

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Supriyadi (2017), meneliti tentang analisis sifat lentur komposit *hybrid* serat ijuk/serat gelas dengan matriks *epoxy*. Pengujian yang dilakukan adalah uji bending mengacu pada ASTM D790. Perbandingan fraksi volume serat 0,3 dengan lima rasio *hybrid* yaitu 0,0, 0,1, 0,2, 0,3, dan 0,4. Variasi panjang span yaitu $L/d = 16$, $L/d = 24$, $L/d = 32$. Hasil kekuatan *bending* terbesar ada pada $L/d = 32$ dengan rasio *hybrid* 0,2 yaitu sebesar 127,659 MPa sedangkan untuk hasil kekuatan *bending* terendah yaitu pada $L/d = 16$ dengan rasio *hybrid* 0,0 yaitu sebesar 30,731 MPa. Hasil regangan *bending* tertinggi yaitu pada $L/d = 16$ sebesar 0,106 mm/mm dan regangan *bending* terendah yaitu pada $L/d = 32$ sebesar 0,045 mm/mm. Sedangkan hasil modulus elastisitas tertinggi diperoleh pada $L/d = 32$ dengan rasio *hybrid* 0,3 yaitu sebesar 2,018 GPa sedangkan yang terendah diperoleh pada $L/d = 16$ dengan rasio *hybrid* 0,0 yaitu sebesar 0,544 GPa.

Riyanto dan Arif (2018) meneliti kekuatan *bending* berpenguat serat bambu acak dan serat *E-Glass* anyam dengan resin polyester. Variasi fraksi volume 20%, 30%, 40%, 50%, dan 60%. Pengujian bending menggunakan standar ASTM D790-02. Pada pengujian *bending* rata-rata tertinggi pada fraksi volume serat 40% yaitu sebesar 102 MPa, sedangkan untuk nilai rata-rata terendah yaitu 39 MPa pada fraksi volume 20%. Hasil terbaik pengujian *bending* secara makro terjadi pada fraksi volume 40 %, yang memiliki ikatan *interface* cukup baik hanya sedikit serat yang mengalami *fiber pull out* dan matrik *crack* juga berkurang.

Sari, (2011) dalam penelitiannya mengkaji ketahanan *bending* komposit *hybrid* serat batang kelapa/serat gelas dengan matrik urea *formaldehyde*. Pembuatan komposit dilakukan dengan cara *hand layup* dimana panjang serat batang kelapa/serat gelas 2 cm, dengan arah serat random. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian *bending* dan dilakukan tiga kali pengulangan. Penelitian ini menggunakan *hybrid* serat batang kelapa/serat gelas dengan variasi fraksi volume serat batang kelapa/serat gelas 10:20, 15:15, 20:10 (%). Spesimen

pengujian *bending* sesuai dengan standar ASTM D 790. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan *bending* tertinggi komposit hybrid serat batang kelapa/serat gelas pada fraksi volume serat batang kelapa/serat gelas 10:20 % yaitu 22,7 N/mm², kemudian berturut-turut 15:15 % dan 20:10 % yaitu 19,6 N/mm² dan 17,37 N/mm².

Purkuncoro, (2014) mengkaji pemanfaatan komposit *hybrid* serat bulu ayam (*chicken feather*) dan serat ijuk sebagai panel pintu rumah terhadap sifat mekanik dan sifat termal komposit *hybrid* bermatriks *polyester*. Hasilnya larutan NaOH sebesar 2% memberikan pengaruh kenaikan kekuatan tarik sebesar 138,71 MPa dan setelah diproses menjadi komposit *hybrid* dengan serat limbah bulu ayam memberikan pengaruh ke sifat mekanik impact dan tarik serta dapat menyerap panas. Besar kekuatan impact 0,161 J/mm² dan energi impact 19,53 Joule. Kekuatan tarik 72,304 kg/mm² dan bisa menyerap panas sehingga siap untuk dijadikan bahan *hybrid* komposit untuk produk-produk panel pintu.

Kartini dkk, (2002) meneliti tentang karakterisasi komposit polimer berpenguat serat alam. Pembuatan komposit dengan menggunakan matriks epoksi dan *polyester* dengan bahan penguat serat alam, yaitu serat pisang dan serat ijuk, kemudian dikombinasikan menjadi empat macam komposit, yaitu komposit epoksi-pisang, epoksi-ijuk, *polyester*-pisang dan *polyester* ijuk. Nilai kekuatan Tarik tertinggi diperoleh komposit epoksi-serat ijuk 3 lapis yaitu 45,44 MPa, sedangkan komposit epoksi-serat pisang 3 lapis memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 30,47 MPa. Nilai kekuatan tarik terendah diperoleh komposit *polyester*-serat pisang 3 lapis yaitu 15,62 MPa, sedangkan jika ditambah serat ijuk 3 lapis kekuatannya menjadi 22,18 MPa. Selain itu, penambahan serat pada matriks polimer pada umumnya menurunkan nilai kekuatan komposit.

Mahmuda dkk, (2013) meneliti tentang pengaruh panjang serat terhadap kekuatan tarik komposit berpenguat serat ijuk dengan matrik *polyester*. Pada penelitian ini serat ijuk direndam dalam larutan NaOH 5% selama 2 jam dan dikeringkan selama 15 menit. Serat selanjutnya dipotong dengan panjang 30 mm, 60 mm, dan 90 mm. Kemudian, pembuatan komposit menggunakan metode *hand layup* dengan pencampuran resin *epoxy* dan *hardener* dengan perbandingan

campuran 1:1 mengacu pada ASTM D638. Selanjutnya dilakukan pencampuran matrik dan serat dengan fraksi massa 80%:20% menggunakan variasi panjang serat. Selanjutnya specimen uji dipanaskan dalam oven dengan suhu 70C selama 10 menit. Kemudian dilakukan pengujian tarik untuk resin epoxy murni dan untuk komposit dengan variasi panjang serat 30 mm, 60 mm, dan 90 mm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan tarik dan regangan tertinggi dicapai pada komposit dengan panjang serat 90 mm. Kekuatan tarik yang didapat sebesar 36,37 MPa dan regangan sebesar 9,34 %.

Idris dkk (2018) meneliti tentang pengaruh variasi komposit berbahan *gypsum*, serat ijuk pohon aren dan resin *polyester* terhadap kemampuan meredam suara. Untuk meningkatkan kekuatan serat ijuk terlebih dahulu direndam pada larutan NaOH 2% selama 1 jam. Komposit yang dibuat kemudian diuji koefisien serap suara (α), pengujian redaman komposit dilakukan pada alat *kundts tube impedance* dilengkapi perangkat speaker, *amplifier*, *power supply*, *laptop/smartphone*, *oscilloscope*, *sound level meter* dengan frekuensi *input* 600, 800, 1000 Hz. Hasil uji nilai *Noice Absorption Coefficient* (NAC) semua specimen uji komposit resin *polyester* di perkuat serat ijuk dan serbuk *gypsum* memiliki koefisien serap suara yang tertinggi (α)=0.358316 pada fraksi volume serat 30:20:50% dengan frekuensi 1000 Hz. Sedangkan untuk hasil serap suara terendah (α)=0.351631 dengan fraksi volume serat 20:30:50% dengan frekuensi 600 Hz. Secara keseluruhan spesimen dapat dijadikan sebagai bahan peredam karena memiliki nilai koefisien serap suara $> 0,3$.

Nizam (2018) meneliti kekuatan tekan dan impak material komposit hibrid serat ijuk dengan serat gelas bermatrik *polyester* tipe BQTN 138. Pengujian yang dilakukan adalah uji tekan menggunakan *Universal Testing Machine* yang mengacu pada standar ASTM D 3410 dan untuk uji impak menggunakan metode *izod* yang mengacu pada standar ASTM D256. Hasil penelitian yang diperoleh pada kekuatan tekan tertinggi sebesar 67,38 MPa dengan 4 lapisan serat gelas, sedangkan nilai terendah sebesar 25,17 MPa. Untuk hasil pengujian impak diperoleh nilai terbesar yaitu pada 3 lapis serat gelas 0,1058 (J/mm²) dan nilai terendah pada variasi 0 lapis serat gelas 0,0124 (J/mm²)

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Komposit

Gibson (1994) mendefinisikan bahwa komposit adalah perpaduan dari bahan yang dipilih berdasarkan kombinasi sifat fisik masing-masing material penyusun untuk menghasilkan material baru dengan sifat yang unik dibandingkan sifat material dasar sebelum dicampur dan terjadi ikatan permukaan antara masing-masing material penyusun. Komposit serat merupakan jenis komposit yang paling banyak digunakan karena komposit serat lebih kuat daripada komposit partikel. Komposit serat terdiri dari serat sebagai bahan penguat dan matriks sebagai bahan pengikat, pengisi volume dan pelindung serat yang berfungsi untuk mendistribusikan beban atau gaya kepada serat (Schwartz, 1984).

Komposit merupakan material yang memiliki sifat mekanis yang lebih baik dari logam. Komposit juga memiliki kekakuan jenis dan kekuatan jenis yang lebih tinggi dari logam. Komposit terdiri dari dua material yang berbeda, antara lain:

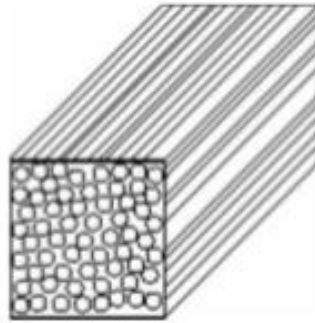
1. Penguat (*Reinforcement*) memiliki sifat yang kurang elastis tetapi lebih kaku dan kuat.
2. Matrik umumnya memiliki sifat lebih elastis tapi sebaliknya lebih rendah dalam kekakuan dan kekuatan.

2.2.2 Tipe Komposit Serat

Untuk mendapatkan sifat komposit yang diharapkan maka harus menempatkan serat dengan tepat. Ada beberapa tipe serat komposit berdasarkan penempatannya menurut Gibson (1994), diantaranya:

a) *Continuous Fiber Composite*

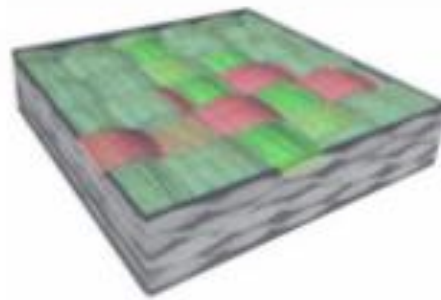
Pengembangan awal pada komposit matriks logam terkonsentrasi pada tipe ini berpotensi memberikan peningkatan maksimum dalam modulus elastisitas dan kekuatan. Tipe ini susunan seratnya panjang dan lurus, diantara matriksnya membentuk lamina. Jenis ini termasuk paling banyak digunakan dan mempunyai kelemahan pada pemisahan antar lapisan. Hal ini karena matrik mempengaruhi kekuatan antar lapisan.



Gambar 2.1 *Continuous Fiber Composite*

b) *Woven Fiber Composite*

Tidak memiliki lamina yang terpisah dan tidak rentan terhadap delaminasi, sehingga kekuatan dan kekakuan akan melemah karena seratnya tidak selurus tipe *continuous fiber composite*. (Gibson, 1994)

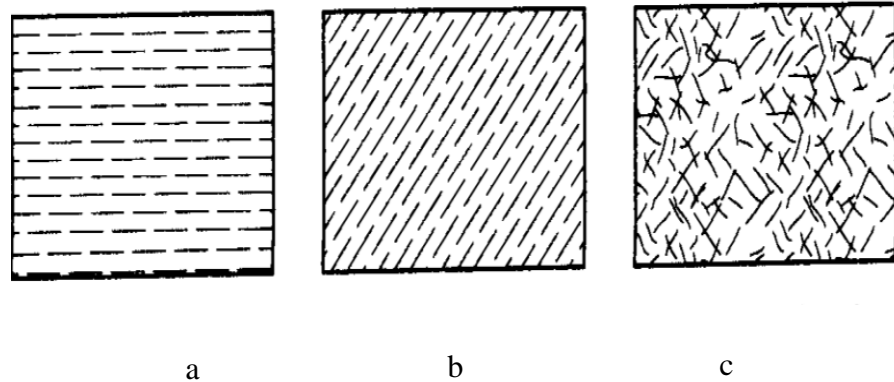


Gambar 2.2 *Woven Fiber Composite*

c) *Discontinuous Fiber Composite*

Tipe ini memiliki serat pendek yang tersebar secara acak pada matriks. Salah satu bidang teknologi bahan komposit yang paling sedikit dipahami karena ada interaksi yang kompleks antara serat dan matriks serta antar serat. Akibatnya, tidak mudah untuk memperkirakan redaman internal secara akurat, dan tampaknya tidak mungkin untuk memperhitungkan semua parameter yang mempengaruhi redaman. *Discontinuous fiber* terjadi melalui transfer beban melalui mekanisme geser pada antarmuka serat-matriks.

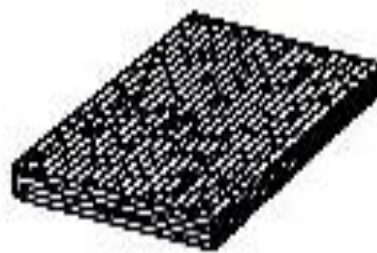
Ada tiga jenis *discontinuous fiber composite* diantaranya:



Gambar 2.3 Tipe *discontinuous fiber composite*, (a) *aligned discontinuous fibers*, (b) *off-axis aligned discontinuous fibers*, (c) *Random oriented discontinuous fibers*

d) *Hybrid Fiber Composite*

Adanya komposit *hybrid* yang merupakan gabungan dari beberapa lapisan yang searah yang disusun dengan jumlah dan urutan tertentu, belum optimalnya penggunaan komposit *hybrid* merupakan peluang yang baik untuk diteliti lebih lanjut untuk pemakaian aplikasi struktur komposit secara lebih luas.



Gambar 2.4 *Hybrid Fiber Composite*

2.2.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Performa Komposit

Penelitian yang menggabungkan antara matrik dan serat harus memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi performa komposit, diantaranya adalah:

1. Faktor Serat

Serat adalah pengisi matrik yang digunakan untuk meningkatkan sifat dan struktur matrik yang tidak dimilikinya, dan juga diharapkan menjadi bahan penguat matrik komposit yang dapat menahan gaya yang dihasilkan.

a) Letak serat

Dalam pembuatan komposit letak maupun arah serat dalam matrik dapat menentukan kekuatan mekanik. Klasifikasi menurut tata dan arah letak komposit ada 3 bagian, antara lain:

1. *One dimensional reinforcement*, mempunyai kekuatan dan modulus maksimum pada arah axis serat.
2. *Two dimensional reinforcement (planar)*, mempunyai kekuatan pada dua arah atau masing-masing arah orientasi serat.
3. *Three dimensional reinforcement*, mempunyai sifat isotropic kekuatannya lebih tinggi dibanding dengan dua tipe sebelumnya.

b) Panjang serat

Panjang serat ketika membuat komposit serat dalam matrik sangat mempengaruhi kekuatan komposit. Ada dua aplikasi untuk serat komposit, yaitu serat panjang dan serat pendek. Penguatan serat Panjang lebih tinggi dibandingkan serat pendek. Ditinjau dari teorinya, serat panjang dapat mengalirkan beban maupun tegangan dari titik tegangan ke arah serat yang lain. Pada struktur *continous fiber* yang ideal, serat akan bebas tegangan atau mempunyai tegangan yang sama. Selama fabrikasi, beberapa serat akan menerima tegangan yang tinggi dan yang lain mungkin tidak terkena tegangan sehingga keadaan di atas tidak dapat tercapai. Sedangkan komposit serat pendek, dengan orientasi yang benar, akan menghasilkan kekuatan yang lebih besar jika dibandingkan *continous fiber*. Komposit berserat pendek dapat diproduksi dengan cacat permukaan yang rendah

sehingga kekuatannya dapat mencapai kekuatan teoritisnya. Faktor yang mempengaruhi variasi panjang serat *chopped fiber composites* adalah *critical length* (panjang kritis). Panjang kritis yaitu panjang minimum serat pada suatu diameter serat yang dibutuhkan pada tegangan untuk mencapai tegangan saat patah yang tinggi (Schwartz, 1984).

c) Bentuk serat

Bentuk serat yang digunakan untuk membuat material komposit sebenarnya tidak mempengaruhi kekuatan material komposit, hanya mempengaruhi diameter serat. Semakin kecil diameter serat semakin tinggi pula kekuatan material. (Schwartz, 1984).

2. Faktor matrik

Saat membuat komposit, matrik material komposit harus berfungsi sebagai bahan yang mengikat serat ke unit struktur, melindungi dari kerusakan eksternal, dan dapat melanjutkan atau memindahkan beban eksternal pada permukaan geser antara serat dengan matrik. Untuk memilih matrik harus mempertimbangkan sifat-sifat seperti tahan panas, tahan cuaca buruk dan tahan terhadap benturan. Dalam banyak kasus, bahan polimer yang digunakan sebagai bahan matrik untuk pembuatan komposit ada dua jenis, yaitu *thermoplastik* dan *thermoset*.

3. Faktor Ikatan *Fiber-Matrik*

Hal yang mempengaruhi ikatan antara serat dan matrik adalah *void*, yaitu adanya celah pada serat yang menyebabkan matrik tidak mampu mengisi ruang kosong pada cetakan, sehingga ikatan *interfacial* antara matrik dan serat kurang baik. Kemudian bila komposit tersebut menerima beban, maka daerah tegangan akan berpindah ke daerah *void*, sehingga akan mengurangi kekuatan komposit tersebut (Schwartz, 1984).

2.2.4 Kekurangan dan Kelebihan Komponen Material Komposit

Keuntungan dan kerugian material komposit dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 2.1 Keuntungan dan Kerugian dari Komposit (Robert L. Mott.,2004).

No	Keuntungan	Kerugian
1	Berat Berkurang	Biaya bertambah untuk bahan baku dan fabrikasi
2	Rasio antara kekuatan atau rasio kekakuan dengan berat tinggi	Sifat-sifat bidang melintang
3	Sifat-sifat yang mampu beradaptasi, kekuatan atau kekakuan dapat beradaptasi terhadap pengaturan beban.	Kekerasan rendah
4	Lebih tahan korosi	Matrik dapat menimbulkan degradasi lingkungan
5	Kehilangan sebagian sifat dasar material	Sulit dalam mengikat
6	Biaya manufaktur rendah	Analisa sifat-sifat fisik dan mekanik untuk efisiensi damping tidak mencapai consensus.
7	Konduktivitas termal atau konduktivitas listrik meningkat atau menurun	

2.3 Serat

2.3.1 Macam-macam Serat

Serat atau fiber dalam bahan komposit berperan sebagai bagian utama yang menahan beban, sehingga besar kecilnya kekuatan bahan komposit sangat tergantung dari kekuatan serat pembentuknya. Semakin kecil bahan (diameter serat mendekati ukuran kristal) maka semakin kuat bahan tersebut, karena minimnya cacat pada material.

Macam-macam jenis serat diantaranya adalah:

a. Serat *Asbestos*

Asbestos merupakan serat mineral silika yang termasuk dalam kelompok *serpentine* dan *amphibole* dari mineral-mineral pembentuk batuan, termasuk: *actinolite*, *amosite* (asbes coklat, *cummingtonite*, *grunnerite*), *anthophyllite*, *chrysotile* (asbes putih), *crocidolite* (asbes biru), *tremolite*, atau campuran yang sekurang-kurangnya mengandung salah satu dari mineral-mineral tersebut.

b. Serat Kaca/Gelas

Serat ini dapat dipintal menjadi benang atau ditenun menjadi kain, yang kemudian diresapi dengan resin sehingga menjadi bahan yang kuat dan tahan korosi untuk digunakan sebagai badan mobil dan bangunan kapal. Dapat juga digunakan sebagai penguat untuk banyak produk plastik, material komposit yang dihasilkan dikenal sebagai plastik diperkuat-gelas (*glass-reinforced plastic*, GRP) atau *epoxy diperkuat glass fiber* (GRE), disebut *glass fiber* dalam penggunaan pada umumnya. Serat ini mempunyai kuat tarik yang cukup tinggi, sehingga penambahan serat kaca pada beton akan meningkatkan kuat lentur beton. Fungsi utama dari serat ini adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat bergantung dari serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matriks dan diteruskan ke serat, sehingga serat akan menambah beban sampai beban maksimum.

c. Serat Baja

Serat baja mempunyai banyak kelebihan diantaranya: mempunyai kuat tarik dan modulus elastisitas yang cukup tinggi, tidak mengalami perubahan bentuk

akibat pengaruh sifat alkali semen. Penambahan serat baja pada beton akan menaikkan kuat tarik, kuat lentur dan kuat impak. Sedangkan kelemahan serat baja adalah apabila serat baja tidak terlindungi dalam beton akan mudah terjadi karat (korosi), adanya kecenderungan serat baja tidak menyebar secara merata dalam adukan dan serat baja hasil produksi pabrik harganya cukup mahal.

d. Serat Karbon

Serat karbon menjadi salah satu penemuan paling cemerlang karena memiliki sifat lebih kuat dari baja tapi jauh lebih ringan. Penggunaan serat karbon pada mobil dapat mereduksi bobot mobil hingga 60 % dan penurunan bobot mobil itu tentu dapat memangkas konsumsi BBM sebesar 30 %. Selain mereduksi bobot mobil, penggunaan material ini juga dapat mengeliminasi hadirnya karat dan penyok, meningkatkan peredaman suara dan getaran, serta melindungi penumpang berkat kekuatannya. Bahan baku setiap serat karbon berbeda-beda untuk setiap pabrikan, dan menjadi rahasia perusahaan mereka. Namun dapat dipastikan bahwa sekitar 90% karbon *fiber* dibuat dari bahan dasar *polyacrylonitrile* (PAN). Sedangkan 10% sisanya diproduksi dari minyak bumi.

e. Serat *Polypropylene*

Serat *polypropylene* mempunyai sifat tahan terhadap serangan kimia, permukaannya tidak basah sehingga mencegah terjadinya penggumpalan serat selama pengadukan.

f. Serat *Polyethylene*

Serat *polyethylene* dalam kehidupan sehari-hari dikenal sebagai tali tambang plastik. Serat *polyethylene* ini hampir sama dengan serat *polypropylene* hanya bentuknya berupa serat tunggal.

g. Serat Alami

Serat alami (*natural fiber*) adalah serat yang berasal dari tumbuhan atau hewan yang bersulur-sulur seperti benang. Untuk mendapatkan bentuk serat, diperlukan beberapa tahap pemrosesan tergantung pada karakter bahan dasarnya. Serat dari tumbuhan antara lain kapas, pelepah pisang, enceng gondok, dan rami. Sedangkan serat dari hewan misalnya wool, sutra, dan bulu

burung. Keuntungan mendasar yang dimiliki serat alami adalah jumlahnya melimpah, memiliki *specific cost* yang rendah, dapat diperbaharui (*renewable*) dan didaur ulang serta tidak mencemari lingkungan. Agave Sisalana Perrine (Agave SP) merupakan salah satu jenis tanaman dan urutan tertentu, belum optimalnya penggunaan komposit *hybrid* merupakan peluang yang baik untuk diteliti lebih lanjut untuk pemakaian aplikasi struktur komposit secara lebih luas. (Yudhanto, 2016)

Kelebihan serat alam sebagai berikut: (Nizam, 2018)

- a. Massa jenisnya rendah
- b. Tidak abrasif
- c. Tidak sensitif terhadap retakan
- d. Bahan bakunya terbarukan
- e. Limbah mudah terurai di alam
- f. Merupakan konduktivitas kalor yang baik.
- g. Tidak menyebabkan iritasi pada kulit

Kekurangan serat alam sebagai berikut:

- a. Sifat mekanisnya relatif rendah dibandingkan dengan serat sintetis
- b. Laju penyerapan uap airnya relatif tinggi
- c. Tidak tahan terhadap suhu tinggi
- d. Walau dari satu jenis namun sifat – sifatnya sangat bervariasi

2.3.2 Serat Ijuk

Serat ijuk merupakan serat alami yang ketersediaannya berlimpah, tetapi belum dimanfaatkan secara optimal. Serat ijuk dapat digunakan sebagai penguat alternatif untuk bahan komposit. Serat ijuk adalah serat alam yang istimewa dibandingkan dengan serat alam lainnya. Serat berwarna hitam yang dihasilkan dari pohon aren memiliki banyak keistimewaan diantaranya: (a). Tahan lama, bahwa serat ijuk aren mampu tahan lama dan tidak mudah terurai. (b). Tahan terhadap asam dan garam air laut, Serat ijuk merupakan salah satu serat yang tahan terhadap asam dan garam air laut, salah satu bentuk pengolahan dari serat ijuk adalah tali ijuk yang telah digunakan oleh nenek moyang kita untuk mengikat berbagai

peralatan nelayan laut. (c). Mencegah penembusan rayap tanah. Serat ijuk aren sering digunakan sebagai bahan pembungkus pangkal kayu-kayu bangunan yang ditanam dalam tanah untuk memperlambat pelapukan kayu dan mencegah serangan rayap.



Gambar 2.5 Serat ijuk

2.3.3 Serat Gelas

Serat gelas merupakan nama generik seperti serat karbon atau baja atau alumunium. Umumnya serat gelas berbasis silika (50-60% SiO₂) dan mengandung sejumlah oksida lain contohnya seperti kalsium, boron, natrium, alumunium dan besi. Pada Tabel 2.1 menunjukkan komposisi beberapa jenis serat gelas yang sering digunakan.

Tabel 2.2 *Approximate chemical compositions of some glass fibers (wt.%)*

Composition	E glass	C glass	S glass
SiO ₂	55,2	65,0	65,0
Al ₂ O ₃	8	4,0	25,0
CaO	18,7	14,0	-
MgO	4,6	3,0	10,0
Na ₂ O	0,3	8,5	0,3
K ₂ O	0,2	-	-
B ₂ O ₃	7,3	5,0	-

Sebutan E adalah singkatan dari *electrical* karena *E glass* merupakan isolator listrik yang baik selain itu juga memiliki nilai *strength* dan *modulus young* yang baik, untuk C merupakan *corrosion* dan serat *C glass* mempunyai ketahanan terhadap korosi yang tinggi dibanding dengan serat gelas lainnya, sedangkan untuk S merupakan serat gelas yang mempunyai ketahanan pada suhu lebih tinggi dibanding serat gelas lainnya. (Chawla, 1987).

Untuk serat *E-glass*, Material ini memiliki keunggulan yaitu sifatnya yang kuat namun ringan. Walaupun tidak sekuat dan sekuat serat karbon, serat E glass lebih ulet dan harganya lebih murah di pasaran. Serat *E-glass* anyam sering digunakan untuk bahan penguat material komposit. Material komposit akan lebih baik menggunakan *E-glass* anyam karena adanya ikatan yang terjadi dari anyaman yang dapat memperkuat material komposit tersebut. Dengan menggunakan serat *E-glass* yang dianyam material komposit akan memiliki sifat mekanik yang lebih baik

dibandingkan dengan serat acak (Rusman, 2015). Untuk mengetahui sifat mekanik pada serat E glass dapat dilihat pada Table 2.3

Table 2.3 *Typical properties of E glass fibers* (Chawla, 1987)

Density (g/cm ³)	Tensile strength (MPa)	Young's modulus (GPa)	Coefficient of thermal expansion (K ⁻¹)
2.55	1,750	70	4.7×10^{-6}

Dapat dilihat bahwa nilai *density* cukup rendah dan nilai *strength* cukup tinggi, sedangkan untuk *modulus young* tidak terlalu tinggi.

Berikut adalah beberapa macam serat gelas berdasarkan bentuk seratnya

a. *Woven rooving*:



Gambar 2.6 *Woven rooving*

Jenis bahan kain yang terdiri dari serat kaca yang ditenun dalam pola tertentu yang bertujuan untuk memberikan kekuatan tinggi ketika digunakan untuk memperkuat lapisan atau sistem komposit lainnya.

b. *Chopped strand mat*:



Gambar 2.7 *Chopped strand mat*

Fiberglass yang paling murah dan sering digunakan dalam konstruksi cetakan atau proyek yang membutuhkan ketebalan.

c. *Chopped Strand*:



Gambar 2.8 *Chopped Strand*

Merupakan strand yang di potong – potong dengan ukuran tertentu kemudian di gabung menjadi satu ikatan.

d. *Continuos roving*:



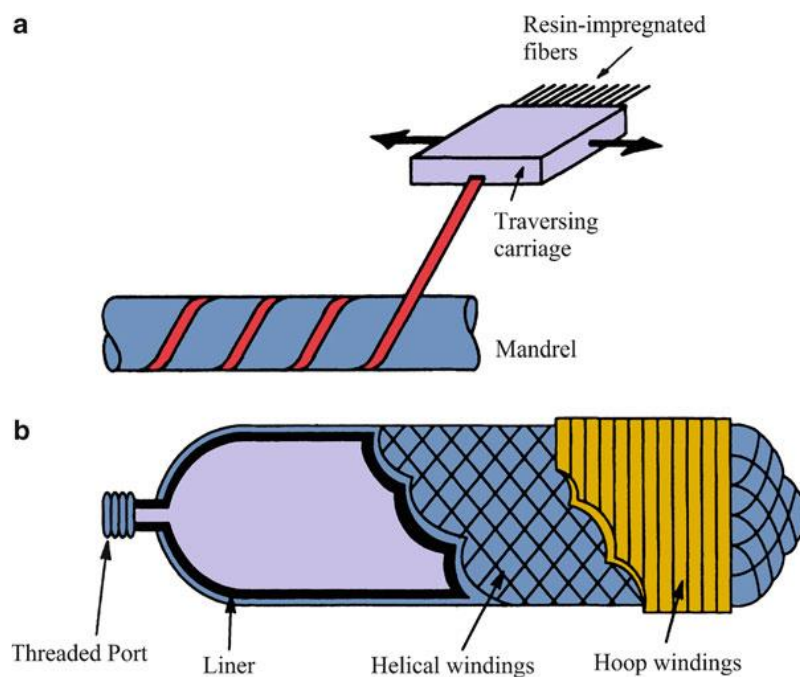
Gambar 2.9 *Continuos roving*

Merupakan untaian serat panjang yang dililit menjadi sebuah gulungan besar, merupakan bahan yang dikombinasikan dengan Cornice Compound TE 11 untuk pembuatan lis profil.

Adapun proses pembuatan serat gelas, berikut adalah beberapa proses yang digunakan dalam pembuatan serat gelas, yaitu:

a. *Filament winding*

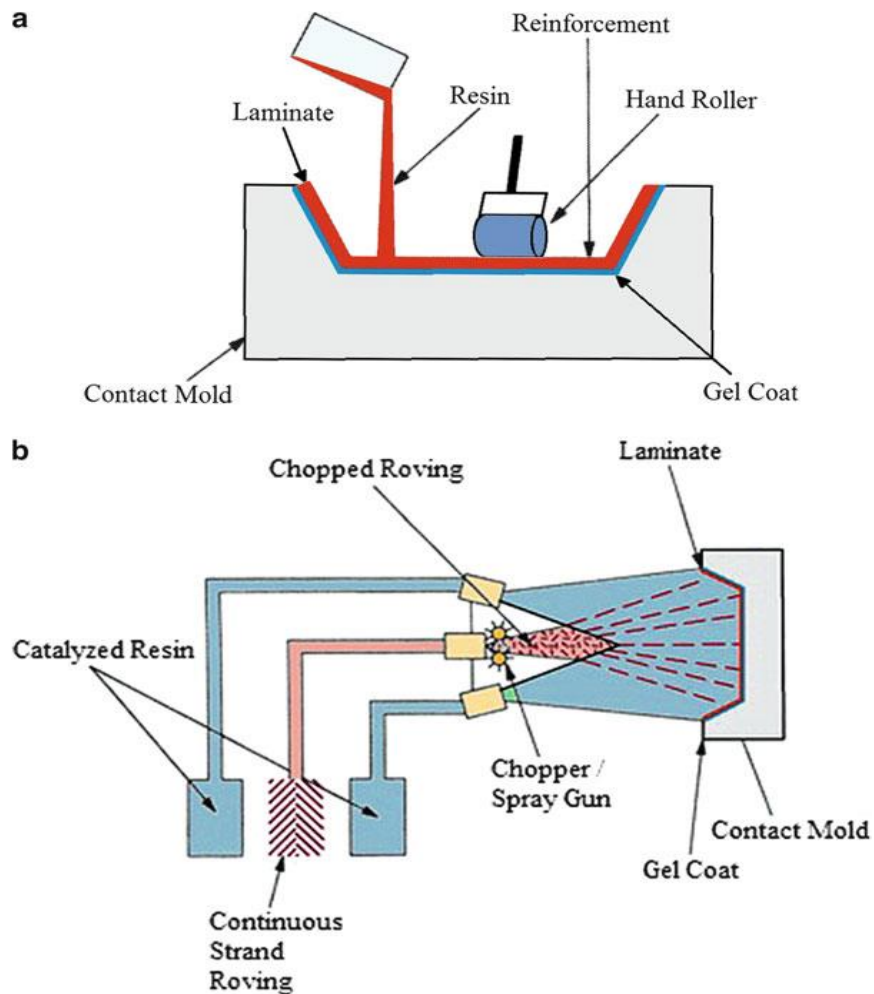
Proses ini biasa dilakukan untuk membuat produk-produk berbentuk silinder dengan arah serat tertentu. Proses filament winding dilakukan dengan memutar cetakan bersamaan dengan menarik serat fiber yang sudah dibasahi dengan resin membentuk pola tertentu. Fiberglass yang digunakan pada proses ini adalah jenis *continuous roving*.



Gambar 2.10 Proses *Filament winding*
Composite Material (Chawla, 1987)

b. *Hand Lay-up and spray lay up*

Teknologi *hand lay up* dan *spray lay up* merupakan proses polimer yang paling sederhana. Serat diletakkan pada cetakan menggunakan tangan dan resin (poliester adalah salah satu yang paling umum) disemprotkan. Seringkali, resin dan serat (chopped) disemprotkan bersama ke permukaan cetakan. Dalam kedua kasus tersebut, lapisan yang diendapkan dipadatkan dengan rol. Dapat dilihat pada Gambar 2.11 yang menunjukkan skema proses ini. Pengawetan dapat dilakukan pada suhu kamar atau pada suhu yang cukup tinggi dalam oven.



Gambar 2.11 Proses (a) *Hand lay-up* dan (b) *Spray lay-up*
Composite Material (Chawla, 1987)

2.4 Alkali (NaOH)

NaOH merupakan larutan basa yang tergolong mudah larut dalam air dan termasuk basa kuat yang dapat terionisasi dengan sempurna. Menurut teori *Arrhenius*, basa adalah zat yang dalam air menghasilkan ion OH negatif dan ion positif. Larutan basa memiliki rasa pahit dan jika mengenai tangan terasa licin (seperti sabun). Sifat licin terhadap kulit ini disebut sifat kaustik basa. Salah satu indikator yang digunakan untuk menunjukkan kebasaaan adalah lakmus merah. Bila lakmus merah dimasukkan ke dalam larutan basa maka berubah menjadi biru. (Sandhi, 2017)

Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat permukaan serat alam selulosa telah diteliti dimana kandungan optimum air mampu direduksi sehingga sifat alami hydropholic serat dapat memberikan ikatan *interfacial* dengan matrik secara optimal. Reaksi dari perlakuan alkali terhadap serat adalah (Akil, dkk. 2011):



Dapat diketahui bahwa perawatan alkali memiliki dua efek pada serat:

- Untuk meningkatkan kekasaran permukaan, menghasilkan mekanik yang lebih baik dan saling mengunci.
- Meningkatkan jumlah selulosa pada permukaan serat, sehingga meningkatkan jumlah tempat terjadinya reaksi. Karena itu, perawatan alkali berlangsung lama dan berpengaruh pada perilaku mekanik serat alami, terutama pada kekuatan dan kekakuannya.



Gambar 2.12 NaOH

2.5 Polimer

Polimer adalah suatu molekul raksasa (makromolekul) yang terbentuk dari susunan ulang molekul kecil yang terikat melalui ikatan kimia disebut polimer (*poly* = banyak; *mer* = bagian). Suatu polimer akan terbentuk bila seratus atau seribu unit molekul yang kecil (monomer), saling berikatan dalam suatu rantai.

Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Matriks, umumnya lebih ductile tetapi mempunyai kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah. Syarat pokok matrik yang digunakan dalam komposit adalah matrik harus bisa meneruskan beban, sehingga serat harus

bisa melekat pada matrik dan kompatibel antara serat dan matrik, artinya tidak ada reaksi yang mengganggu. Umumnya matrik dipilih yang mempunyai ketahanan panas yang tinggi (Triyono & Diharjo, 2000).

Berikut adalah jenis-jenis polimer berdasarkan sifatnya, yaitu

a. Termoset

Merupakan polimer yang bersifat permanen dan tidak lunak ketika dipanaskan. Resin termoset ideal untuk aplikasi panas tinggi seperti elektronik dan peralatan rumah tangga karena proses cross-linking menghilangkan risiko produk peleburan kembali ketika panas diterapkan. Contoh bakelit, melamin dan polyester.

b. Termoplastik

Merupakan polimer yang mempunyai sifat tidak tahan terhadap panas. Jika polimer jenis ini dipanaskan, maka akan menjadi lunak dan didinginkan akan mengeras. Contoh dari *thermoplastic* yaitu: *polyethylene* (PE), *nylon*, *polyamide* (PI), *polypropylene* (PP), *polysulfone* (PS), *poluetheretherketon* (PEEK), *polyhenylene sulfide* (PPS) dll

c. Elastomer

Merupakan polimer yang elastis, bentuknya dapat diregangkan, namun dapat kembali ke bentuk semula setelah gaya tariknya dihilangkan. Ini disebabkan oleh struktur elastomer yang terdiri dari rantai-rantai yang saling 25umpeng tindih dengan adanya ikatan silang (cross-link) yang akan menarik kembali rantai-rantai tersebut kembali ke susunan 25umpeng tindihnya. Contoh elastomer adalah karet alam (poliisoprena) dan karet sintetis SBR.

2.6.1. Resin Polyester

Poliester adalah serat sintetis yang berasal dari batubara, udara, air, dan minyak bumi. Dikembangkan di laboratorium abad ke-20, serat poliester terbentuk dari reaksi kimia antara asam dan alkohol. Dalam reaksi ini, dua atau lebih molekul bergabung untuk membuat molekul besar yang strukturnya berulang dan memanjang. Serat *polyester* dapat membentuk molekul ionik yang sangat stabil dan

kuat. Polyester digunakan dalam pembuatan banyak produk seperti pakaian, furnitur, kain industri, komputer dan rekaman, dan isolasi listrik.

Tabel 2.4 Spesifikasi Resin Polyester BQTN 268

Sumber: *Singapore Highpolymer Chemical Product Pte Ltd*

Spesifikasi	Nilai	Metode Uji
Penyerapan air	0,35%	ISO-62-1980
Kekerasan	48 BHC	ASTM D2583-67
Suhu distorsi panas	67,3°C	ASTM D648-72
Perpanjangan	3,2%	ASTM D638-72
Massa jenis resin pada 25° C	1,13 kg/liter	ASTM D1475
Volume penyusutan	9%	Massa Jenis
Penguapan	40-43%	ASTM D3030
Kekuatan bending	82,4 MPa	ASTM 790
Modulus bending	5257,3 Mpa	ASTM 790
Kekuatan tarik	29,4 MPa	ASTM D638



Gambar 2.13 Polyester BQTN 268

2.6.2. Katalis

Katalis ini digunakan untuk membantu proses pengeringan resin dan serat dalam komposit. Katalis adalah suatu bahan yang digunakan untuk memulai reaksi dengan bahan lain. Katalis dimanfaatkan untuk mempercepat suatu reaksi, terlibat dalam reaksi tetapi tidak ikut dikonsumsi menjadi produk, karenanya suatu katalis dapat diperoleh kembali secara kimiawi tidak berubah pada akhir reaksi yang telah digunakan untuk mempercepat atau mengkatalisasi. Penambahan katalis yang baik adalah 1% dari volume matriks. Ketika reaksi terjadi, panas yang dihasilkan sekitar 60°C - 90°C . Panas ini cukup untuk bereaksi terhadap matriks, sehingga kekuatan maksimum dan bentuk plastik diperoleh sesuai dengan bentuk cetakan yang diinginkan. Dalam material komposit kekuatan tekannya lebih tinggi dibandingkan dengan kekuatan tariknya.



Gambar 2.14 katalis

2.6 Pengujian yang Dilakukan

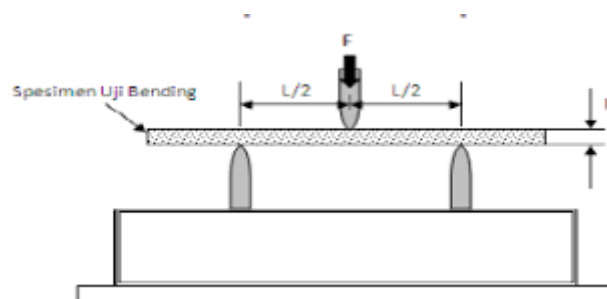
2.6.1 Uji Bending

Untuk mengetahui kekuatan bending suatu material komposit maka yang dilakukan adalah melakukan pengujian bending pada material komposit tersebut. Kekuatan bending adalah tegangan maksimal yang dapat diterima akibat adanya pembebanan yang terjadi di luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan. Besar kekuatan bending tergantung dari material dan pembebanan. Standar pengujian bending yang dipakai pada penelitian kali ini adalah ASTM D790.

Prayoga (2012), pengujian lengkung ialah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui aspek-aspek kemampuan bahan uji dalam menerima pembebanan lengkung, yakni:

1. Kekuatan atau tegangan lengkung (σ)
2. Lentur atau defleksi (δ) sudut yang terbentuk oleh lenturan atau sudut defleksi
3. Elastisitas (E)

Pada perlakuan uji bending bagian atas spesimen mengalami proses penekanan dan bagian bawah mengalami proses tarik sehingga akibatnya spesimen mengalami patah bagian bawah karena tidak mampu menahan tegangan tarik.



Gambar 2.15 Pengujian bending

Setelah dilakukan pengujian bending, untuk mendapatkan angka tegangan bending (σ_f) digunakan persamaan berikut:

$$\sigma_f = \frac{3FL}{2bd^2} \dots\dots\dots (2.1)$$

Persamaan 2.1 digunakan untuk pengujian bending yang memiliki perbandingan $L/d \leq 16$, dimana L adalah *support span* dan d adalah tebal spesimen.

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

Persamaan 2.2 digunakan untuk pengujian bending yang memiliki perbandingan $L/d > 16$. Pada penelitian ini menggunakan rumus persamaan 2.2, karena spesimen yang diuji memiliki panjang span $L/d = 32$ dan $L/d = 40$.

Untuk menghitung regangan bending (ϵ_f) digunakan persamaan berikut:

$$\epsilon_f = \frac{6Dd}{L^2} \dots\dots\dots (2.3)$$

Untuk menghitung nilai modulus elastisitas bending (E_f) digunakan persamaan berikut:

$$E_f = \frac{L^3 m}{4bd^3} \dots\dots\dots (2.4)$$

Di mana:

- σ_f = Tegangan bending (MPa)
- ϵ_f = Regangan bending (mm/mm)
- E_f = Modulus elastisitas (MPa)
- F = Beban (N)
- L = Panjang span (mm)
- b = Lebar (mm)
- d = Tebal (mm)
- D = Defleksi maksimum (mm)
- m = Gradien, yaitu kemiringan dari bagian lurus awal dari defleksi beban kurva (N/mm)

2.6.2 Uji Impak

Secara umum ada dua metode pengujian impak diantaranya yaitu:

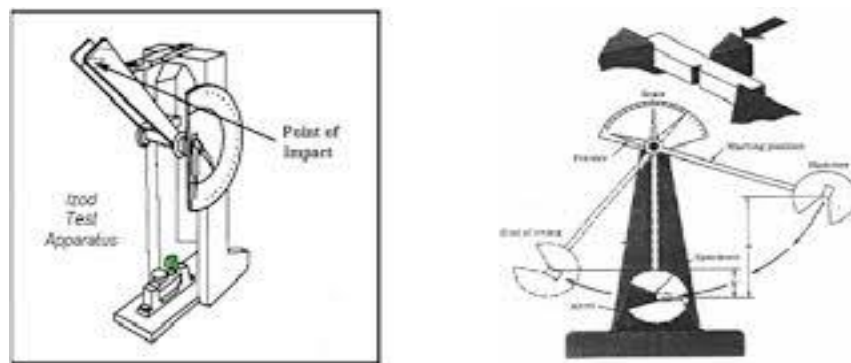
a. Metode Charpy

Metode charpy adalah metode uji impak yang dilakukan dengan cara meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi horizontal/mendatar, dan arah pembebanan berlawanan dengan arah takikan.

b. Metode Izod

Metode izod adalah metode uji impact yang dilakukan dengan cara meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi, dan arah pembebanan searah dengan arah takikan.

Pada penelitian ini metode uji impact yang dipakai adalah dengan metode *Izod*, karena untuk mengetahui beban impact terhadap sifat mekanik dari balok komposit pada sisi permukaan depan yang dilapisi serat ijuk sehingga akan menghasilkan energi serap dan ketangguhan impact pada sisi permukaan depan.



Gambar 2.16 Pengujian impact

Pada pengujian impact Izod berdasarkan ASTM D 4812 bisa didapatkan nilai sebagai berikut:

a) Energi Impact

$$E_{\text{impact}} = m \cdot g \cdot R [(\cos\beta - \cos\alpha)] \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

E_{impact} = Energi yang terserap untuk mematahkan spesimen

m = Massa pendulum (kg)

R = Panjang lengan pendulum (m)

β = Sudut pantul pendulum ($^{\circ}$)

α = Sudut ayun pendulum ($^{\circ}$)

g = Gravitasi

b) Ketangguhan Impak

$$I_s = \frac{E_{patah}}{A} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

 I_s = Ketangguhan impak J/m^2 E_{patah} = Energi serap (J) A = Luas penampang (m^2)