar 28,4 MPa. Sedangkan hasil pengujian bending untuk FRC dengan serat sisal alkalisasi didapatkan sebesar 64,31 MPa dan tanpa alkalisasi sebesar 41,15 MPa

Jha., et al (2016) meneliti tentang Studi Pada Sifat-Sifat Mekanik Komposit PMMA Menggunakan Fiber Ridge Gourd. Sebelum melakukan tes mekanis, spesimen komposit disiapkan sesuai ASTM D790 dan dikondisikan pada nilai ambien $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ dan Kelembaban $50 \pm 5\%$ selama 48 jam. Hasil penelitian

didapatkan Kekuatan tarik dapat ditingkatkan oleh memperkuat serat labu punggungan dan semakin menurun dengan peningkatan konten serat

Aprianto., et al (2016) meneliti tentang pengaruh fraksi volume serat terhadap sifat mekanis komposit matriks polimer polyester diperkuat serat agave sisal. Pada penelitian ini serat sisal direndam dengan NaOH 5 % dengan per 1 liter aquades selama ± 4 jam kemudian dicuci dengan air mengalir ± 15 menit dan diangin-anginkan selama ± 48 jam, alkalisasi ini dilakukan guna meningkatkan sifat adhesif sehingga dapat menambah kekuatan impak. Kekuatan impak pada komposit meningkat dengan bertambahnya fraksi volume serat sisal. Hasil penelitian didapatkan bahwa 1) Fraksi volume serat terbaik dalam pengujian impak adalah fraksi volume serat 40% dengan kekuatan impak sebesar 4.092,00818 J/m², sedangkan fraksi volume serat terendah adalah fraksi volume serat 0% dengan kekuatan impak sebesar 604,50120 J/m², 2) Berdasarkan hasil pengujian mikrografi dari patahan hasil pengujian impak menunjukkan bahwa secara umum pola patahan yang terjadi pada komposit adalah kombinasi dari patahan getas (*brittle fracture*) dan *pull-out fibers fracture* atau dikenal dengan patahan sikat (*brush fracture*).

Maryanti., et al (2011) meneliti tentang Pengaruh Alkalisasi Pengaruh Serat Kelapa-Poliester Terhadap Kekuatan Tarik. metode modifikasi serat yang dilakukan, yaitu tanpa alkalisasi dan dengan alkalisasi 2%, 5% dan 8%. Bahan yang di gunakan adalah Serat kelapa, NaOH (2%, 5% dan 8%) resin poliester tidak jenuh tipe 157 BTQN, katalis MEKPO dan aquades. Hasil penelitian didapatkan bahwa kuat tarik dan regangan komposit serat kelapa-poliester dengan perlakuan alkalisasi lebih besar dari perlakuan tanpa alkalisasi (air).

Hadianto., et al (2013) meneliti tentang pengaruh penambahan *polyethylene fiber* dan serat sisal terhadap kekuatan fleksural dan impak *base plate* komposit resin akrilik. Hasil penelitian didapatkan bahwa rerata Kekuatan Fleksural (MPa) Tanpa Penambahan *Fiber* (109,79 \pm 5,93); Penambahan *Polyethylene Fiber* (134,18 \pm 3,80); Serat Sisal (170,15 \pm 5,50). Pada Kekuatan Impak (Kj/M²) Tanpa Penambahan (4,45 \pm 1,95) Penambahan *Polyethylene Fiber* (60,79 \pm 26,49); Penambahan Serat Sisal (16,23 \pm 3,02). Hasil Analisis *One Way Anova* Menunjukkan Pengaruh Bermakna Akibat Penambahan *Fiber* Terhadap

Kekuatan Fleksural Dan Impak *Base Plate* Resin Akrilik ($P < 0,05$). Analisis Lsd Menunjukkan Perbedaan Bermakna Rerata Kekuatan Fleksural Antar Kelompok ($P < 0,05$). Pada Hasil Uji Impak Menunjukkan bahwa Rerata Kelompok Tanpa *Fiber* Berbeda Bermakna Dengan Kelompok Dengan Penambahan *Fiber* ($P < 0,05$), dan Antara Kelompok Penambahan *Polyethylene Fiber* Dengan Penambahan Serat Sisal Tidak Berbeda Bermakna.

Li., et al (2007) meneliti tentang Tinjauan Perawatan Serat Alami dengan menggunakan Bahan Kimia untuk Digunakan di dalam Komposit serat Alami. Hasil penelitian didapatkan bahwa serat alami dianggap sebagai pengganti potensial untuk serat buatan dalam material komposit. Meskipun serat alami memiliki kelebihan dengan biaya rendah dan kepadatan rendah, mereka tidak sepenuhnya bebas dari masalah. Permasalahan pada serat alami adalah karakteristik serat yang menimbulkan ketidakcocokan dengan sebagian besar matriks polimer. Penggunaan bahan kimia dapat meningkatkan adhesi antarmuka antara serat dan matriks, dan mengurangi penyerapan air dalam serat. Penggunaan bahan kimia dapat menjadi bahan pertimbangan dalam memodifikasi serat alami. Beberapa senyawa diketahui dapat digunakan seperti natrium hidroksida, silana, asam asetat, asam akrilat, isosianat, potasium permanganat, peroksida, dll. Metode modifikasi serat yang dibahas dalam makalah ini memiliki perbedaan penggunaan bahan kimia dalam menyebabkan adhesi antara matriks dan seratnya. Namun sebagian besar perawatan kimia telah tercapai berbagai tingkat keberhasilan dalam meningkatkan kekuatan serat, kebugaran serat dan adhesi serat-matriks dalam serat alami yang diperkuat komposit.

Widiartha., et al (2012) meneliti tentang study sifat mekanik dan struktur mikro komposit *polyethylene* yang diperkuat oleh *hybrid* serat sisal dan karung goni. Penelitian dilakukan dengan perbandingan fraksi volume antara serat sisal dan karung goni sebesar 30%:0%, 20%:10%, 15%:15%, 10%:20% dan 0%:30%. Kedua serat direndam dengan perlakuan alkali NaOH 4% selama 1 jam. Panjang serat daun sisal dipotong sesuai dengan panjang cetakan dan disusun searah dan serat karung goni dipotong 2 cm dan disusun secara acak. Resin yang dipake adalah *polyethylene*. Pembuatan spesimen uji *bending* sesuai dengan

standard ASTM D 790. Hasil penelitian didapatkan bahwa nilai kekuatan *bending* rata-rata tertinggi terdapat pada komposit dengan fraksi volume serat *hybrid* dengan perbandingan serat sisal dan karung goni 30% : 0% yaitu 74,43 MPa. (I Gede , 2012).

Sood, M. and Dwivedi, G. (2017) mengenai tentang Pengaruh perlakuan serat pada sifat lentur serat alami yang diperkuat komposit. Hasil penelitian didapatkan bahwa penggunaan alkali bias digunakan sebagai perawatan utama untuk semua jenis serat. Penggunaan NaOH dengan kadar 5%, 6% dan 10% dapat menjadi solusi peningkatan kekuatan sifat lentur pada serat. Kombinasi perawatan seperti alkali + silane menunjukkan sifat lentur yang lebih tinggi daripada tunggal. Kombinasi lain dari perlakuan epoxy alkali dan diencerkan meningkatkan kekuatan lentur komposit flax / epoxy oleh dua waktu dan kekakuan sebesar lima kali di bawah pemuatan serat melintang.

Xu, et al (2011) mengenai tentang *fabrication and mechanical properties of short sisal fiber reinforced composites used for dental application*. melakukan proses perlakuan serat dibagi menjadi 2 kelompok serat sisal dipotong 2 mm dengan konsentrasi yaitu 2,5, 5,0, 7,5, 10,0% hanya dioven terlebih dahulu dan kelompok lainnya serat sisal disilanisasi menggunakan γ -aminopropyltriethoxysilane dan kemudian dicuci menggunakan aseton murni. Pencucian menggunakan seton murni berfungsi untuk menghapus sisa silanisasi pada permukaan serat sisal. Hasil penelitian menunjukkan 2 mm serat sisal yang beratnya kurang dari 10% mengurangi kekuatan lentur dan meningkatkan modulus lentur PMMA-resin, sedangkan pada serat sisal yang mengalami perlakuan *Silane Treated* (ST) kekuatan lentur dan modulus meningkat dengan konsentrasi sertat yang meningkat.

Joseph., et al (1993) mengenai *Tensile Properties of Short Sisal Fiber-Reinforced Polyethylene Composites*. Penelitian ini menggunakan bahan *Polyethylene* (LDPE-Indothene 16MA400) yang didapatkan dari Indian *Petrochemical Corp*. Penelitian ini memproses serat dicuci dengan dicuci dengan air, dikeringkan dan kemudian potong dengan panjang yang diinginkan mulai dari 2 hingga 10 mm lalu di oven pada suhu 80 ° C selama 4-6 jam. Peningkatan

kekuatan tarik dapat meningkat sesuai dengan panjang dari serat sisal tersebut. Komposit serat sisal juga menunjukkan sifat maksimum pada panjang serat sekitar 6 mm. Kemiringan searah dari serat meningkatkan kekuatan dan modulus dari komposit sepanjang sumbu pelurusan serat lebih dari dua kali lipat dibandingkan dengan komposit serat yang berorientasi secara acak.

Zhou., et al (2003) meneliti tentang *Reinforcement of Polypropylene Using Sisal Fibers Grafted with Poly(methyl methacrylate)*. Penelitian ini menggunakan PP homopolimer (Grade T30S) yang berasal dari Wuhan Petrochemical Co. (Cina) dan Serat sisal (SF) adalah diperoleh dari Guangxi Sisal Fiber Co. (China) kemudian dipotong-potong menjadi sekitar 8 mm dengan menggunakan larutan 10% NaOH setelah itu disimpan pada suhu 25 ° C dan diaduk selama 1 jam. Setelahnya, serabut sisal dicuci bersih dengan air untuk menghilangkannya NaOH berlebih, setelah itu dikeringkan di bawah vakum. Hasil penelitian didapatkan bahwa PMMA berhasil dicampurkan ke permukaan serat sisal. Serat sisal-disambung-PMMA meningkatkan adhesi antarmuka antara serat sisal dan matriks PP. Penambahan serat sisal mendorong pembentukan kristal PP, dengan komposit PP / PMMA-g-SF memiliki nilai K tertinggi dibandingkan dengan baik dari PP / AT atau komposit PP / U-SF. Nilai K yang lebih tinggi dalam komposit PP / PMMA-g-SF didapatkan kekuatan yang lebih baik.

Towo., et al (2008) mengenai tentang *Fatigue Of Sisal Fibre Reinforced Composites: Constant-Life Diagrams And Hysteresis Loop Capture*. Penelitian ini melakukan proses pencetakan dilakukan pada suhu 50°C dan dengan tekanan 60 bar selama 20 menit dan suhu 80°C selama 24 jam dengan 12 g serat sisal pada masing-masing spesimen yang dibagi menjadi tiga lapis. Komposit sisal-epoxy dicetak dengan pemanasan 80°C dengan tekanan 60 bar selama 20 menit dan pada suhu 23±1°C selama 23 jam kemudian dipanaskan pada 100°C selama 4 jam. Setelah diuji tarik kekuatan tarik komposit serat sisal yang diberi *treatment* dan tidak diberi *treatment* menunjukkan serat sisal yang diberi perlakuan dengan 0.06M larutan NaOH meningkat kekuatan tariknya 286,0 MPa jika tidak di *treatment* kekuatan tarik sebesar 222.6 MPa, sedangkan pada komposit serat sisal-epoxy kekuatan tarik tidak meningkat sebesar 329.8 MPa tanpa *treatment* dan kekuatan

tarik serat sisal- epoxy dengan *treatment* sebesar 335.4 MPa. Permukaan serat yang mengalami *treatment* akan meningkatkan daya adhesi serat sisal terhadap matriks polimer serta menurunkan daya serap air Hasil penelitian didapatkan bahwa setelah diuji tarik kekuatan tarik komposit serat sisal yang diberi *treatment* dan tidak diberi *treatment* menunjukkan serat sisal yang diberi perlakuan dengan 0.06M larutan NaOH meningkat kekuatan tariknya 286,0 MPa jika tidak di *treatment* kekuatan tarik sebesar 222.6 MPa, sedangkan pada komposit serat sisal-epoxy kekuatan tarik tidak meningkat sebesar 329.8 MPa tanpa *treatment* dan kekuatan tarik serat sisal- epoxy dengan *treatment* sebesar 335.4 MPa. Permukaan serat yang mengalami *treatment* akan meningkatkan daya adhesi serat sisal terhadap matriks polimer serta menurunkan daya serap air.

2.2 Dasar Teori

2.2.1. Serat

Serat merupakan material berambut yang biasanya potongannya memanjang mirip benang. Secara umum serat terdapat 2 jenis yaitu serat alami dan serat sintesis (Chandramohan & Marimuthu., 2011). Serat sintesis merupakan serat buatan yang berasal dari bahan-bahan anorganik dengan komposisi kimia tertentu. Serat sintetis telah digunakan secara meluas pada pembuatan komposit, contohnya serat kaca, serat karbon, serat kevlar dan sebagainya. Kelebihan penggunaan serat sintetis adalah kekuatan yang tinggi karena serat ini dapat menghasilkan kekuatan yang diinginkan tetapi meningkatkan biaya pembuatan komposit karet serat sintetis cenderung mahal (Castigliana, 2015).

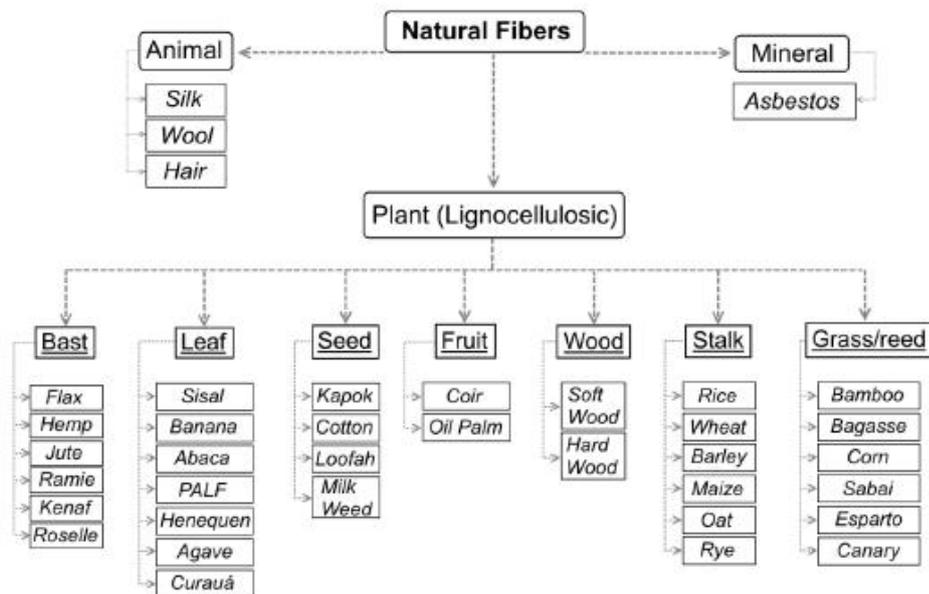
Serat alami ialah serat yang bersumber dari alam. Serat alam yang sudah banyak digunakan ialah sabut kelapa, ijuk, nanas dan sisal. Beberapa serat alami memiliki kadar air yang tinggi dan massa jenis yang relatif rendah. Tabel 2.1 ini menunjukkan kadar air dan massa jenis serat alam ketika cuaca normal, sedangkan pada Tabel 2.2 ialah beberapa sifat mekanis dari serat alam.

Tabel 2. 1 Kadar air dan massa jenis serat alam (Rao dan Rao, 2007)

Jenis Serat Alam	Kadar Air (%)	Massa Jenis (kg/m ³)
Pelepah Aren	12,09	810
Daun Kurma	10,67	990
Pelepah Kurma	9,55	960
Bambu (Sisi Luar)	9,16	910
Bambu (Sisi Dalam)	10,14	890
Ijuk	12,8	1030
Sabut Kelapa	11,36	1150
Batang Pisang	10,71	1350
Sisal	9,76	1450

Tabel 2. 2 Sifat mekanis beberapa jenis serat alam (Rao dan Rao, 2007)

Jenis serat alami	ϵ (%)	σ (MPa)	E (GPa)	σ' (MPa/(kg·m ³))	E' (GPa/(kg·m ³))
Pelepah aren	3,46	549	15,85	0,6678	19,56
Daun kurma	2,73	309	11,32	0,3121	11,44
Pelepah kurma	24,00	459	1,91	0,4781	1,99
Bambu (bagian luar)	1,40	503	35,91	0,5527	39,47
Bambu (bagian dalam)	1,73	341	19,61	0,3831	22,10
Ijuk	13,71	377	2,75	0,3660	2,67
Sabut kelapa	20,00	500	2,50	0,4348	2,17
Batang pisang	3,36	600	17,85	0,4444	13,22
Sisal	5,45	567	10,40	0,3910	7,17



Gambar 2. 1 Klasifikasi serat alam (Gurunathan., et al, 2015)

Macam-macam serat alami menurut (Chandramohan & Marimuthu., 2011) diantaranya sebagai berikut :

1. *Mineral Fiber* (serat mineral)

Serat ini berasal dari mineral dan sedikit dimodifikasi. Berikut adalah kategori serat mineral yaitu :

- a. Serat keramik ialah *aluminium oxide*, *boron carbide*, serat kaca (*Glass wool and Quartz*) dan *silicon carbide*.
- b. Serat logam ialah serat aluminium
- c. Asbestos ialah serat mineral yang alami. Serat ini dibagi menjadi dua yaitu *serpentine (chrysotile)* dan *amphiboles (amoite, actinolite, anthophyllite, crocidolite and tremolite)*.

2. *Vegetable Fibers* (serat nabati)

Serat ini terdiri dari selulosa contohnya *jute, ramie, hemp*, kenaf dan sisal.

- a. Serat batang atau kulit ialah serat berasal dari batang dan kulit tanaman. Kekuatan tarik serat ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan serat lain. Contoh serat batang atau kulit yang digugurkan ialah serat pohon pisang, rotan, kenaf, flax, dan jute.
- b. Serat tangkai ialah tangkai contohnya padi, jerami, rumput dan bambu.
- c. Serat benih ialah serat yang berasal dari biji-bijian contohnya kapuk dan *cotton*.
- d. Serat daun ialah serat yang berasal dari daun seperti sisal
- e. Serat buah ialah serat yang berasal dari buah pohon, contohnya buah kelapa.

3. *Animal fibers* (serat hewani)

Serat ini berasal dari protein contohnya seperti *mohair*, *alpaca*, *angora*, sutra dan wol.

- a. Serat unggas merupakan serat yang berasal dari bulu unggas seperti bulu burung, ayam dan lain- lain.
- b. Serat rambut binatang merupakan serat yang berasal dari rambut binatang berbulu contohnya rambut kuda, wol domba, rambut kambing dan mamalia berbulu lainnya.
- c. Serat sutra merupakan serat yang berasal dari air liur kering serangga contohnya sutra dan ulat sutera.

2.2.2. Sifat-Sifat mekanis Serat

Sifat-sifat mekanis serat menurut Horbery, J et al., 2006 seperti terlihat pada Tabel 2.3 berikut :

Tabel 2. 3Sifat-Sifat Mekanis Serat

Fiber	Density (g/cm ³)	Elongation (%)	Tensile Strength (MPa)	Modulus Elastisitas (GPa)
Cotton	1,5-1,6	7-8	400	5,5-12,6
Jute	1,3	1,5-1,8	393-773	26,5
Flax	1,5	2,7-3,2	500-1500	27,6
Hemp	1,47	2-4	690	70
Kenaf	1,45	1,6	930	53
Ramie	-	3,6-3,8	400-938	61,4-128
Sisal	1,5	2-2,5	511-635	9,4-22
Coir	1,2	30	593	4-6
Softwood Kraft Pulp	1,5	4,4	1000	40
E Glass	2,5	0,5	2000-3500	70
S Glass	2,5	2,8	4570	86
Aramid (Std)	1,4	3,3-3,7	3000-3150	63-67
Carbon (Std PAN-based)	1,4	1,4-1,8	4000	230-240

2.2.3 Serat Sisal

Serat sisal merupakan serat yang dapat digunakan untuk bahan komposit. Serat ini merupakan tumbuhan yang biasa hidup didaerah yang beriklim tropis (Prasetyo, 2007). Serat ini berasal dari proses ekstraksi daun tanaman *Agave sisalana* seperti pada Gambar 2.2. Tanaman sisal memiliki 200-250 daun dan setiap daun terdiri dari 1000-1200 bundel serat pada setiap satu tanaman sisal tersebut. Serat sisal sering digunakan sebagai bahan bangunan dan bidang otomotif. Pada bidang otomotif sendiri serat sisal biasanya digunakan sebagai bantalan rem, panel mobil dan sandara kursi (Kusumastuti, 2009).



Gambar 2. 2 Tanaman Sisal (<http://www.petanihebat.com>)

Selulosa yang terkandung didalam serat sisal sebanyak 67%-74%, kandungan hemiselulosa ialah 10%-14%, dan lignin sebanyak 10%-14% (Fernandes., et al 2013). Diameter yang dimiliki serat sisal 100-300 μm , kerapatan 1,5 g/cm^3 , dengan kekuatan tarik serat 510-635 N/mm^2 dan modulus tarik 9,4-22 GPa (Subyakto et al., 2009). Tabel 2.4 ini merupakan sifat serat sisal dari beberapa kajian hasil peneliti. Beberapa yang mempengaruhi sifat serat alam selain struktur dan sifat serat sendiri adalah kondisi percobaan seperti panjang serat dan kecepatan pengujian.

Tabel 2. 4 Sifat serat sisal (Kusumastuti, 2009)

Densitas (kg/m ³)	Moisture Content (%)	Kekuatan Tarik (MPa)	Modulus (GPa)	Maximum Strain (%)	Diameter (µm)
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	-

2.2.4 Matriks

Matriks merupakan fasa didalam komposit yang fraksi volume terbesar (dominan) pada bagiannya. Matriks berfungsi untuk mentransfer tegangan ke serat, melindungi serat, memisahkan serat, melepas ikatan, membentuk ikatan koheren pada permukaan matrik/serat daan stabil daalam proses manufaktur (Oroh, 2013).

a. Jenis-jenis matrik

Matrik polimer secara umum ada dua kelompok sebagai berikut (Feldman & Hartomo, 1995) :

1. Termoplastik

Termoplastik ialah bahan yang mudah lunak kembali jika dipanaskan dan akan mengeras jika didinginkan sehingga pembentukan dilakukan berulang karena sturktur yang linier. Keistimewaan termoplastik ialah bahan-bahan termoplastik yang mengeras dapat diolah kembali dengan mudah jika dibandingkan dengan termoset yang sukut dan bahkan tidak dapat lagi diolah. Beberapa contoh termoplastik ialah *Polypropylene*, *PVC (poly vinil clorida)*, *polyetilene*, *polyamida*, dan lain sebagainya.

2. *Thermosetting*

Termoset merupakan bahan yang sulit mencair atau melunak jika dipanaskan karena membutuhkan temperatur sangat tinggi. Hal ini dikarenakan molekul-molekul mengalami ikatan silang (*cross linking*) sehingga menyebabkan bahan sulit dan bahkan tidak dapat didaur ulang. Beberapa contoh termoset adalah resin epoksi, poliester, urea *formaldehyde*, *melamine formaldehyde*, dan lain sebagainya.

b. Fungsi dan Sifat Matrik

Fungsi dari matrik menurut Ellyawan (2008), adalah sebagai berikut :

1. Mentransfer tegangan ke serat secara merata.
2. Melindungi serat dari gesekan mekanik.
3. Memegang dan mempertahankan serat pada posisinya.
4. Melindungi dari lingkungan yang merugikan.
5. Tetap stabil setelah proses manufaktur.

Sifat-sifat matrik menurut Ellyawan (2008), terdiri dari sebagai berikut:

1. Sifat mekanis yang baik.
2. Kekuatan ikatan yang baik.
3. Ketangguhan yang baik.
4. Tahan terhadap temperatur

2.2.5 Polimetil metakrilat (PMMA)

Polimetil metakrilat (PMMA) adalah jenis polimer yang berasal dari monomer metil metakrilat. Metil metakrilat merupakan monomer yang bersifat non-biodegradable. Proses pembentukan metil metakrilat menjadi PMMA, yang kini dikenal dengan polimerisasi, pertama kali ditemukan pada tahun 1877 oleh dua orang ahli kimia Jerman yaitu Fittig dan Paul. PMMA juga memiliki nama lain yaitu poli metil 2-metilpropenoat (nama IUPAC). Selain itu, nama dagang dari polimer ini dapat berupa Lucite, Perspex, Oroglas, Goldglas, Altuglas, atau Plexiglas. Polimer ini bersifat amorf dan merupakan material termoplastik yang bersifat keras, kaku, dan rapuh pada suhu ruang. Selain itu, PMMA juga

merupakan material yang bersifat biocompatible karena aplikasinya yang luas namun non-biodegradable karena berasal dari monomer dengan sifat yang seperti itu . PMMA bersifat sedikit hidrofobik tetapi akan menjadi lebih hidrofilik setelah bereaksi dengan air. Hal ini diketahui dari berkurangnya sudut kontak dan histeresisnya (Nurdiansah, 2018).

PMMA yang termasuk ke dalam golongan poliakrilat seringkali digunakan sebagai alternatif terhadap Polikarbonat (PC) karena karakteristiknya yang mudah dalam proses penanganan serta biaya yang relatif rendah. PMMA lebih transparan dan sedikit rapuh dibandingkan material gelas lainnya dan lebih mudah untuk diubah ke berbagai bentuk. Oleh karenanya PMMA merupakan material serbaguna yang dapat digunakan dalam berbagai aplikasi. PMMA digunakan dalam bidang industri dan kesehatan. PMMA dapat digunakan sebagai material matriks atau fase minor untuk meningkatkan karakteristik dari matriks biodegradable. Sebagai contoh yaitu dalam industri otomotif, monitor, filing listrik, lensa, bahan pelapis pada pesawat terbang, dan inkubator bayi . Dalam bidang kesehatan, yaitu dalam pembuatan sendi buatan, prostesis gigi, implan, lensa kontak, dan perekat tulang baik yang dengan obat maupun tidak (Nurdiansah, 2018).

2.2.6 Komposit

Pada dasarnya, komposit dapat diartikan sebagai kombinasi antara dua material atau lebih yang berbeda sifat dan perbedaan itu dapat dilihat secara mikroskopik yang tersusun dari dua komponen yakni matrik (resin) dan penguat (reinforcement) atau sering disebut dengan filler (Sahari., et al, 2009). Material pembentuk komposit terdiri dari 2 jenis yaitu :

1. Penguat (*reinforcement*)

Bagian utama dari komposit ialah penguat (*reinforcement*) / pengisi (*filler*) fungsinya sebagai rangka untuk menyusun komposit dan yang menanggung beban utama pada komposit tersebut.

2. Matriks

Matriks mempunyai fraksi volume dominan pada fasa komposit. Sedangkan Tamas (2016), klasifikasi komposit terdiri dari :

- a. Komposit serat atau *fibrous Composites* merupakan komposit yang terdiri dari dua material yaitu fiber dalam matrik. Serat yang panjang secara alami mempunyai kekuatan yang lebih besar dibandingkan serat berbentuk curah (*bulk*).
- b. Komposit laminat atau *laminated Composites* ialah komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung dan pada setiap lapis komposit ini memiliki karakteristik sifat masing-masing.
- c. Komposit partikel atau *particulate Composites* ialah komposit yang penguatnya menggunakan partikel serbuk dan terdistribusi secara merata.

2.2.7 Fabrikasi Komposit

Proses penyusunan material menjadi satu kesatuan dengan mengacu pada standar tertentu sesuai dengan aturannya biasa disebut fabrikasi (Fritsch, 2012). Pada proses fabrikasi penelitian ini menggunakan mesin hidrolik prees dingin dengan cetakan atau mold hasil rekayasa. Penelitian ini mengacu pada standard spesimen uji bending *American Society for Testing and Materials* (ASTM) D 690.

2.2.8 Alkalisasi

Metode yang digunakan untuk menghasilkan serat yang berkualitas tinggi ialah alkalisasi. Tujuan dari alkalisasi pada serat ialah untuk memperoleh ikatan yang baik antara permukaan matriks dan serat (Maryanti., et al 2011).

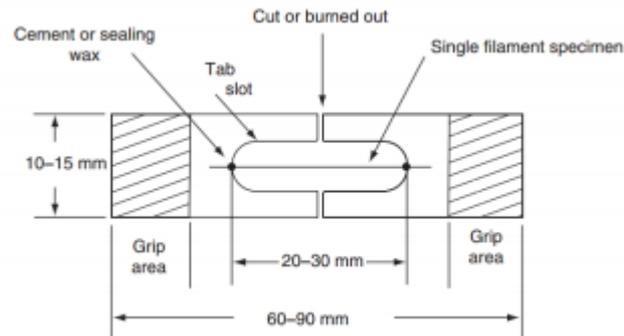
Reaksi dari perlakuan alkali terhadap serat adalah :



Proses alkalisasi serat selulosa memiliki dampak ialah reaksi pengembangan yang dimana struktur kristalin dari selulosa melemas. Komponen penyusun pada serat akan menghiang akibat alkalisasi sehingga kurang efektif dalam menuntukan kekuatan antar muka ialah hemiselulosa, pektin atau lignin (Maryati., et al, 2011).

2.2.9 Pengujian Serat Tunggal

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui besarnya kuat tegangan tarik maksimum, regangan patah dan modulus elastisitas serat tunggal. Standar untuk melakukan pengujian ini yang biasa digunakan antara lain ASTM D3379. Skema spesimen uji tarik serat tunggal seperti pada Gambar



Gambar 2. 3 Spesimen uji tarik serat tunggal ASTM D 3379.

Serat yang digunakan untuk spesimen uji harus lurus dan bebas dari tegangan awal (*initial stress*). Serat dibenamkan pada *holder* yang umumnya dari polimer. Serat yang telah dipasang pada *holder* harus dipastikan pada posisi lurus sehingga selama pengujian serat akan terus lurus.

Luas penampang (mm^2), diukur secara planimetri dari foto optik atau secara *optic individual fiber*. Spesimen uji yang sudah terpasang pada mesin uji dan dibuat celahnya, kemudian diberi beban secara gradual sampai putus dan simultan grafik gaya versus perpanjangannya, F vs Δl , direkam. Rumus perhitungan tegangan patah serat adalah:

$$\sigma_f = \frac{F_{\max}}{A} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

σ_f = tegangan patah (MPa)

F_{\max} = gaya tarik pada waktu patah (N)

A = luas penampang (mm^2)

Untuk menunjukkan nilai modulus elastisitas serat digunakan persamaan berikut :

$$E = \frac{\Delta F \cdot l}{A \cdot \Delta l} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

- | | |
|------------|-----------------------------|
| E | = Modulus elastisitas (MPa) |
| ΔF | = Perubahan gaya tarik (N) |
| Δl | = Perubahan panjang (mm) |
| l | = Panjang awal serat (mm) |

Untuk menunjukkan nilai regangan serat digunakan persamaan berikut :

$$\epsilon_f = \frac{\Delta l}{l} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

- | | |
|--------------|--------------------|
| ϵ_f | = Regangan (mm/mm) |
|--------------|--------------------|

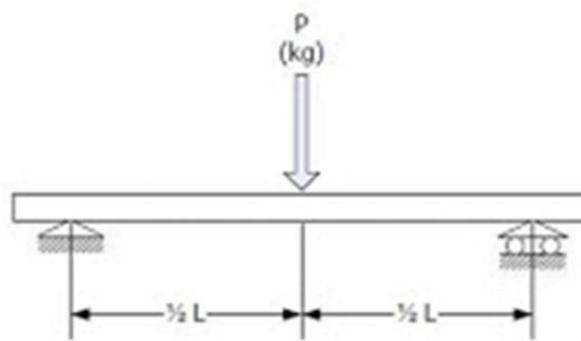
2.2.10 Pengujian Bending

Pengujian bending ialah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kekuatan lengkung atau bending suatu material komposit, baik material yang digunakan untuk konstruksi atau komponen yang akan menerima pembebanan lengkung dalam pembentukan. Tegangan bending yang paling besar yang diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami kegagalan atau mengalami deformasi yang besar (wona et.,al).

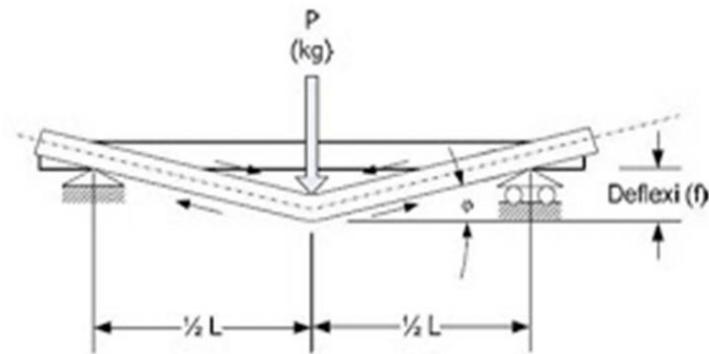
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan spesimen dalam menerima pembebanan, ialah :

1. Tegangan lengkung (σ)
2. Defleksi (δ)
3. Elastisitas (E)

Pada pengujian bending proses penekanan akan dialami oleh bagian atas spesimen dapat dilihat pada Gambar 2.4 sedangkan proses tarik akan dialami oleh bagian bawah akibatnya spesimen uji akan mengalami patah akibat tidak mampu menahan tegangan tarik dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 4 Penampang uji *bending*



Gambar 2. 5 Pengaruh pembebanan lengkung terhadap bahan uji.

Pada perhitungan kekuatan bending digunakan persamaan berikut :

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

$$\sigma_b = \left(\frac{3PL}{2bd^2} \right) \left[1 + 6 \left(\frac{D}{L} \right)^2 - 4 \left(\frac{d}{L} \right) \left(\frac{D}{L} \right) \right] \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana:

- σ_b = tegangan *bending* (MPa)
- P = gaya pembebanan (N)
- L = jarak antar tumpuan (mm)
- b = lebar spesimen (mm)
- d = tebal spesimen (mm)
- D = defleksi maksimum (mm)

Keterangan :

Pada persamaan 2.4 jika perbandingan $L/d \leq 16$, dimana L ialah *support span* dan d ialah tebal spesimen, sedangkan persamaan 2.5 jika perbandingan $L/d > 16$.

Untuk menunjukkan nilai regangan *bending* dapat digunakan persamaan berikut :

$$\varepsilon_b = \frac{6Dd}{L^2} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana:

- ε_b = regangan (mm/mm)
- D = defleksi maksimum (mm)
- L = panjang span (mm)
- d = tebal (mm)

Untuk menunjukkan nilai modulus elastisitas *bending* dapat digunakan persamaan berikut :

$$E_b = \frac{L^3 m}{4b d^3} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

- E_b = modulus elastisitas *bending* (MPa)
- L = panjang span (mm)
- b = lebar spesimen (mm)
- d = tebal spesimen (mm)
- m = *slope* tangent pada kurva beban defleksi (N/mm)

2.2.10 Microscope Optic

Microscope Optic merupakan alat yang digunakan untuk melihat karakterisasi serat dengan sampel berukuran mikro yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang dengan cara memperbesar bayangan.



Gambar 2. 6 Mikroskop optik OLYMPUS-SZ61TR

Microscope dapat dilihat pada Gambar 2.6 biasanya digunakan untuk mengamati objek yang berukuran sangat kecil. Objek yang diamati menggunakan *microscope optik* dengan cara memperbesar bayangan objek itu sendiri hingga berkali-kali lipat, bayangan yang dapat diamati diperbesar hingga 40 kali, 100 kali, 400 kali bahkan 1000 kali.

