

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Catur dkk (2014) mengenai “Sifat Mekanik Komposit *Sandwich* Berpenguat Serat Bambu *Fiberglass* dengan *Core Polyurethane Rigid Foam*”, prinsip struktur *sandwich* adalah menggabungkan kulit komposit dengan modulus elastisitas tinggi dengan core komposit yang ringan sehingga diperoleh kombinasi bahan yang kaku, kuat tetapi ringan.

Pada proses 3d printing material yang digunakan adalah PLA atau Polactic Acid. PLA adalah satu jenis polyester alifatik yang didapat dari asam laktat dari sumber yang terbarukan seperti gula, pati-patian, selulosa dan gliserin sisa biodiesel (Nasiri, 2009).

Nikolayevic melakukan penelitian tentang *3D Printing* adalah sebuah printer yang mampu mencetak benda berdimensi tiga, bukan berupa gambar atau tulisan di atas kertas. Kelebihan dari *3D Printing* adalah sangat memungkinkan untuk membuat berbagai bentuk pola rumit. Hal ini dikarenakan keleluasan gerakan printing pada ruang lingkup tiga dimensi. Terkait dengan defenisinya tersebut maka *3D Printing* dapat berfungsi penting dalam dunia manufaktur (Nikolayevic, 2016).

2.2. Dasar Teori

2.2.1 Komposit

Menurut Matthews dkk (1993), komposit merupakan material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material dari campuran yang tidak homogen atau sifat mekanik dari material pembentuknya berbeda. Berdasarkan campuran tersebut dihasilkan material komposit yang bersifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Material komposit bersifat dari material konvensional pada umumnya yang proses pembuatannya berdasarkan proses pencampuran tidak homogen. Komposit adalah gabungan antara bahan matriks (pengikat) dengan penguatnya.

Komposit dapat didefinisikan sebagai material dari kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utama secara makro yang berada dalam bentuk komposisi material tidak dapat dipisahkan (Schwartz, 1984). Komposit berasal dari kata kerja “*to compose*”, yang mengandung arti menyusun atau menggabung. Oleh karena itu secara sederhana komposit adalah satu kesatuan dari gabungan dua atau lebih material yang dikombinasikan menjadi satu dalam ukuran mikroskopis (Kaw,1997). Sehingga menurut Jones (1975) definisi bahan komposit adalah gabungan dua atau lebih material yang dicampur atau digabung dalam skala makroskopis untuk menjadi bahan yang bermanfaat dan berguna.

Dibandingkan dengan bahan logam, komposit lebih memiliki keunggulan. Berikut ini adalah keunggulan-keunggulan material komposit menurut (Jones, 1999):

1. Kekuatan dan kekakuan yang baik, maka dapat melibehi sifat logam dalam memberikan kekakuan dan kekuatan yang spesifik
2. Dirancang untuk anti korosi
3. Daya redam yang baik
4. Memberikan tampilan dan kehalusan permukaan lebih baik

2.2.2 Bahan Utama Penyusun Komposit

Komposit mempunyai dua fase yakni *reinforcement* dan matriks pada umumnya. Matriks yang umum digunakan dalam membuat bahan komposit adalah resin *epoxy* dan *polyester*, sedangkan untuk *reinforcement* yang umum digunakan adalah serat fiberglass, serat karbon, dan nilon.

1. Matriks

Menurut Van Vlack (1994) bahwa penguat akan menjadi penanggung beban terbesar, sehingga modulus elastis pada bahan penguat haruslah lebih baik dibandingkan bahan matriksnya. Apabila pembebanan pada matriks meneruskan ke penguatnya, hal tersebut dikarenakan ikatan antara penguat dan matriks tidak kritis dan mengikat.

Matriks merupakan fasa dalam komposisi bagian volume yang dominan, dan pada umumnya matriks lebih elastis akan tetapi kekuatan dan rigiditasnya lebih rendah. Syarat matriks agar dapat digunakan dalam komposit adalah dapat meneruskan beban, maka serat harus dapat melekat pada matriks dan sesuai antara

matriks dan serat agar tidak ada reaksi yang mengganggu. Menurut Triyono dan Diharjo (2000) pada umumnya matriks yang dipilih adalah matriks yang memiliki ketahanan panas tinggi. Berikut ini merupakan fungsi dari matriks:

- a. Melindungi serat
- b. Mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik
- c. Mentransfer tegangan ke serat
- d. Membentuk ikatan koheren
- e. Tetap stabil setelah proses manufaktur
- f. Melepas ikatan

2. Bahan Pengisi (*Reinforcement*)

Salah satu unsur utama penyusun komposit adalah serat sebagai *reinforcement* atau penguat. Serat tersebut berfungsi sebagai penentu karakteristik bahan komposit yakni kekakuan, kekuatan, dan sifat mekanis lainnya, sedangkan peranan serat dalam komposit sebagai bahan utama penahan beban serta besar kecilnya kekakuan bahan komposit maka bergantung kekuatan bahan pembentuknya.

Faktor yang menentukan kekuatan mekanis produk komposit yang dihasilkan, yaitu perbandingan antara matriks dan serat dan juga berdasarkan kandungan dan orientasi serat. Serat terbagi menjadi dua jenis yaitu serat alam dan serat sintetik. Serat alam dapat diperoleh dari alam secara langsung yang berupa serat organik berasal dari hewan dan tumbuhan yang banyak digunakan manusia, seperti ijuk, rami, enceng gondok, goni (kenaf), sabut kelapa, nanas-nanasan, dan lain-lain. Sedangkan serat sintetik menurut Bismarck (2002) diantaranya seperti *carbon*, *graphite*, *fiber glass*, nilon, dan alumunium

3. Bahan Tambahan

Terdapat beberapa macam bahan yang digunakan untuk pembuatan komposit. Berikut ini merupakan bahan yang umumnya digunakan:

a. Katalis

Katalis merupakan bahan berbentuk cairan yang sering digunakan dalam pembuatan komposit. Katalis ini berfungsi mempercepat reaksi pengeringan dalam suhu ruangan, dimana takaran dalam pencampuran katalis ke dalam resin berdasarkan aturan yang sesuai yaitu persentase 0,2% hingga 0,5%. Jika

tidak sesuai dengan aturan tersebut maka dapat merusak produk komposit, karena cairan katalis dapat mengakibatkan panas pada proses pengeringan. Jenis katalis yang umum digunakan diantaranya adalah katalis MEKPO, MEPOXE, dan trigonox.

b. *Release Agent*

Release Agent merupakan bahan yang berperan sebagai pelicin dalam pembuatan komposit sehingga akan mudah dalam melepaskan komposit dari cetakan. Cara penggunaan bahan ini dengan dioleskan pada permukaan cetakan kaca secara merata, yang dilakukan sebelum pencetakan komposit dimulai. Bahan yang umumnya digunakan sebagai release agent adalah pada pembuatan komposit seperti *hand body*, oli, dan *mirror glass*.

2.2.3 Faktor yang Mempengaruhi Sifat Komposit

Suatu penelitian dalam penggabungan matriks dan serat harus dipertimbangkan faktor-faktor yang dapat memengaruhi kekuatan *Fiber-Matrix Composites* (Sari dan Sinarep, 2011).

1. Faktor Serat

Serat merupakan bahan pengisi matriks yang berfungsi untuk memperbaiki struktur dan sifat mekanik yang mampu sebagai bahan penguat matriks pada komposit dalam menaan gaya yang terjadi.

2. Panjang Serat

Terdapat dua jenis serat untuk campuran komposit yaitu serat panjang (*continuous fiber*) dan serat pendek. Serat Panjang tersebut lebih efisien dalam peletakannya, lebih mudah penanganannya, dan lebih kuat dibanding serat pendek, namun serat pendek lebih mudah dalam peletakannya. Perbandingan antara panjang serat dengan diameter serat disebut *aspect ratio*, jika *aspect ratio* semakin besar maka kekukatan tarik serat pada komposit semakin besar.

3. Bentuk Serat

Dalam pembuatan komposit, bentuk serat tidak terlalu memengaruhi, melainkan diameter seratnya. Dimana semakin kecil diameter serat makan kekuatan komposit yang dihasilkan akan lebih tinggi. Menurut Schwartz (1984: 1-4) selain bentuknya, kandungan serat juga akan memengaruhi.

4. Faktor Matriks

Matriks pada komposit berfungsi untuk melindungi dari kerusakan eksternal, meneruskan atau memindahkan beban eksternal ke bidang geser diantara serat dan matriks, dan sebagai bahan pengikat serat yang akan menjadi unit struktur. Serat dibutuhkan ikatan permukaan yang kuat antara serat dan matriks pada pembuatan komposit, dari hal tersebut serat dan matriks saling berhubungan.

5. Faktor Ikatan Fiber-Matriks

Void adalah faktor yang memengaruhi ikatan matriks dan serat, dimana jika matriks tidak mampu mengisi ruang kosong pada cetakan maka hal tersebut disebabkan karena bentuk yang sempurna atau terdapat celah pada serat.

6. Katalis

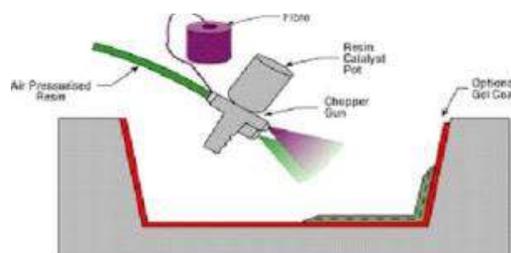
Katalis berfungsi dalam membantu pengeringan resin dan serat pada komposit. Jumlah katalis yang dicampurkan akan memengaruhi waktu yang dibutuhkan oleh resin dalam mengubah menjadi plastik. Namun pemberian katalis yang berlebihan akan berdampak pada material yang dihasilkan yaitu getas hingga resin dapat terbakar.

2.2.4 Metode Pembuatan Komposit

Menurut Kristianto (2018) bahwa metode pembuatan komposit dibagi menjadi beberapa metode. Berikut merupakan metode pembuatan komposit yang sering digunakan:

1. Pencetakan Semprot (*Spray Up*)

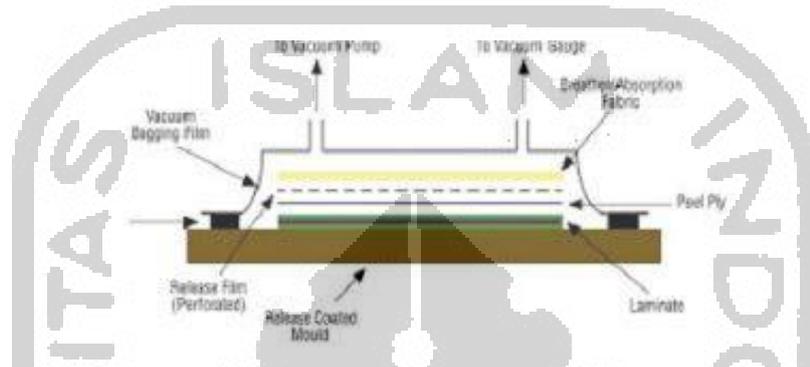
Metode pembuatan komposit dengan pencetakan semprot dilakukan menggunakan alat semprot yang berisikan resin dan bahan pengisinya, yang kemudian semprotkan resin dan bahan pengisinya secara bersamaan ke dalam cetakan kaca. Metode ini pada umumnya diaplikasikan pada bak mandi, panel-panel, dan sampan.



Gambar 2.1 Pencetakan Semprot (*Spray Up*)

2. Pengemasan Vakum (*Vaccum Bagging*)

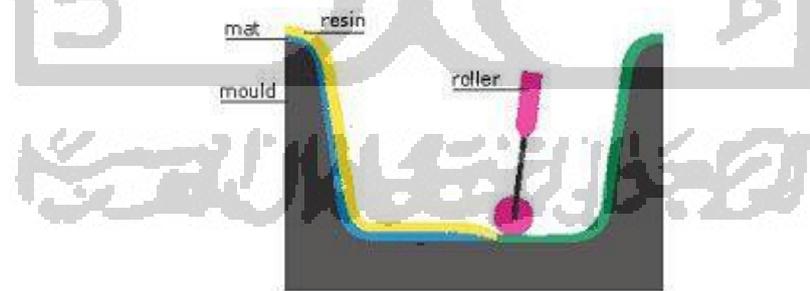
Metode pembuatan komposit dengan pengemasan vakum dilakukan menggunakan pompa vakum yang berfungsi untuk menghisap udara yang berada di dalam tempat diletakkannya komposit yang nantinya dilakukan proses pencetakan. Metode ini pada umumnya diaplikasikan pada pembuatan perahu, kapal pesiar, dan komponen mobil balap.



Gambar 2.2 Pengemasan Vakum (*Vacum Bagging*)

3. Pencetakan Tangan (*Hand Lay-Up*)

Metode pembuatan komposit dengan *hand lay-up* dilakukan menggunakan lapisan demi lapisan yang berisi resin dan bahan penguat seperti serat alam dan *fiber glass* hingga ketebalan yang diinginkan. Setelah didapatkan ketebalan yang diinginkan, maka proses berikutnya digunakan roller untuk meratakan dan menghilangkan udara yang ada di permukaan. Metode ini pada umumnya diaplikasikan pada pembuatan body kendaraan, kapal, dan bilah turbin angin.



Gambar 2.3 Pencetakan Tangan (*Hand Lay-Up*)

2.2.5 Kelebihan dan Kekurangan Komposit

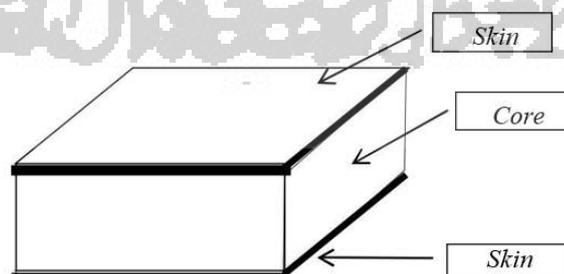
Menurut Robert L. Mott. (2004) dibandingkan dengan komponen material logam dan lainnya, material komposit memiliki kelebihan dan kekurangan yang disajikan pada Tabel 2.1.

Table 2.1 Kelebihan dan Kelemahan Komposit

No.	Kelebihan	No.	Kelemahan
1.	Berat berkurang	1.	Sulit untuk mengikat
2.	Rasio kekakuan dan kekuatan yang tinggi	2.	Sifat-sifat bidang melintang
3.	Kekakuan dan kekuatan dapat beradaptasi terhadap pengaturan beban	3.	Biaya bertambah untuk bahan baku dan fabrikasi
4.	Lebih tahan korosi	4.	Matriks dapat menimbulkan degradasi lingkungan
5.	Kehilangan sebagian sifat-sifat dasar material	5.	Kekerasan rendah
6.	Konduktivitas termal dan konduktivitas listrik meningkat atau menurun	6.	Analisa sifat-sifat fisik dan mekanik untuk efisiensi damping tidak mencapai konsensus
7.	Ongkos manufaktur rendah		

2.2.6 Komposit *Sandwich*

Struktur komposit *sandwich* mempunyai sifat kekuatan yang tinggi dan lembaran komposit terikat inti (busa ringan). Sisi terluar komposit *sandwich* tersusun oleh serat penguat yang berfungsi sebagai penahan beban paling besar, maka struktur komposit *sandwich* memiliki kekuatan yang sangat tinggi dan rasio kekuatannya pun juga tinggi, dan secara luas digunakan pada struktur *aerospace*.



Gambar 2.4 Komposit *Sandwich*

1. *Skin*

Skin merupakan bagian dari komposit sandwich yang terletak pada bagian paling luar atas dan bawah yang berfungsi sebagai penahan beban *compressive stress* dan *tensile*. Bagian skin ini memiliki kekuatan yang tinggi namun tingkat kekakuannya rendah, dan dapat digunakan material berbentuk plastik yang diperkuat oleh serat gelas dan fiber, karena mempunyai kelebihan yang mudah digabungkan, bentuk permukaan baik, dan desain dapat dirancang sesuai dengan kebutuhan (Hartono, 2009). Selain dari material penyusun tersebut, serat alam dapat dijadikan alternatif sebagai pengisi bagian *skin* pada komposit *sandwich*.

2. *Core*

Core merupakan bagian inti dari komposit *sandwich* yang terletak di bagian tengah, dan berfungsi sebagai penambah kekakuan dan ketebalan dari komposit *sandwich*. Sehingga bahan pengisi *core* harus memiliki sifat kekakuan yang tinggi, karena harus mampu menahan beban gesernya agar tidak terjadi slide antar permukaan. Jika diisi dengan bahan yang kekakuannya rendah maka kurang cocok apabila ditempatkan pada bagian *core*, karena akan mengurangi kekakuan dari *sandwich*-nya. Menurut Hartono (2009), selain mempunyai densitas rendah, *core* mempunyai syarat lain seperti *buckling*, tingkat kadar air, umur panjang, dan lainnya. Bahan yang digunakan sebagai *core* bermacam-macam, seperti PVC, kayu sengon laut atau balsa, *polyurethane*, *honeycomb*, dan lainnya yang masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Namun yang umum digunakan pada industri adalah *polyurethane* dan PVC karena dari segi harga relatif murah.

3. *Adhesive*

Adhesive merupakan zat perekat yang berfungsi sebagai pengikat *skin* dan *core*, yang dapat juga dikatakan sebagai matriks karena berperan untuk mengikat partikel-partikel serat penguat. Selain fungsi tersebut *adhesive* harus mampu mentransfer gaya geser antara *skin* dan *core* supaya kekuatan komposit *sandwich* terjaga. *Adhesive* yang pada umumnya digunakan adalah resin yang dicampur hardener untuk mengeraskan resin tersebut.

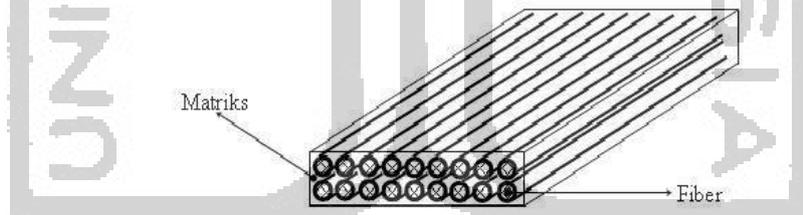
2.2.7 Klasifikasi Komposit

Komposit diklasifikasikan menjadi empat bagian berdasarkan struktur dan bentuknya (Jones, 1975).

1. *Fibrous Composite* (Komposit Serat)

Fibrous composite merupakan jenis komposit yang terdiri satu lapisan menggunakan penguat berupa fiber atau serat. Jenis fiber tersebut dapat berupa *aramid fiber (poly aramide)*, *carbon fiber*, *glass fiber*, dan lainnya yang dalam mengaplikasikan fiber tersebut dapat disusun acak, dengan orientasi tertentu, atau dapat juga dalam bentuk yang kompleks seperti anyaman. Jenis komposit serat ini merupakan bahan komposit serat yang sering digunakan, karena mempunyai banyak keunggulan.

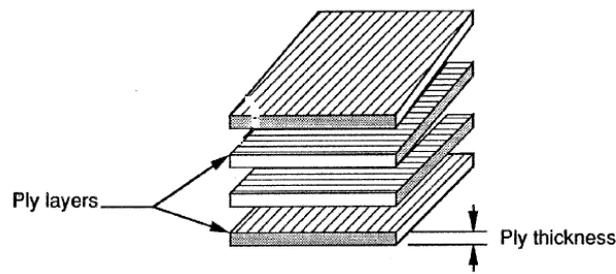
Bahan komposit serat tersusun dari serat-serat yang diikat matriks yang saling berhubungan dan dibedakan menjadi dua macam yakni serat pendek (*short fiber* atau *whisker*) dan serat panjang (*continuous fiber*). Bahan komposit serat akan kaku dan kuat jika diberi beban searah dengan serat dan akan lemah jika diberi beban dengan arah yang tegak lurus dengan serat, sehingga bahan komposit ini efisien dalam menerima gaya dan beban. Komposit serat tersusun atas bahan penguat dan matriks yang berperan sebagai bahan pengikat, pengisi volume, serta pelindung serat yang berfungsi dalam mendistribusikan beban gaya pada serat (Schwartz, 1984). Serat dapat menentukan karakteristik suatu komposit seperti kekuatan, keuletan, kekakuan dan sifat mekanik lainnya (Jones, 1975)



Gambar 2.5 *Fiber Composite*

2. *Laminated Composite* (Komposit Laminat)

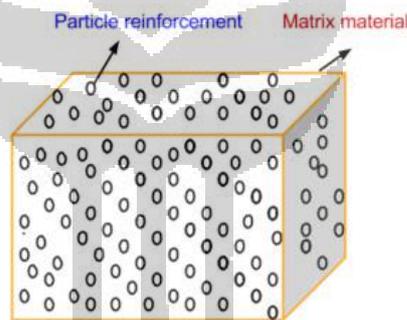
Laminated composite adalah salah satu jenis komposit yang terdiri dua lapis atau lebih digabung menjadi satu, dimana setiap lapisannya mempunyai karakteristik tersendiri. Misalnya adalah *polywood*, merupakan *laminated glass* yang sering digunakan untuk bahan bangunan.



Gambar 2.6 *Laminated Composite*

3. *Particulate Composite* (Komposit partikel)

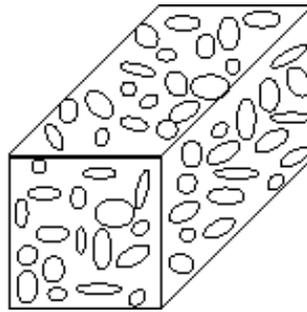
Particulate composite merupakan komposit dengan bentuk yang bermacam-macam seperti kubik, bulat, tetragonal, atau dapat juga berbentuk acak tidak beraturan, namun pada umumnya mempunyai dimensi sama. Komposit ini tersusun atas partikel-partikel seperti pasir dan batu yang diperkuat oleh semen dan mempunyai keunggulan tahan terhap aus, daya pengikat dengan matriks yang baik, dan tidak mudah retak.



Gambar 2.7 *Particulate Composite*

4. *Flake Composite* (Komposit Serpih)

Flake composite merupakan jenis komposit yang tersusun atas serpihan-serpihan yang ditambahkan dalam matriks, dimana serpihan tersebut berfungsi untuk bahan pengikat permukaan komposit. Komposit serpih bersifat mempunyai bentuk yang besar dan permukaan yang datar, oleh karena itu jenis komposit ini dapat disusun rapat sehingga menghasilkan bahan pengikat yang kuat. Menurut Schwartz (1984), serpihan yang umum digunakan seperti serpihan mika, serpihan kaca (glass), dan serpihan yang terbuat dari metal



Gambar 2.8 *Flake Composite*

Berdasarkan fase matriksnya, komposit dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. *Polymer Matriks Composite (PMC)*

Polymer matriks composite atau sering disebut dengan komposit berpenguat serat (*Fibre Reinforced Polymers of Plastics*) merupakan jenis komposit dengan serat sebagai matriks. Jenis komposit ini menggunakan polimer berbahan resin yang berperan sebagai matriks dan jenis serat seperti karbon, kaca, dan aramid untuk penguatnya.

Polymer matriks composite tersusun atas resin polimer berperan sebagai pengikat dan serat berperan sebagai penguat sedang. Menurut Callister dan Rethwisch (2014), jenis bahan ini pada umumnya digunakan pada industri yang menggunakan komposit dalam jumlah yang besar pada temperatur ruangan, murah, dan mudah dibentuk.

2. *Metal Matriks Composites (MMC)*

Metal matriks composite merupakan jenis komposit dengan matriks atau bahan pengikatnya tersusun atas bahan logam dengan pengikatnya adalah logam ulet yang dapat digunakan pada temperatur yang tinggi, dan jenis komposit ini memiliki keunggulan yakni kekuatan dan ketahanan terhadap aus, abrasi, dan laju mulur, serta konduktivitas termal dan ukurannya stabil.

Jenis komposit dengan pengikat logam ini lebih memiliki kelebihan dibandingkan jenis komposit dengan pengikat polimer. Kelebihan tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Tahan terhadap degradasi yang ditimbulkan oleh cairan organik
- b. Tidak mudah terbakar

- c. Dapat digunakan pada temperatur yang tinggi

Keunggulan selain yang disebutkan di atas, menurut Callister dan Rethwisch (2014) bahwa jenis komposit logam lebih mahal dibandingkan komposit dengan pengikat polimer, sehingga jenis komposit logam menjadi terbatas dalam penggunaannya.

3. *Ceramic Matrix Composites (CMC)*

Ceramic matrix composite merupakan jenis komposit yang tersusun dari bahan keramik yang bersifat sangat ulet jika teroksidasi dan menurun jika temperatur tidak stabil. Akan tetapi bahan keramik memiliki keunggulan yaitu sulit retak karena sifatnya getas, sehingga dapat dijadikan alternatif penggunaan yang membutuhkan ketegangan berat dan temperatur tinggi, pada umumnya cocok untuk komponen pesawat terbang dan mobil (Callister dan Rethwisch, 2014). Berikut ini merupakan beberapa kelebihan dari material keramik:

- a. Karakteristik permukaan tahan aus
- b. Memiliki nilai modulus *young (stiffness)* yang tinggi
- c. Unsur kimia yang stabil pada temperatur tinggi

Disamping memiliki kelebihan, material keramik juga memiliki kelemahan diantaranya adalah biaya produksi yang relatif mahal, sulit diproduksi secara massal, dan tidak efektif untuk digunakan.

2.2.8 Serat Gelas

Serat gelas berkarakteristik berbeda satu sama lain, sehingga dalam penggunaannya disesuaikan dengan karakteristik yang dimilikinya. Serat mempunyai keunggulan pada perbandingan antara harga dan *performance*-nya, dimana biaya produksi rendah dan proses produksi. Pada umumnya serat gelas digunakan pada industri otomotif seperti pada panel *body* kendaraan (Gugun, 2017). Serat gelas dibuat dari lime, magnesia, silica, alumina, dan lainnya.

Klasifikasi jenis serat gelas antara lain C-Glass, S-Glass, dan E-Glass, yang masing-masing jenis tersebut memiliki karakteristik berbeda yang ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Sifat-sifat Serat Gelas

No.	Jenis Serat		
	C-Glass	E-Glass	S-Glass
1.	Tahan korosi	Isolator yang baik	Modulus lebih tinggi
2.	Kekuatan lebih rendah dari E-Glass	Kekuatan tinggi	Lebih tahan terhadap
3.	Harga lebih mahal dari E-Glass	Modulus elastisitas rendah	Harga lebih mahal dari E-Glass

Menurut Santoso (2002) serat gelas dibedakan beberapa macam berdasarkan bentuknya, diantaranya adalah sebagai berikut:

a. *Roving*

Roving merupakan jenis serat gelas berupa benang panjang yang digulung menjadi silinder.



Gambar 2.9 Serat *Glass Roving*

b. *Chopped Strand*

Chopped strand merupakan jenis serat gelas berupa potongan-potongan dengan ukuran tertentu yang digabung menjadi satu ikatan.



Gambar 2.10 Serat *Glass Chopped Strand*

c. *Woven Fabric*

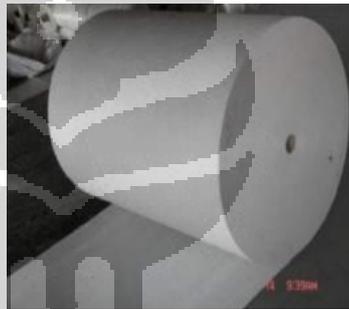
Woven fabric merupakan jenis serat gelas berupa serat yang dianyam.



Gambar 2.11 Serat Glass Woven Fabric

d. *Reinforcing Material*

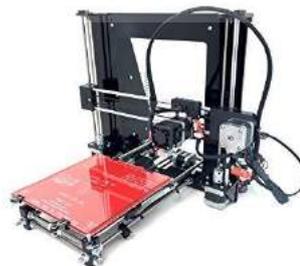
Reinforcing material merupakan jenis serat gelas berupa lembaran *continuous strand* dan *chopped strand* yang tersusun acak.



Gambar 2.12 Serat Glass Reinforcing Material

2.2.9 3D Printing

Tahun 1984 Charles Hull menciptakan teori stereo lithography yang merupakan proses pencetakan yang membuat objek 3D berdasarkan data digital. Menurut Tyagi (2018) 3D printing merupakan teknologi manufaktur aditif berupa mesin yang akan membuat benda dengan bentuk tiga dimensi, dimana cara membuat atau prosesnya dengan meletakkan lapisan material secara berturut-turut



Gambar 2.13 Mesin 3D Printing

2.2.10 *Polylactic Acid (PLA)*

Polylactic Acid (PLA) merupakan jenis dari *polyester* alifatik yang dapat diperoleh dari asam laktat yang sumbernya terbarukan seperti selulosa, gliserin sisa biodiesel, pati-patian, dan gula. Menurut Averous (2008) harga *polylactic acid* relatif lebih murah dan mempunyai sifat yang baik untuk membuat produk.



Gambar 2.14 *Polylactic Acid*

2.2.11 *Software Cura*

Menurut Ultimaker (2015) *cura* merupakan *software* yang digunakan untuk mendesain dengan metode desain membuat lapisan per lapisan (*slicing*) sehingga menghasilkan *g-code* yang akan dibuat menggunakan mesin *3D printing*. Pengaturan yang digunakan dalam *software cura* diantaranya adalah sebagai berikut:

1. *Wall Thickness*
Mengatur ketebalan dinding luar lapisan dengan arah horizontal
2. *Diameter*
Mengatur diameter bahan
3. *Layer Height*
Mengatur tinggi setiap lapisan
4. *Support*
Memberikan benda bantuan pada produk yang dibuat oleh mesin *3D printing*
5. *Print Speed*
Mengatur kecepatan keluarnya bahan yang digunakan mesin *3D printing*
6. *Infill Density*
Mengatur kerapatan

7. *Printing Temperature*

Digunakan untuk mengatur suhu dalam proses *printing*

8. *Travel Speed*

Mengatur kecepatan pergerakan proses *3D printing*

2.2.12 Rapid Prototyping

Rapid Prototyping merupakan metode yang digunakan dalam pembuatan model skala prototipe mulai dari *part* atau rakitan produk (*assembly*) secara cepat menggunakan data *Computer Aided Design* (CAD) tiga dimensi. Metode ini ditemukan pada tahun 1986 di California. Seiring perkembangan setelah ditemukan metode *rapid prototyping*, berbagai macam metode lain ditemukan untuk pembuatan prototipe secara cepat (Susilo, A., dan Widyanto, 2007).

