

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Umum

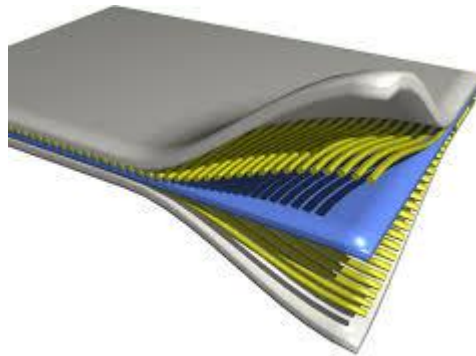
Komposit adalah salah satu bahan yang merupakan gabungan atau campuran dari dua material atau lebih dari skala makroskopis untuk membentuk material ketiga yang lebih bermanfaat (Surdia dan Saito, 1999).

Komposit dan *alloy* memiliki perbedaan dari cara penggabungannya yaitu apabila komposit digabung secara makroskopis sehingga masih kelihatan serat maupun matriknya (komposit serat) sedangkan pada *alloy* paduan digabung secara mikroskopis sehingga tidak lagi kelihatan unsur-unsur pendukungnya (Jones, 1975).

Komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu :

1. Penguat (*reinforcement*), yang mempunyai sifat kurang *ductile* tetapi lebih rigid serta lebih kuat.
2. Matrik, umumnya lebih *ductile* tetapi mempunyai kekuatan dan *rigiditas* yang lebih rendah.

Komposit matrik polimer dan komposit matrik karbon (umumnya ditunjukkan sebagai komposit karbon-karbon). Komposit matrik karbon sebenarnya dibentuk dari komposit matrik polimer melalui pemasukan langkah ekstra dari kombinasi dan densifikasi matrik polimer asal. Kelompok kedua merujuk pada bentuk penguatnya, misalnya penguat serbuk, penguat *whisker*, serat memanjang, komposit tenunan. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1 serat atau serbuk penguat bisa dalam bentuk serbuk jika dari semua dimensinya secara kasar sama.



Gambar 2. 1 Contoh lapisan pada komposit

Sumber : Hendy Rianto (2017)

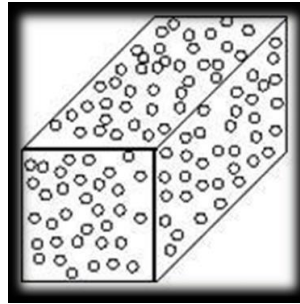
Material komposit dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu :

1. Klasifikasi komposit
 - a. Klasifikasi berdasarkan matriks menurut Hendy Rianto (2017) :
 - MMC : *Metal Matriks Composite* (menggunakan matriks logam).
 - CMC : *Ceramic Matriks Composite* (menggunakan matriks keramik).
 - PMC : *Polymer Matriks Composites* (menggunakan matriks polymer).

Matriks yang paling umum digunakan pada material komposit, karena memiliki sifat yang lebih tahan karat, korosii dan lebih ringan. Matriks polimer terbagi menjadi 2, yaitu termoset dan termoplastik. Perbedaannya polymer termoset tidak dapat di daur ulang sedangkan termoplastik dapat di daur ulang sehingga lebih banyak digunakan belakangan ini. Jenis-jenis termoplastik yang biasa digunakan yaitu : *polypropylene* (PP), *polystyrene* (PS), *polyethylene* (PE), dll.

- b. Klarifikasi berdasarkan struktur

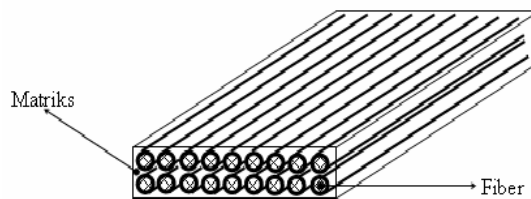
Particulate Composite Materials (komposit partikel) merupakan jenis komposit yang menggunakan partikel/butiran sebagai *filler*. Gambar komposit partikel dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah.



Gambar 2. 2 Komposit partikel

Sumber : Hendy Rianto (2017)

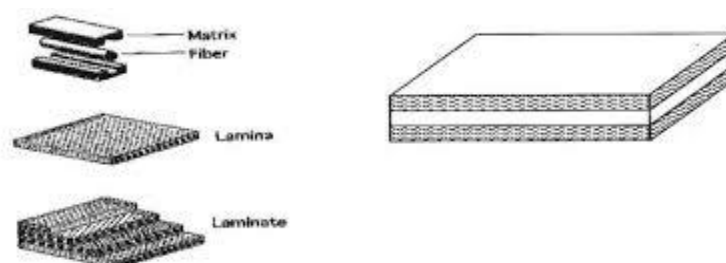
Fibrous Composites Material (komposit serat) terdiri dari dua komponen penyusun yaitu matriks dan serat. Gambar komposit serat dapat dilihat pada Gambar 2.3 di bawah.



Gambar 2. 3 Komposit serat

Sumber : Hendy Rianto (2017)

Structural Composites Materials (komposit berlapis) terdiri dari sekurang-kurangnya dua material berbrda yang direkatkan bersama-sama. Proses pelapisan dilakukan dengan mengkombinasikan aspek terbaik dari masing-masing lapisan untuk memperoleh bahan yang berguna. Gambar komposit berlapis dapat dilihat pada gambar 2.4 di bawah.



Gambar 2. 4 Komposit berlapis

Sumber : Hendy Rianto (2017)

2. Tipe Arah Serat pada Material Komposit

Untuk memperoleh komposit yang kuat harus dapat memanfaatkan serat dengan benar. Berdasarkan penempatannya, ada beberapa tipe arah serat pada komposit (Romadhona Ilham, 2018) :

a. *Continuous fiber composite*

Continuous fiber composite mempunyai susunan serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriksnya. Jenis arah serat ini paling sering digunakan. Tipe ini mempunyai kelemahan pada pemisahan antar lapisan. Hal ini dikarenakan kekuatan antar lapisan dipengaruhi oleh matriksnya.

b. *Woven fiber composite*

Arah serat komposit tipe ini tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya juga mengikat antar lapisan. Akan tetapi susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan akan melemah.

c. *Discontinuous fiber composite*

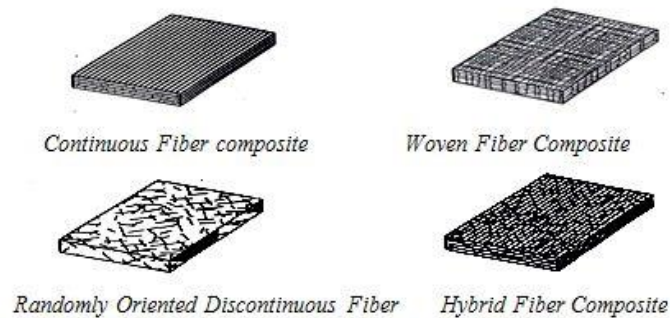
Discontinuous fiber composite adalah tipe komposit dengan serat pendek. Tipe ini dibedakan lagi menjadi 3 (Gibson, 1994, dalam Romadhona Ilham, 2018) :

- *Aligned discontinuous fiber*
- *Off-axis aligned discontinuous fiber*
- *Randomly oriented discontinuous fiber*

Tipe acak sering digunakan pada produksi dengan volume besar karena factor biaya manufakturnya yang lebih murah. Kekurangan dari jenis serat acak adalah sifat mekanik yang masih dibawah dari penguatan dengan serat lurus pada jenis serat yang sama

d. *Hybrid fiber composite*

Tipe arah serat komposit ini merupakan gabungan antara tipe serat lurus dengan serat acak. Cara ini digunakan untuk mengantisipasi kekurangan dari kedua tipe arah serat tersebut. Gambar komposit tipe arah serat komposit dapat dilihat pada gambar 2.5 di bawah.



Gambar 2. 5 Macam arah serat komposit

Sumber : Romadhona Ilham (2018)

Kelebihan dan kekurangan dari material komposit menurut Anhar Pulungan Muhammad (2017) yaitu :

Kelebihan komposit

- a. Komposit tidak sekedar memiliki sifat yang berbeda dari material penyusunnya, namun komposit dapat menjadi material yang jauh lebih baik dari material penyusunnya.
- b. Komposit dapat dirancang sesuai kebutuhan.
- c. Komposit dapat dirancang menjadi sangat kuat dan kaku dengan berat cukup ringan dan bahkan sangat ringan.
- d. Rasio perbandingan kekuatan dengan berat serta kekakuan dengan berat beberapa kali lebih baik dibandingkan baja dan aluminium. Oleh karena itu komposit cocok bila digunakan pada bidang pesawat terbang dan olahraga.
- e. Sifat fatigue dan keuletan dari komposit secara umum lebih baik dibandingkan dengan logam teknik.
- f. Komposit dapat dirancang agar tidak mudah berkarat.
- g. Material komposit memungkinkan kita memperoleh sifat yang tidak dapat dicapai oleh logam, keramik, dan polimer.
- h. Komposit memungkinkan kita merancang material dengan penampilan luar yang menarik.

Kelemahan Komposit :

- a. Banyak komposit yang bersifat anisotropik, dimana terjadi perbedaan sifat yang tergantung pada arah komposit diukur.

- b. Banyak komposit berbasis polimer yang menjadi objek serangan bahan kimia atau bahan pelarut dan polimer rentan terkena serangan bahan kimia.
- c. Secara umum material komposit itu mahal.
- d. Proses pembentukan dan pembuatan material komposit yang lambat.

2.2 Penyusun Komposit

Komposit berbeda dengan paduan, untuk menghindari kesalahan pengertian antara masing-masing dapat dijelaskan sebagai berikut (Hartomo, 1992). :

- a. Paduan adalah kombinasi antara dua bahan atau lebih dimana antara bahan tersebut terjadi peleburan pada umumnya paduan terdiri antara campuran logam dengan logam.
- b. Komposit adalah kombinasi terekayasa dari dua bahan atau lebih dengan perwujudan aneka sifat yang dikehendaki dilakukan secara kombinasi sistematis dalam kandungan kandungannya yang mungkin amat berbeda tersebut.
- c. Definisi lain yaitu komposisi merupakan rangkaian dua atau lebih bahan yang digabung menjadi satu bahan secara mikroskopis dimana bahan pembentuknya masih terlihat seperti aslinya dan memiliki hubungan kerja diantaranya sehingga mampu menampilkan sifat- sifat yang diinginkan.

Unsur penyusun bahan komposit terdiri dari dua unsur, yaitu serat dan bahan pengikat serat yang disebut matrik.

2.3 Serat

Salah satu unsur penyusun bahan komposit adalah serat. Serat inilah yang terutama menentukan karakteristik bahan komposit, seperti kekakuan, serta sifat-sifat mekanik lainnya. Serat inilah yang menahan sebagian besar gaya-gaya yang bekerja pada bahan komposit . (Wikipedia, Serat. 2019).

Banyak jenis serat, baik serat alam maupun serat sintetis. Serat alam yang utama adalah kapas, wol, sutera dan rami. Sedangkan serat sintetis adalah rayon, polyester, akril, dan nilon. Masih banyak serat lainnya dibuat untuk memenuhi keperluan, sedangkan yang disebut di atas adalah jenis yang paling banyak

dikenal. Secara garis besar dapat disebutkan bahwa serat alam adalah kelompok serat yang dihasilkan dari tumbuhan, binatang dan mineral. Penggunaan serat alam di industri tekstil dan kertas secara luas tersedia dalam bentukserat sutera, kapas, kapuk, rami kasar, goni, rami halus dan serat daun.

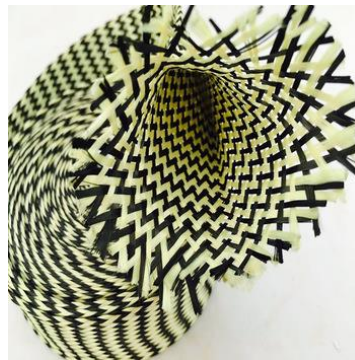
Komposit dengan penguat serat (*fibrous composite*) sangat efektif, karena bahan dalam bentuk serat jauh lebih kuat dan kaku dibanding bahan yang sama dalam bentuk padat. Kekuatan serat terletak pada ukurannya yang sangat kecil, kadang-kadang dalam orde mikron. Ukuran yang kecil tersebut menghilangkan cacat-cacat dan ketidak sempurnaan kristal yang biasa terdapat pada bahan berbentuk padatan besar, sehingga serat menyerupai kristal tunggal yang tanpa cacat, dengan demikian kekuatannya sangat besar. Dari berbagai jenis serat yang ada, dalam penelitian ini penulis memilih serat sintetis terbaik yaitu serat karbon kevlar dan serat alam yaitu serat rami dan serat Agave. Berikut ini penjelesan detail mengenai tiga jenis serat tersebut :

a. Karbon kevlar

Serat karbon adalah serat sintetis yang dibuat oleh manusia yang bukan dari alam. Jenis material yang satu ini punya beberapa karakteristik tertentu yang dipengaruhi oleh beberapa factor. Salah satunya adalah alur atau arah serat karbon, yang membuat serat karbon maupun beragam jenis material komposit lainnya disebut pula dengan istilah material anisotropic. Artinya, arah dan bentuk serat penyusunnya sangat memengaruhi karakteristik material (Fachur Sad, 2019). Dari pengembangan serat karbon tersebut didapat serat baru yang sifatnya lebih baik, yaitu serat karbon kevlar. Dalam Septyawan Dwi (2010) menerangkan serat Kevlar adalah merek dagang yang inisiatif dari DuPont. Aramid (Kevlar) adalah suatu material yang ditemukan tahun 1964, oleh Stephanie Kwolek, seorang ahli kimia berkebangsaan Amerika, yang bekerja sebagai peneliti di perusahaan DuPont.

Aramid adalah kependekan dari kata *aromatic polyamide*. Aramid memiliki struktur yang kuat, a lot (*acid*) dan basa (*leach*), dan selain itu dapat menahan panas hingga 370°C, sehingga tidak mudah terbakar. Karena sifatnya yang demikian, aramid juga digunakan di bidang pesawat terbang, tank, dan atariksa

(roket). Produk yang dipasarkan dikenal dengan nama Kevlar. Kevlar memiliki berat yang ringan, tetapi 5 kali lebih kuat dibandingkan besi. Gambar serat karbon Kevlar dapat dilihat pada gambar 2.6 di bawah.



Gambar 2.6 karbon Kevlar

Satu lapis Kevlar tebalnya 0,25 mm. dibandingkan dengan serat karbon biasa, serat Kevlar termasuk kelompok serat poliarnida yang mempunyai berat jenis 1,44 gr/cc dan mempunyai kekuatan tarik (*tensile strenght*) kurang lebih 3620 MPa. Polimer Kevlar mempunyai gugus amida dan oksigen secara beraturan sehingga dapat menciptakan ikatan-ikatan hydrogen yang teratur. Data perbandingan serat fisik serat karbon biasanya dengan serat karbon Kevlar dapat dilihat pada tabel 2.1 dan 2.2 di bawah.

Tabel 2. 1 Sifat fisik karbon biasa

Physical Properties	Metric	English
Density	1.79 gr/cc	0.0647 lb/in ³
Mechanical Properties	Metric	English
Tensile Strength, Ultimate	3300 MPa	478500 psi
Elongation at Break	1.8%	1.8%
Modulus of Elasticity	228 GPa	33100 ksi

Sumber: ASM (aerospace Specification Metal, inc) dalam Ilham Romadhona.(2018)

Tabel 2. 2Spesifikasi serat karbon Kevlar

Physical Properties	Metric	English
Density	1.44 gr/cc	0.0031 lb/in ³
Mechanical Properties	Metric	English
Tensile Strength, Ultimate	3620 MPa	524900 psi

Elongation at Break	1.7%	1.7%
Modulus of Elasticity	186 GPa	26970 ksi

Sumber : Septyawan Dwi (2010)

b. Serat Rami

Serat rami merupakan serat alam yang berasal dari batang tanaman *Boehmeria Nivea* atau sering disebut dengan tanaman rami. Serat rami merupakan serat yang memiliki morfologi paling putih dibandingkan serat-serat batang lainnya. Hal ini dikarenakan kandungan lignin dalam rami paling sedikit diantara serat-serat batang lainnya. Serat rami diambil dari batang tanaman rami setelah terlebih dahulu mengalami proses pemisahan serat dari batang yang disebut dengan proses dikortisasi. Proses dikortisasi adalah memukul mukul batang tanaman dengan pemukul kayu sehingga serat mudah dipisahkan dari batang tanaman selanjutnya serat dipisahkan dari batang tanaman dengan cara dikerok memakai pisau tumpul. Komposisi dari serat rami adalah Selulosa 75%, Hemo selulosa 16%, Pektin 2%, Lignin 0,7%, Lilin dan Lemak 0,3%, dan zat terlarut dalam air 6%. Rami merupakan serat batang yang memiliki susunan selulosa sehingga sifat-sifat rami mirip dengan sifat serat selulosa yang lainnya. Serat rami rusak dalam asam sulfat 70% dan menggelembung dalam larutan alkali. Morfologi serat rami mirip dengan serat kapas dengan ukuran lumen yang lebih besar daripada serat kapas, tetapi penampang memanjang serat rami tidak terdapat pilinan seperti halnya serat kapas (Alif Basharudin. 2019).



Gambar 2.7 Serat rami

Tabel 2.3 Karakteristik fisika dan kimia serat rami

Karakteristik	Rami	kapas	hemp	flax
<i>Average ultimate fiber length (mm)</i>	120-150	20-30	15-25	13-14
<i>Average ultimate fiber diameter (μ)</i>	40-60	14-16	15-30	17-20
<i>Tensile strength (kg/mm^2)</i>	95	45	83	78
<i>Moisture regain (%)</i>	12	8	12	12

<i>Cellulose</i>	72-97°	88-96	67-78	64-84
<i>Lignin</i>	1-0	0	6-4	5-1
<i>Hemocellulose, pectin, etc</i>	27-3	12-4	27-18	31-14

Sumber : Alif Basharudin 2019

Nilai kekuatan tarik serat rami berada pada kisaran 95 kg/mm² atau setara dengan 931 MPa. Secara kimia rami diklasifikasikan ke dalam jenis serat selulosa sama halnya seperti kapas, lenin, hemo dan lain-lain. rami memiliki sejumlah keunggulan yang membedakannya dengan serat batang lainnya. Rami memiliki kompatibilitas yang baik dengan seluruh jenis serat baik serat alam maupun sintetis sehingga mudah untuk dicampur dengan jenis serat apapun. Jika dibandingkan dengan kapas, flax, dan hemp, maka rami memiliki kekuatan yang paling tinggi. Marsyahyo, dkk memanfaatkan keunggulan kekuatan serat rami untuk membuat komposit serat rami. Dimensi serat rami tidak berubah pada kenaikan kelembaban hingga 25%. Daya serap terhadap airnya terbilang tinggi, yaitu 12% sedangkan daya serap kapas hanya 8%. Rami juga memiliki ketahanan yang baik terhadap serangan bakteri, jamur, serangga dan pelapukan, stabilitas dimensi tinggi, serta ketahanan luntur warna yang baik terhadap sinar dan pencucian.

c. Serat Agave

Serat Agave adalah serat yang diolah dari daun tanaman Agave. Agave adalah tanaman monokotil asli dari kawasan Amerika Tengah dan Meksiko dan kini dibudidayakan di kawasan tropis lainnya seperti Malaysia, Kenya, Indonesia dan lain sebagainya. Tanaman ini tumbuh baik di daerah beriklim panas dan lembab, dengan suhu 15-30°C. Tanaman ini juga tahan terhadap kekeringan. Saat ini, serat Agave juga dikembangkan sebagai bahan tali kapal dan penguat pada material komposit dikarenakan sifat elastis dan kekuatannya yang baik (Kusumawati,2009).



Gambar 2. 8 Serat Agave

Tabel 2. 4 Mechanical Properties serat agave

Densitas (kg/m ³)	Moisture Content (%)	Kekuatan Tarik (MPa)	Modulus (GPa)	Maximum Strain (%)	Diameter (μm)
1450	11	604	9.4-15.8	-	50-200
1450	-	530-640	9.4-22	3.7	50-300
1450	-	400-700	7-13	4-9	-
1030	-	500-600	16-21	3.6-5.1	-
1410	-	400-700	9-20	5-14	100-300
1400	-	450-700	7-13	4-9	-

Sumber: Kusumastuti, 2009

2.4 Epoxy

Menurut Anhar Pulungan Muhamad (2017) epoksi didapatkan dengan proses curing (*cross-linking*) secara kimiawi dengan amina, anhidrida, fenol, asam karboksilik, dan alkohol. Epoxy merupakan resin cair yang mengandung beberapa grup epoksida seperti *diglycidyl ether of bisphenol A* (DGEBA) yang memiliki dua grup epoksida. Proses curing dilakukan dengan cara menambahkan *curing agent*, misalnya *diethylene triamine* (DELTA) selama proses curing molekul-molekul DGEBA akan membentuk ikatan cross-link. Ikatan ini akan menghasilkan bentuk tiga dimensi yang disebut network dan akhirnya membentuk epoxy padat.

Epoxy merupakan salah satu polimer termoset yang merupakan material serba guna yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Epoxy banyak

digunakan dalam industry penerbangan maupun digunakan untuk peralatan olahraga. Ada berbagai jenis dan grade, sehingga bisa disesuaikan untuk aplikasinya. Adapun beberapa kelebihan dari *epoxy* antara lain :

- a. Penyusutan material rendah
- b. Sifat adhesif material baik
- c. Ketahanan kimia material yang baik
- d. *Epoxy* dapat diformulasikan dengan material lain maupun *epoxy* jenis lain untuk mendapatkan sifat sesuai dengan keinginan.

2.5 Pengisi (*Filler*)

Pengisi adalah bahan yang banyak digunakan untuk ditambahkan pada bahan polimer untuk meningkatkan sifat-sifatnya dan pemerosesan untuk mengurangi ongkos produksi (Surdia dan Saito, 2000). Filler dalam komposit digunakan sebagai penguat matrik resin polimer. Mekanisme filler dalam meningkatkan kekuatan adalah dengan membatasi pergerakan rantai polimer. Beberapa jenis filler ditambahkan dengan alasan meningkatkan stabilitas dimensi, anti oksidan, penyerap UV dan pewarna.

2.6 Karet Silikon (*Sillicone Rubber*)

Santo Rubber (2019) menerangkan karet silikon/*silicon rubber* adalah jenis polymer sintetik yang memiliki fungsi dan kelebihan yang sangat istimewa, hal ini disebabkan karena karet silikon memiliki beberapa sifat fisik yang tidak ditemukan pada jenis polimer sintetik/karet sintetik lainnya.

Beberapa keunggulan dari bahan baku karet silikon adalah sebagai berikut (Santo Rubber, 2019):

- a. Tahan terhadap penuaan (*aging*)
- b. Tahan terhadap suhu panas hingga 250°C dan juga tahan terhadap suhu dingin.
- c. Produk yang terbuat dari karet silikon memiliki tahan goncangan/lentur dan tahan terhadap air hujan serta tidak terpengaruh oleh perendaman dalam air laut.

- d. Produk dari karet silikon dapat diformulasikan menjadi produk yang bersifat elektrik insulative atau konduktif, hal ini membuat produk dari bahan karet silikon cocok untuk dipergunakan peralatan listrik seperti pembungkus kabel.

Adapun sifat mekanik pada karet silikon menurut Xiaoya Wang dkk, 2013 dapat dilihat pada tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Kekuatan tarik dan Elongation karet silikon

Sample	Cross-linker (wt %)	Tensile strength (MPa)	The sol fraction (%)	Degree of swelling (%)
TE	10.0	0.469	5.28	338
DVP1	5.0	0.559	4.12	284
DVP2	10.0	0.799	5.24	316
DVP3	15.0	0.729	2.67	228
DVP4	20.0	0.817	4.05	243
DVP5	25.0	0.849	3.82	242
DVP6	30.0	0.618	4.03	217

Sumber: Xiaoya Wang dkk, 2013

2.7 Proses Percetakan Komposit

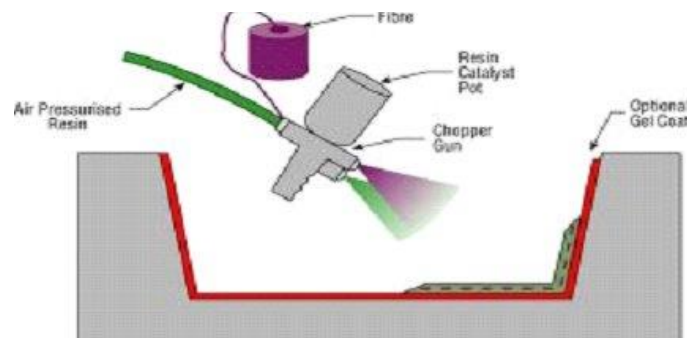
Metode Dalam Pembuatan Produk Menggunakan Material Komposit (Hadenholics, 2008):

2.7.1 Pencetakan semprot (*spray lay-up*)

Prosesnya ini adalah sebagai berikut :

Memotong serat yang akan digunakan sebagai penguat, kemudian diumpungkan kedalam penyemprot resin berkatalis secara langsung pada permukaan cetakan. Membiarkannya mengeras pada kondisi atmosfer standar.

Aplikasi : panel-panel, bodi karavan,bak mandi, sampan.

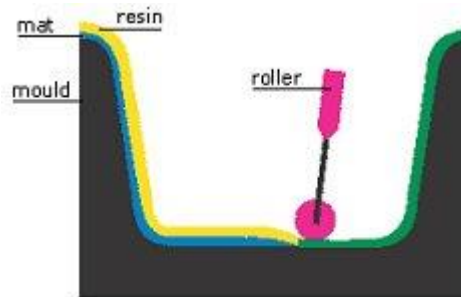


Gambar 2. 9 Proses pencetakan semprot

Sumber: Metode Dalam Pembuatan Produk Menggunakan Material Komposit (2008)

2.7.2 Pencetakan tangan (*hand lay-up*)

Proses ini dilakukan dengan cara menuang resin dengan tangan kedalam serat berbentuk anyaman, rajuan atau kain, kemudian memberi tekanan sekaligus meratakannya menggunakan rol atau kuas. Proses tersebut dilakukan berulang-ulang hingga ketebalan yang diinginkan tercapai. Membiarkannya mengeras pada kondisi atmosfer standar. Aplikasi : pembuatan kapal, bodi kendaraan, bilah turbin angin.

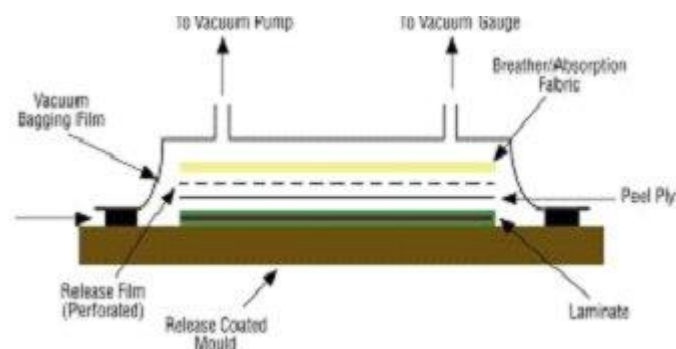


Gambar 2. 10 Proses pencetakan tangan

Sumber: Metode Dalam Pembuatan Produk Menggunakan Material Komposit (2008)

2.7.3 Pengemasan Vakum (*vacuum bagging*)

Cara yang digunakan yaitu dengan menutupi lapisan pencetakan basah dengan film plastik, udara di bawah kemasan dikeluarkan dengan pompa vakum bertekanan. Aplikasi : pembuatan kapal pesiar, komponen mobil balap.

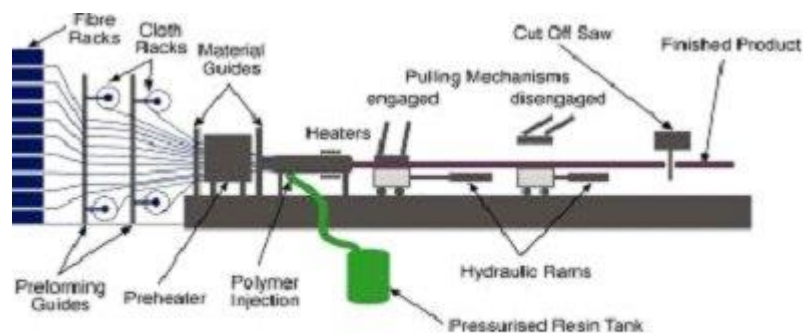


Gambar 2. 11 Proses pencetakan vakum

Sumber: Metode Dalam Pembuatan Produk Menggunakan Material Komposit (2008)

2.7.4 Proses Pultrusion

Cara ini dilakukan dengan penarikan serat dari suatu jaring atau creel melalui bak resin, kemudian dilewatkan pada cetakan yang telah dipanaskan. Fungsi dari cetakan tersebut ialah mengontrol kandungan resin, melengkapi pengisian serat, dan mengerasakan bahan menjadi bentuk akhir setelah melewati cetakan. Aplikasi : Batang digunakan pada struktur atap, jembatan.

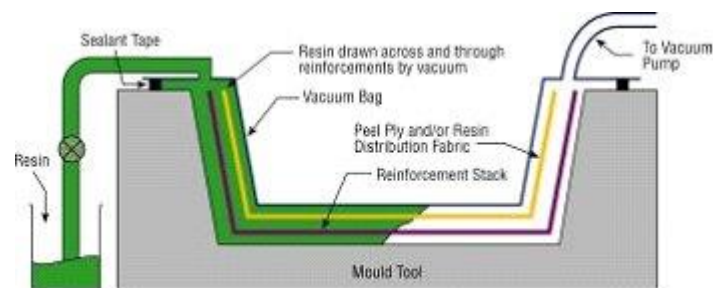


Gambar 2. 12 Proses pencetakan pultrusion

Sumber: Metode Dalam Pembuatan Produk Menggunakan Material Komposit (2008)

2.7.5 Cetakan Pemindah Resin (*Resin Transfer Moulding*)

Proses ini memerlukan penyesuaian dalam pencetakan. Dengan cara, serat penguat dipotong dan dibentuk sedemikian rupa sesuai dengan bentuk yang diinginkan kedalam cetakan. Cetakan ditutup lalu resin dan katalis disemprotkan melalui pompa kedalamnya. Ketika cetakan sudah terisi penuh dengan resin dan katalis pemompaan dihentikan, dan produk telah terbentuk.



Gambar 2. 13 Proses pencetakan pemindah resin

Sumber: Metode Dalam Pembuatan Produk Menggunakan Material Komposit (2008)

2.8 Fraksi Volume

Salah satu factor penting yang menentukan karakteristik dari komposit adalah perbandingan matrik dan penguat atau serat. Perbandingan ini dapat ditunjukkan dari fraksi volume serat (v_f) atau fraksi massa serat (W_f). Namun formulasi kekuatan komposit lebih banyak menggunakan fraksi volume serat. Jadi semakin besar fraksi volumenya semakin besar pula kekuatannya. Berikut adalah persamaan dalam menghitung fraksi volume serat (Romadhona Ilham, 2018) :

$$v_c = v_f + v_m = \frac{m_f}{p_f} + \frac{m_m}{p_m} \dots\dots\dots (1)$$

$$V_c = \frac{v_f}{v_c} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

$$W_f = \frac{m_f}{m_c} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

v_c = Volume Komposit (cm^3)

v_f = Volume Serat (cm^3)

v_m = Volume Matriks (cm^3)

m_f = Massa Serat (g)

p_f = Berat Jenis Serat (g/cm^3)

p_m = Berat Jenis Matrik (g/cm^3)

V_f = Fraksi Volume Serat (%)

W_f = Fraksi Berat Serat (%)

2.9 Teori Sifat Mekanik Komposit

Penggunaan bahan-bahan teknik secara tepat dan efisien membutuhkan pengetahuan yang luas akan sifat-sifat mekanisnya. Diantara sifat ini yang penting adalah kekuatan, elastisitas, dan kekakuan. Sifat-sifat lainnya adalah keliatan, kemamputempaan (malleability), kekerasan, daya lenting, keuletan, mulur dan kemampumesinan (machinability).

2.10 Pengujian Tarik

Pengujian tarik adalah suatu pengukuran terhadap bahan untuk mengetahui keuletan dan ketangguhan suatu bahan terhadap tegangan tertentu serta pertambahan panjang yang dialami oleh bahan tersebut. Pada uji tarik (Tensile Test) kedua ujung benda uji dijepit, salah satu ujung dihubungkan dengan perangkat penegang. Regangan diterapkan melalui kepala silang yang digerakkan motor dan alongasi benda uji, dengan pergerakan relatif dari benda uji.

Beban yang diperlukan untuk mengasilkan regangan tersebut, ditentukan dari difleksi suatu balok atau proving ring, yang diukur dengan menggunakan metode hidrolik, optik atau elektro mekanik. Uji tarik merupakan salah satu pengujian untuk mengetahui sifat-sifat suatu bahan. Dengan menarik suatu bahan kita akan segera mengetahui bagaimana bahan ini bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Alat eksperimen untuk uji tarik ini harus memiliki cengkraman yang kuat dan kekakuan yang tinggi (*highly stiff*).

Dalam pengujian tarik benda uji mengalami perlakuan tertentu yang berkaitan dengan tegangan. Secara matematik tegangan tarik dapat di tulis sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots\dots\dots (5)$$

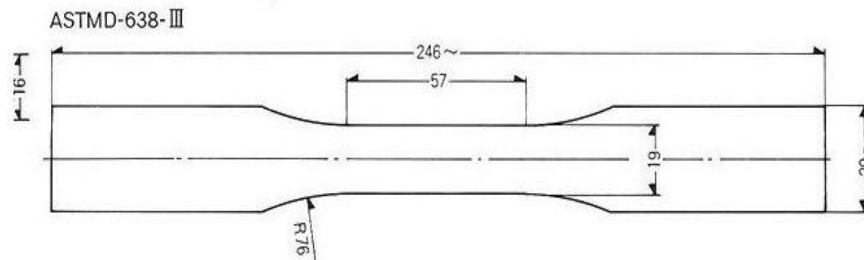
Dimana :

σ = Tegangan (N/mm²)

P = Beban Tarik (N)

A₀ = Luas penampang specimen awal (mm²)

Dalam pelaksanaan uji tarik, peneliti menggunakan standar ukuran spesimen yaitu ASTM D638 – Type III. Gambar spesimen dapat dilihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.14 Bentuk specimen ASTM D638

Sumber : Znanzhu, 2017

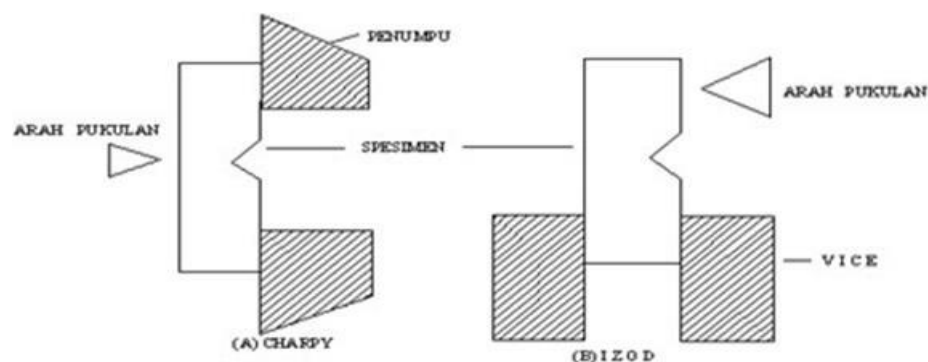
Tabel 2. 6 Standar ukuran spesimen ASTM D638 untuk tiap tipe (mm)

Size	Type I	Type II	Type III	Type IV	Type V
Full length	165	185	246	115	
Parallel length	57	57	57	33	63,5
Gauge length	50	50	50	25	-
Parallel section width, $strong_1$	13	6	19	6	7,62
Thickness, h	7 mm or less (recommend $3,2 \pm 0,4$ mm)		7 mm to 14 mm	4 mm or less	
Grip section width, $strong_2$	19	19	29	19	9,53
Distance between grips	115	135	115	65	25,4

Sumber : Znanzhu, 2017

2.11 Pengujian Impact

Pengujian impact adalah pengujian dengan menggunakan pembebanan yang cepat. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ketahanan suatu bahan terhadap beban kejut, mengingat penerapan material komposit pada skripsi ini sebagai panel rompi anti peluru yang akan menahan beban impact dari tembakan peluru. Berikut Gambar 2.20 merupakan macam metode pengujian impact(Mirfan, D. 2017)..



Gambar 2.15 Posisi kedudukan spesimen uji impact

Sumber: Mirfan, D. 2017

Dalam Hidayat Achmad. 2019 menjelaskan secara umum metode pengujian impak terdiri dari 2 jenis yaitu:

a. Metode *charpy*

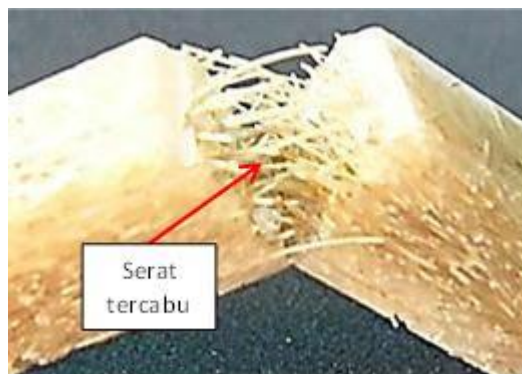
Metode *charpy* adalah pengujian impak dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi horizontal/ mendatar, dan arah pembebanan berlawanan dengan arah takikan.

b. Metode *izod*

Metode *izod* adalah pengujian impak dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi, dan arah pembebanan serah dengan arah takikan.

Setelah dilakukan pengujian impak, secara umum perpatahan impak digolongkan menjadi 3 jenis, yaitu:

- a. Perpatahan berserat (*fibrous fracture*), yang melibatkan mekanisme pergeseran bidangbidang kristal di dalam bahan (logam) yang ulet (*ductile*). Ditandai dengan permukaan patahan berserat yang berbentuk dimpel yang menyerap cahaya dan berpenampilan buram seperti pada Gambar 2.21.



Gambar 2.16 Penampakan patah berserat

Sumber: <http://docplayer.info/docs-images/92/108466103/images/70-0.jpg>

- b. Perpatahan granular/kristalin, yang dihasilkan oleh mekanisme pembelahan pada butir-butir dari bahan yang rapuh (*brittle*). Ditandai dengan permukaan patahan yang datar yang mampu memberikan daya pantul cahaya yang tinggi/mengkilat seperti Gambar 2.22.



Gambar 2. 17Penampakan patah granular

Sumber: <https://docplayer.info/docs-images/78/77445985/images/7-4.jpg>

- c. Perpatahan campuran (berserat dan *granular*). Merupakan kombinasi dua jenis perpatahan di atas.

Usaha yang dipakai untuk mematahkan bahan/material persatuan luas penampang pada bawah takikan dinamakan kekuatan impak bahan tersebut. pada pengujian impak bahan komposit serat, sebelum dilepas bandul alat uji diayunkan membentuk sudut (alfa) 45° dari sumbu tegak lurus dan setelah mematahkan spesimen, bandul akan membentuk sudut sisa tenaga ayunan bandul (beta) dari sumbu tegak lurus (Hidayat Achmad. 2019). Berikut di bawah ini persamaan yang digunakan untuk menghitung energi yang digunakan untuk mematahkan spesimen dan harga impak:

Energi yang digunakan untuk mematahkan spesimen dapat dihitung dengan rumus:

$$E = W \times R [\cos(\beta) - \cos(\alpha)] \dots \dots \dots (4)$$

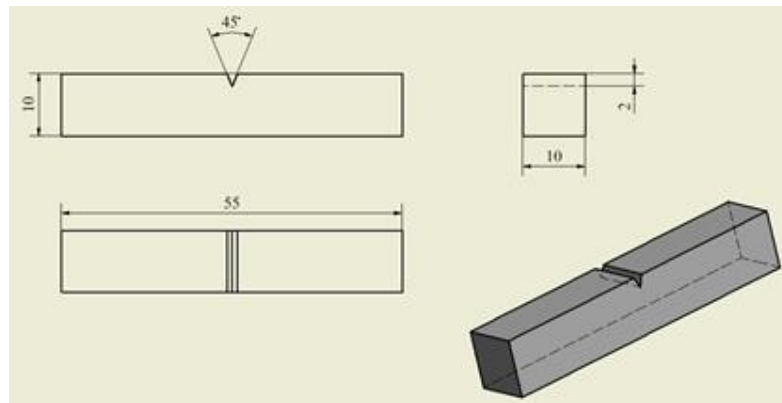
Keterangan: E : Energi impak (Joule)
W : Berat hammer (kg)
R : Panjang lengan bandul (m)
 α : Sudut awal bandul ($^\circ$)
 β : Sudut akhir bandul ($^\circ$)

Harga impak dapat dihitung dengan rumus:

$$HI = \frac{E}{A_{\theta}} \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan: HI : Harga Impak (Joule/)
 E : Energi impak (Joule)
 A° : Luas penampang di bawah takik ()

Pada penelitian ini pengujian impak yang digunakan adalah metode charpy dan spesimen uji dibuat sesuai standar ASTM D 256-00 yang desainnya dapat dilihat pada Gambar 2.23 dengan satuan dimensi milimeter.



Gambar 2. 18Disain spesimen uji impak

Sumber: Dokumentasi penulis