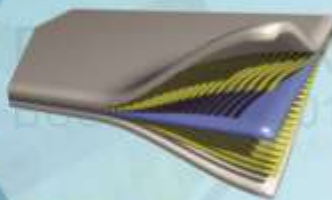
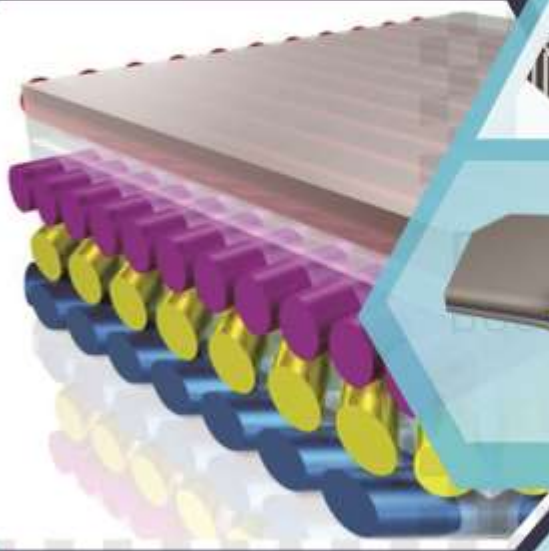


Buku Ajar Teori dan Aplikasi Material Komposit dan Polimer



PRANTASI HARMI TJAHJANTI



Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

**BUKU AJAR
TEORI DAN APLIKASI
MATERIAL KOMPOSIT
DAN POLIMER**

Disusun oleh:

Dr. PRANTASI HARMI TJAHAJANTI,S.Si.,MT



Diterbitkan oleh
UMSIDA PRESS
Jl. Mojopahit 666 B Sidoarjo

ISBN:

Copyright©2018.

Authors

All rights reserved

BUKU AJAR

**TEORI DAN APLIKASI
MATERIAL KOMPOSIT
DAN POLIMER**

Penulis :

Dr. PRANTASI HARMI TJAHAJANTIS,Si.,MT

ISBN :

Editor :

Septi Budi Sartika, M.Pd

M. Tanzil Multazam , S.H., M.Kn.

Copy Editor :

Fika Megawati, S.Pd., M.Pd.

Design Sampul dan Tata Letak :

Mochamad Nashrullah, S.Pd

Penerbit :

UMSIDA Press

Redaksi :

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Jl. Mojopahit No 666B

Sidoarjo, Jawa Timur

Cetakan pertama, Agustus 2018

© Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dengan suatu apapun
tanpa ijin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

*Assalammu'alaikum,wr,wb
Alhamdullillahirobbil'alamin,*

Penulis telah lama melakukan penelitian khususnya tentang Material Komposit. Obsesi untuk menulis buku sudah sejak lama diinginkan hingga akhirnya Buku Ajar: *Teori dan Aplikasi Material Komposit dan Polimer* dapat terbit. Buku ini merupakan buku pegangan bagi mahasiswa Fakultas Teknik, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, dan mahasiswa Politeknik pada umumnya. Pembuatan buku dimaksudkan juga untuk menambah tersedianya buku di Indonesia karena buku sejenis ini tidak banyak di dapat di Indonesia. Buku ini disusun dengan mengambil berbagai sumber referensi yang sangat bagus juga didukung oleh pengalaman penulis mengajar mata kuliah Polimer dan Komposit selama hampir 16 tahun serta dilengkapi dengan serangkaian penelitian yang dilakukan selama ini. Penulis sangat berharap agar buku ini dapat membantu mahasiswa dalam memahami, menyusun, mengembangkan pengetahuan mereka tentang teori maupun aplikasi dari material komposit.

Buku ini dimulai dengan bahasan mengenai pengertian material komposit yang didalamnya menjelaskan tentang klasifikasi material komposit dan aplikasinya serta jenis-jenis penguat (*Reinforcement*). Bahasan berikutnya akan memberikan pengetahuan yang lebih mendalam tentang teori material komposit meliputi struktur dan persamaan yang dipakai hingga pada materi akhir yaitu membahas tentang proses pembuatan material komposit serta penjelasan cukup rinci tentang teori Polimer dan aplikasinya.

Buku ini disusun tidak hanya dengan materi yang lengkap namun juga ada unsur pedagogi untuk menfokuskan pembelajaran dan mengetahui kompetensi pemahaman akan materi yang diberikan. Karena itu diberikan tujuan instruksional pada setiap awal bab dengan maksud agar materi atau pembahasan dalam tiap bab dapat tercapai.

Soal-soal juga diberikan di setiap akhir bab dengan tujuan untuk membantu pemahaman mahasiswa.

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada mahasiswa-mahasiswa bimbingan penulis yang telah membantu dalam penyusunan buku ini dengan beberapa hasil penelitiannya masuk dalam buku ini, serta membuatkan sebagian ilustrasi dan gambar. Terimakasih juga pada suamiku Imam Buchori yang memberikan sentuhan akhir pada buku ini. Penulis juga menghaturkan terimakasih kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo (UMSIDA) melalui Lembaga Pengkajian Pengembangan Pendidikan Al-Islam & Kemuhammadiyah (LP3IK) yang telah memberikan keleluasaan dan dorongan untuk terus berkarya.

Selanjutnya, apa yang telah penulis kerjakan dalam penyelesaian buku ini, tentu saja sangat dilakukan dengan teliti dan sungguh-sungguh, namun demikian untuk mencapai kesempurnaan, penulis sangat mengharap adanya saran, kritik, diskusi, koreksi ataupun sanggahan yang sifatnya membangun, dan dengan hati yang terbuka, penulis sangat mengharapkan masukan-masukan tersebut sebagai penulisan buku selanjutnya.

Akhirnya, semoga buku yang telah jadi ini dapat memberikan manfaat bagi mahasiswa dan pembaca semuanya, khususnya yang memiliki bidang yang terkait dengan buku ini. Semoga Allah SWT, selalu melimpahkan rahmat-Nya kepada kita semua.

Amin.

Wassalamu'alaikum, wr,wb
Sidoarjo, Juli 2018

Prantasi Harmi Tjahjanti
prantasiharmi@umsida.ac.id

DAFTAR ISI

Kata Pengantar

Bab 1

Material Komposit

- 1.1 Pengertian Material Komposit
- 1.2 Klasifikasi Material Komposit dan Aplikasinya
- 1.3 Jenis Penguat (*Reinforcement*) Pada Material Komposit

Soal-soal

Bab 2

Struktur dan Persamaan pada Material Komposit

- 2.1 Struktur Material Komposit
- 2.2 Persamaan Pada Penguat Serat Panjang Lurus
- 2.3 Persamaan Pada Penguat Serat Pendek
- 2.4 Persamaan Pada Penguat Acak

Soal-soal

Bab 3

Teori Anisotropik Pada Material Komposit

- 3.1 Perilaku Material Komposit Satu Arah
- 3.2 Teori Elastisitas Pada Material Anisotropik
- 3.3 Energi Regangan
- 3.4 Bidang Simetri
- 3.5 Fungsi Tegangan Pada Material Anisotropik

Soal-soal

Bab 4

Material Komposit Dengan Struktur Lamina

- 4.1 Pendahuluan Struktur Lamina
- 4.2 Persamaan Struktur Lamina Pada Material Komposit
- 4.3 Matrik Kekakuan Pada Lamina

Soal-soal

Bab 5

Proses Pembuatan dan Aplikasi Material Komposit

5.1 Pembuatan Material Komposit Berbasis Logam

5.2 Pembuatan Material Komposit Berbasis
Polimer

5.3 Pembuatan Material Komposit Berbasis
Keramik

Soal-soal

Daftar Pustaka

Indeks

BAB 1: STRUKTUR DAN PERSAMAAN MATERIAL KOMPOSIT

CAPAIAN PEMBELAJARAN

Diharapkan mahasiswa dapat mengenal, dan mengerti isi dari bab ini khususnya tentang material komposit, klasifikasi material komposit dan aplikasinya, serta jenis penguat (*reinforcement*) pada material komposit.

1.1 Pengertian Material Komposit

Komposit adalah salah satu jenis material yang ada saat ini disamping material lainnya seperti logam, polimer dan keramik. Material komposit adalah material multi fase yaitu suatu material campuran yang terbuat dari dua atau lebih jenis material, dengan pencampurannya tidak terjadi reaksi secara kimia. Sifat material komposit merupakan paduan dari sifat-sifat material penyusunnya, yaitu **matriks** dan **penguat (*reinforcement*)** atau pengisi (*filler*) dimana keduanya memiliki sifat yang berbeda. Ketentuan untuk material penguat, harus dapat menunjang/memperbaiki sifat-sifat matrik dalam membentuk material komposit.

Sifat material komposit secara umum adalah memiliki ikatan yang bervariasi dengan struktur mikro berupa matrik dan penguat. Keunggulan material ini adalah kuat, kaku, dan beratnya ringan, namun 'kelemahannya' pada harga mahal dan mengalami *delamination*. Perkembangan sekarang pada abad milenial ini, material komposit telah banyak diaplikasikan pada peralatan transportasi (darat, udara, laut), permesinan, elektronik, dan bangunan. Gambar 1.1 menunjukkan material komposit telah diaplikasikan dalam berbagai bidang.



(a)



(b)



(c)

Gambar 1.1 Material komposit:

(a) Helikopter dari CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Composite*)

(b) Sepeda ringan dari CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Composite*)

[(a) dan (b) disadur dari: <http://aeroengineering.co.id/2017/03/material-pada-pesawat-terbang/>].

(c) Ekondeck 890 dengan matriks dari baja dan penguat dari beton
[disadur dari: <http://bangunan.depo.co.id/2015/04/ekondeck-890.htm>].

1.2 Klasifikasi Material Komposit dan Aplikasinya

Matriks adalah fasa dalam material komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Matriks mempunyai fungsi untuk mentransfer tegangan ke serat, membentuk ikatan koheren, permukaan matrik/serat, melindungi serat, memisahkan serat, melepas ikatan, dan tetap stabil setelah proses manufaktur.

Berdasarkan matriks yang digunakan material komposit dapat dikelompokkan menjadi:

1. *Metal Matriks Composite (MMC atau MMC's)*

Yaitu material komposit dengan matriksnya dari logam.

MMC mulai dikembangkan sejak tahun 1996. Pada mulanya yang diteliti adalah Continous Filamen MMC yang digunakan dalam industri

penerbangan. MMC dengan matriks logam aluminum (Al) disebut dengan Aluminum Metal Matrix Composite (AMMC). AMMC yang dibuat dengan cara pengecoran disebut *Aluminum Metal Matrix Composite Cast Composite* (AMMCC). Gambar 1.2 menunjukkan aplikasi AMMC diterapkan dalam bidang otomotif.



(a)

(b)

Gambar 1.2

(a) Silinder blok dari MMC dengan matriks aluminum memiliki keunggulan dapat menaikkan efisiensi mesin dan beratnya lebih ringan 1/3 dari berat material asli (dari besi cor).

[disadur dari:Manabu Fujine et.al,2000].

(b) *Drum brake* dari material komposit dengan matriks aluminum dan penguat silikon karbida (SiC) 15%.

[disadur dari:Prantasi et.al,2013].

Kelebihan MMC adalah transfer tegangan dan regangan yang baik, tahan terhadap temperatur tinggi, tidak menyerap kelembaban, tidak mudah terbakar, dan kekuatan tekan dan geser yang baik.

2. *Ceramic Matriks Composite (CMC atau CMC's)*

Yaitu material komposit dengan matriksnya dari keramik.

CMC merupakan material dua fasa dengan satu fasa berfungsi sebagai penguat dan satu fasa sebagai matriks dimana matriksnya terbuat dari keramik. Penguat yang umum digunakan pada CMC adalah oksida, carbida, nitrida. 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*. Gambar 1.3 menunjukkan aplikasi CMC.



Gambar 1.3

- a. *Shaft sleeves* untuk bantalan geser keramik pompa dengan matriks keramik dan penguat SiC.
[disadur dari: https://en.wikipedia.org/wiki/Ceramic_matrix_composite]
- b. Ventilator untuk gas panas dengan matriks keramik dan penguat serat alumina (Al_2O_3)
[disadur dari: https://en.wikipedia.org/wiki/Ceramic_matrix_composite]

Keuntungan dari CMC adalah dimensinya stabil bahkan lebih stabil daripada logam, Ssangat tangguh bahkan hampir sama dengan ketangguhan dari besi cor, mempunyai karakteristik permukaan yang tahan aus, unsur kimianya stabil pada temperature tinggi, tahan pada temperatur tinggi dan kekuatan serta ketangguhan tinggi, juga tahan terhadap korosi.

3. *Polymer Matriks Composite (PMC atau PMC's)*

Yaitu material komposit dengan matriksnya dari polimer.

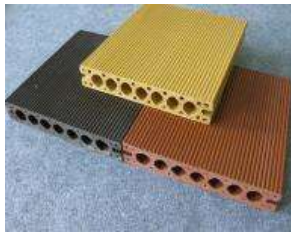
Polimer merupakan matriks yang paling umum digunakan pada material komposit. Karena memiliki sifat yang lebih tahan terhadap korosi dan lebih ringan. *Matriks* polimer terbagi 2 yaitu termoset dan termoplastik. Perbedaannya polimer termoset tidak dapat didaur ulang sedangkan termoplastik dapat didaur ulang sehingga lebih banyak digunakan belakangan ini. Jenis-jenis termoplastik yang biasa digunakan adalah polypropylene (PP), polystyrene (PS), polyethylene (PE), dan lain-lainnya. Gambar 1.4 menunjukkan aplikasi PMC



(a)



(b)



(c)

Gambar 1.4

- a. Kayaks/kano dengan matriks polymer (PE) dan penguat *fiber glass*.
[disadur dari: <http://www.roscoconoes.com.au/FAQ%60s/Materials%20%20Manufacturing/Plastic%20Kayaks%20-301.aspx>]
- b. Box speaker dari papan partikel komposit dengan matriks resin poliester+katalis+limbah media tanam jamur.
[disadur dari: Prantasi et.al,2013].
- c. *Wood Polymer Composite* dengan matriks kayu dan polimer dengan penguat *fiber glass*.
[disadurdari: <http://indonesian.huaxiajie.com/china-wood-plastic-composite-outside-round-and-square-circular-hollow-wpc-decks-3629533.html>]

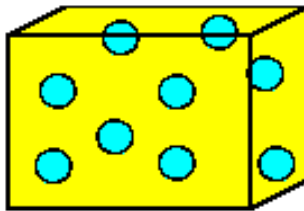
Material komposit PMC memiliki keunggulan antara lain biaya pembuatan lebih rendah, dapat dibuat dengan produksi massal, ketangguhan baik, tahan simpan, siklus pabrikasi dapat dipersingkat, kemampuan mengikuti bentuk, lebih ringan, specific stiffness dan strength tinggi, dan bersifat anisotropik.

1.3 Jenis Penguat (*Reinforcement*)/Pengisi (*Filler*) Pada Material Komposit

Penguat (*reinforcement*)/pengisi (*filler*) adalah material yang diisikan kepada matriks dan berfungsi untuk menunjang sifat-sifat matriks dalam membentuk bahan komposit. Penguat-penguat material komposit dibedakan menjadi:

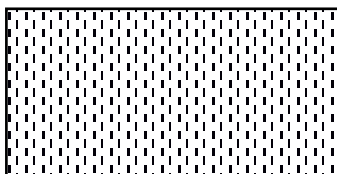
(1) Partikel

Penguat partikel memiliki ukuran partikel $> 1 \mu\text{m}$. Konsentrasi yang dapat dicampurkan dengan matriks mencapai (20 – 40)% fraksi volume. Pengisi-pengisi partikel antara lain adalah: SiC, B₄C, TiC, TiB, TiB₂, SiO₂, Al₂O₃, dan Fe₂O₃. Secara skema pengisi partikel ditunjukkan pada gambar 1.5.

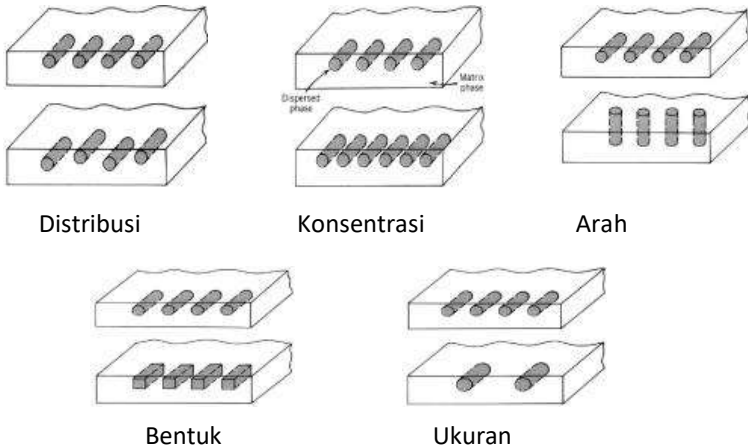


Gambar 1.5 Skema pengisi partikel yang menunjang material komposit lebih memiliki kekuatan tarik, tekan dan tegangan yang lebih tinggi

Penguat partikel dibagi menjadi 2 yaitu (a) partikel dengan ukuran besar, dan (b) partikel dispersi yang kuat. Penguat dispersi memiliki ukuran diameter $0,01\mu\text{m} - 0,1 \mu\text{m}$, dengan konsentrasi yang dapat dicampurkan dengan matriks mencapai 15%. Skema penguat partikel dispersi ditunjukkan pada gambar 1.6.



Gambar 1.6 Skema penguat partikel dispersi. Berdasarkan geometrinya, penguat partikel dibedakan menjadi: geometri arah, geometri distribusi, geometri ukuran, geometri bentuk dan geometri konsentrasi (gambar 1.7).



Gambar 1.7 Geometri penguat partikel

Gambar 1.8 menunjukkan material komposit dengan penguat partikel yang diaplikasikan pada material komposit baja sferodisaasi dengan matriks ferit (besi α) bersifat ulet dan penguat Fe_3C (sementit) bersifat getas. Sementara material komposit ban mobil dibuat dari matriks karet dengan penguat karbon sebagai pengaku (*stiffer*).



Gambar 1.8 Aplikasi penguat partikel pada material komposit

Keunggulan material komposit yang disusun oleh penguat partikel memiliki kekuatan lebih seragam pada berbagai arah, dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan meningkatkan kekerasan material serta dengan cara menghalangi pergerakan dislokasi.

1.3.1 Faktor Ikatan *Filler-Matriks*

Dengan adanya partikel berupa *filler*, maka pada beberapa daerah pada resin sebagai matriks akan terisi oleh partikel, sehingga pada saat terjadi *interlamellar stretching*, deformasi yang terjadi pada bagian *amorf* dapat diminimalisir oleh partikel. Mekanisme penguatannya adalah bahwa dengan adanya partikel, maka jarak antara bagian polimer yang strukturnya kristalin (berbentuk seperti lempengan/lamelar) akan diperpendek oleh adanya partikel tadi. Dengan semakin meningkatnya jumlah partikel yang ada (sampai pada batasan tertentu dimana matriks masih mampu mengikat partikel), maka deformasi yang terjadi juga akan semakin berkurang, karena beban yang sebelumnya diterima oleh matriks akan diteruskan atau ditanggung juga oleh partikel sebagai penguat.

Ikatan antara matriks dan *filler* harus kuat. Apabila ikatan yang terjadi cukup kuat, maka mekanisme penguatan dapat terjadi. Tetapi apabila ikatan antar permukaan partikel dan matriks tidak bagus, maka yang terjadi adalah *filler* hanya akan berperan sebagai impurities atau pengotor saja dalam spesimen. Akibatnya *filler* akan terjebak dalam *matriks* tanpa memiliki ikatan yang kuat dengan matriksnya. Sehingga akan ada udara yang terjebak dalam matriks sehingga dapat menimbulkan cacat pada spesimen. Akibatnya beban atau tegangan yang diberikan pada spesimen tidak akan terdistribusi secara merata. Hal inilah yang menyebabkan turunnya kekuatan mekanik pada komposit.

Ikatan antar permukaan yang terjadi pada awalnya merupakan gaya adhesi yang ditimbulkan karena kekasaran bentuk permukaan, yang memungkinkan terjadinya *interlocking* antar muka, gaya elektrostatik yaitu gaya tarik menarik antara atom bermuatan ion,

ikatan Van der Waals karena adanya dipol antara partikel dengan resin. Permulaan kekristalan (nukleasi) pada polimer bisa terjadi secara acak di seluruh matriks ketika molekul-molekul polimer mulai bersekutu (nukleasi homogen) atau mungkin juga terjadi disekitar permukaan suatu kotoran (*impurities* asing), yaitu mungkin suatu nukleator sengaja ditambahkan sehingga terjadi nukleasi heterogen. Jadi partikel yang ditambahkan pada polimer akan berpengaruh terhadap kristalisasi dari polimer itu sendiri.

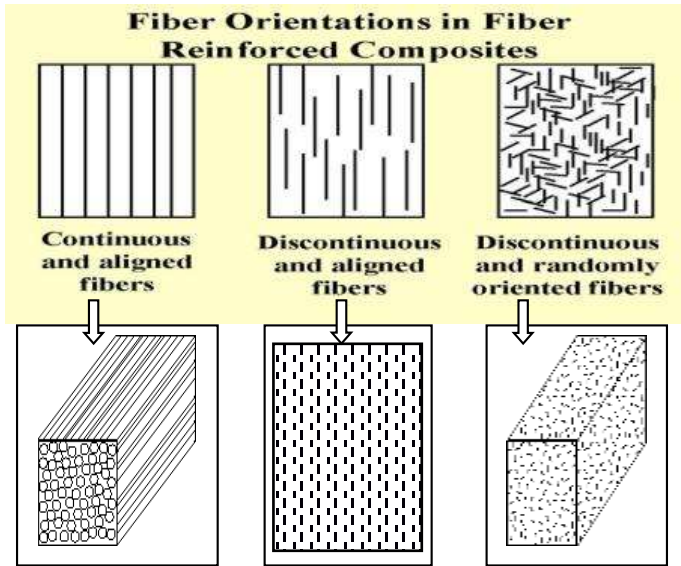
Peningkatan volume *filler* akan mengurangi *deformability* (khususnya pada permukaan) dari *matriks* sehingga menurunkan keuletannya. Selanjutnya, komposit akan memiliki kekuatan lentur yang rendah. Namun apabila terjadi ikatan antara matriks dan *filler* kuat sifat mekanik akan meningkat karena distribusi tegangan merata. Pola distribusi dari partikel juga akan mempengaruhi kekuatan mekanik. Pola distribusi partikel dalam matriks dapat dianalisa secara sederhana dengan menghitung densitas dari komposit pada beberapa bagiannya dalam satu variabel. Dari hasil perhitungannya, densitas komposit memiliki nilai-nilai yang berbeda-beda dalam satu variabelnya. Hal ini menunjukkan pola sebaran dari partikel yang kurang homogen.

(2) Serat (Fiber)

Penguat serat (*fiber*) memiliki ukuran 0,001 inchi. Konsentrasi yang dapat dicampurkan dengan matriks mencapai 70% fraksi volume. Penguat serat dibedakan menjadi:

- (a) serat panjang dan searah (*continuous and aligned fiber*),
- (b) serat pendek dan searah (*discontinuous and aligned fiber*), dan
- (c) serat pendek dan random (*discontinuous and randomly oriented fiber*)

semuanya ditunjukkan seperti pada gambar 1.9.



Gambar 1.9 Material komposit dengan penguat *fiber*

Penguat fiber untuk material komposit dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu penguat fiber natural (alami) dan penguat fiber buatan (sintesis). Beberapa jenis penguat fiber sintesis yang umumnya dipakai dalam pembuatan material komposit antara lain: *fiber-glass*, *fiber carbon*, *fiber-nylon*, dan *fiber Graphite*. Keunggulan dan kelemahan empat penguat fiber di atas, ditulis pada tabel 1.1. Sedangkan penguat natural yang sering dipakai untuk pembuatan material komposit adalah serbuk kayu, enceng gondok, bamboo, dan serat pisang.

Tabel 1.1 Keunggulan dan kelemahan empat penguat fiber sintesis

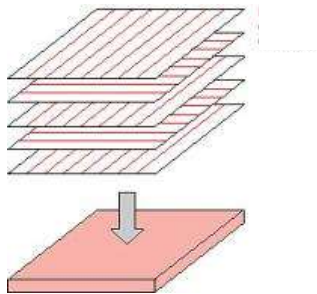
Fiber	Keunggulan	Kelemahan
Fiber-glass	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kekuatan tinggi 2. Relatif murah 	Kurang elastis
Fiber-carbon	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kuat hingga sangat kuat 2. Stiffness(kuat+keras) besar 3. Koefisien pemuaian kecil 4. Menahan getaran 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Agak getas 2. Nilai peregangan kurang 3. Agak mahal
Fiber-graphite	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lebih stiffness dari Carbon 2. Lebih ulet 	Kurang kuat dibanding Carbon
Fiber-nylon(aramid)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Agak stiff (kuat+keras) & sangat ulet 2. Tahan terhadap benturan 3. Kekuatanya besar (lebih kuat dari baja) 4. Lebih murah dari carbon 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kekutan tekan lebih rendah dari carbon 2. Ketahanan panas lebih rendah dari carbon (hingga 180°C)

1.3.2 Faktor Ikatan *Fiber*-Matriks

Komposit berpenguat serat banyak diaplikasikan pada alat-alat yang membutuhkan material yang mempunyai perpaduan dua sifat dasar yaitu kuat namun juga ringan. Komposit serat yang baik harus mampu menyerap matriks yang memudahkan terjadi antara dua fase (Schwartz, 1984). Selain itu komposit serat juga harus mempunyai kemampuan untuk menahan tegangan yang tinggi, karena serat dan matriks berinteraksi dan pada akhirnya terjadi pendistribusian tegangan. Kemampuan ini harus dimiliki oleh matriks dan serat. Hal yang mempengaruhi ikatan antara serat dan matriks adalah *void*, yaitu adanya celah pada serat atau bentuk serat yang kurang sempurna yang dapat menyebabkan matriks tidak akan mampu mengisi ruang kosong pada cetakan. Bila komposit tersebut menerima beban, maka daerah tegangan akan berpindah ke daerah *void* sehingga akan mengurangi kekuatan komposit tersebut (Schwartz, 1984).

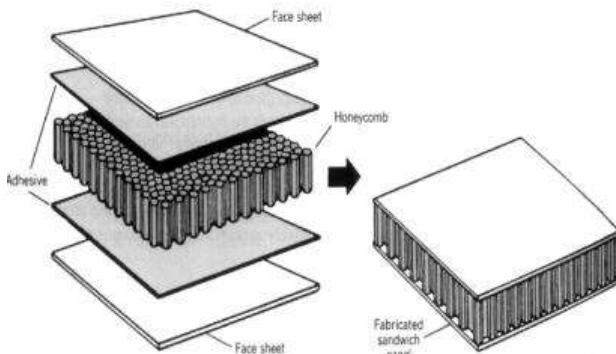
(3). Komposit Berlapis (*Structural Composite*)

Penguat 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. Dibedakan menjadi 2 jenis yaitu komposit lapisan (*laminar composites*), dan *sandwich panels*. Komposit lapisan adalah lapisan dua dimensi atau panel yang memiliki arah kekuatan yang lebih tinggi. Contoh penguat komposit berlapis natural/alami adalah kayu yang dibuat untuk plywood (gambar 1.10).



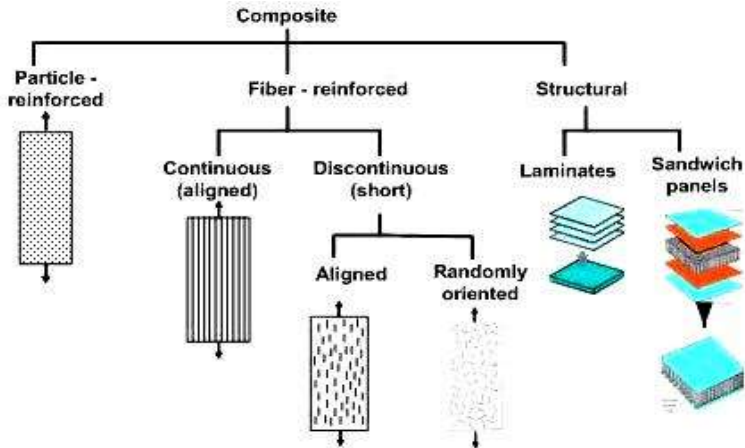
Gambar 1.10 Skema komposit berlapis

Sementara penguat *sandwich panels* adalah dua lapisan dengan lapisan luar yang kuat biasa disebut lapisan muka (*faces*). Dua lapisan tersebut dipisahkan oleh lapisan material atau inti (*core*) yang kurang padat (memiliki modulus elastisitas dan kekuatan yang lebih rendah). Pemisahan permukaannya tahan terhadap deformasi yang tegak lurus dengan strukturnya berbentuk *honeycomb*. Biasanya dipakai untuk atap, dinding dan sayap pesawat. Gambar 1.11 menunjukkan skema bentuk penguat *sandwich panels*.



Gambar 1.11 Skema bentuk penguat *sandwich panels*.

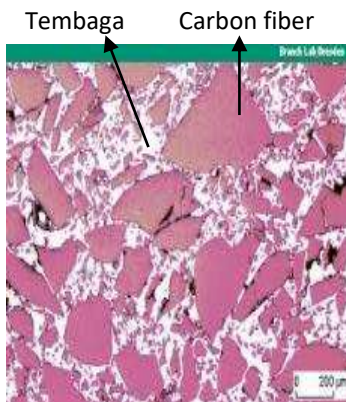
Secara lebih jelasnya, pembagian material komposit dapat dilihat pada gambar 1.12 berikut:



Gambar 1.12 Pembagian material komposit

Soal-soal

1. Carilah contoh-contoh material komposit (minimal 3) dengan gambarnya untuk jenis MMC, PMC dan CMC. Sebutkan pula jenisnya, baik untuk matriks dan penguatnya.
2. Dua gambar di bawah adalah material komposit dengan material paduan (*alloy*) kuningan. Jelaskan dengan rinci perbedaan kedua material tersebut.



Material komposit



Material paduan (*alloy*) kuningan

BIODATA PENULIS



Dr. Prantasi Harmi Tjahjanti, S.Si., M.T.

Penulis lahir di kota yang terkenal brem dan sambal pecel, Madiun, 15 November 1968. Setelah lulus S1 dari Fisika MIPA Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya (ITS), sempat bekerja di Perusahaan Swasta di Surabaya, sebagai *Technical Service* merangkap *Marketing*. Selanjutnya tahun 1994 menjadi dosen pegawai negeri di Universitas Jember (Unej). Dilanjutkan studi S2 mengambil *Materials Science and Engineering* di Universitas Indonesia (UI) Jakarta. Tahun 2003 pindah dari Unej sebagai Dosen Kopertis Wilayah VII Jawa Timur di Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Selanjutnya S3 ditempuh di Fakultas Teknologi Kelautan bidang produksi dan material kapal di ITS Surabaya. Penulis sudah sering mendapatkan dana Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat dari Ristekdikti. Bidang ahli penulis adalah material khususnya material komposit. Penulis juga merupakan *reviewer* internal Kemenristekdikti untuk program penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Fred W. Billmeyer, Jr, 1984, *Textbook of Polymer Science*, John Wiley & Sons.
- [2]. L.H. Sperling, 1986 *Introduction to Physical Polymer Science*, John Wiley & Sons.
- [3]. Malcolm R. Stevens, Iis Sopyan, 2001, *Kimia Polimer*, Penerbit PT Pradnya Paramita.
- [4]. William D. Callister, 1985, Jr, *Materials Science and Engineering*, John Wiley Sons.
- [5]. Tata Surdia, Shinroku, 1985, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Penerbit PT Pradnya Paramita.
- [6]. Bhagwan D. Agarwal, Lawrence J. Broutman, 1980, *Analysis and Performance of Fiber Composites*, John Wiley & Sons.
- [7]. Bambang Kismono Adi, 2000, *Mekanika Struktur Komposit*, Penerbit ITB.
- [8]. Ronald F. Gibson, 1994, *Principles of Composite Material Mechanics*, McGraw-Hill Inc.
- [9]. Robert M. Jones, 1975, *Mechanics of Composite Materials*, McGraw-Hill Inc.
- [10]. Tjahjanti P. H., Sutarman, Widodo E and Kusuma A.T., 2016, *The Use of Mushroom Growing Media Waste for Making Composite Particle Board*, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 196 (2017) 012024 doi:10.1088/1757-899X/196/1/012024, IOP Publishing.
- [11]. Tjahjanti P.H., Sutarman, Widodo E, Kurniawan A.R., Winarno A.T., and Yani A., 2017, *Speaker Box Made of Composite Particle Board Based on Mushroom Growing Media Waste, Green Process, Material, and Energy: A Sustainable Solution for Climate Change* AIP Conf. Proc. 1855, 030014-1–030014-9; doi: 10.1063/1.4985484, Published by AIP Publishing. 978-0-7354-1529-4/\$30.00.

[12]. Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2105-1996.

[13]. Maloney TM. 1993, *Modern Particleboard and Dry-Process Fiberboard Manufacturing*, San Fransisco: Miller Freeman Inc. Sanfransisco.

- 1.
http://polychem.kaist.ac.kr/bk_home/lecture2005/Chap4.pdf
- 2. http://www.eng.uwo.ca/es021/ES021a_2006/Lecture%20Notes/Chap%2014-15%20-%20Polymers.pdf
- 3.
<http://faculty.uscupstate.edu/llever/Polymer%20Resources/Mechanical.htm>
- 4. <http://www.pslc.ws/mactest/mech.htm#strength>
- 5. www.eng.uwo.ca/es021/ES021a_2006/Lecture%20Notes/Chap%2014-15%20-%20Polymers.pdf
- 6. www.polymer.uu.se/K3/2007/Polymer%20stereochemistry-2.ppt
- 7. http://www.zeusinc.com/newsletter/low_temp.asp
- 8.
http://www.zeusinc.com/newsletter/chemical_resistance.asp
- 9. Ahvenainen, Raija.; et al. (2003). *Modern Plastics Handbook*, 1st, Woodhead Publishing Limited., 24.1.