BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Penelitian yang akan dilakukan ini merujuk pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya:

Penelitian tentang Pengaruh Orientasi Serat Terhadap Kekuatan *Bending* dan Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat Serat Eceng Gondok − Tebu Dengan *Matrik Epoxy*. Serat eceng gondok dan serat tebu diberi perlakuan *alkali* 5% selama 5 jam Proses fabrikasi komposit menggunakan metode *hand lay up* dibuat berdasarkan komposisi fraksi volume 30% serat alam (10% serat eceng gondok + 20% tebu) dan 70% *resin* (*epoxy*). Varian orientasi serat eceng gondok yang diteliti adalah sebagai berikut: varian 45° /45° , varian 90° /90° , varian −45° /45° , varian 45° /90°, Spesimen pengujian bending menggunakan standar ASTM D790 − 03 (*Molding Materials*) dan pengujian tarik menggunakan standar ASTM D 638 − 14 (*Type IVB*). Hasil pengujian menunjukkan bahwa varian 45°/90° merupakan varian dengan nilai kekuatan *bending* terbaik diantara varian −45° /45° , 45° /45°, dan 90° /90° . Sedangkan kekuatan tarik terbaik ada pada varian 45° /90° dan −45° /45° dengan nilai 30 MPa, dibandingkan dengan varian 45° /45° , dan 90° /90° . Sehingga mampu memenuhi standar minimal nilai kekuatan tarik *panel assy backdoortrim* dan SNI-01-4449-06. Dapat disimpulkan bahwa orientasi serat sebagai penguat berpengaruh serta menentukan nilai kekuatan *bending* dan tarik (Sutanto, 2020).

Penelitian tentang Pengaruh Perlakuan *Alkali* dan Orientasi Serat Buah Patola Terhadap Sifat *Impact* Komposit *Polyster*. Pada penelitian ini serat yang digunakan adalah serat buah patola (*luffa cylindrical*). Serat terlebih dahulu diberi perlakuan *alkali* dengan cara direndam dalam larutan *alkali* dengan konsentrasi larutan sebesar 5%, 10%, dan 15% selama 1 jam. Orientasi serat yang digunakan adalah [0/45/0] dan [45/0/45]. Selanjutnya komposit dicetak dengan metode *hand ly up* diikuti penekanan selama 24 jam. Komposisi campuran serat dan *matrik* didasarkan

pada aturan *Rule of Mixture (RoM),* dengan fraksi berat serat sebesar 16,8%. Spesimen uji dibuat sesuai standar ASTM D256 dan diuji dengan alat uji *impact Charpy*. Hasil pengujian *impact* menunjukkan bahwa kekuatan *impact* tertinggi diperoleh pada komposit yang diperkuat oleh serat dengan perlakuan NaOH 10% dan orientasi serat [0/45/0] yaitu 0,0068J/mm2 , sedangkan kekuatan *impact* terendah diperoleh pada spesimen dengan konsentrasi larutan 5% dan orietasi serat [45/0/45] yaitu 0,0037 J/mm2 . dari hasil penelitian disimpulkan bahwa perlakuan NaOH dan orientasi serat memberikan pengaruh terhadap sifat impak komposit *polyster* berpenguat serat buah patola (Boimau dkk., 2021).

Penelitian tentang pengaruh jenis anyaman dan fraksi volume serat terhadap kekuatan bending dan impact komposit serat rami dengan matrik resin polyester. Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah serat rami yang telah dibuat anyaman dengan variasi tiga fraksi volume 10%, 20%, dan 30%. Uji impak Charpy dilakukan dengan standar ASTM D 5942 -96 dan uji bending dengan ASTM D 790. Dari hasil analisis varian dua arah menunjukkan pengaruh jenis anyaman dan fraksi volume serat secara signifikan terhadap kekuatan impak dan kekuatan tekuk, sedangkan untuk interaksi antara keduanya, tetapi tidak ada interaksi yang signifikan. Dari hasil pengujian kekuatan impak menunjukkan bahwa nilai maksimum pada jenis anyaman 1 dengan fraksi volume serat 30% dengan kekuatan impak rata-rata 9,91 KJ / m2 sedangkan nilai terendah pada jenis anyaman 3 dengan fraksi volume serat 10% dengan kekuatan impak rata-rata 7,35 KJ / m2 . Dari hasil uji kuat lentur menunjukkan bahwa nilai maksimum pada jenis anyaman 2 dengan fraksi volume 30% dengan rata-rata kekuatan lentur 25,92 N / mm2 sedangkan nilai terendah pada jenis anyaman 1 dengan fraksi volume serat 10% dengan kekuatan lentur rata-rata 16,10 N / mm2 (Zainuri dkk., 2019).

Penelitian tentang Pengaruh Arah Serat Pada Serat Ampas Tebu Polymer Composites. pembuatan komposit dengan cara serat ampas tebu direndam dengan cairan kimia NaOH 5% selama 2 jam dan variasi fraksi volume 10%, 20%, 30% dan 40% dengan penyusunan seratnya adalah searah, acak dan sudut 45˚. Penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan nilai kekuatan tarik maksimal diperoleh pada komposit fraksi volume 30% dengan penyusunan serat searah sebesar 101,78

MPa, kekuatan tarik komposit terendah diperoleh pada komposit dengan fraksi volume 20% dengan penyusunan serat acak sebesar 51,56 MPa. Hasil foto makro patahan komposit untuk penyusunan searah posisi serat berada di semua permukaan patahan, untuk penyusunan acak posisi serat tidak merata dan ada yang tercabut dan penyusunan sudut 45˚ posisi serat di semua permukaan patahan namun banyak yang tercabut (Sabarudin dkk., 2019)

Penelitian tentang Pengaruh Perbandingan Berat Serat Tebu dan Serat *Fiber Bermatrik Resin Polyster* Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit Untuk Panjat Tebing. Pada penelitian ini serat yang digunakan adalah serat tebu dan serat *fiber* dengan media *matriks resin polyester*. Metode yang digunakan adalah metode uji *impact* dan uji *bending* dengan variasi serat tebu (2 gram, 4 gram, 6 gram, 8 gram) dan variasi serat *fiber* (2 gram, 4 gram, 6 gram, 8 gram). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa spesimen 8 gram serat tebu + 2 gram serat fiber memiliki nilai rata-rata ketangguhan *impact* sebesar 0,076518 Joule/mm2 dan tegangan *bending* sebesar 89,5 N/mm2. Dari hasil penelitian ini disimpulkan bahwa adanya pengaruh Komposisi campuran *filler* terhadap kekuatan *bending* dan *impact* serat tebu dengan *fiber* dengan *matrik polyester* (Pranata, 2018).

Penelitian tentang Pengaruh Susunan Komposit *Matriks* Serat Alam (Kelapa dan Tebu) Terhadap Kekuatan Tarik dan *Impact*. Serat dilakukan perlakuan *alkali* dengan menggunakan NaOH 5%. Dengan menggunakan *resin merk polyester yukalac* BQTN157 dan *katalis metyl ethyl keton peroxide* atau disebut MEKPO. Pembuatan komposit dilakukan dengan metode *hand lay-up*, dengan menyusun serat kelapa dan tebu dengan sudut kemiringan (30° ,45°,60°) sebagai variabelnya. Adapun proses pengujian tarik menggunakan *standart* ASTM D3039- 07 dan pengujian *impact* menggunakan ASTM D5942-96 dilakukan di Universitas Brawijaya. Berdasarkan hasil penelitian, pengaruh susunan pada komposit berpenguat serat kelapa dan tebu, Dapat disimpulkan bahwa hasil dari uji tarik dan *impact* ini bisa diambil sebagai spesimen terbaik dengan susunan serat tebu 90° dan kelapa 60° yang memiliki kekuatan *impact* nilai rata-rata sebesar 0,4693 J/mm2 dan pada variasi susunan serat kelapa 90° dan tebu 45° yang memiliki kekuatan tarik yaitu sebesar 10,43kg/mm2 dengan nilai *modulus elastisitas* yaitu sebesar 819,3

kg/mm2. Nilai tersebut menunjukkan bahwa komposit berpenguat serat kulit batang kelapa-serat tebu dengan matrik poliester dapat digunakan sebagai konstruksi kapal *non-metal* (Ramadhani dan Palupi, 2019).

Penelitian tentang Pengaruh Komposisi Bahan Pada Komposit Serabut Kelapa dan Serat *Fiber Glass* Terhadap Kekuatan *Impact* dan *Bending* Dengan Media *Matriks Resin Polyester* Pada *Point* Panjat Dinding. Metode yang digunakan adalah metode uji *impact* dan uji *bending* dengan variasi serat serabut kelapa (2 gram, 4 gram, 6 gram, 8 gram) dan variasi serat *fiber* (2 gram, 4 gram, 6 gram, 8 gram). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa spesimen 4 gram serat serabut kelapa + 6 gram serat *fiber* memiliki nilai rata-rata ketangguhan *impact* sebesar 0,0243615 Joule/mm2 dan tegangan *bending* sebesar 120,75 N/mm2. ini membuktikan dengan komposisi kedua serat yang memiliki *gap* tidak terlalu jauh maka kedua serat akan mengikat dan menyatu satu sama lain sehingga menjadikan kedua perpaduan serat ini layak digunakan sebagai bahan pembuat *point* panjat dinding (Daryanto, 2018).

Penelitian tentang Pengaruh Struktur Penyusunan *Filler*/Serat Kulit Jagung Pada Komposit *Resin Polyester* Terhadap Uji *Bending* Sebagai Pengganti *Plafon*. Variasi perbandingan struktur penyusunan *filler*/serat yaitu, Serat lurus, serat menyilang,dan serat anyaman.Berdasarkan hasil perhitungan ANOVA didapatkan hasil bahwa serat yang memiliki kekuatan terbaik adalah serat dengan penyusunan anyaman dengan nilai kekuatan *bending* sebesar 1,96 N/mm2, hal ini di karenakan penyusunan yang baik antar susunanya sehingga jadi lebih kuat (Nugraha, 2020).

Penelitian tentang Analisa Pengaruh Orientasi Sudut Serat Pada Komposit Serat Ijuk - *Polyester* Terhadap Kekuatan Dan *Modulus Elastisitas Bending* Dan Tarik. Metode yang digunakan pada penelitian adalah eksperimen. Material utama yaitu serat ijuk dan *polyester Yukalac* BQTN-EX 157. Variasi orientasi sudut serat yang digunakan adalah 0° + 45°, 0° + 90°, 45° + 90°, dan 45° + (-45°). Persentase volume ijuk : *polyester* adalah 30% : 70%. Pembuatan pembuatan komposit dilakukan secara cetak tekan. Standar uji *bending* dan tarik menggunakan ASTM D-790 03 dan ASTM D-3039. Didapatkan nilai kekuatan *bending* dan *modulus*

elastititas bending tertinggi pada variasi 45°+90° sebesar 24,032 MPa dan 4,017 GPa. Nilai ini lebih tinggi dari nilai kekuatan *bending* dan *modulus elastititas bending* 100% *polyester* yaitu 22,632 MPa dan 3,979 GPa. Penggunaan orientasi serat meningkatkan nilai kekuatan *bending* dan *modulus elastititas bending*. Nilai kekuatan tarik dan *modulus elastititas* tarik tertinggi sebesar 23,841 MPa dan 0,975 GPa lebih rendah dari pada 100% *polyester* yaitu 28,424 MPa dan 1,024 GPa. Penggunaan orientasi serat menurunkan nilai kekuatan dan *modulus elastititas* tarik (Roby, 2019).

Penelitian tentang Pengaruh Fraksi Volume Serat Serabut Kelapa dan Serbuk *Plastik Hdpe Bermatrik Resin Polyester* Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit. penelitian ini mengunakan variasi fraksi volume serat 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. *Resin* yang digunakan *yukalac 157 BQTN* dengan *hardener* berjenis MEKPO. Serat direndam dengan 10% NaOH selama 4 jam. Pengujian uji *impact* ASTM D6110 dan *densitas* serta pengamatan makro pada patahan spesimen. Hasil pengujian mekanik komposit dengan cara uji *impact* ini yang mendapatkan nilai uji tertinggi terdapat pada fraksi volume serat 15% yaitu 0,016482 N/mm2. Berdasarkan penelitian ini rata-rata kekuatan sifat mekanik naik seiring bertambahnya jumlah serat, hal ini menunjukkan ikatan yang cukup baik antara serat dan *matrik*. Hasil pengujian *densitas* juga mengalami kenaikan kekuatan mekanik seiring bertambahnya jumlah serat. Hal ini terjadi karena masa jenis serat kelapa dan serbuk plastik HDPE ini relatif sama atau bisa mengimbangi masa jenis resin *polyester*. Pada bahan komposit dengan fraksi volume serat kelapa dan serbuk *plastik HDPE* yang lebih tinggi, akan lebih dominan menaikan berat dari *densitas resin polyester* namun tetap dapat diperoleh bahan komposit yang lebih ringan. Pengamatan struktur makro menunjukkan ikatan yang cukup baik dengan hanya ada sedikit sekali rongga diantara permukaan serat dan matrik. Hal ini yang menjadi alasan naiknya kekuatan sifat mekanik dari komposit serat kelapa dan serbuk plastik HDPE ini (Rasid dkk., 2017).

2.2 Pengertian Kursi

Kursi merupakan sebuah *furniture* yang biasa dijadikan sebagai tempat duduk. Pada umumnya, kursi memiliki 4 kaki yang digunakan untuk menopang berat agar seimbang. Kursi juga di bagi dalam beberapa macam, menurut jenis bahannya terdiri dari kayu, plastik, komposit dan logam. Kursi cukup berperan penting dalam kegiatan sehari-hari di karenakan hampir di setiap tempat kursi banyak dijumpai dengan bentuk dan bahan yang berbeda.

Bantalan kursi adalah komponen yang berfungsi sebagai penyangga pertama terhadap organ yang digunakan untuk duduk. Baik itu dalam bentuk bantalan *elastis*, padat atau keras. Bantalan kursi biasanya dibuat dari bermacam-macam bahan seperti komposit, logam, kayu dan plastik. Berikut bantalan kursi dapat ditunjukan pada gambar 2.1.

Gambar 2.1 Bantalan Kursi

Dudukan kursi yang dibuat harus lah sesuai dengan berat beban yang akan diterima oleh kursi tersebut. Berikut ini berat badan orang Indonesia yang ideal dapat ditunjukan pada tabel 2.1 di bawah ini:

Tabel 2.1 Berat Badan Ideal Orang Indonesia (Kemenkes, 2018)

No	Tinggi Badan (cm)	Bentuk Badan		
		Kecil	Sedang	Besar
1	157	51-53 kg	54-59 kg	57-64 kg
2	160	52-56 kg	55-60 kg	59-66 kg
3	162	54-57 kg	56-62 kg	60-67 kg
4	165	55-59 kg	58-63 kg	61-69 kg
5	168	56-60 kg	60-65 kg	63-71 kg

No	Tinggi Badan (cm)	Bentuk Badan		
		Kecil	Sedang	Besar
6	170	58-62 kg	62-68 kg	65-73 kg
7	173	60-64 kg	63-69 kg	67-75 kg
8	175	62-66 kg	65-71 kg	69-77 kg
9	178	64-68 kg	66-73 kg	71-79 kg
10	180	66-70 kg	68-75 kg	72-81 kg
11	183	67-72 kg	70-77 kg	75-84 kg
12	185	68-74 kg	72-80 kg	76-86 kg
13	188	71-76 kg	74-82 kg	79-88 kg
14	190	73-78 kg	76-84 kg	80-91 kg
15	193	75-80 kg	78-86 kg	83-93 kg

2.3 Gambas (*Luffa Acutangula*)

Gambas (*luffa acutangula*) merupakan tanaman sayuran yang tergolong dalam *family cucurbitaceae* atau suku dari labu-labuan, dan satu keluarga dengan mentimun, paria, semangka dan lain-lain. Gambas dapat ditanam diberbagai tempat dan musim tergantung varietasnya (Maulidah dan Ashari, 2017). Tanaman ini dapat tumbuh dengan baik di negara tropis maupun sub-tropis begitu pula pada musim kemarau maupun musim hujan, seperti Indonesia. Gambas yang sudah tua berumur 110 hari memiliki serat-serat yang kuat berstruktur seperti jaring yang berpori. saat ini gambas masih dijadikan komoditi sayuran minor dan juga untuk seratnya jika sudah kering hanya dimanfaatkan sebagai alat untuk pembersih saat mandi atau *Spons*. Gambar 2.2 menunjukan serat gambas sudah kering.

Gambar 2.2 Gambas (*luffa acutangula*)

Klasifikasi tanaman gambas adalah sebagai berikut:

Kingdom	: *Plantae* (Tanaman)
Sub Kingdom	: *Tracheobionta* (Berpembuluh)
Super Divisio	: *Spermatophyta* (Menghasilkan biji)
Divisio	: *Magnoliophyta* (Berbunga)
Kelas	: *Magnoliopsida* (Berkeping dua/dikotil)
Sub Kelas	: *Dilleniidae*
Ordo	: *Violales*
Familia	: *Cucurbitaceae* (Labu-labuan)
Spesies	: *Luffa acutangula L.*

Ciri-ciri dari tanaman ini yaitu pada daun memiliki tekstur permukaan yang kasar yang amat mirip dengan daun mentimun, tetapi lebih besar dan bersudut lebih banyak dengan cuping yang lebih beragam. Batangnya bersudut empat atau lima dengan sulur bercabang. Bunga berwarna kuning, berdiameter sekitar 5 cm. Bunga jantan 5-10 kuntum, berkelompok dalam tandan dan ketiak daun sedangkan bunga betina tumbuh tunggal dan juga terbentuk pada ketiak daun yang sama. Bunga gambas berbunga pada sore hari. Tanaman gambas tumbuh memanjat dengan bentuk tajuk perdu dan lingkungan tumbuh tanaman gambas dapat di lahan, sawah maupun tegalan. Tanaman gambas tumbuh baik di dataran rendah hingga ketinggian 1.000 mdpl. Tanaman gambas dapat beradaptasi dengan baik pada temperatur 24- 27°C dan mencapai tinggi hingga 120-150 cm.

Berikut beberapa kandungan kimia dan sipat fisik yang terdapat pada serat gambas dapat ditunjukan pada tabel 2.2 dibawah ini:

Tabel 2.2 *Properties of luffa cylindrica fiber* (Sethuraman et al., 2018)

Properties	*Values*
Density	0.56 g/cm^3
Tensile strength (Mpa)	12.50
Young's modulus (Mpa)	521.00
Vickers Hardness	17.90

2.4 Tebu

Tebu (*Saccharum officinarum Linn*) adalah tanaman untuk bahan baku gula. Tanaman jenis rumput-rumputan (Gramineae) ini hanya dapat tumbuh di daerah beriklim tropis (Kurnia, 2018). Umur tanaman sejak ditanam sampai bisa di panen mencapai kurang lebih 1 tahun. Di Indonesia tebu banyak di budidayakan di pulau Jawa dan Sumatera. Bentuk fisik tanaman tebu di cirikan oleh terdapatnya bulu-bulu dan duri sekitar pelepah dan helai daun. Tinggi tanaman tebu bervariasi tergantung daya dukung lingkungan dan *varietas*, antara 2,5-4 meter dengan diameter batang antara 2-4 cm. Tebu merupakan tumbuhan *monokotil,* batang tanaman tebu memiliki anakan tunas dari pangkal batang yang membentuk rumpun. Tanaman ini dapat tumbuh baik dan berkembang di daerah *subtropika,* pada berbagai jenis tanah dari dataran rendah hingga ketinggian 1.400 m diatas permukaan laut (MDPL).

Klasifikasi tanaman tebu adalah sebagai berikut :

Devisi : *sphermatophyta*

Sub divisi : *agiospermae*

Kelas : *monocotyledone*

Family : *poaceae*

Genus : Saccarum

Species : *saccharum officinarum*

Serat ampas tebu (*baggase*) merupakan limbah organik yang banyak dihasilkan di pabrik-pabrik pengolahan gula tebu di Indonesia (Yudo dan Jatmiko, 2008). Serat ini memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi selain merupakan hasil limbah pabrik gula tebu, serat ini juga mudah didapat, murah, tidak membahayakan kesehatan, dapat *terdegredasi* secara alami (*biodegradability*) sehingga nantinya dengan pemanfaatan sebagai serat penguat komposit mampu mengatasi permasalahan lingkungan. Gambar 2.3 menunjukan serat ampas tebu yang sudah digiling.

Gambar 2.3 Ampas Tebu

Tebu-tebu yang diolah menjadi gula di pabrik-pabrik gula (PG) dalam proses produksi di pabrik gula, ampas tebu (*bagasse*) dihasilkan sebesar 35-40 % dari setiap tebu yang di proses, gula yang termanfaatkan hanya 5 %, sisanya berupa tetes tebu (*molase*), *blotong*, dan air (Misran, 2005).

Kandungan kimia yang terdapat pada serat ampas tebu dapat ditunjukan pada tabel 2.3 dibawah ini.

Tabel 2.3 Struktur Pembentuk Ampas Tebu (Shabiri dkk., 2014)

No	Komponen	Nilai
1	*Selulosa*	26%-43%
2	*Hemiselulosa*	17%-23%
3	*Pentosan*	20%-33%
4	*Lignin*	13%-22%
5	Massa jenis	0.36 g/cm^3

Dari komposisi kandungan kimia yang terdapat pada tabel diatas maka dapat diketahui bahwa serat ampas tebu berpotensi menjadi pengisi dalam komposit karna memiliki kadar *selulosa* yang tinggi.

2.5 Komposit

Komposit merupakan suatu struktur yang tersusun atas beberapa bahan pembentuk tunggal yang digabungkan menjadi struktur baru dengan sifat yang lebih baik dibandingkan dengan masing-masing bahan pembentuknya (Hartono dkk., 2016). Karena bahan komposit merupakan bahan gabungan secara *makro*,

maka bahan komposit dapat di definisikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari campuran atau kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utama yang secara *makro* berbeda didalam bentuk dan atau komposisi material yang pada dasarnya tidak dapat dipisakan.

Pengabungan material yang berbeda bertujuan untuk menemukan material baru yang mempunyai sifat antara (*intermediate*) material penyusunya yang tidak akan di peroleh jika material penyusunnya berdiri sendiri. sifat material penggabungan ini di harapkan saling memperbaiki kelemahan dan kekurangan material penyusunnya. Sifat-sifat yang dapat di perbaiki pada komposit yaitu : Berat jenis, kekakuan, *isolasi termal*, *isolasi akustik*, pengaruh terhadap *temperature*, kekuatan dan ketahanan *bending*.

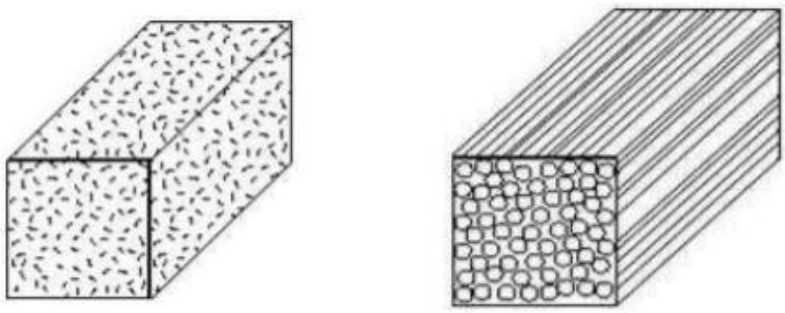
2.5.1 Jenis-jenis komposit

a. Menurut struktur dari penyusunnya

Komposit dibedakan menjadi 5 kelompok menurut bentuk struktur dari penyusunnya (Schwartz, 1984), yaitu:

1. Komposit serat (*Fiber Composite*)

Komposit serat merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai bahan penguatnya. Dalam pembuatan komposit, serat dapat diatur memanjang (*unidirectional composites*) atau dapat dipotong kemudian disusun secara acak (*random fibers*) serta juga dapat dianyam (*cross-ply laminate*). Komposit serat sering digunakan dalam industri otomotif dan pesawat terbang (Schwartz, 1984).

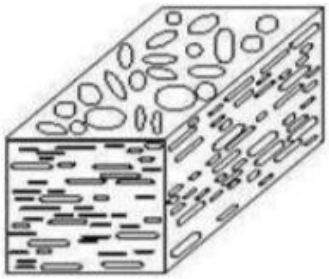


a. *Random fiber composite* b. *Unidirectional fiber composite*

Gambar 2.4 Komposit Serat (Schwartz, 1984).

2. Komposit serpih (*Flake Composite*)

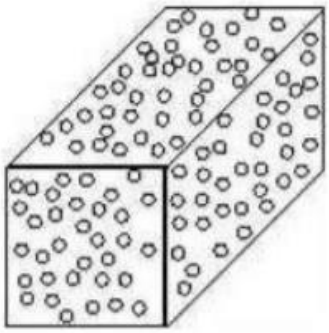
Flake Composites adalah komposit dengan penambahan material berupa serpih kedalam matriknya. *Flake* dapat berupa serpihan *mika, glass* dan *metal* (Schwartz, 1984).



Gambar 2.5 Komposit Serpih (Schwartz, 1984).

3. Komposit butir (*Particulate Composite*)

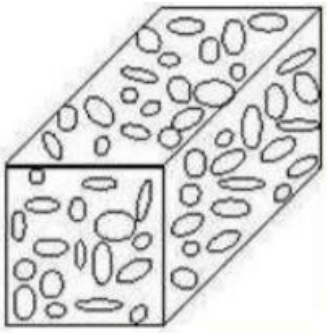
Particulate composites adalah salah satu jenis komposit di mana dalam *matrik* ditambahkan material lain berupa serbuk/butir. Perbedaan dengan *flake* dan *fiber composites* terletak pada distribusi dari material penambahnya. Dalam *particulate composites*, material penambah terdistribusi secara acak atau kurang terkontrol dari pada *flake composites.* Sebagai contoh adalah beton (Schwartz, 1984).



Gambar 2.6 Komposit Partikel (Schwartz, 1984).

4. Komposit isian (*Filled Composite*)

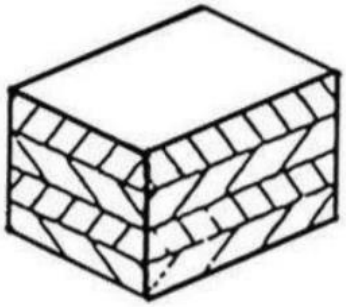
Filled composites adalah komposit dengan penambahan material ke dalam *matriks* dengan struktur tiga dimensi dan biasanya *filler* juga dalam bentuk tiga dimensi (Schwartz, 1984).



Gambar 2.7 *Filled (skeletal) Composites* (Schwartz, 1984).

5. Komposit Lapisan (*Laminar Composite*)

Laminar composites adalah komposit dengan susunan dua atau lebih *layer*, dimana masing – masing *layer* dapat berbeda – beda dalam hal material, bentuk, dan orientasi penguatannya (Schwartz, 1984).



Gambar 2.8 *Laminar Composites* (Schwartz, 1984).

b. Berdasarkan matriknya

Berdasarkan bentuk dari matriksnya komposit dapat dibedakan menjadi sebagai berikut (Gibson, 1994):

1. Komposit *matrik polimer* (*Polymer Matrix Composites-PMC*)

Komposit jenis ini terdiri dari polimer sebagai *matriks* baik itu *thermoplastic* maupun jenis *thermosetting. Thermoplastic* adalah plastik yang dapat di lunakkan berulang kali (*recycle*) dengan menggunakan panas. *Thermoplastic* merupakan *polimer* yang akan menjadi keras apabila di dinginkan. *Thermoplastic* akan meleleh pada suhu tertentu, serta melekat mengikuti perubahan suhu dan mempunyai sifat dapat kembali (*reversibel*) kepada sifat aslinya, yaitu kembali mengeras bila didinginkan. *Thermoplastic* yang lazim dipergunakan sebagai *matriks* misalnya

polyolefin (polyethylene, polypropylene), vinylic (polyvinylchloride, polystyrene, polytetrafluorethylene), nylon, polyacetal, polycarbonate, dan *polyfenylene.*

Thermosets tidak dapat mengikuti perubahan suhu (*irreversibel*). Bila sekali pengerasan telah terjadi maka bahan tidak dapat dilunakkan kembali. Pemanasan yang tinggi tidak akan melunakkan *termoset* melainkan akan membentuk arang dan terurai karena sifatnya yang demikian sering digunakan sebagai tutup ketel, seperti jenis-jenis *melamin*. *Thermosets* yang banyak digunakan saat ini adalah *epoxy* dan *polyester* tak jenuh. *Resin polyester* tak jenuh adalah *matrik thermosetting* yang paling banyak dipakai untuk pembuatan komposit. Resin jenis ini digunakan pada proses pembuatan dengan metode *hand lay-up.*

2. Komposit *matrik* logam (*Metal Matrix Composites-MMC*)

Metal Matrix composites adalah salah satu jenis komposit yang memiliki *matrik* logam. Komposit ini menggunakan suatu logam seperti alumunium sebagai *matrik* dan penguatnya dengan serat seperti *silikon* karbida. Material MMC mulai dikembangkan sejak tahun 1996. Komposit MMC berkembang pada industri *otomotif* digunakan sebagai bahan untuk pembuatan komponen *otomotif* seperti *blok silinder mesin, pully*, poros, dan gardan.

3. Komposit *matrik* keramik (*Ceramic Matrix Composites-CMC)*

CMC merupakan material 2 *fasa* dengan 1 *fasa* berfungsi sebagai *reinforcement* dan 1 *fasa* sebagai *matriks*, 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 di sekeliling daerah *filler* (penguat).

c. Berdasarkan Struktur

1. Struktur *laminate*

Komposit yang terdiri dari dua lapis/lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.

2. Struktur *Sandwich*

Komposit *sandwich* merupakan gabungan dua lembar yang disusun pada dua sisi material ringan (*core*) serta *adhesive*. Fungsi utama *skin* adalah menahan beban *aksial* dan *bending*, sedangkan *core* berfungsi untuk mendistribusikan beban *aksial* menjadi beban geser pada seluruh luasan yang terjadi akibat pembebanan gaya dari luar.

2.5.2 Kegunaan material komposit

Penggunaan bahan komposit sangat luas sekali, beberapa diantaranya yaitu untuk :

a. Luar angkasa

   Komposit digunakan sebagai Komponen kapal terbang, Komponen Helikopter, Komponen satelit.

b. *Automobile*

   Komposit digunakan sebagai komponen mesin, komponen kereta, *body* motor, *body* mobil, komponen kapal dan lainnya

c. Olaraga dan *rekreasi*

   Komposit digunakan sebagai Sepeda, *Stick golf*, Raket tenis, Sepatu olahraga, papan *skateboard* , panjat dinding, dan lainnya.

d. Kesehatan

   Komposit digunakan sebagai kaki palsu, tangan palsu, gigi, tongkat, sambungan sendi dan lainnya.

e. Peralatan rumah

   Komposit digunakan sebagai lemari, meja, kursi, *plafon*, rak sepatu, bak mandi dan lainnya.

2.5.3 Keunggulan material komposit

a. Gabungan dua bahan material sehingga mempunyai sifat mekanik yang lebih baik.

b. Bahan komposit tahan terhadap korosi.
c. Bobotnya ringan.
d. Biaya produksi murah.
e. Mempunyai kekuatan dan kekakuan yang baik.
f. Mampu menyerap gelombang mikro (keperluan militer).

2.6 *Resin Polyester*

Polyester adalah *resin thermoset* yang berbentuk cair dengan *viskositas* yang *relative* rendah. *Resin poliester* banyak mengandung *monomer stiren* sehingga suhu *deformasi termal* lebih rendah dari pada *resin thermoset* lainnya dan ketahanan panas jangka panjang adalah kira-kira 110-140°C. dan ketahanan dingin *resin* ini adalah relatif baik (Bifel dkk., 2015). Sifat listriknya lebih baik diantara resin *thermoset.* dan ketahanan kimianya, pada umumnya kuat terhadap asam kecuali asam *pengoksid*, tetapi lemah terhadap *alkali*. Bila dimasukkan dalam air mendidih untuk waktu yang lama (300 jam), bahan akan pecah dan retak-retak. Bahan ini mudah mengembang dalam pelarut, yang melarutkan *polimer stiren*. Kemampuan terhadap cuaca sangat baik. Tahan terhadap kelembaban dan sinar *ultra violet* bila dibiarkan di luar, tetapi sifat tembus cahaya permukaan rusak dalam beberapa tahun. Secara luas digunakan untuk konstruksi sebagai bahan komposit. Berikut spesifikasi *resin unsaturated polyester yukalac BQTN 157* tertera pada tabel 2.4 dibawah ini.

Tabel 2.4 Spesifikasi *resin unsaturated polyester yukalac BQTN 157* (Pranata, 2018)

Item	Satuan	Nilai Tipikal	Catatan
Berat Jenis	Gr/cm^3	1.215	25°C
Kekerasan		40	*Barcol*/GYZJ 934-1
Suhu *Distorsi* Panas	°C	70	
Penyerapan Air	%	0.188	24 Jam
Suhu Ruang	%	0.466	7 Hari
Kekuatan *Fleksural*	Kg/mm^2	9.4	
Modulus Fleksural	Kg/mm^2	300	
Daya rentang	Kg/mm^2	5.5	
Modulus rentang	Kg/mm^2	300	
Elongasi	%	2.1	

2.6.1 Jenis-jenis *polyester*

a. *Polietilena tereftalat* (PET)

PET dapat berupa padatan *amorf* (transparan) atau sebagai bahan semi kristal yang putih dan tidak transparan, tergantung kepada proses dan kondisi termalnya. *Monomer* nya dapat diproduksi melalui *esterifikasi* asam *tereftalat* dengan *etilen glikol* dan air sebagai hasil sampingnya. *Monomer* PET juga dapat dihasilkan melalui reaksi *transesterifikasi etilen glikol* dengan *dimetil tereftalat* dengan *metanol* sebagai hasil samping. *Polimer* PET dihasilkan melalui reaksi *polimerasi kondensasi* dari *monomernya.* Reaksi ini terjadi sesaat setelah esterifikasi/transesterifikasinya dengan *etilen glikol* sebagai produk samping (dan *etilen glikol* ini biasanya didaur ulang).

Kebanyakan (sekitar 60%) dari produksi PET dunia digunakan dalam serat sintetis, dan produksi botol mencapai 30% dari permintaan dunia. Dalam penggunaannya di bidang *tekstil*, PET biasanya disebut dengan *poliester* saja.

b. *Polytrimethylene terephthalate* (PTT)

Sebagai berputar *polimer* baru, Serat PTT adalah singkatan (*polytrimethylene terephthalate*), dikembangkan oleh *Shell Chemical* di 1995. Serat PTT, Serat PET (*etilena tereftalat*) dan PBT serat (*tetrametilena terephthalate*) milik *polyester*, berputar dengan jenis yang sama *polimer*. Serat PTT menggabungkan dengan karakteristik *poliester* dan *nilon*. Selain *resistensi* regangan yang baik, Serat PTT memiliki pencelupan yang baik, perasaan lembut dan *elastisitas* yang sangat baik. Di perpanjang serat PTT adalah sama dengan *spandex*. Dibandingkan dengan *spandex*, Serat PTT lebih mudah untuk pengolahan dan lebih cocok untuk pakaian. Sebaliknya, Serat PTT memiliki kering, kaku dan halus. Untuk itu, Serat PTT akan menggantikan *polyester* dan *nylon*, banyak digunakan dalam abad ke21.

Berikut karakterristik serat *polytrimethylene terephthalate* :

1. Serat PTT memiliki kelembutan baik.

2. Serat PTT memiliki *elastisitas* yang nyaman (lebih baik dari serat PET, Serat PBT dan serat PP, setara dengan *nilon* 6 atau *nilon* 66).
3. Serat PTT memiliki di perpanjang baik (panjang dapat dipulihkan ketika serat diperpanjang oleh 20%).
4. Serat PTT memiliki pencelupan yang baik, properti pencetakan tekstil (110℃~120℃ membubarkan pewarna dapat digunakan untuk pencelupan), tahan luntur warna yang *superior,* tahan luntur cahaya dan tahan polusi.
5. Serat PET memiliki berbagai warna dan *non-setrika.*
6. Serat PTT memiliki penggunaan yang luas. Digabungkan dengan serat *selulosa*, serat alami dan serat sintetis, Serat PTT adalah bahan baku yang ideal untuk karpet, berpakaian preman, mode, pakaian dalam, olahraga setelan, baju renang dan kaus kaki.

c. *Polibutilen tereftalat* (PBT)

Polibutilen Tereftalat (PBT) adalah suatu *termoplastik* semi *kristalin* yang termasuk ke dalam keluarga *poliester*. PBT banyak dipakai sebagai plastik teknik (*engineering plastic*) misalnya sebagai komponen sistem *elektrik, konektor, soket elektrik, bobbin*, serta komponen *insulasi*. Dalam industri *tekstil*, PBT dibuat menjadi serat dalam bentuk *filamen*. Keunggulan serat PBT dibanding serat *poliester* salah satunya adalah dapat dicelup di bawah 100°C tanpa perlu penambahan *carrier* sehingga disebut juga *easy dyeable* atau *carrier free dyeable polyester fibre.* Tentunya ini adalah nilai tambah yang sangat baik karena dapat meminimalkan penggunaan energi, zat kimia (dalam hal ini *carrier*) dan polusi bila dibandingkan dengan serat *poliester* yang biasanya membutuhkan penambahan *carrier* bila ingin dicelup pada suhu sekitar 100°C.

Serat PBT memiliki stabilitas dimensi yang sangat baik, *low moisture absorption,* dan *resistansi insulasi* yang tinggi. Selain itu sifat *elektrik* dan sifat mekaniknya pun baik termasuk kekuatan dan rigiditas yang tinggi serta memiliki sifat ketahanan terhadap beberapa zat kimia, pelarut, dan minyak. Serat PBT dibuat melalui proses pemintalan leleh dengan mereaksikan

dimetilen tereftalat (DMT) dengan 1,4-*butanediol* atau asam *tereftalat* (TPA) dengan 1,4-*butanediol*. Seperti halnya *poliester*, proses pembuatan PBT juga terjadi dalam dua tahap yaitu proses *trans-esterifikasi* dan *polikondensasi*. Kekuatan dan stabilitas dimensinya yang baik terutama dalam keadaan basah serta ketahanan terhadap *klor* membuat serat PBT sangat cocok diaplikasikan sebagai pakaian renang. Aplikasi lainnya yaitu sebagai bahan kaos kaki, pakaian dalam dan karpet.

2.7 *Katalis*

Katalis yang digunakan adalah *katalis Methyl Ethyl Keton Peroksida* (MEKPO) dengan bentuk cair, berwarna bening. Fungsi dari *katalis* adalah mempercepat proses pengeringan (*curring*) pada bahan *matriks* suatu komposit. Semakin banyak *katalis* yang dicampurkan pada cairan *matriks* akan mempercepat proses laju pengeringan, tetapi akibat mencampurkan *katalis* terlalu banyak adalah membuat komposit menjadi getas. Penggunaan katalis sebaiknya diatur berdasarkan kebutuhannya. Pada saat mencampurkan *katalis* ke dalam *matriks* maka akan timbul reaksi panas (60-90°C).

Proses pengerasan *resin* diberi bahan tambahan yaitu, *katalis* jenis *Methyl Ethyl Keton Peroksida* (MEKPO), katalis digunakan untuk mempercepat proses pengerasan cairan *resin* pada suhu yang lebih tinggi. Pemakaian *katalis* dibatasi sampai1% dari volum *resin* (TANUJAYA, 2016). Berikut katalis MEKPO dapat ditunjukan pada gambar 2.9 dibawah ini.

Gambar 2.9 *Katalis*

2.8 Alkalisasi

Alkalisasi pada serat alam adalah metode yang telah digunakan untuk menghasilkan serat berkualitas tinggi. Alkalisasi pada serat merupakan metode perendaman serat ke dalam basa alkali. Reaksi berikut menggambarkan proses yang terjadi saat perlakuan alkali pada serat:

Fiber – OH + NaOH Fiber-O-Na+ + H2O

Proses alkalisasi menghilangkan komponen penyusun serat yang kurang efektif dalam menentukan kekuatan antar muka yaitu hemiselulosa, lignin atau pektin. Dengan berkurangnya hemiselulosa, lignin atau pektin, wetability serat oleh matriks akan semakin baik, sehingga kekuatan antarmuka pun akan meningkat. Selain itu, pengurangan hemiselulosa, lignin atau pektin, akan meningkatkan kekasaran permukaan yang menghasilkan mechanical interlocking yang lebih baik.

Kekuatan bending akan meningkat ketika mendapatkan perlakuan perendaman NaOH 5% selama 120 menit (Kosjoko, 2017)

2.9 Fraksi Volume

Faktor yang sangat penting dalam menentukan karakterristik material komposit adalah perbandingan antara *matriks* dengan serat. Sebelum melakukan proses pencetakan komposit, terlebih dahulu dilakukan perhitungan perbandingan keduanya. Dalam menentukan perbandingan antara komponen *matriks* dengan serat (pengisi) material koposit ini biasanya dilakukan dengan mengunakan tiga metode yaitu :

a. Perhitungan volume cetakan $V_{cetakan} = P \times L \times T$ (2.1)

- Dimana $V_{cetakan}$ = Volume cetakan (cm^3)
  P = Panjang cetakan (mm)
  L = Lebar cetakan (mm)
  T = Tinggi cetakan (mm)

b. Perhitungan Volume serat % dan resin % (2.2)

1. $V_{serat} = V_{serat}\% \times V_{cetakan}$
2. $V_{resin} = V_{resin}\% \times V_{cetakan}$

- Dimana: V_{serat} = Volume serat (cm^3)
  $V_{serat}\%$ = Volume serat (%)

$V_{cetakan}$ = Volume cetakan (cm^3)

V_{resin} = Volume resin (cm^3)

V_{resin}% = Volume resin (%)

c. Perhitungan massa serat % dan resin % (2.3)

1. $M_{serat} = V_{serat} \times \rho_{serat}$
2. $M_{resin} = V_{resin} \times \rho_{resin}$

- Dimana: M_{serat} = Massa serat (gr)

ρ_{serat} = Massa jenis serat (gr/cm^3)

M_{resin} = Massa resin (gr)

ρ_{resin} = Massa jenis resin (gr/cm^3)

2.10 Uji *Bending*

Uji lengkung (*bending test*) merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual, Selain itu uji *bending* digunakan untuk mengukur kekuatan *bending* suatu material. Kekuatan *bending* atau kekuatan lengkung adalah tegangan *bending* terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami *deformasi* yang besar atau kegagalan. Pengujian *bending* mengacu pada standar ASTM D790 dengan kondisi pengujian *statis*. Untuk mencari tegangan *bending* dan *modulus elastisitas bending* yaitu dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

Tegangan *bending* : $\sigma b = \frac{3PL}{2bd^2}$ (2.4)

Modulus elastisitas bending : $Eb = \frac{L^3P}{4bd^3\delta}$ (2.5)

Keterangan :

σb = Tegangan *bending* (MPa)

P = Beban (N)

Eb = *Modulus elastisitas bending* (MPa)

δ = *Defleksi* (N/mm)

L = Panjang *Span*/jarak antara titik tumpuan

Lo = Panjang spesimen,

b = Lebar spesimen,

d = Tebal spesimen,

Gambar 2.10 Mesin Uji *Bending*

Berdasarkan posisi pengambilan spesimen, uji bending dibedakan menjadi 2 yaitu *transversal bending* dan *longitudinal bending.* 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 (Susilowati, 2018).