

Bab I

Pendahuluan

TOPIK

- 1. Klasifikasi berdasarkan jenis penguat dan matrik**
- 2. Jenis konstituen/ penyusun**
- 3. Komposit partikel**
- 4. Rule of mixture**
- 5. Komposit serat**
- 6. Struktur composite (struktur laminates dan sandwich)**

DEFINISI DAN JENIS

“Campuran dua atau lebih bahan penyusun dengan sifat fisik atau kimia yang berbeda secara signifikan yang tetap terpisah dan berbeda pada tingkat makroskopik dalam struktur akhir”

KLASIFIKASI

Reinforcement:

- Particles (*dispersion strengthened or large particles*)
- Fibers (*discontinuous - short or continuous - aligned*)
- Structural (*laminates and sandwich structures*)

Matrix:

- Metal matrix composites (MMC)
- Ceramic matrix composites (CMC)
- Polymer matrix composites (PMC)

Kapan material dianggap komposit? Microstructural level (< 0,01 cm) to macrostructural (> 0,01 cm)

Wood Hypoeutectoid

steel

Austenitic stainless steel

Cellophane

Paper



Concrete Reinforce

concrete Cement

Reinforced plastic

1. Wood (lignin + cellulose)
2. Concrete (gravel + cement)
3. Hypoeutectoid steel (ferrite + pearlite) **Reinforced**
4. concrete (gravel + cement + steel)
5. Austenitic stainless steel (grains =)
6. Cement
7. Cellophane (Multiple polymeric layers)
8. Reinforced plastic (it doesn't improve its properties)
9. Paper (only cellulose fibers)

- Composite material
- Limit of composite material
- Not a composite material

COMPOSITES DI ALAM

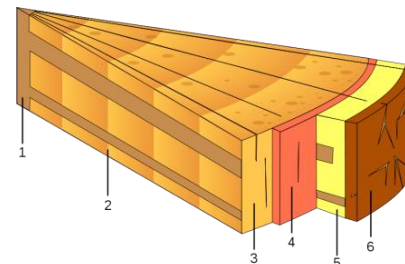
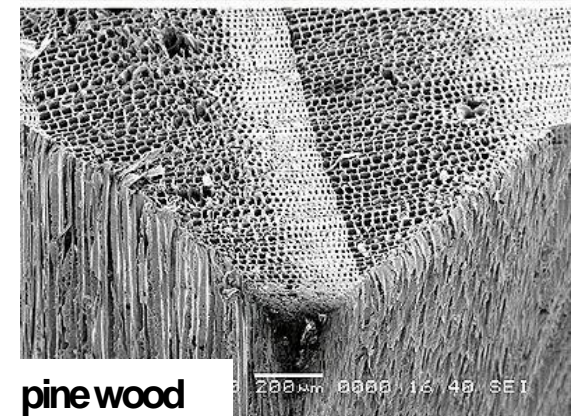
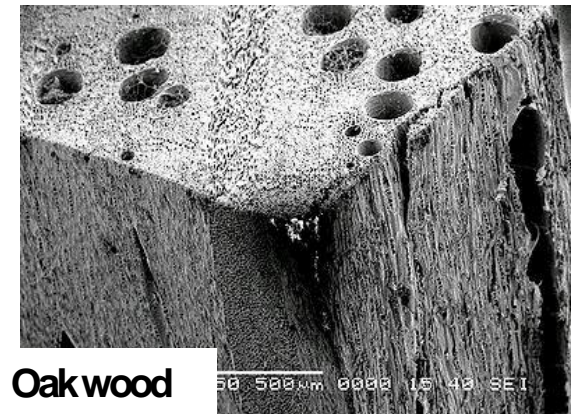
Sea shells



Cangkang Abalone :
 CaCO_3 + 3% organic material
>3000* stronger than calcite

Kayu

- Filamen selulosa dalam matriks lignin dan hemiselulosa
- Cincin pertumbuhan membentuk komposit berlapis
- Tegak lurus dengan cincin pertumbuhan adalah struktur pita yang berorientasi radial: sinar memberikan pengerasan dan penguatan berulang



PENGELOMPOKAN SESUAI DENGAN PENGUAT DAN MatrikMatrix

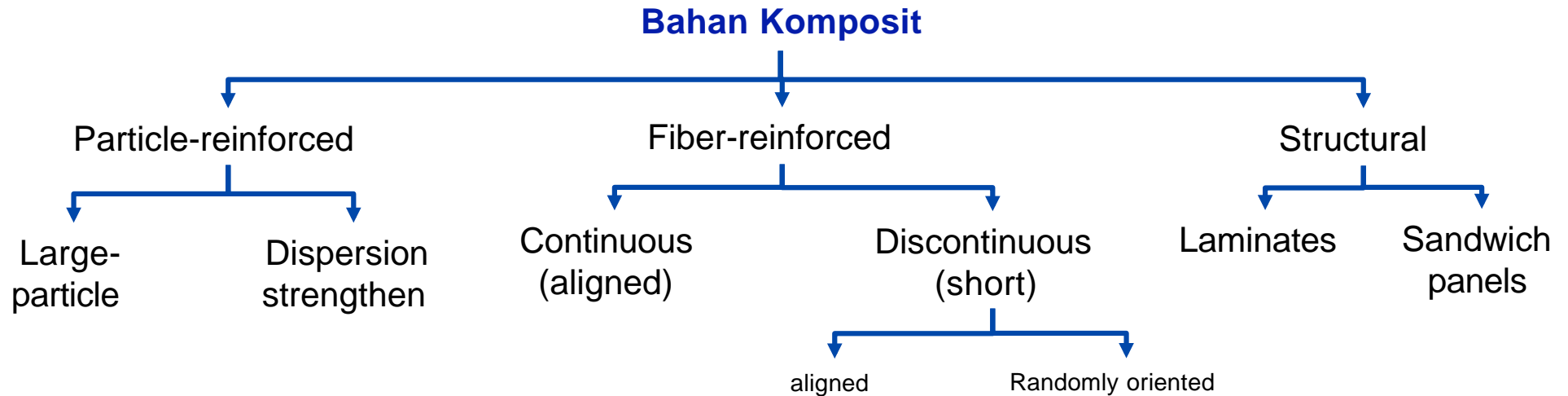
Different matrix, reinforcement and properties of CM		
Matrix	Reinforcement material	Properties
Metal	Metal fibers, ceramic, carbon, glass	Electric resistance to temp.↑ thermal stability
Ceramic	Particles and metallic fibers and ceramics	Chemical and thermal resistance to temp. ↑
Glass	Glass and ceramic particles	Mechanical strength and chemical resistance to temp.↑ thermal stability
Organic	Carbon, glass and organic fibers	Mechanical strength to high temp. chemical and electrical, and erosion resistance, flexibility and thermal stability

Sifat yang diperhitungkan dalam desain bahan ⇒

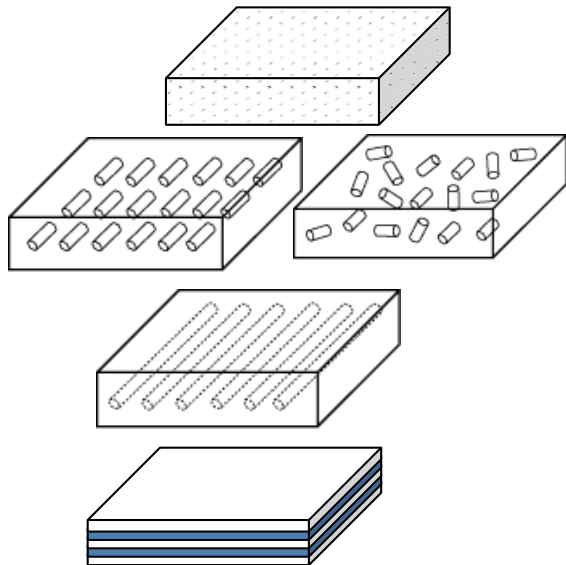
- **untuk komponen keramik dan logam: Sifat fisik (thermal, electrical, optical...) dan mekanik (stiffness, toughness, stress-strain behaviour...)**
- **untuk komponen plastik: sifat fisik dan mekanik. juga penyerapan air dan transmisi**

JENIS KONSTITUEN

Struktur, penguat, jenis dan sifat material komposit



Structure

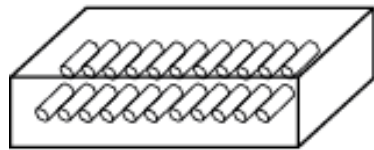
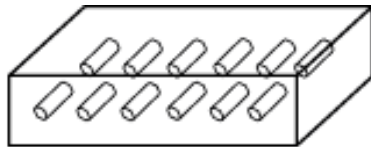


Reinforcement	Composite material	Properties
Particles	Particle-reinforced	Isotropic
Short fibres	Random	Isotropic
	Aligned	Anisotropic
Continous fibers	Aligned continous fibres	Anisotropic
Laminates or layers	laminates	Anistotropic

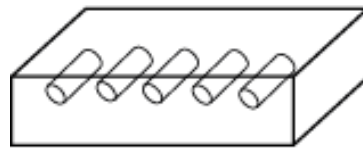
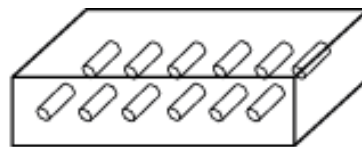
JENIS KONSTITUEN

Sifat material komposit tergantung pada sifat masing-masing fase, proporsi dan geometrinya

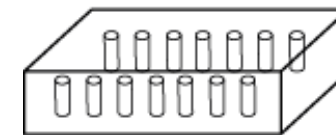
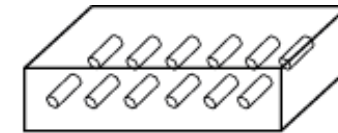
Skema dari beberapa karakteristik geometris dan tata ruang partikel dari fase terdispersi



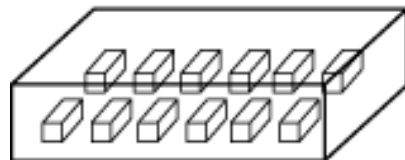
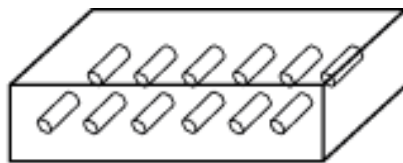
concentration



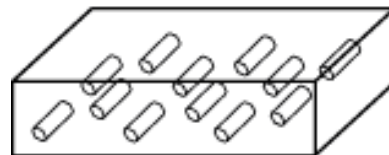
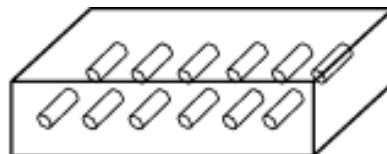
size



orientation



shape



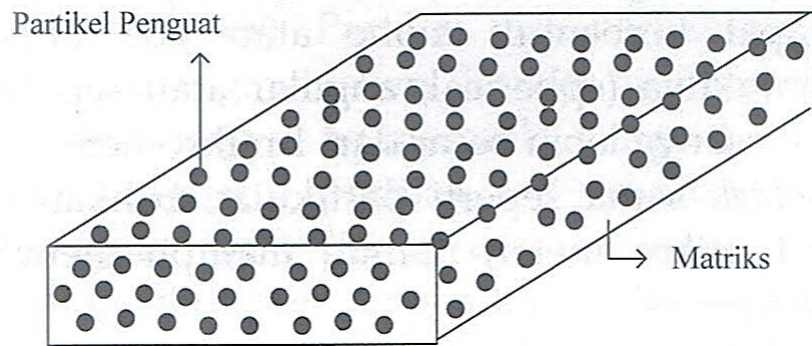
distribution

KLASIFIKASI KOMPOSIT

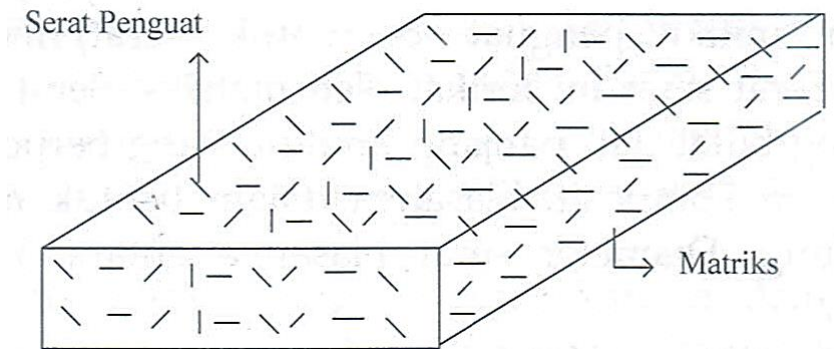
- Pembuatan komposit dibuat dan dikembangkan untuk memperbaiki sifat mekanik dan kinerjanya pada temperatur tinggi
- Mekanisme penguatan komposit tergantung pada geometri penguat
- Geometri penguat dibagi menjadi partikel dan serat (fiber)
- Partikel bisa berbentuk bola, kubus, kotak tetragonal, batang, whisker, lembar pipih atau bentuk tidak beraturan
- Komposit berpenguat partikel disebut particulate composite
- Komposit berpenguat serat disebut fibrous composite

Komposit Partikel

- Komposit partikel : komposit yang tersusun dari matrik dan penguat berbentuk partikel, serat pendek atau whisker
- Fungsi partikel dalam komposit :
 - Membagi beban agar terdistribusi merata dalam matrik
 - Menghambat deformasi plastik
 - Meningkatkan kekakuan komposit bermatrik ulet
 - Mengurangi biaya
 - Meningkatkan sifat tahan panas, tahan aus, konduktor panas, konduktor listrik, ketahanan korosi dan abrasi, magnet



Komposit Partikel



Komposit serat pendek

Jenis partikel penguat/pengisi

a. Partikulat

- partikel mempunyai aspek rasio panjang : diameter kurang dari 5
- bentuknya: mono atau polikristalin, spherical, angular, plate
- diameter lebih besar dari 1 mikrometer

b. Dispersoidal

- sama seperti partikulat, dengan diameter kurang dari 1 mikrometer

c. Platelet (pipih)

- penguat berbentuk plat dengan rasio diameter terhadap tebal lebih besar dari 2
- plat dengan rasio kurang dari 5 dapat termasuk sebagai partikulat

d. Serat pendek

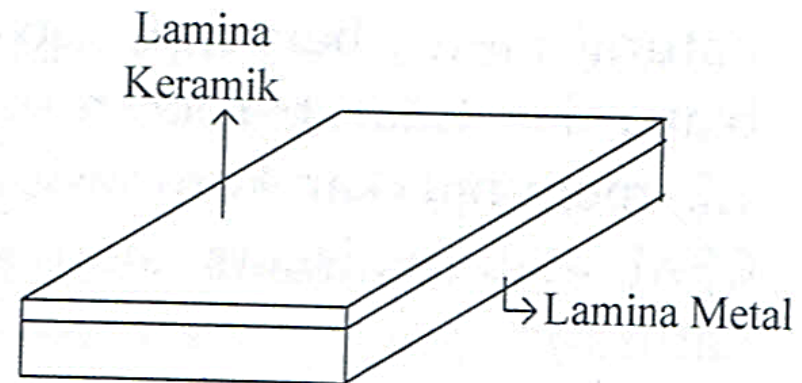
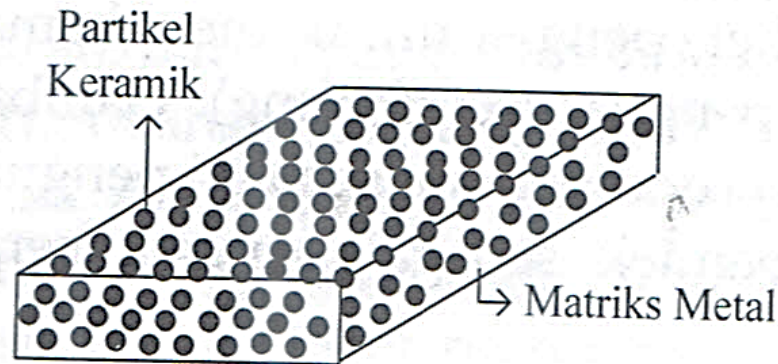
- penguat berbentuk silinder dengan rasio panjang terhadap diameter lebih besar dari 5 (umumnya lebih besar dari 100 s/d 1000)
- Agar transfer tegangan efisien maka panjang serat pendek harus melebihi panjang serat kritis

e. Whiskers

- kristal tunggal memanjang dengan rasio panjang terhadap diameter lebih besar dari 10 dan diameter kurang dari 1 mikro

Jenis Komposit Partikel

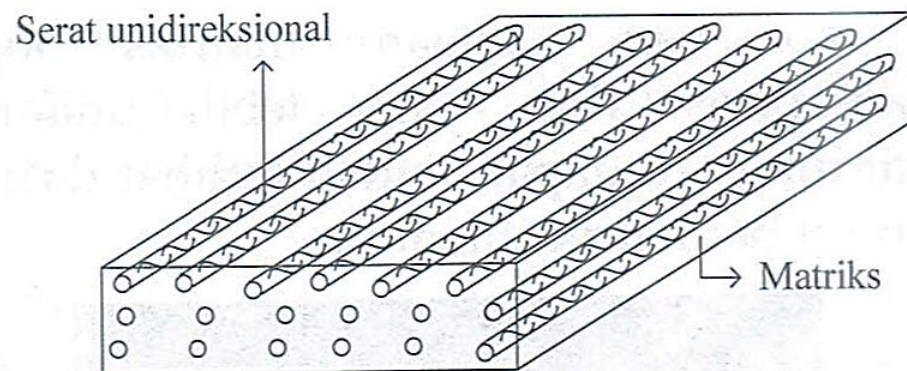
- a. Metal Matrix Composites (MMC)
 - Komposit partikel dengan matrik
 - Matrik yang banyak digunakan : alumunium dan tembaga
- b. Polymer matrix Composite (PMC)
 - komposit partikel dengan matrik polimer
 - aplikasinya: bidang otomotif, elektronik, industri konstruksi, industri mekanik , transportasi dan kelautan
- c. Komposit partikel cermet (keramik-logam)
 - komposit partikel MMC yang tersusun dari matrik logam dan penguat partikel keramik



Komposit partikel dan laminat Cermet

Komposit Serat (Fibrous Composite)

- Komposit tersusun atas matrik polimer atau logam dengan penguat berbentuk serat panjang
- Serat berfungsi sebagai penguat berbentuk bulat dan panjang
- Diameter serat antara 3 sampai dengan 30 mikrometer
- Komposit lamina Unidireksional : Komposit serat dengan satu arah saja
 - kekakuan dan kekuatan komposit bernilai besar pada arah serat dan bernilai kecil pada arah melintang
 - Bersifat orthotropik : berbeda sifat pada arah prinsipal (arah serat dan arah tegak lurus serat)



Komposit lamina unidireksional

KOMPOSIT SERAT

Komposit performan tinggi

matrik lunak dan getas + serat kuat, kaku dan ulet dapat : memperbaiki ketahanan aus, kekakuan, hub kekuatan-bobot yg baik

Tujuan: kekuatan dan kekakuan tinggi dengan densitas rendah
⇒ *Specific strength and specific modulus*

a) Role of the fibers

⇒ menanggung sebagian besar beban yang diterapkan

Jenis serat: untuk memperkuat plastik: serat gelas (GRP), Carbon (CFRP), aramid (AFRP), serat lain: boron, SiC, Al₂O₃

**GOOD BONDING
FIBERS ⇔ MATRIX
IS REQUIRED**

b) Role of the matrix

- memindahkan beban eksternal diantara serat
- mencegah degradasi serat karena bahan kimia dan bahan abrasif
- mencegah perambatan retak
- menjaga orientasi serat

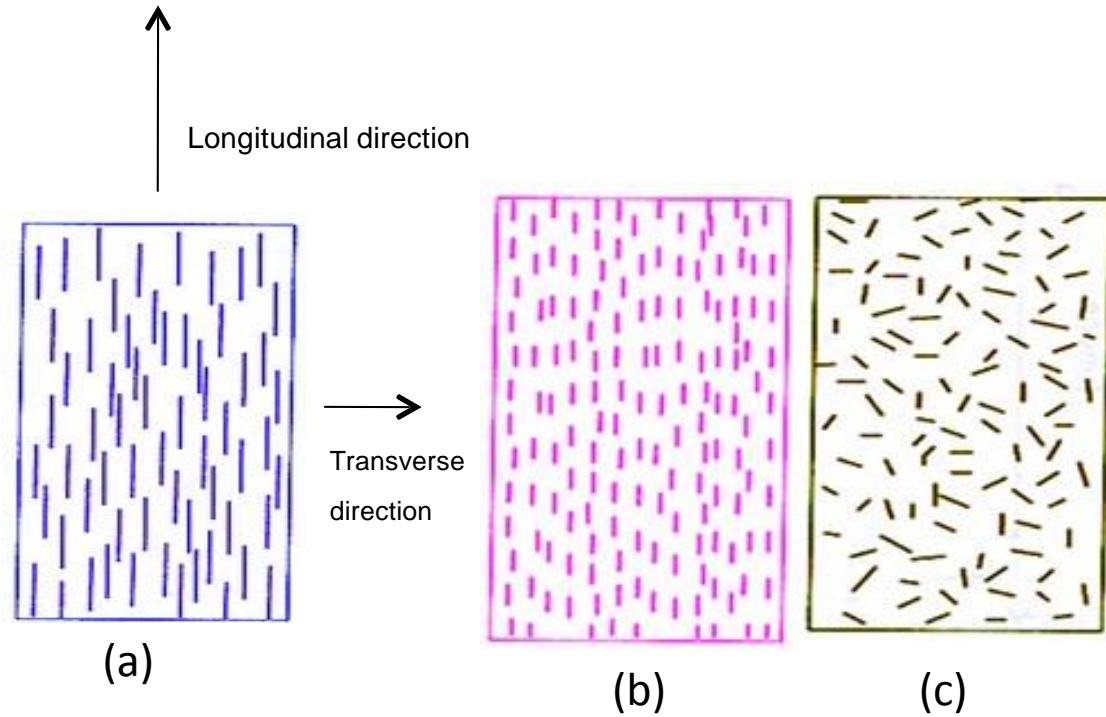
jenis matrik :

polimer : epoxy (untuk serat panjang) dan poliester (untuk serat pendek)
logam dan keramik (sedikit digunakan)

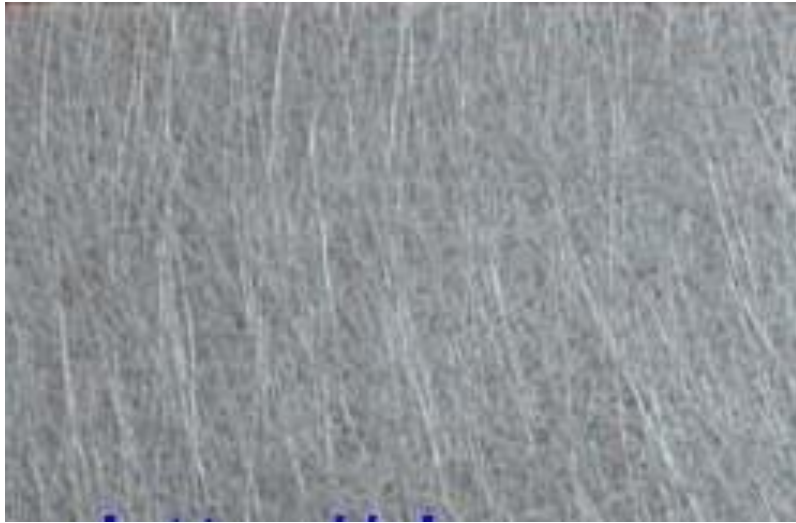
Kalsifikasi berdasarkan bentuk

Continuous fibers
(aligned)

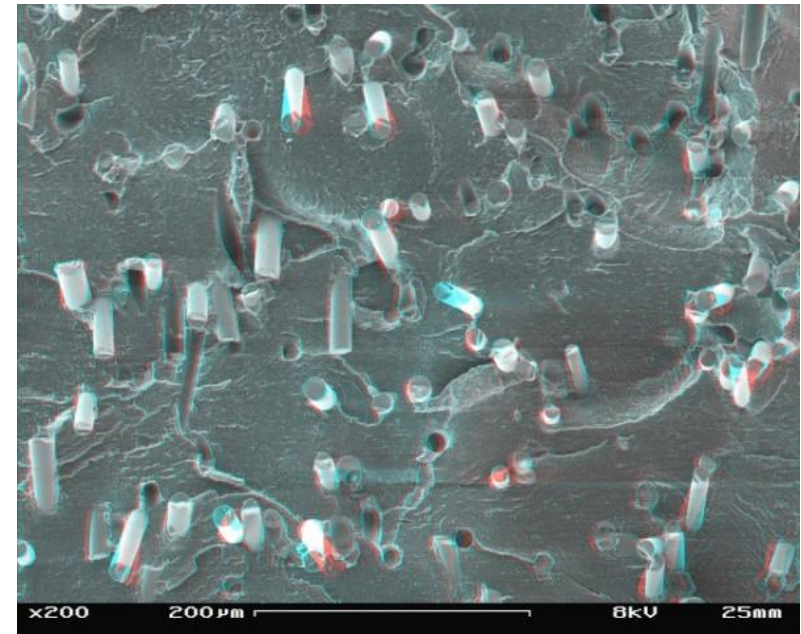
Short or discontinuous fibers (aligned or
randomly scattered)



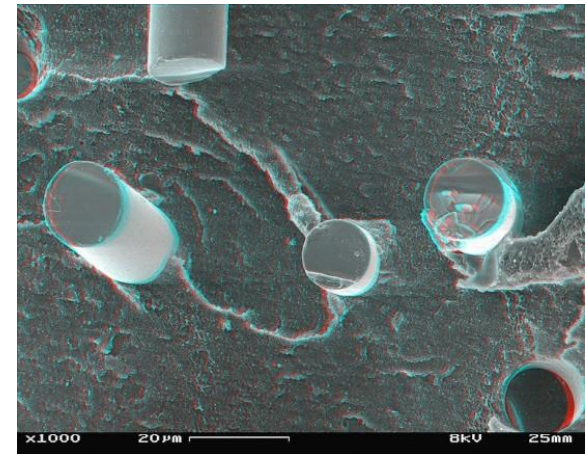
- a) Continuous and aligned fibers
- b) Discontinuous and aligned fibers
- c) Discontinuous and randomly places fibers



Glass Fibers



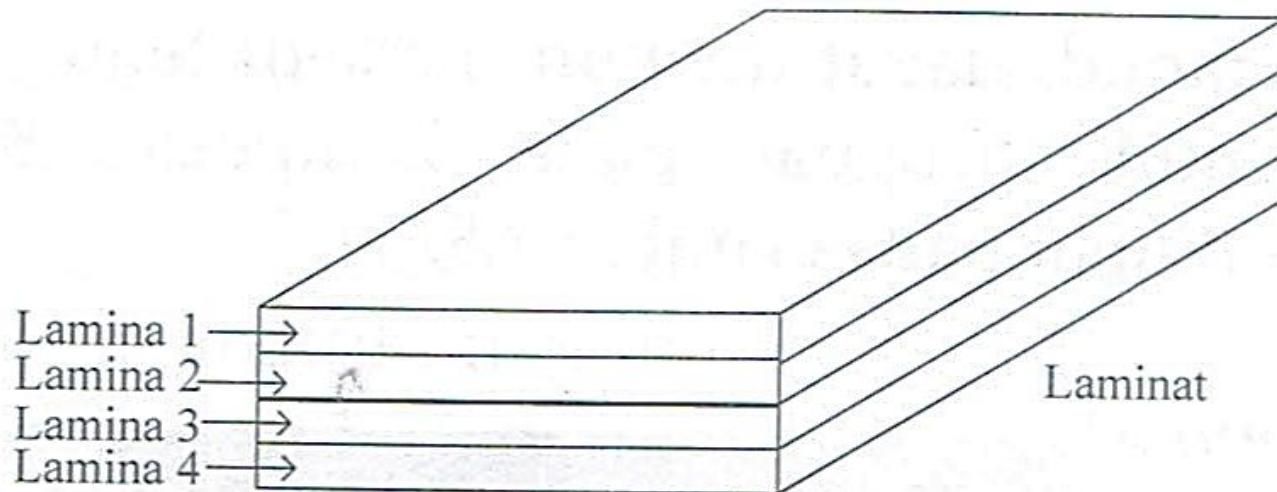
**Composite material fiberglass
reinforced polymeric matrix
(stereoscopic SEM image of the fracture
surface)**



http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Glass_reinforced_plastic_SEM_Stereo_200x.JPG

Komposit Laminat

- Komposit terdiri dari beberapa lapisan lamina berpenguat serat , atau lamina partikel, atau lamina logam, lamina honeycomb, lamina skin
- laminat dibuat dengan menumpuk lapisan (layer/ply) unidirectional (atau woven fabric) dengan serat yang berbeda orientasi
- Sifat mekanik sesuai dengan orientasi, ketebalan, dan jumlah tumpukan tiap layer

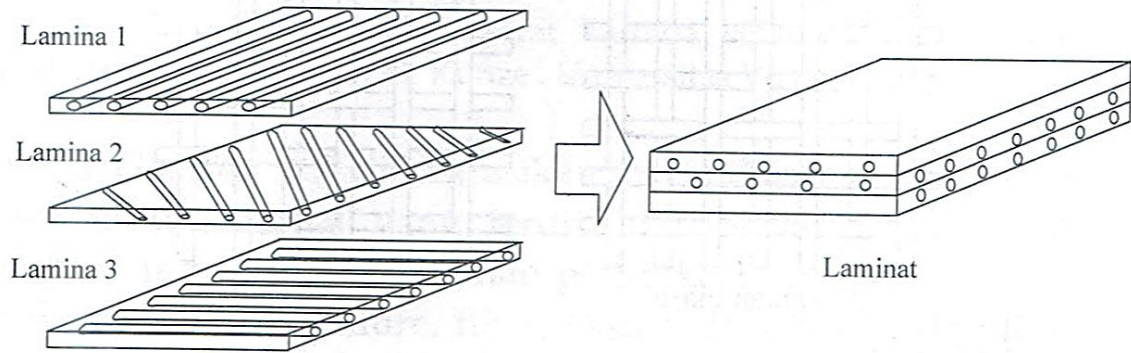


Komposit laminat

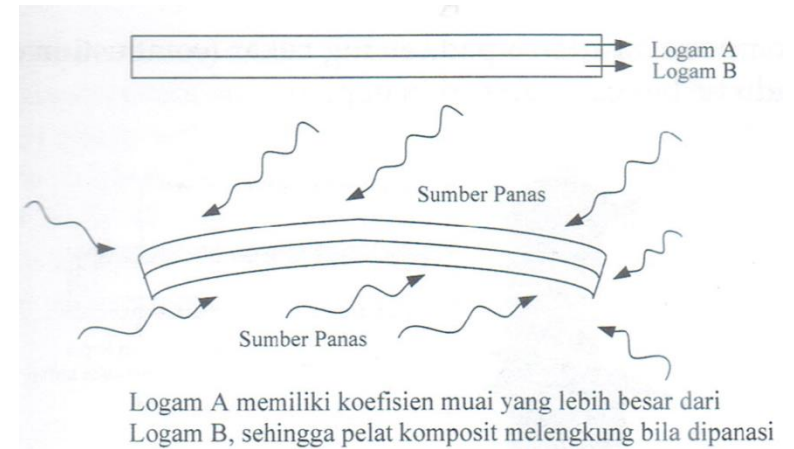
KLASIFIKASI KOMPOSIT LAMINAT

- a. **Laminat serat**, komposit laminat yang terbuat dari lamina matrik polimerberpenguat serat atau matrik logam berpenguat serat
- b. **Laminat Bimetals**, komposit dengan dua logam yang mempunyai perbedaan koefisien perpindahan panas
- c. **Laminat Clad Metals**, penggabungan material satu pada material lain , sering dipakai pada industri kimia. contohnya: pelapisan baja dengan logam lain (stainless steel, titanium) untuk mencegah korosi
- d. **Laminat Cermet**, terdiri dari lapisan lembar logam tipis yang dilapisi dengan layer cermet dengan disembur busur plasma yang berisi partikel logam dan keramik
- e. **Laminat kaca**, penggabungan kaca dengan kawat mesh yang ditanam di dalam kaca, shg didapt kaca tembus pandang yang anti pecah
- f. **Laminat sarang tawon**, tersusun atas core yang terbuat dari struktur sarang tawon yang diapit dua lembar/ lamina pada sisi atas dan bawah
- g. **Laminat Glare**, Glass reinforced Epoxy laminate alumunium, terdiri dari lapisan logam sangat tipis dan lamina serat kaca yang direkatkan dengan epoxy

KLASIFIKASI KOMPOSIT LAMINAT



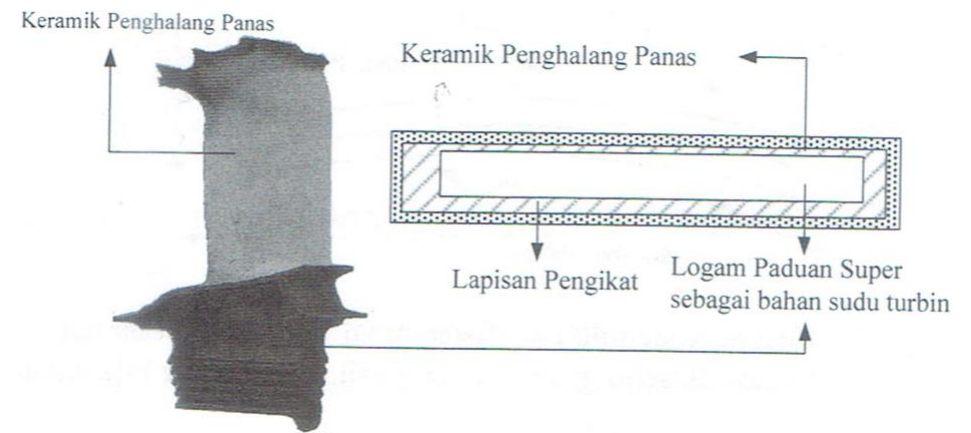
Komposit laminat serat



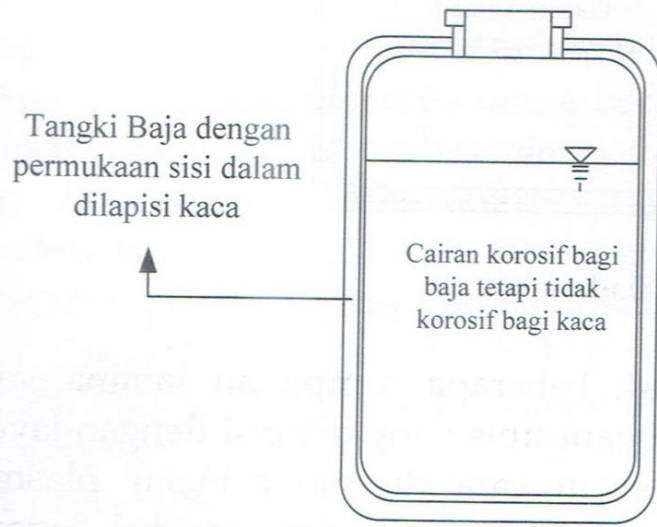
Komposit laminat bimetal



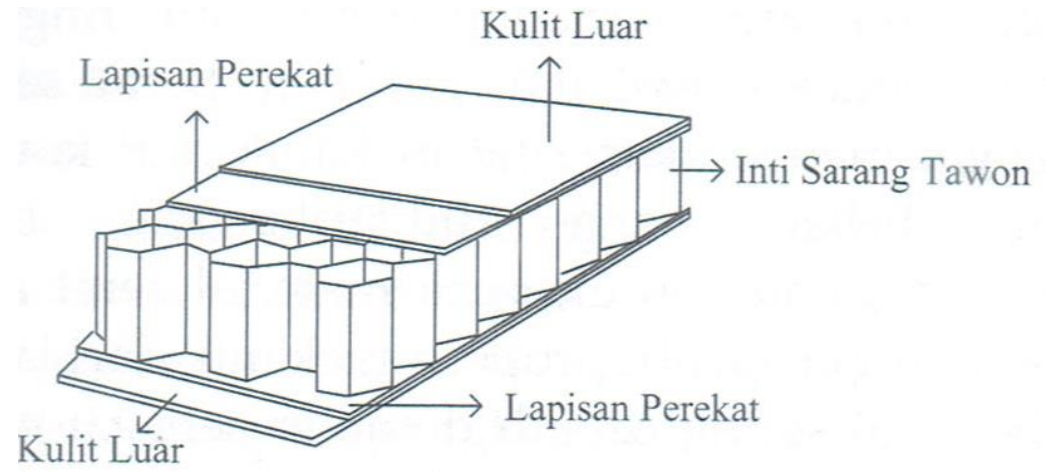
Komposit laminat clad metal



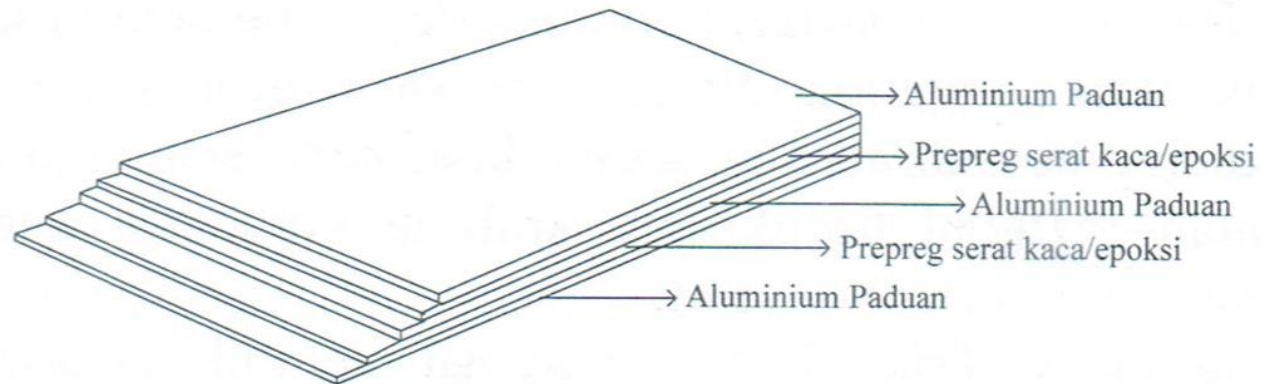
Komposit laminat cermet



Komposit laminat kaca



Komposit sandwich



Komposit laminat glare

Jenis-jenis Serat: Serat Glass

Dipakai sebagai penguat plastik

Komposisi: Dasar SiO_2 (50-70%) + Oksida Ca, Al, B, Na, Mg and K

Sifat: tahan bakar, tahan thd bahan kimia, biologi dan termal ($T_m \uparrow, \alpha \downarrow$), isolator termal ($K \downarrow$), isolator listrik ($\sigma \downarrow$), koefisien ekspansi termal rendah dan murah

Jenis dan komposisi berbagai serat gelas

Type of glass	Material, % in weight							
	Silica	Alumina	Ca Oxide	Magnesium	B Oxide	Na_2CO_3	Ca Fluoride	Secondary Oxides
E (1)	54	14	20,5	0,5	8	1	1	1
A(2)	72	1	8	4	-	14	-	1
ECR	61	11	22	3	-	0,6	-	2,4
S (3)	64	25	-	10	-	0,3	-	0,7

- (1) Ca Aluminoborosilicate
- (2) Rich in alkali
- (3) Mg Aluminosilicate without B

Fiberglass properties							
Type of glass	ρ_{relative}	σ_{tensile} (MPa)	E (GPa)	$\alpha \times 10^6$ (K)	ϵ (at 20°C y 1 MHz)	T_m (°C)	For applications that require
E	2,58	3450	72,5	5,0	6,3	1065	Good electrical properties and dimensional stability (circuit boards)
A	2,50	3040	69,0	8,6	6,9	996	Chemical resistance
ECR	2,62	3625	72,5	5,0	6,5	1204	Good electrical properties and chemical resistance
S	2,48	4590	86,0	5,6	5,1	1454	Tensile strength and thermal stability (aerospace and aeronautic industries)

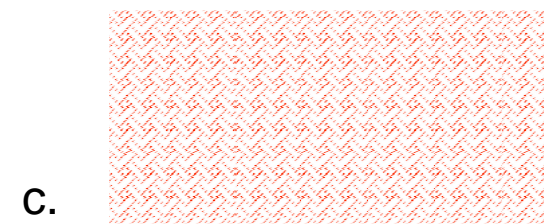
Kekuatan serat ini tinggi tetapi tidak ekstrem: ada batasan dalam penerapannya
 serat gelas tipe E adalah yang termurah dan memiliki ketahanan kelembaban tertinggi (matriks polimer)
 Semua serat adalah isolator yang baik

Matriks polimerik umum:

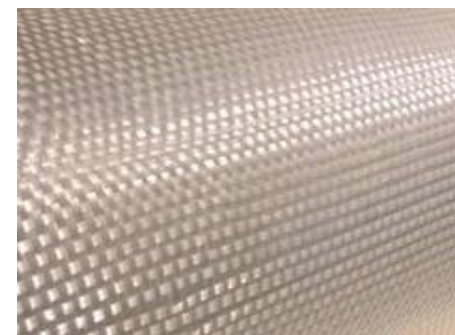
Termoplastik: Nylon 66, Polycarbonate, Polystyrene

Termoset: Epoksi, poliester, fenolik, silik

Ada tiga kemungkinan konfigurasi untuk bahan komposit yang diperkuat fiberglass:



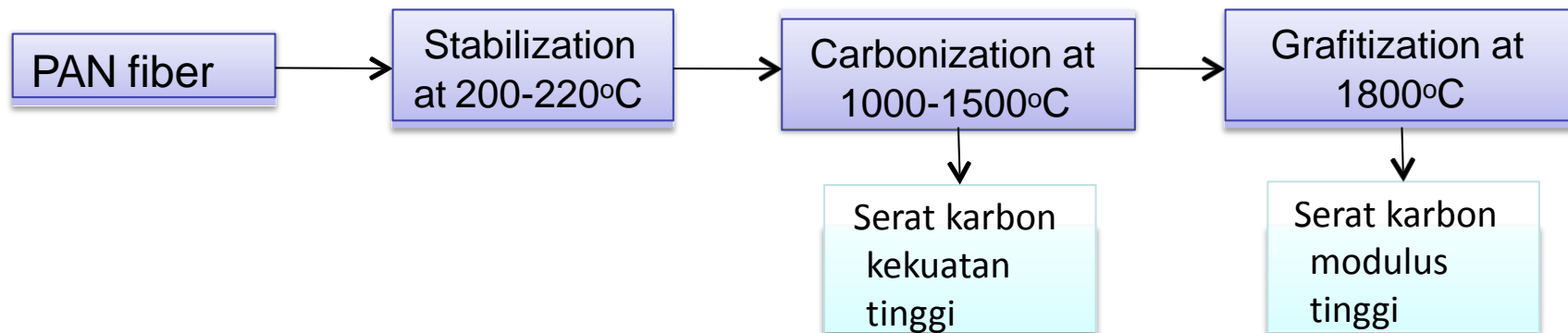
- a) Continuous fibers
- b) Discontinuous
- c) Woven fiber (for laminated structures)



Serat karbon

Komposit canggih untuk serat aerospace dan aeronautika

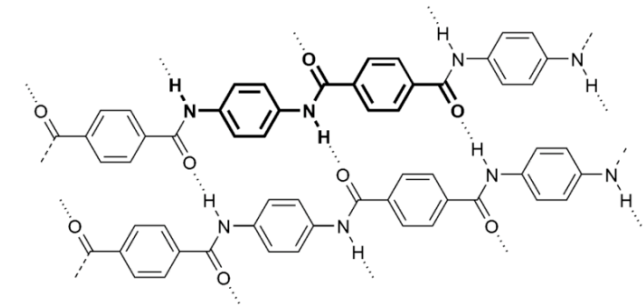
- Sifat fisik dan termal yang baik (Konduktivitas listrik tinggi dan konduktivitas termal tinggi).
- Serat karbon dalam komposit dengan resin plastik (yaitu: epoksi) menghasilkan kekuatan mekanik yang tinggi, kekakuan dan berat rendah → aplikasi aerospace
- Biaya rendah: pembuatan peralatan olahraga, produk industri dan komersial (70 ~ 220 \$ / kg dan 80 ~ 9 \$ / kg)
- Diproduksi dari prekursor organik:
 - Rayon dan isotropik (serat E ↓, ≤ 50 GPa)
 - Polyacrylonitrile (PAN) dan liquid crystal tar (E ↑) (lebih mudah untuk diarahkan)



1. STABILISASI Peregangan (200-300°C): jaringan fibrillar
2. KARBONISASI 1000-1500°C atmosfer lembam ⇒ Penghapusan O, H, N HT-CF
3. GRAPHITISASI T > 1800°C. Tingkat orientasi meningkat: ↑ E dan kekuatan: HM-CF

Serat Aramid

- ⇒ Kevlar poliamida (poli (paraphenylene terephthalamide))
- ⇒ Cincin aromatik memberikan stabilitas termal



http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kevlar_chemical_structure_H-bonds.png

- $E \uparrow \uparrow$ karena konfigurasi: molekul kaku tersusun dalam domain teratur (polimer kristal cair) → selama ekstrusi mereka berorientasi ke arah aliran.
- Isolator termal dan listrik, $\downarrow \alpha$, kekuatan impak tinggi dan $\downarrow E$ (dibandingkan dengan karbon)

Types of Kevlar fibers (commercially introduced in 1972 by Du Pont):

Kevlar 49 → *most used structural composite due to its $\uparrow E$*

Kevlar 29 → *high toughness applications (i.e.: bulletproof jacket)*

Kevlar 149 → *value of $E \approx$ theoretical*

Properties of the three types of Kevlar					
Material	$\rho(\text{g/cm}^3)$	$D_{\text{wire}} (\mu\text{m})$	$\sigma_{\text{tensile}}(\text{GPa})$	$E (\text{GPa})$	$\epsilon (\%)$
Kevlar 29	1,44	12	3,6	83	4,0
Kevlar 49	1,44	12	3,6-4,1	131	2,8
Kevlar 149	1,47	12	3,4	186	2,0

Serat Boron dan keramik

Serat boron

Diproduksi melalui pengendapan uap B di atas inti W

⇒ **Properties:** *very high strength and stiffness*

⇒ **Applications:** *in Al and Ti matrixes*

⇒ **Limitation:** *Very expensive*

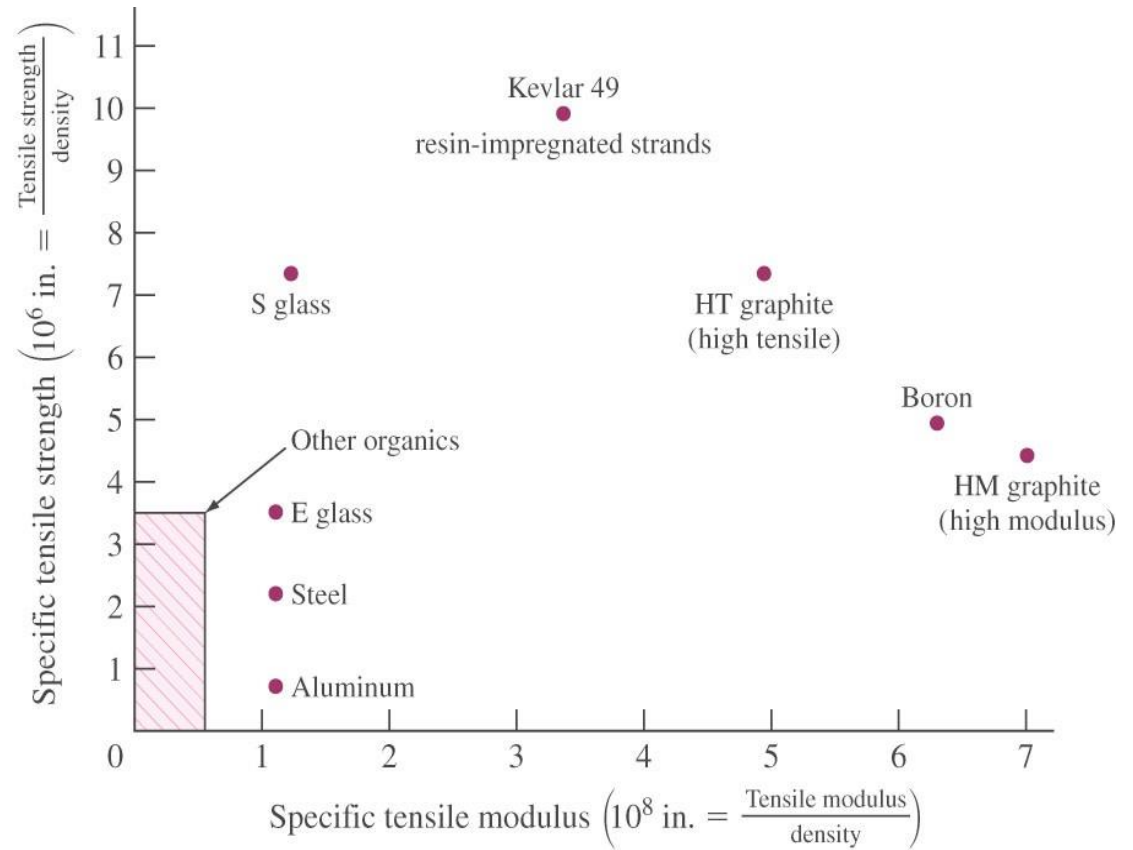
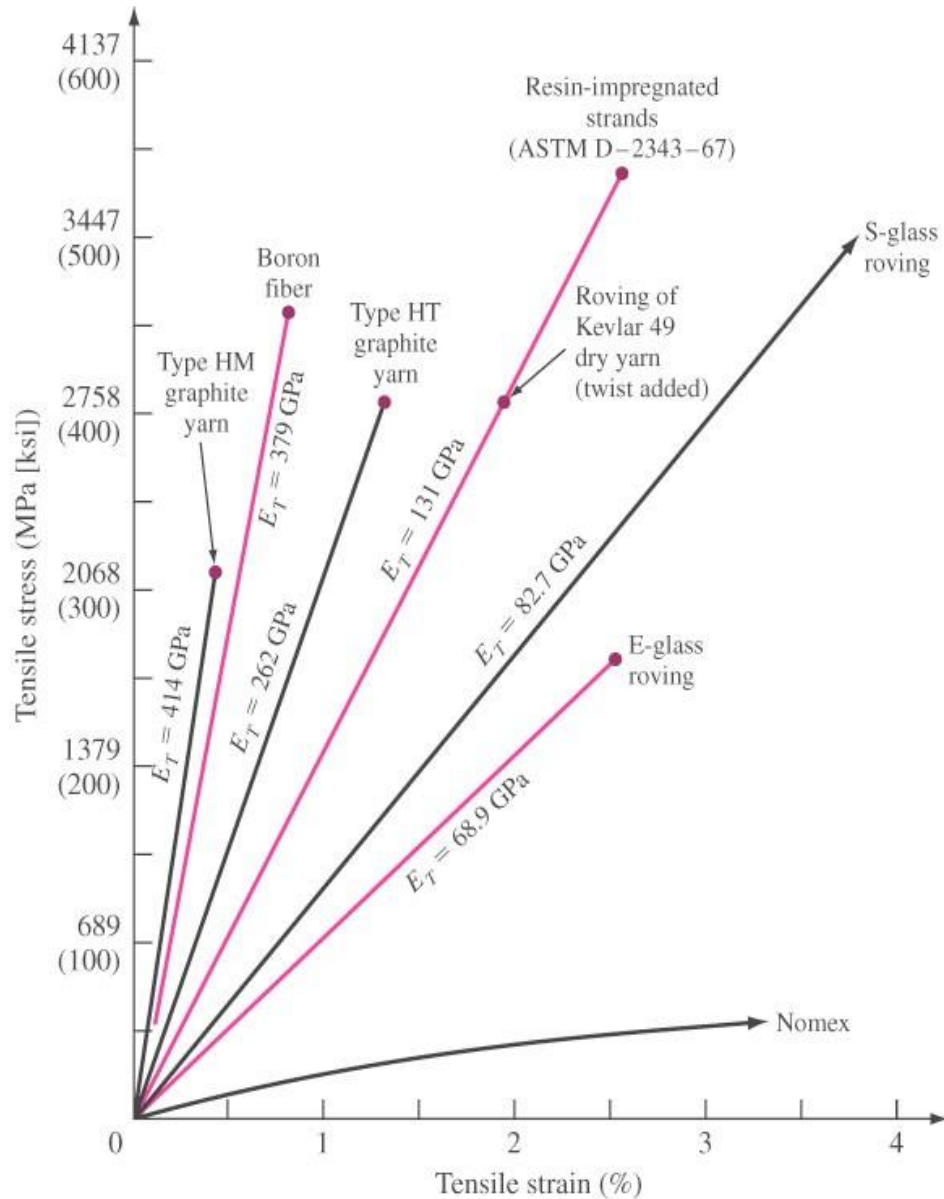
Ceramic fibers: Mainly quartz (Al_2O_3 , Si_3N_4 ,...)

⇒ **Properties:** *Can resist high T ($T > 1300$ °C) and thermal shocks*

⇒ **Applications:** *Thermal insulator. Not structural applications.*

⇒ **Limitation:** *very expensive (5 times the price of carbon fiber)*

Sifat mekanik dari berbagai macam serat



STRUKTUR BAHAN KOMPOSIT

- Dibentuk oleh material komposit dan material homogen.
- Properti bergantung pada geometri elemen struktural

Jenis :

→ komposit laminasi

→ struktur sandwich

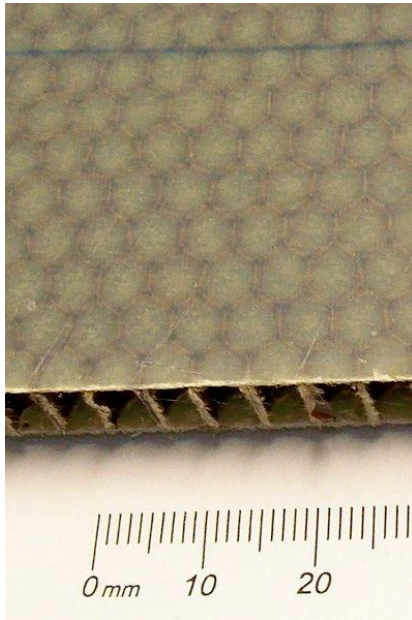
Komposit laminasi

Tumpukan lapisan atau lamina material komposit searah

Contoh komposit laminar: plastik yang diperkuat serat searah dan lurus dengan matriks seperti epoksi, poliester, PE, PA, PET ...

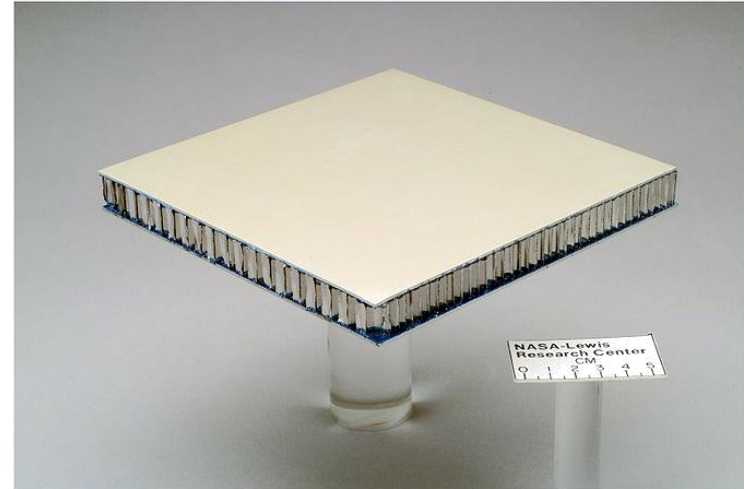
Untuk mendapatkan sifat mekanik yang berbeda, lapisan bahan dengan sifat berbeda ditumpuk, atau cara yang berbeda untuk menumpuk lapisan di atas satu sama lain.

Applikasi komposi

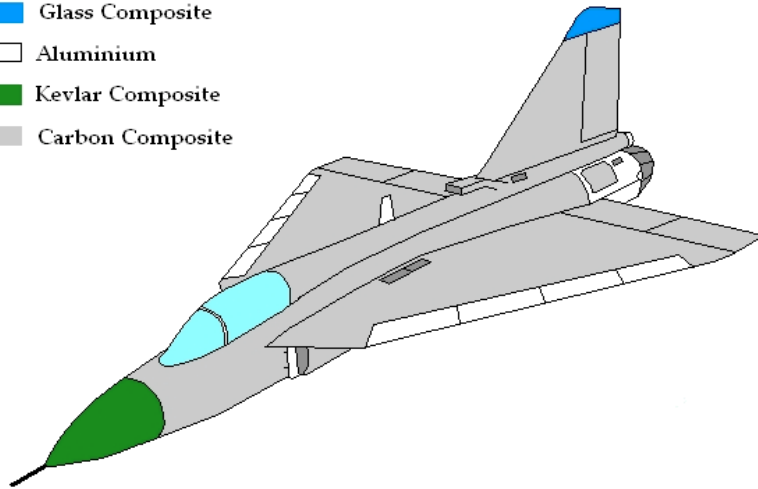


honeycomb panel
used in aircraft

NASA
C-2000-1447



- Glass Composite
- Aluminium
- Kevlar Composite
- Carbon Composite



Composites in LCA

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:LCA_Composites.jpg

GLARE

National Aeronautics and Space Administration
John H. Glenn Research Center at Lewis Field

"GLAss-REinforced" Fibre Metal Laminate (FML),

