

BAB II LANDASAN TEORI

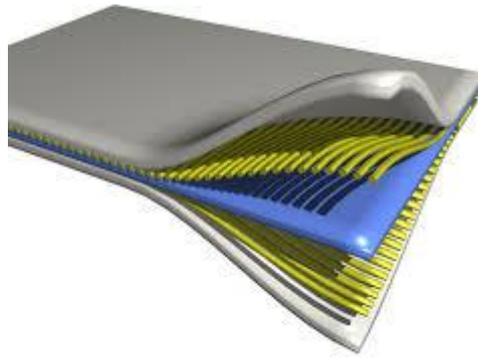
2.1 Teori Umum

Kata komposit berasal dari kata “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabungkan secara sederhana bahan komposit yang berarti bahan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan. Jadi 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. 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, 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 dan komposit tenunan.



Gambar 2.1 Contoh lapisan pada komposit

Sumber : <http://priyobaliyono.blogspot.com/2013/08/pengertian-dan-material-komposit.html>

Material komposit dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu :

1. Klasifikasi komposit

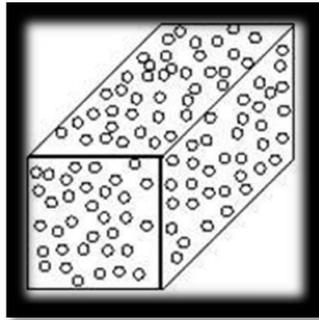
a. Klasifikasi berdasarkan matriks menurut (Hendry Rianto, 2017) :

- 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 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

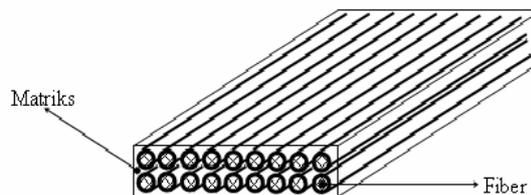
Particulate Composite Materials (komposit partikel) merupakan jenis komposit yang menggunakan partikel/butiran sebagai *filler*. Gambar komposit partikel dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Komposit partikel

Sumber : <https://docplayer.info/55521051-Karakteristik-komposit-partikel-arang-kayu-ulin-bermatrik-epoxy-sebagai-salah-satu-alternatif-pengganti-kampas-rem-dengan-fraksi-volume-25-35-45.html>

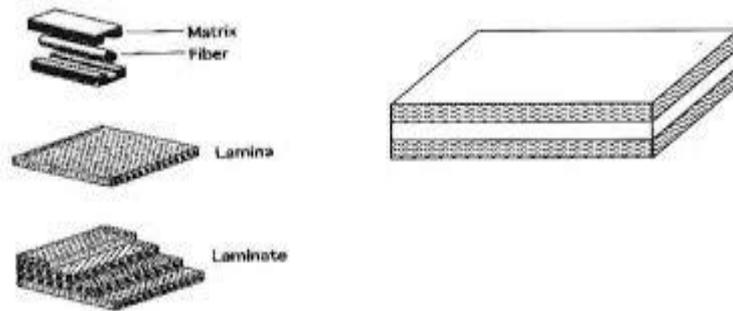
Fibrous Composites Material (komposit serat) terdiri dari dua komponen penyusun yaitu matriks dan serat. Gambar komposit serat dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Komposit serat

Sumber : <https://vinolita.blogspot.com/2013/07/komposit-serat-alam-cocofibre-pengganti.html>

Structural Composites Materials (komposit berlapis) terdiri dari sekurang-kurangnya dua material berbeda 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.



Gambar 2.4 Komposit berlapis

Sumber : <http://adenholics.blogspot.com/2008/03/komposite.html>

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. *Continous fiber composite*

Continous 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 akan mengakibatkan kekuatan dan kekakuannya melemah.

c. *Discontinous fiber composite*

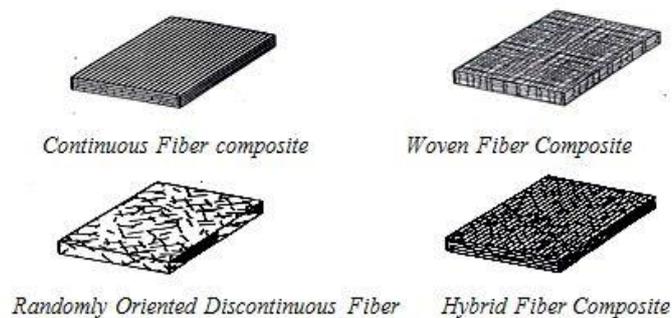
Discontinous fiber composite adalah tipe komposit dengan serat pendek. Tipe ini dibedakan lagi menjadi 3 (Gibson, 1994, dalam Romadhona Ilham, 2018) :

- *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 mekaniknya 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.



Gambar 2.5 Macam arah serat komposit

Sumber : <http://makalah-alharomain.blogspot.com/2015/12/pengertian-komposit.html>

Kelebihan dan kekurangan dari material komposit, yaitu (Dionisius Yonggi, 2019) :

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 anisotropic, 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 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 :

- 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 sangat berbeda (Hartomo, 1992).
- 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.

2.2.1 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 yang bekerja pada bahan komposit.

Ada dua jenis serat, yaitu serat alam maupun serat sintetik. Serat alam yang utama adalah kapas, wol, sutra dan rami. Sedangkan serat sintetik adalah rayon, polyester, akrilik, 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 bentuk serat sutera, kapas, kapuk, rami kasar, goni, rami halus dan serat daun.

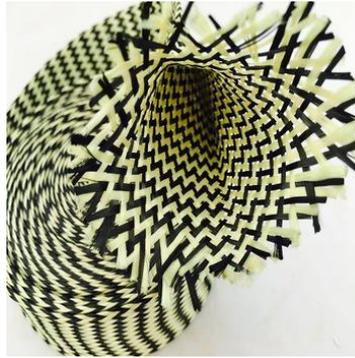
Komposit dengan penguat serat sangat efektif, karena bahan dalam bentuk serat jauh lebih kuat dan kaku dibanding bahan yang sama dalam bentuk padat. Kekuatan serat terletak pada ukurannya yang sangat kecil, kadang-kadang dalam orde mikron. Ukuran yang kecil tersebut menghilangkan cacat-cacat dan ketidak 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 sintesis terbaik yaitu serat karbon kevlar dan serat alam

yaitu serat rami dan serat kenaf. Berikut ini penjelasan detail mengenai tiga jenis serat tersebut :

a. Serat karbon

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 anisotropik. 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 karbon kevlar adalah merek dagang yang inovatif 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, alot (*acid*) dan basa (*leach*), 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 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.



Gambar 2.6 Karbon kevlar

Sumber : <https://vietnamese.alibaba.com/product-detail/high-quality-heat-resistant-carbon-kevlar-fiber-braided-sleeve-360024251.html>

Satu lapis serat karbon kevlar tebalnya 0,25 mm. Serat karbon kevlar termasuk kelompok serat poliarnida yang mempunyai berat jenis 1,44 gr/cc dan mempunyai kekuatan tarik kurang lebih 3620 MPa. Karbon kevlar mempunyai gugus amida dan oksigen secara beraturan sehingga dapat menciptakan ikatan-ikatan hydrogen yang teratur. Data sifat fisik serat karbon kevlar dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sifat fisik karbon kevlar (Septyawan Dwi, 2010)

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

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 liginin 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. Serat rami dapat dilihat pada Gambar 2.7. 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. Karakteristik fisika dan kimia serat rami dibandingkan serat selulosa lainnya dapat dilihat pada Tabel 2.2.



Gambar 2.7 Serat rami

Sumber : <http://www.bebeja.com/melirik-serat-rami/>

Tabel 2.2 Karakteristik fisika dan kimia serat rami dibandingkan serat selulosa lainnya (Evanovarini, dkk, 2010)

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 (u)</i>	40-60	14-16	15-30	17-20
<i>Tensile strength (kg/mm²)</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

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 sintesis sehingga mudah untuk dicampur dengan jenis serat apapun. Jika dibandingkan dengan kapas, flax, dan hemp, maka rami memiliki kekuatan yang paling tinggi. 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 Kenaf

Kenaf adalah tanaman serat tahunan, satu keluarga dengan kapas yang telah berhasil diproduksi di berbagai area di United State. Penggunaan tanaman kenaf secara komersial terus berlanjut dilihat dari peran historisnya

sebagai tanaman *cordage* (tali, benang dan karung) ke berbagai aplikasi barunya. Serat kenaf dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Serat kenaf

Sumber : Sumber : <https://indonesian.alibaba.com/product-detail/kenaf-fibers-132141899.html>

(Tajeddin et al, 2009) telah meneliti tentang sifat mekanik komposit serat kenaf dengan matrik LDPE. Komposit dibuat dengan menggunakan metode *compression molding*. Serat kenaf yang digunakan adalah bagian tengah yang kemudian dihaluskan dengan ukuran 0,40 mm. Fraksi berat serat yang digunakan adalah 0%, 30%, 40%, dan 50%. Hasil uji tarik menunjukkan bahwa pada fraksi berat serat 30% memiliki kekuatan mekanik yang paling tinggi yaitu sebesar ± 9 Mpa. Akan tetapi kekuatan mekanik komposit setelah diisi filler serat kenaf menurun dibandingkan dengan LDPE murni. Seiring dengan bertambahnya fraksi berat serat kenaf, maka semakin menurunkan kekuatan mekanik komposit.

2.2.2 Epoxy

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. Tabel 2.3 menunjukkan sifat material termoset.

Tabel 2.3 Sifat material termoset (Henry A, dkk, 2010)

Resin Material	Density (g/cm ³)	Tensile Modulus GPa (10 ⁶ psi)	Tensile Strenght MPa (10 ³ psi)
<i>Epoxy</i>	1.2-1.4	2.5-5.0 (0.36-0.72)	50-110 (7.2-16)
<i>Phenolic</i>	1.2-1.4	2.7-4.1 (0.4-0.6)	35-60 (5-9)
<i>Polyester</i>	1.2-1.4	1.6-4.1 (0.23-0.6)	35-95 (5.0-13.8)

2.2.3 Karet Silikon

Karet merupakan salah satu komoditas terbesar di Indonesia setelah minyak kelapa sawit, dan 85% produksinya dilakukan oleh petani kecil. Karet terdiri dari polimer senyawa organik isoprena, senyawa organik lainnya dan air. Kebanyakan karet komersial berasal dari getah pohon para karet (para *rubber tree*) atau *Hevea brasiliensis*. (Wikipedia, Silikon, 2019).

Karet dapat dibedakan menjadi 2, yaitu :

1. Karet Alam

Karet alam merupakan karet yang terbuat dari getah pohon karet. Sari yang berupa susu yang dipanaskan sampai kering untuk dibuat karet mentah. Proses selanjutnya adalah dipelastikan supaya dapat diproses dengan lebih mudah, dicampur pengisi seperti karbon hitam, zat pewarna, belerang dan dibentuk dengan tekanan. Kekenyalan karet alam dapat ditunjukkan dengan kekuatan tarik yang tinggi dan titik transisi getasnya rendah (Ismail, 2001). Warnanya agak kecoklatan, tembus cahaya, atau setengah tembus cahaya dengan berat jenis 0,91 kg – 0,94 kg. sifat mekaniknya tergantung pada derajat vulkunisasi, sehingga dapat menghasilkan banyak jenis seperti *ebonite* (karet yang keras). Penggunaan karet alam sangat luas seperti ban mobil, pengemas karet, penutup isolasi listrik, bantal, sol sepatu dan lainnya.

2. Karet Sintetis

Karet sintetis adalah setiap jenis elastomer buatan dan polimer. Elastomer adalah sebuah bahan dengan bahan mekanis yang bisa mengalami deformasi jauh lebih elastis dibawah tekanan dari bahan dan masih kembali ke ukuran sebelumnya tanpa deformasi permanen. Karet sintetis berfungsi sebagai pengganti karet alam di banyak kasus, terutama ketika sifat material perbaikan yang diperlukan (Moch Irvani A S, 2012).



Gambar 2.9 Karet silikon

Sumber : <https://www.tokopedia.com/chemika/silicone-rubber-rtv-888-1set>

Beberapa keunggulan dari bahan baku karet silikon adalah sebagai berikut (Wikipedia, Silikon. 2019) :

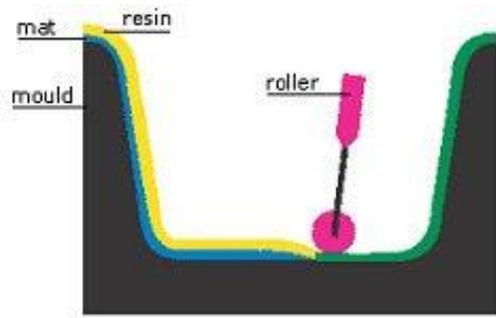
- a. Tahan terhadap penuaan.
- b. Tahan terhadap suhu panas hingga 250°C dan juga tahan terhadap suhu dingin.
- c. Produk yang terbuat dari karet silikon memiliki ketahanan terhadap air hujan serta tidak terpengaruh oleh perendaman dalam air laut. Kelebihan ini membuat banyak peralatan menyelam, seal dan gasket pada perlengkapan kapal selam atau kapal laut, perlengkapan pada pengeboran minyak lepas pantai banyak yang terbuat atau menggunakan bahan baku karet silikon.
- 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, isolasi gasket, gasket konduktif dan dipergunakan pula sebagai komponen *keyboard*.
- e. Produk dari karet silikon tidak mendukung pertumbuhan mikroorganisme, tidak berbau dan tidak berasa, tidak menyebabkan perubahan warna, korosi atau kerusakan bahan lain yang terjadi kontak sehingga produk ini sangat cocok untuk dipergunakan pada lingkungan yang bersih dan sangat ideal untuk dipergunakan untuk perangkat medis, produk ini bisa pula dikategorikan sebagai produk *foodgrade*.

2.3 Proses Pencetakan Komposit

a. Contact Molding/Hand Lay Up

Hand lay up adalah metode paling sederhana dan merupakan proses dengan metode terbuka dari proses pembuatan komposit. Adapun proses dari pembuatan metode ini adalah dengan menuangkan resin dengan menggunakan tangan ke dalam serat berbentuk anyaman atau kain. Kemudian, memberi tekanan sekaligus meratakannya dengan rol atau kuas. Proses tersebut dilakukan berulang-ulang hingga ketebalan yang diinginkan tercapai. Pada proses ini resin berkontak

langsung dengan udara dan biasanya proses pencetakan dilakukan pada temperatur kamar.



Gambar 2.10 Proses Hand Lay Up

Sumber : <http://adenholics.blogspot.com/2008/03/metode-dalam-pembuatan-produk.html>

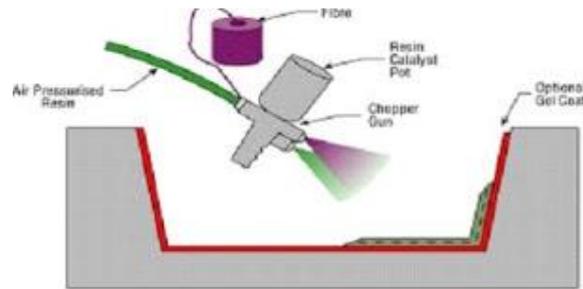
Kelebihan penggunaan metode ini, yaitu :

- Mudah dilakukan
- Cocok digunakan untuk komponen yang besar
- Volumennya rendah

Aplikasi dari pembuatan produk komposit menggunakan metode *hand lay up* ini biasanya digunakan pada material atau komponen yang sangat besar, seperti pembuatan kapal, body kendaraan, bilah turbin angin, bak mandi, dan perahu. Pada metode *hand lay up* ini resin yang paling banyak digunakan adalah polyester dan epoxy.

b. Pencetakan semprot (*Hand lay up*)

Proses pencetakan ini adalah dengan memotong serat yang akan digunakan sebagai penguat, kemudian diumpankan kedalam penyemprot resin berkatalis secara langsung pada permukaan cetakan dan memberikannya mengeras pada kondisi atmosfer standar. Metode ini biasanya diaplikasikan pada panel-panel, bodi caravan, bak mandi dan sampan.

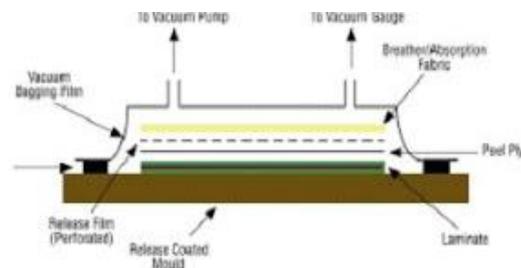


Gambar 2.11 Proses pencetakan semprot

Sumber : <http://adenholics.blogspot.com/2008/03/metode-dalam-pembuatan-produk.html>

c. Pengemasan vakum (*vacuum bagging*)

Cara yang digunakan yaitu dengan menutupi lapisan pencetakan basah dengan film plastic, udara dibawah kemasan dikeluarkan dengan pompa vakum bertekanan. Metode ini biasanya diaplikasikan untuk pembuatan kapal pesiar dan komponen mobil balap.



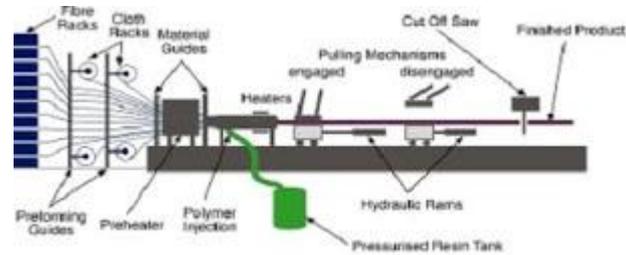
Gambar 2.12 Proses pengemasan vakum

Sumber : <http://adenholics.blogspot.com/2008/03/metode-dalam-pembuatan-produk.html>

d. Proses Pultrusion

Cara ini dilakukan dengan penarikan serat dari satu 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 mengeraskan bahan menjadi bentuk akhir setelah melewati

cetakan. Proses ini biasanya diaplikasikan pada pembuatan batang yang digunakan pada struktur atap maupun jembatan.

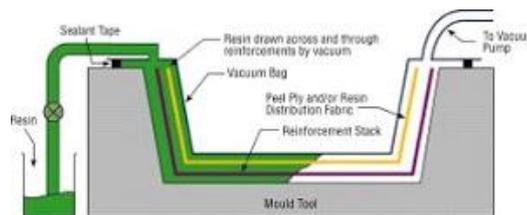


Gambar 2.13 Proses pultrusion

Sumber : <http://adenholics.blogspot.com/2008/03/metode-dalam-pembuatan-produk.html>

e. Cetakan Pemindahan Resin (*Resin Transfer Moulding*)

Proses ini memerlukan penyusunan 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 ke dalamnya. Ketika cetakan sudah terisi penuh dengan resin dan katalis pemompaan dihentikan, dan produk telah terbentuk.



Gambar 2.14 Cetakan pemindahan resin (Resin Transfer Moulding)

Sumber : <http://adenholics.blogspot.com/2008/03/metode-dalam-pembuatan-produk.html>

2.4 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 :

- a. v_c = Volume Komposit (cm^3)
- b. v_f = Volume Serat (cm^3)
- c. v_m = Volume Matriks (cm^3)
- d. m_f = Massa Serat (g)
- e. p_f = Berat Jenis Serat (g/cm^3)
- f. p_m = Berat Jenis Matrik (g/cm^3)
- g. V_f = Fraksi Volume Serat (%)
- h. W_f = Fraksi Berat Serat (%)

2.5 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, kemampu tempaan, kekerasan, daya lenting, keuletan, mulur dan kemampu mesinan.

2.5.1 Teori 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 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 menghasilkan regangan tersebut, ditentukan dari difleksi suatu balok atau proving ring, yang diukur dengan menggunakan metode hidrolis, 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 cengkaman yang kuat dan kekakuan yang tinggi.

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

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots\dots\dots (4)$$

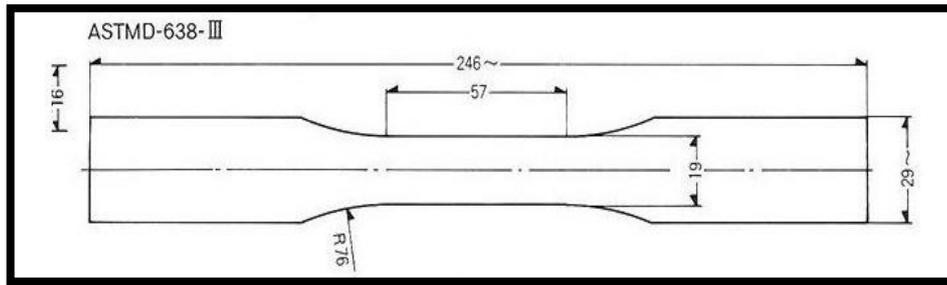
Dimana :

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 2.15.



Gambar 2.15 Bentuk specimen ASTM D638
 Sumber : Znanzhu, 2017

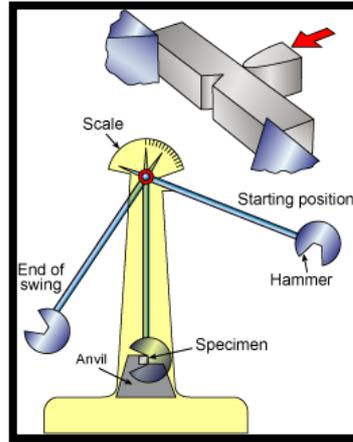
Tabel 2.4 Standar ukuran spesimen ASTM D638 untuk tiap tipe (mm) (Znanzhu, 2017)

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

2.5.2 Teori Pengujian Impact

Uji impact merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui keuletan suatu bahan atau material yang diberikan beban secara tiba-tiba. Cara kerja alat uji impact adalah dengan memukul benda yang akan diuji kekuatannya dengan pendulum yang berayun. Pendulum tersebut ditarik hingga ketinggian

tertentu lalu dilepas, sehingga pendulum tersebut memukul benda uji hingga patah (Mirfan, D. 2017).



Gambar 2.16 Pengujian Impact Metode Charpy
Sumber : Mirfan D, 2017

Usaha yang digunakan untuk mematahkan bahan atau material per satuan luas penampang pada takikan dinamakan kekuatan impact bahan tersebut. Bandul kemudian dilepaskan dengan sudut yang telah ditentukan (α) pada sumbu tegak dan setelah memutuskan spesimen mengayun sampai maksimum membuat sudut β dengan sumbu tegak.

Usaha untuk mematahkan material atau spesimen dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$E = W X R [\cos(\beta) - \cos(\alpha)] \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan :

- E : Energi (joule)
- W : Weight of hammer
- R : Panjang lengan bandul
- β : Sudut akhir bandul
- α : Sudut awal bandul

Harga impact dapat dihitung dengan rumus :

$$HI = \frac{E}{A_0} \dots\dots\dots (6)$$

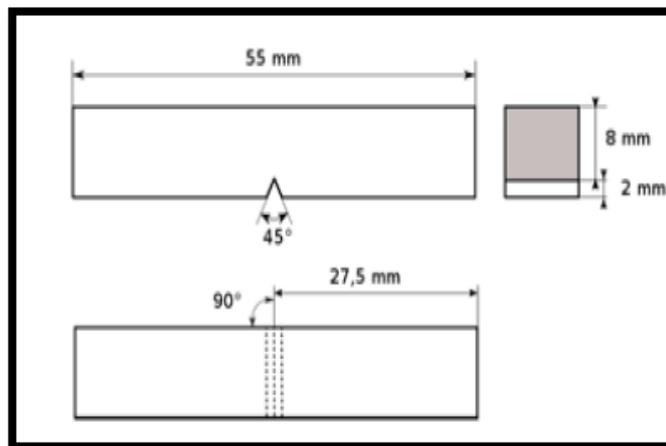
Keterangan :

HI : Harga impact (joule)

E : Energi untuk mematahkan material

A₀ : Luas penampang terkecil takik (cm²)

Dimensi untuk spesimen uji impact dapat dilihat pada gambar 2.17.



Gambar 2.17 Dimensi bahan pengujian impact ASTM D256
 Sumber : Utomo. T, Rusnoto, Samyono. D, 2016