

# POTENSI SERAT ALAM SEBAGAI MATERIAL KOMPOSIT



NINIS HADI HARYANTI  
HENRY WARDHANA  
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT



# **POTENSI SERAT ALAM SEBAGAI MATERIAL KOMPOSIT**

**Oleh:  
Ninis Hadi Haryanti  
Henry Wardhana**



**Lambung Mangkurat University Press  
2017**

## **POTENSI SERAT ALAM SEBAGAI MATERIAL KOMPOSIT**

Oleh:

Ninis Hadi Haryanti

Henry Wardhana

Diterbitkan oleh:

Lambung Mangkurat University Press, 2016

d/a Pusat Pengelolaan Jurnal dan Penerbitan Unlam

Jl. H. Hasan Basry, Kayu Tangi, Banjarmasin 70123

Gedung Rektorat Unlam Lt 2

Telp/Faks. 0511-3305195

---

Hak cipta dilindungi oleh Undang-undang.

Dilarang memperbanyak Buku ini sebagian atau seluruhnya, dalam bentuk dan cara apa pun, baik secara mekanik maupun elektronik, termasuk fotocopi, rekaman dan lain-lain tanpa izin tertulis dari penerbit

---

x + 200 h; 15.5 x 23 cm

Cetakan Pertama, Mei 2017

ISBN : 978-602-6483-38-6

# KATA PENGANTAR

Manusia memerlukan material untuk dapat menghasilkan sesuatu yang dapat difungsikan guna membantu berbagai macam aktivitas. Material komposit dikembangkan dengan menggabungkan beberapa jenis material berbeda untuk mendapatkan sifat material yang lebih baik yang berasal dari perpaduan masing-masing material penyusun komposit tersebut. Indonesia sebagai Negara dengan keaneka ragaman hayati yang luas memiliki peluang yang besar untuk mengeksplorasi pemanfaatan bahan serat alam sebagai penguat material komposit, sehingga diharapkan dapat dihasilkan bahan campuran yang ringan, kuat, ramah lingkungan serta ekonomis.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulisan buku ini dan juga kepada teman sejawat yang telah membaca seluruhnya sehingga terhindar dari kesalahan yang prinsipal.

Akhirnya segala kritik dan saran demi perbaikan isi buku ini sangat diharapkan.

Banjarmasin, Mei 2017

Penulis,



# DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Kata Pengantar.....	v
Daftar Isi .....	vii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
<b>BAB II KLASIFIKASI MATERIAL.....</b>	<b>11</b>
2.1 Logam.....	13
2.2 Keramik.....	30
2.3 Polimer.....	37
2.4 Komposit.....	45
2.5 Semikonduktor.....	51
2.6 Biomaterial dan Nanomaterial .....	53
<b>BAB III SIFAT MATERIAL.....</b>	<b>59</b>
3.1 Sifat Mekanik .....	62
3.2 Sifat Fisik .....	66
3.3 Sifat Teknologi .....	69
<b>BAB IV MATERIAL KOMPOSIT .....</b>	<b>71</b>
4.1 Pengertian Material Komposit.....	71
4.2 Tujuan Pembuatan Material Komposit .....	73
4.3 Penyusun Material Komposit.....	75
4.4 Properties MaterialKomposit .....	79
4.5 Perbedaan Komposit dan Alloy.....	83
4.6 Klasifikasi Material Komposit.....	84

4.6.1 Komposit Matrik Polimer (Polymer Matrix Composites – PMC) .....	<b>85</b>
4.6.2 Komposit Matrik Logam (Metal Matrix Composites – MMC).....	92
4.6.3 Komposit Matrik Keramik (Ceramic Matrix Composites – CMC).....	94
4.6.4 Partikel Sebagai Penguat (Particulate Composite).....	96
4.6.5 Fiber Sebagai Penguat (Fiber Composites).....	99
4.6.6 Fiber Sebagai Struktural (Structure composites) .....	111
4.7 Kelebihan, Kekurangan dan Aplikasi Komposit ..	116
<b>BAB V SERAT ALAM .....</b>	<b>123</b>
5.1 Serat .....	126
5.2 Serat Alam .....	127
5.3 Serat Selulosa .....	134
5.3.1 Serat selulosa dari batang .....	135
5.3.2 Serat Selulosa Dari Daun .....	159
5.3.3 Serat Selulosa Dari Buah .....	170
5.3.4 Serat Selulosa Dari Biji .....	172
5.4 Pemanfaatan Serat Alam.....	178
<b>BAB VI SERAT ALAM SEBAGAI MATERIAL KOMPOSIT .....</b>	<b>185</b>
6.1 Faktor Serat.....	185
6.2 Letak Serat .....	186
6.3 Panjang Serat.....	188



---

6.4 Bentuk Serat.....	190
6.5 Faktor Matrik.....	190
Daftar Pustaka.....	193
Biodata Penulis.....	199



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

Material dengan jenisnya yang bermacam-macam telah menjadi bagian dari peradaban manusia sejak dahulu. Manusia memerlukan material untuk dapat menghasilkan sesuatu yang dapat difungsikan untuk membantu berbagai macam aktivitas manusia seperti menebang kayu, membajak sawah, memasak, dan sebagainya. Beberapa jenis material telah lama dikenal oleh manusia sejak dulu.

Logam, tembaga, perunggu telah digunakan oleh manusia sejak lama. Penggunaan logam kemudian lebih meluas ke berbagai aspek kehidupan manusia setelah ditemukannya besi sebagai materi logam yang lebih kuat daripada tembaga dan perunggu. Zaman sekarang ini telah terdapat banyak jenis

material logam yang dikembangkan dengan cara memadukan berbagai jenis logam berbeda.

Keramik juga telah dipergunakan manusia sejak lama. Keramik banyak dipergunakan sebagai benda hiasan, wadah, dan tempat untuk sesuatu dan terbuat dari tanah liat yang dibakar (clay). Pada abad 20, istilah keramik kemudian dipergunakan untuk berbagai macam aplikasi keteknikan atau rekayasa (*engineering*).

Material keramik untuk bidang rekayasa adalah material yang mampu menahan suhu yang tinggi yang tidak mampu ditahan oleh logam. Semikonduktor adalah satu contoh dari material keramik rekayasa (*engineering ceramic*) untuk aplikasi pada bidang elektronik.

Satu diantara keunggulan dari material keramik terbaru adalah ketahanannya terhadap temperatur yang sangat tinggi (> 1200°C) dimana logam tidak bisa. Keunggulan tersebut dimanfaatkan pada desain pesawat ulang-alik yakni pada bagian hidung dan sisi bagian bawah yang harus menahan

panas sangat tinggi ketika bergesekan dengan lapisan atmosfer bumi.

Kemudian pada abad ke-21, makin banyak jenis material baru yang ditemukan. Dengan makin dieksplorasinya minyak bumi maka tidak hanya bahan bakar saja yang diproduksi dari cairan yang memfosil tersebut akan tetapi juga material. Material yang diciptakan dari turunan minyak bumi kemudian disebut sebagai polimer. Polimer kemudian dikembangkan lagi menjadi banyak sekali turunan-turunan dengan sifat yang bermacam-macam. Material polimer memiliki keunggulan yakni densitasnya yang rendah sehingga banyak diaplikasikan pada kehidupan sehari-hari seperti untuk *packaging*, wadah, aksesoris interior maupun eksterior.

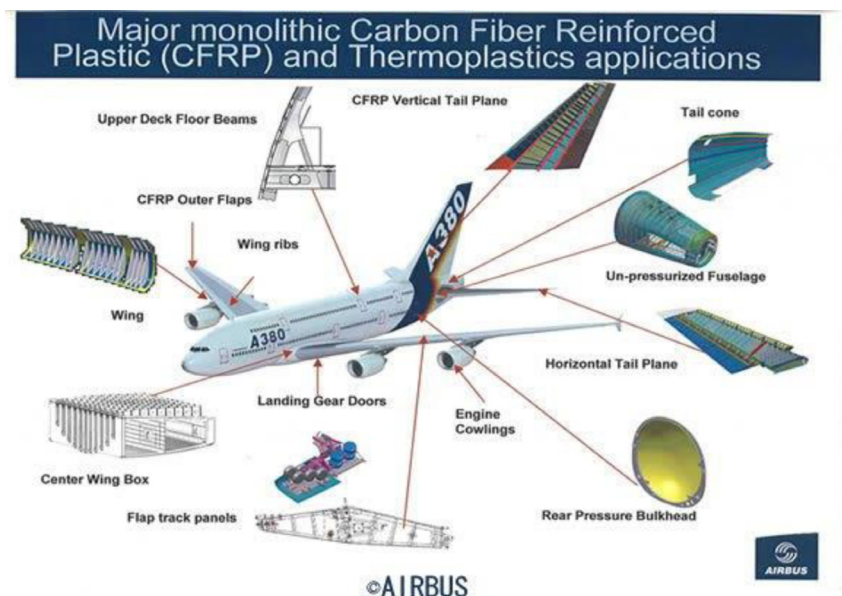
Semakin banyaknya penelitian yang dilakukan oleh para ilmuwan dan ahli teknologi selama ini maka semakin banyak orang yang dapat membuat produk-produk yang lebih baik. Menurut sejarah, kemajuan dan perkembangan dari kehidupan manusia

ternyata berkaitan dengan kemampuan untuk membuat dan merekayasa material untuk memenuhi kebutuhan hidup.

Pada dasarnya ilmu material meliputi penyelidikan terhadap hubungan yang muncul diantara struktur dan sifat-sifat material . Rekayasa material (*material engineering*) sendiri adalah dasar suatu ilmu untuk merancang atau merekayasa struktur dari suatu material untuk menghasilkan sifat-sifat yang diinginkan sebelumnya.

Pengembangan material tidak hanya berhenti pada ketiga jenis material yang telah dijelaskan sebelumnya, akan tetapi terus dilanjutkan dengan menggabungkan material-material berbeda untuk memperoleh sifat material yang lebih baik. Material ini kemudian disebut sebagai komposit. Material komposit dikembangkan dengan menggabungkan beberapa jenis material berbeda untuk mendapatkan sifat material yang lebih baik yang berasal dari perpaduan masing-masing material penyusun komposit tersebut.

Kemajuan kini telah mendorong peningkatan dalam permintaan terhadap material komposit. Perkembangan dalam bidang pengetahuan dan teknologi mulai menyulitkan material konvensional seperti logam untuk memenuhi keperluan aplikasi baru. Beberapa bidang seperti bidang angkasa luar, perkapalan, automobile, elektronik dan industri pengangkutan merupakan contoh aplikasi yang memerlukan material-material yang berdensitas rendah, tahan karat, kuat, kokoh dan tegar.



Gambar 1.1 Aplikasi Komposit CFRP Pada Pesawat

Pada saat ini, penggunaan dan pemanfaatan material berpenguat serat alam terus berkembang dan semakin diminati oleh dunia industri. Hal ini disebabkan serat alam memiliki massa jenis yang rendah, mampu terbiodegradasi, mudah didaur ulang, produksi memerlukan energi yang rendah, memiliki sifat mekanis yang baik dan dapat diperbaharui karena berasal dari alam.

Serat alam merupakan jenis serat yang memiliki kelebihan-kelebihan mulai diaplikasikan sebagai bahan campuran material. Indonesia mempunyai keaneka ragaman hayati yang luas sehingga memiliki peluang yang besar untuk mengeksplorasi pemanfaatan bahan serat alam. Karena sifat kekuatan serat alam bervariasi maka pemanfaatannya akan bervariasi pula, mulai dari bahan untuk penggunaan yang ringan dan tidak terlalu memerlukan kekuatan tinggi sampai bahan untuk penggunaan yang memerlukan kekuatan dan ketangguhan tinggi.

Dalam bidang teknologi material, bahan-bahan serat alam yang digunakan sebagai bahan penguat diharapkan dapat



menghasilkan bahan campuran yang ringan, kuat, ramah lingkungan serta ekonomis. Jenis-jenis serat alam seperti serat rami, serat kelapa, serat enceng gondok, serat aren mulai digunakan sebagai bahan penguat untuk material.

Perkembangan ini ditopang pula oleh kondisi alam Indonesia yang kaya akan bahan-bahan serat alam, seperti kapas (*cotton*), kapuk goni (*jute*), sisal, kenaf, pisang, kelapa, sawit, rami kasar (*flax*), rami halus (*hemp*). Material komposit dengan penguatan serat alam (*natural fibre*) seperti bambu, sisal, hemp, dan pisang telah diaplikasikan pada dunia *automotive* sebagai bahan penguat panel pintu, tempat duduk belakang, *dashboard*, dan perangkat interior lainnya.

Serat alam telah dicoba untuk menggeser penggunaan serat sintetis, seperti *E-Glass*, *Kevlar-49*, *Carbon Graphite*, *Silicone Carbide*, *Aluminium Oxide*, dan *Boron*. Bahkan, asbes yang dulu merupakan penggunaan serat sintetis yang hanya dipakai di Indonesia bahkan dunia, sekarang sudah ditinggalkan karena memberikan dampak yang negatif terhadap lingkungan.

Walaupun tak sepenuhnya menggeser, tetapi penggunaan serat alam menggantikan serat sintetis adalah sebuah langkah bijak dalam menyelamatkan kelestarian lingkungan dari limbah yang dibuat dan keterbatasan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui.



Gambar 1.2 Aluminium composite panel, membuat gedung lebih menawan dan terkesan mewah.

Indonesia sebagai Negara dengan keaneka ragaman hayati yang luas memiliki peluang yang besar untuk mengeksplorasi pemanfaatan bahan serat alam sebagai penguat material komposit. Karena sifat kekuatan serat alam ini bervariasi maka

pemanfaatannya akan bervariasi mulai dari bahan komposit untuk penggunaan yang ringan dan tidak terlalu memerlukan kekuatan tinggi sampai bahan komposit untuk penggunaan yang memerlukan kekuatan dan ketangguhan tinggi.

Satu diantara keuntungan material komposit adalah kemampuan material tersebut untuk diarahkan sehingga kekuatannya dapat diatur hanya pada arah tertentu yang dikehendaki. Hal ini dinamakan "*tailoring properties*" dan ini adalah satu diantara sifat istimewa komposit dibandingkan dengan material konvensional lainnya.

Selain kuat, kaku dan ringan komposit juga memiliki ketahanan terhadap korosi serta memiliki ketahanan yang tinggi bila terdapat beban dinamis. Sifat yang paling khas dari material baru ini antara lain adalah tingginya rasio antara kekuatan dengan berat (*strength/weight*) serta rasio antara kekakuan dengan berat (*stiffness/weight*), sehingga dari padanya tercipta pesawat terbang yang ringan, jaket anti peluru, raket dan sepeda yang semuanya ringan tetapi kuat.



## **BAB II**

# **KLASIFIKASI MATERIAL**

Material diklasifikasikan menjadi beberapa tipe yang memiliki karakteristik yang sama. Material dapat dikelompokkan dengan berbagai cara, satu diantaranya didasarkan pada ikatan atom dan struktur. Berdasarkan cara ini material dapat diklasifikasikan menjadi logam, polimer, dan keramik. Sebagai penambahan, terdapat dua kelompok material yang cukup penting dalam rekayasa material yaitu komposit dan semikonduktor. Ditinjau dari segi struktur, terdapat jenis material tambahan yaitu material komposit. Apabila klasifikasi material ditinjau dari kemampuan konduktivitasnya maka akan terdapat tambahan golongan material semikonduktor. Selain itu ada pula biomaterial yang termasuk dalam material tingkat tinggi.



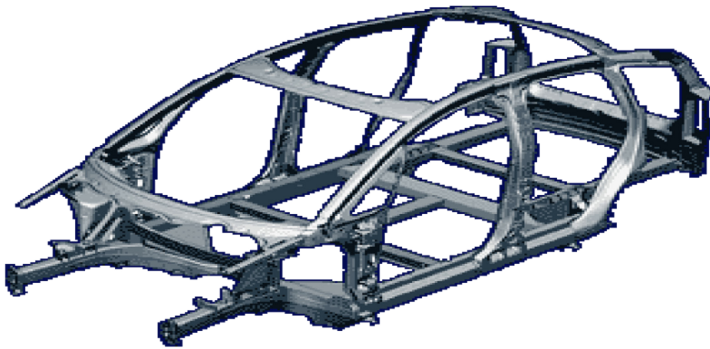
Gambar 2.1 Beberapa Contoh Produk Material



Gambar 2.2 Penggunaan Material Pada Pesawat

## 2.1 Logam

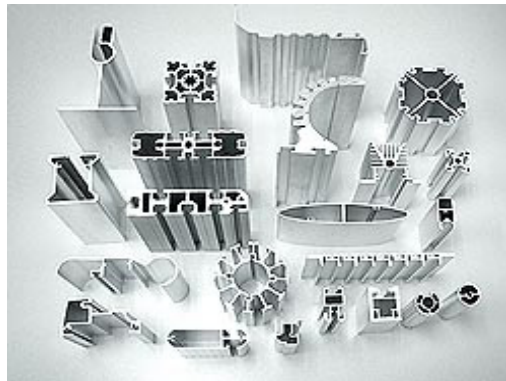
Material logam memiliki konduktor panas dan listrik yang sangat baik. Tak hanya itu, material ini juga memiliki sifat-sifat mekanis yang unggul dibandingkan dengan jenis material yang lain. Ada beragam jenis material logam yang ada saat ini, seperti yang terlihat di tabel periodik unsur, material logam menempati mulai dari golongan IA dan IIA serta golongan B (logam transisi). Aplikasinya antara lain cutting tools, alat rumah tangga, aplikasi struktural.



(a)



(b)



(c)

Gambar 2.3 Material Logam (a, b dan c)

Material dalam kelompok ini disusun oleh satu atau lebih unsur logam (misalnya besi, alumunium, tembaga, titanium, emas, dan nikel), dan juga seringkali mengandung unsur non logam (misalnya karbon, nitrogen dan oksigen) dalam jumlah yang relatif kecil. Atom–atom pada logam dan paduannya



mempunyai ciri–ciri tersusun secara sangat teratur, dan apabila dibandingkan dengan keramik dan polimer susunan antar atom–atomnya cenderung lebih rapat.

Karakteristik susunan antar atomnya yang khas ini, kemudian disebut sebagai ikatan logam. Material logam memiliki nilai elektron bebas yang tinggi, dimana berarti terdapat sejumlah besar elektron yang tidak terikat pada inti atom sehingga bisa bergerak bebas. Sifat–sifat dari material logam yang khas ini dapat dijelaskan melalui karakteristik elektronnya tersebut. Yang paling utama, yaitu apabila diamati dari sifat logam yang merupakan penghantar listrik dan panas yang baik.

Selain itu susunan atom material logam yang teratur dan respon dari elektron bebas terhadap getaran elektromagnetik pada frekuensi cahaya membuatnya tidak mampu ditembus oleh cahaya sehingga tidak tembus pandang seperti halnya kaca. Permukaan material logam akan mengkilap apabila

dipoles. Sebagai tambahan, beberapa jenis logam (Fe, Co, Ni) juga memiliki sifat magnetik yang kuat.

Mengenai sifat mekaniknya, material logam cenderung bersifat cukup kaku dan kuat, ulet (*ductile* = dapat mengalami deformasi atau perubahan bentuk tanpa mengalami patah) sehingga punya kemampuan mampu dibentuk (*formability*) yang baik (misalnya melalui penempaan, pengerolan, dll), dan mampu menerima pembebanan secara tiba-tiba tanpa mengalami patah (*shock resistance*). Sifat-sifat tersebut membuat logam mempunyai jangkauan aplikasi yang sangat luas dalam dunia industri hingga saat ini.

Dari sekian banyak jenis logam, ada beberapa logam yang mendapatkan porsi besar di dalam aplikasi-aplikasi dunia rekayasa (*engineering*). Logam-logam tersebut diklasifikasikan ke dalam istilah *ferrous* dan *non-ferrous*. Logam *ferrous* adalah yang berbasis pada Besi (Fe) sebagai komponen penyusun utama sedangkan *non-ferrous* adalah selain Fe yang menjadi penyusun utamanya. Beberapa *non-ferrous* digolongkan ke

dalam base metal dikarenakan mudah bereaksi dengan oksigen (terkorosi) membentuk lapisan oksida di permukaannya. Beberapa *non-ferrous* tersebut adalah Aluminium (Al), Tembaga (Cu), Timbal (Pb), Seng (Zn), Nikel (Ni), dan Timah (Sn). Ada juga jenis *non-ferrous* lain yang juga banyak diaplikasikan yakni Magnesium (Mg) dan Titanium (Ti).

Logam *ferrous* lebih banyak diaplikasikan di dalam dunia rekayasa karena beragam sifat mekanis yang ditawarkan dari jenis-jenisnya yang berbeda. Berdasarkan konsentrasi karbonnya maka kelompok logam *ferrous* dibedakan menjadi Baja (*Steel*) dan Besi Tuang (*Cast Iron*).

**Baja (*Steel*).** Karbon di dalam matriks besi akan memperkuat besi yang dalam keadaan murni rendah sifat mekaniknya. Jika di dalam matriks besi kandungan karbonnya maksimal 2% maka disebut sebagai baja, tapi jika kandungan karbonnya lebih besar dari 2% maka disebut sebagai besi tuang.

**Besi Tuang (*Cast Iron*).** Besi tuang memiliki kandungan karbon jenuh sehingga kelebihan karbon ini akan berbentuk karbon bebas yang tidak mengisi matriks dari besi. Karbon bebas ini disebut sebagai grafit.

Logam-logam selain besi disebut sebagai non-ferrous metal. Seperti yang disinggung sebelumnya, sebagai contoh dari logam-logam tersebut adalah aluminium, tembaga, nikel, titanium, timbal, timah, dan lain-lain serta paduan-paduannya. Ada beberapa kriteria yang diinginkan dari material ini untuk aplikasi-aplikasi structural tertentu pada bidang rekayasa seperti ringan, kekuatan tinggi, non-magnetik, titik lebur tinggi, ketahanan terhadap korosi karena lingkungan atau kimia.

**Aluminium.** Logam Aluminium dalam keadaan murni sangat lunak, ringan, tidak beracun (sebagai logam), non-magnetik. Aluminium juga mudah dibentuk (*forming*), dimesin (*machining*), dan dituang (*casting*). Untuk meningkatkan kekuatannya maka aluminium dipadu (*alloying*) dengan beberapa jenis logam lain yang memiliki struktur kristal yang

sama. Aluminium paduan (*alloy*) kemudian diklasifikasikan ke dalam beberapa seri sesuai dengan logam pematunya.

Logam aluminium murni diperoleh dari proses ekstraksi bijih logamnya yang disebut Bauxite dengan proses elektrolisis. Proses elektrolisis yang melibatkan energy listrik untuk membebaskan logam aluminium dari pengotor bijihnya dinamakan Proses Bayer. Bijih bauxite yang berasal dari tambang tidak bisa begitu saja direduksi dengan reduktor seperti pada proses pengolahan besi baja. Bijih bauxite harus dirubah terlebih dahulu menjadi alumina ( $Al_2O_3$ ) untuk dapat diekstrak logam aluminiumnya. Alumina kemudian dicampur dengan elektrolit yang disebut *cryollite* pada saat proses elektrolisis. Logam alumina kemudian akan terkumpul pada katoda dan akan di-*stripping* lalu dileburkan kembali dan dicetak menjadi ingot.

**Tembaga.** Tembaga merupakan logam yang sangat penting kehadirannya dalam peradaban manusia. Logam ini

menjadi awalan perubahan peradaban yang lebih maju yakni Peradaban Zaman Perunggu dimana perkakas baru semuanya mulai digantikan oleh perkakas yang terbuat dari perunggu (paduan antara Cu dengan Sn). Logam tersebut lunak serta memiliki konduktifitas termal dan listrik yang sangat baik/tinggi. Logam Cu murni lunak dan mudah dibentuk, dipermukaannya akan terbentuk tarnish berwarna jingga kemerahan jika terekspos udara. Ada beberapa jenis paduan tembaga yang banyak dipergunakan di dalam dunia rekayasa (*engineering*).

Tembaga diekstrak dari bijih logamnya yang umumnya ditambang yaitu chalcopyrite ( $\text{CuFeS}_2$ ) dan bornite ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ). Tidak seperti aluminum yang hanya bisa diekstrak dengan *energy* listrik, tembaga dapat diekstrak dengan dua metode yaitu dengan mereduksinya memakai reduktor dengan bantuan panas (*pyrometallurgy*) atau dengan *energy* listrik dengan elektrolisis (*hydrometallurgy*).

**Nikel.** Nikel adalah satu diantara logam non-ferrous yang sangat penting di dalam dunia rekayasa (*engineering*). Logam

ini memiliki ketahanan mulur (*creep*) yang sangat baik. Sifat tersebut sangat penting untuk aplikasi-aplikasi yang berada pada temperatur sangat tinggi dimana logam lain tidak dapat bertahan. Untuk aplikasi-aplikasi yang membutuhkan ketahanan korosi yang baik sangat membutuhkan keberadaan logam ini.

Logam nikel bersama kromium dan besi membentuk paduan baja tahan karat (*stainless steel*) yang banyak diaplikasikan untuk peralatan-peralatan yang tahan korosi. Logam nikel diekstrak dari bijih logamnya dengan menggunakan metode baik *pyrometallurgy* maupun *hydrometallurgy*. Bijih logam nikel yang umumnya ditambang ada dua yaitu dari jenis sulfide dan oksida. Jenis sulfide umumnya adalah pentlandite dan jenis oksida adalah laterite (ada limonite, saprolite, dan garnierite). Karena ketahanan korosi yang baik dan juga pada temperatur tinggi maka nikel banyak diaplikasikan untuk pembuatan turbin untuk pesawat terbang.

Nikel digunakan di banyak industri dan produk-produk konsumsi, termasuk baja tahan karat, magnet, koin, baterai

isi ulang, senar gitar dan paduan-paduan khusus. Nikel juga digunakan untuk pelapisan (*plating*) dan sebagai penghasil warna hijau dalam gelas. Nikel merupakan logam pemuat (*alloying metal*) yang unggul dan kegunaannya terutama adalah pada baja nikel (*nickel steel*) dan besi tuang nikel (*nickel cast iron*) yang bermacam-macam jenis.

Nikel juga banyak dipergunakan untuk paduan-paduan lainnya, seperti kuningan dan perunggu nikel (*nickel brasses and bronzes*), dan juga paduan-paduan dengan tembaga, kromium, aluminium, timbal, kobalt, perak, dan emas. Berikut beberapa data statistik mengenai penggunaan nikel dalam berbagai bidang; *Water treatment* (4%), *Pulp and paper* (8%), *Plumbing and piping* (8%), *Hot water system* (3%), *Marine* (3%), *Architecture, building and construction* (18%), *Consumer goods* (15%), *Transport and automotive* (12%), *Chemical processing* (11%), *Kitchen work-surfaces and kitchenware* (8%), *Energy* (10%).



Dari sektor-sektor tersebut nikel dikonsumsi dalam bentuk logam-logam yang dapat diklasifikasikan secara sederhana sebagai berikut; baja tahan karat (*stainless steel*), paduan-paduan super (*superalloys*), logam murni untuk pelapisan, dan dalam bentuk unsur pemadu untuk jenis paduan-paduan logam lainnya. Ada beberapa jenis *stainless steel* berdasarkan matriksnya yakni; *austenitic stainless steel*, *martensitic stainless steel*, *ferritic stainless steel*, *duplex stainless steel*, dan *superduplex stainless steel*.

**Titanium.** Logam titanium sangat terkenal dengan kekuatannya yang dapat serupa dengan beberapa baja tapi lebih ringan daripada baja (sekitar 45% lebih ringan). Logam ini juga terkenal dengan ketahanan korosinya yang baik. Akan tetapi kekuatannya tidak mampu bertahan pada temperature 430°C (mengalami pelunakan). Proses ekstraksinya menggunakan Proses Kroll atau Proses Hunter dari bijih logamnya yaitu rutil atau ilmenite yang terdapat di kerak bumi. Logam titanium

lebih banyak diaplikasikan sebagai elemen paduan untuk pada baja maupun aluminum. Pada baja titanium berfungsi sebagai penghalus butir dan juga pada aluminum. Adanya titanium juga meningkatkan kekuatan dari aluminum.

Aplikasi dari logam aluminum banyak pada industri dirgantara seperti pada paduan AA 6061-T6 pada pesawat-pesawat terbang komersial. Titanium 6AL-4V banyak digunakan pada bagian-bagian pesawat seperti *fire walls*, *landing gear*, *exhaust ducts (helicopter)*, dan *hydraulic system*. Pada bagian mesin, titanium digunakan pada *rotor*, *compressor blades*, dan *nacelles*.

Sedangkan untuk aplikasi di laut, titanium digunakan untuk pembuatan propeller shafts dan rigging, dan juga untuk heat exchangers pada desalination plants. Titanium dalam bentuk oksidanya ( $\text{TiO}_2$ ) digunakan sebagai pigment warna putih untuk cat, kertas, pasta gigi dan plastik.

Titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) juga dipergunakan sebagai tabir surya pada produk-produk kosmetik untuk melindungi kulit

manusia dari radiasi sinar UV yang membahayakan karena dapat menyebabkan kanker kulit. Titanium dioksida juga berfungsi sebagai *fotokatalis* dalam pengolahan air kotor.

Logam titanium juga banyak dipergunakan di bidang olah raga seperti; *tennis rackets, golf clubs, lacrosse stick shafts, cricket, hockey, lacrosse, football helmet grills*, dan *frame* sepeda serta komponen lainnya. Ada juga aplikasi logam ini untuk barang-barang *outdoor* seperti *cookware*, peralatan makan, lentera, dan kerangka tenda.

Titanium memiliki tampilan kilau logam yang sangat menarik sehingga cocok juga untuk aplikasi di bidang structural seperti tugu atau monumen peringatan, atau sebagai *casing* untuk peralatan elektronik atau juga dapat sebagai perhiasan seperti cincin.

Titanium memiliki sifat yang istimewa untuk aplikasi di bidang medis yakni *biocompatible*, artinya logam titanium dapat diterima oleh tubuh manusia jika dipasangkan di dalam tubuh manusia dan tidak menyebabkan inflamasi. Karena

sifatnya tersebut, titanium sering dijadikan *implant* pada proses penyembuhan tulang yang patah. Selain itu, untuk pemasangan gigi palsu juga menggunakan logam titanium sebagai akarnya.

**Timah.** Logam timah bersifat lunak, mudah ditempa dan tahan korosi serta tidak beracun untuk manusia. Pada masa lampau logam tersebut merupakan logam paduan terbesar di dalam pembuatan perunggu (Cu-Sn). Bersama tembaga, logam timah telah menjadi warisan peradaban yang sangat berharga. Perkakas sehari-hari yang terbuat dari perunggu banyak sekali memudahkan kehidupan manusia pada zaman perunggu (*Bronze age*) sejak 3000 SM, baru setelah 600 SM logam timah murni diproduksi.

Logam timah diperoleh dari ekstraksi bijih logam cassiterite ( $\text{SnO}_2$ ) yang umumnya banyak ditambang. Selain *cassiterite* sebagai mineral bijih utama ada juga mineral lain yang mengandung logam timah namun dalam persentase yang lebih kecil yaitu; *stannite*, *cylindrite*, *franckeite*, *canfieldite*, dan *tealite* (dari jenis sulfide). Proses ekstraksi logam timah menggunakan

metode *pyrometallurgy* yakni melebur bijih logam bersama *reduktor* karbon sehingga terpisah logam timah dari kotorannya. Di Indonesia, bijih logam timah berupa cassiterite banyak terdapat di Bangka dan Belitung.

Logam timah banyak dipergunakan sebagai *filler* untuk proses soldering (menempati 52%). Sebagai *soldering filler*, logam timah dipadu dengan timbal (63% Sn dan 37% Pb) yang membentuk campuran eutektik bertitik lebur rendah. *Soldering* banyak diaplikasikan pada industri elektronik dan penyambungan pipa. Untuk mencegah korosi terjadi pada baja maka dilakukan pelapisan (*coating*) menggunakan logam timah.

Baja lapis timah umumnya dipergunakan sebagai food packaging dalam mengawetkan makanan. Logam timah juga dipergunakan sebagai paduan dengan logam lain, umumnya dipadu dengan tembaga, sebagai contoh adalah *pewter* (paduan Cu-Sn dengan 99% Sn).

Logam timah juga dapat dijadikan sebagai elemen dekorasi, sebagai contoh adalah punched tin lanterns atau pierced tin.

Untuk dunia medis, persenyawaan timah dengan fluoride ( $\text{SnF}_2$ ) digunakan di dalam produk-produk perawatan gigi. Persenyawaan logam timah dengan senyawa organik (contoh hidrokarbon) sangat beracun, senyawa ini disebut sebagai *organotin*. *Organotin* sangat *toxic* dan umumnya dipergunakan sebagai biosida, contohnya; fungisida, pestisida, algaesida, pengawet kayu, dan *antifouling agents*. Penggunaan *organotin* untuk biosida sangat ketat aturannya dikarenakan sangat berbahaya bagi kesehatan manusia.

**Timbal.** Logam timbal (dikenal juga sebagai timah hitam) adalah logam yang mengkilat abu-abu kebiruan yang memiliki ketahanan korosi yang baik dan mudah sekali dibentuk. Logam ini telah dipergunakan oleh manusia untuk keperluan sehari-hari sejak 5000 tahun yang lalu. Logam ini di dalam bidang kesehatan digolongkan sebagai logam berat yang toksik untuk tingkat paparan tertentu kepada manusia.

Logam ini merusak sistem syaraf dan menyebabkan kemunduran otak. Kadar Pb yang berlebih menyebabkan kelainan pada darah mamalia. Sama seperti logam berat lainnya, seperti merkuri, timbal akan terakumulasi pada jaringan lunak dan tulang.

Logam timah hitam murni terdapat di alam, tetapi jarang sekali ditemui. Timah hitam biasanya dalam bentuk bijih dan bergabung dengan seng (Zn), perak (Ag), dan tembaga (Cu). Bijih timah hitam potensial yang umumnya ditambang adalah *galena* (PbS), *cerrusite* (PbCO<sub>3</sub>), dan *anglesite* (PbSO<sub>4</sub>).

Galena merupakan bijih timah hitam utama yang mengandung kadar Pb 86,6%. Bijih timah hitam dengan kandungan Pb kurang dari 10% dan atau sedikitnya 3% masih dapat dieksploitasi secara ekonomis. Kadarnya dapat ditingkatkan dengan proses pengolahan mineral. Umumnya menggunakan flotasi sehingga kadarnya naik menjadi 70% atau lebih.

Logam ini telah dipergunakan sebagai pipa air pada Kekaisaran Romawi, sebagai pelapis (*glaze*) pada keramik-keramik kuno, sebagai kosmetik (*kohl*), dipergunakan oleh orang Mesir Kuno untuk menggelapkan tepian kelopak mata. Pada zaman modern, logam ini dipergunakan pada konstruksi bangunan, baterai, selongsong peluru, pemberat pancing, paduan timah solder, dan sebagai pelapis radiasi.

## 2.2 Keramik

Keramik identik dengan *clay* (tanah liat) sebagai bahan dasar pembuatannya, hal ini karena pada masa lampau keramik dibuat dari material tersebut dengan cara dibentuk lalu dibakar di dalam tungku. Seiring perkembangan teknologi, keramik jadi lebih menarik tampilannya dengan ditemukannya teknik pewarnaan (*glazing*) dipermukaannya.

Keramik ada yang kristalin ada pula yang *amorf* (contohnya *glass*). Keramik memiliki sifat mekanis yang baik dalam hal ketahanan aus dan temperatur tinggi. Material ini juga memiliki



kekuatan tekan yang baik akan tetapi karena sifatnya yang getas maka tidak tahan terhadap beban tarik satu arah.

Keramik adalah senyawa yang tersusun dari perpaduan antara unsur logam dan non logam yang kemudian membentuk suatu senyawa baru yang umumnya termasuk ke dalam jenis *oxide*, *nitride*, dan *carbide*. Sebagai contoh, beberapa keramik yang umumnya dikenal yaitu alumunium oksida (alumina atau  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), silicon dioksida (silika atau  $\text{SiO}_2$ ), silicon karbida ( $\text{SiC}$ ), silikon nitride ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ).



Gambar 2.4 Beberapa Material Keramik

Terdapat juga beberapa material keramik yang termasuk ke dalam kelompok keramik tradisional seperti mineral–mineral, lempung, semen pada beton, batu bata, isolator listrik, magnet permanen dan kaca. Grafit dan intan juga dimasukkan ke dalam kelompok keramik.

Keramik biasanya dihubungkan dengan istilah “ikatan campuran”-sebuah kombinasi dari ikatan kovalen, ionik, dan terkadang metalik. Terdiri dari deretan atom–atom yang saling berhubungan satu sama lain, dan tidak ada molekul yang terpisah.

Karakteristik ini membedakan keramik dari padatan molekular, seperti kristal iodine (tersusun dari molekul  $I_2$  yang terpisah) dan paraffin wax (tersusun oleh rantai panjang molekul alkana). Selain itu es, dimana tersusun dari molekul terpisah  $H_2O$ , juga termasuk ke dalam kelompok ini walaupun memiliki perilaku seperti keramik.

Secara tipikal material ini tahan terhadap listrik dan panas, dan lebih tahan terhadap temperatur tinggi dan lingkungan

yang buruk dibandingkan dengan logam dan polimer. Selain itu keramik memiliki sifat keras, kaku, kuat namun mudah pecah.

Sifat keramik yang mudah pecah, walaupun sifat ini tidak berlaku pada jenis keramik tertentu, terutama jenis keramik hasil *sintering*, dan campuran *sintering* antara keramik dengan logam. Sifat lainnya adalah tahan suhu tinggi, sebagai contoh keramik tradisional yang terdiri dari *clay*, *flint* dan *feldspar* tahan sampai dengan suhu 1200° C, keramik *engineering* seperti keramik oksida mampu tahan sampai dengan suhu 2000° C.

Keramik mempunyai sifat kekuatan tekan tinggi, sifat ini merupakan salah satu faktor yang membuat penelitian tentang keramik terus berkembang. Sangat stabil terhadap bahan kimia, tidak beracun dan tahan gesek. Aplikasinya antara lain sebagai komponen dapur/*oven* (*furnace*), bangunan, komponen gas turbin, *isolator* panas, dll.

Keramik diklasifikasikan ke dalam beberapa kelas sebagai berikut;

1. *Glasses: optical, composite reinforce, containers, household.*
2. *Clay products: whiteware, bricks.*
3. *Refractories: furnace lining (fire bricks).*
4. *Abrasives: sandpaper, cutting, polishing.*
5. *Cements: composite, structural.*
6. *Advance ceramics: engine (rotors, valves, bearings), sensors.*

Ada beberapa metode di dalam pembuatan keramik, yaitu;

**a. Glass forming**

Teknik ini dipergunakan di dalam pembuatan benda-benda dari *glass*. Bahan dasar di dalam *glass forming* adalah *silica* ( $\text{SiO}_2$ ) dengan penambahan *additives* berupa air kaca (*soda glass*) sebanyak 30%, untuk gelas temperatur tinggi seperti *Pyrex* ditambahkan air kaca sebanyak 20%. *Additives* diperlukan untuk menaikkan *viskositas* gelas. Tak berbeda dengan logam, komponen dari gelas juga dibentuk dengan proses deformasi.

Ada beberapa proses di dalam pembuatan benda-bendar dari gelas, berikut ini prosesnya;

- *Hot-pressing*, seperti proses tempa pada logam dimana segumpal gelas panas ditekan diantara cetakan (*dies*). Biasa dipakai untuk membuat *insulator* dari gelas.
- *Rolling*, untuk memproduksi lembaran gelas (*sheet*).
- *Float moulding*, untuk memproduksi kaca jendela yang jernih.
- *Blow moulding*, untuk memproduksi botol atau keca pada bola lampu pijar.
- *Fiber drawing*, untuk memproduksi fiber glass.

### **b. Particulate forming**

Pembuatan komponen dari keramik umumnya dengan metode ini yang mana melibatkan proses pressing menggunakan cetakan kemudian dilanjutkan dengan proses *sintering* pada temperatur tinggi sehingga terjadi perlekatan antar partikel. Tujuan *sintering* adalah menurunkan tingkat porositas pada bakalan yang telah dicetak.

Proses ini lebih terkenal untuk pembuatan *engineering ceramics* (material keramik untuk aplikasi-aplikasi khusus di bidang rekayasa). Serbuk keramik terlebih dahulu dicampur dengan *binder* (pengikat) sebelum di-pressing. Ada tiga jenis teknik pressing di dalam proses ini yaitu;

- (1). *Uniaxial compression*, dipadatkan pada satu arah.
- (2). *Isostatic (hydrostatic) compression*, tekanan diberikan oleh fluida, serbuk keramik ditempakan di dalam wadah karet.
- (3). *Hot pressing*, proses penekanan melibatkan panas.

### **c. Cementation**

Pada proses ini terjadi pengerasan pasta yang dibuat dari campuran antara material semen dengan air (contoh; *concrete*). Umumnya digunakan untuk membangun struktur dengan dimensi yang besar dan bentuk yang kompleks seperti apartemen, jalan layang, dll. Proses pengerasan semen terjadi karena terjadi peristiwa hidrasi dari semen (reaksi kimia kompleks yang melibatkan air dan partikel semen).

Sampai saat ini, material semen *Portland* yang paling banyak dipergunakan pada proses *cementation*. Semen *Portland* dibuat dari campuran antara *clay* dan *mineral gamping* yang kemudian *dikalsinasi* pada 1400°C. Setelah proses *kalsinasi* kemudian dilakukan *grinding* hingga menjadi serbuk halus yang kita kenal sebagai semen untuk bangunan.

Beberapa contoh *engineering ceramics* adalah *alumina* ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), *zirconia* ( $\text{ZrO}_2$ ), *silicon karbida* ( $\text{SiC}$ ), *magnesia* ( $\text{MgO}$ ). Material-material tersebut banyak dipergunakan sebagai batu tahan api (refraktori) karena ketahanan temperatur tinggi yang baik seperti *alumina*, dan *magnesia*. Ada juga yang dipergunakan untuk bidang medis seperti *zirconia* untuk *dental crowns*, *bridges*, *root pins* dan *non-metallic implants*.

## **2.3 Polimer**

*Polimer* adalah molekul besar yang tersusun atas unit terkecil yang berulang dan teratur. Unit terkecil tersebut dinamakan monomer. Material ini bersifat *isolator*, tahan

korosi namun tidak tahan temperatur tinggi, mudah dibentuk, *viskoelastis* dan *non-kristalin*.

*Polimer* merupakan molekul makro yang dibentuk oleh atom-atom yang terikat secara kovalen membentuk suatu satuan molekul yang disebut monomer, dan kemudian satuan molekul ini tersambung dengan kelompok–kelompok monomer sejenis yang lain, membentuk suatu rantai yang panjang dan berulang.

Sebagian besar polimer merupakan senyawa organik berbasis karbon, hydrogen, dan unsur–unsur non logam lainnya seperti sulfur/belerang (S) dan klorin (Cl). Karakteristik ikatan antar rantai molekul polimer sangat mempengaruhi karakteristiknya. Struktur *cross linking* (ikatan silang) dari rantai polimer merupakan kunci dari proses vulkanisasi yang dapat mengubah karet alam yang awalnya belum memiliki fungsi aplikasi menjadi produk yang berguna dalam kehidupan sehari–hari seperti misalnya ban mobil yang membuat bepergian dengan sepeda menjadi lebih nyaman.



Istilah polimer dan plastik seringkali dipertukarkan. Padahal sebenarnya, plastik merupakan kombinasi dari polimer – polimer yang biasanya juga diberi bahan tambahan lain untuk memenuhi kemampuan dan penampilan yang diinginkan. Plastik merupakan pemantul cahaya yang kurang baik, dan cenderung bersifat transparan dan translusen. Polimer secara tipikal memiliki densitas yang rendah, sangat *fleksibel*, dan mudah dibentuk.

Polimer meliputi bahan plastik dan karet. Polimer yang paling umum dikenal adalah polimer organik yang tersusun dari rantai karbon yang panjang, hidrogen dan unsur-unsur non logam. Selain itu dikenal polimer in-organik yang penyusun utamanya tidak terdiri atas atom karbon. Contoh: karet, *nilon*, *epoxy*, dan *teflon*.



Gambar 2.5 Beberapa material polimer

Teflon merupakan satu dari polimer yang banyak digunakan oleh manusia. *Teflon* tidak mengandung *atom hydrogen*, hanya karbon dan *fluor*. Sifat ini menyebabkan hampir tidak ada zat yang dapat bereaksi dengan *teflon*. Sifat lainnya, teflon memiliki koefisien gesek yang rendah dan tidak basah jika dimasukkan zat cair. Sifat tersebut yang menjadikan pertimbangan digunakannya teflon sebagai alat masak.

Teflon adalah merek dagang dari *plastic politetrafluoroetena*. Plastik ini bersifat keras, kaku, tahan panas (titik leleh 3200° C), dan tahan terhadap bahan kimia. Teflon digunakan sebagai pelapis alat masak, setrika dan alat-alat yang digunakan dalam proses produksi makanan, minuman serta bahan kimia.

Berdasarkan sumbernya polimer dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu (1) polimer alam dan (2) polimer sintetis. Polimer alam adalah molekul besar yang terjadi secara alami dan terdapat di alam. Contoh dari polimer alami adalah kayu, kulit binatang, kapas, karet alam, rambut, shellac, amber, protein, DNA, dan juga selulosa. Sedangkan polimer sintetis banyak

sekali jumlahnya. Pada umumnya polimer sintetis merupakan molekul besar yang monomernya merupakan turunan rantai karbon dari minyak bumi meskipun ada juga yang bukan berupa rantai karbon, sebagai contoh adalah karet sintetis, *Bakelite*, *neoprene*, *nylon*, *PVC*, *polystyrene*, *polyethylene*, *polypropylene*, *polyacrylonitrile*, *PVB*, *silicone*, dll.

Polimer sintetis sendiri ada tiga macam yakni pertama terdapat secara alami contohnya *nylon*, *poliester*, *polipropilen*, *polistiren*. Kedua yang terdapat di alam tetapi dibuat oleh proses buatan contohnya karet sintetis. Ketiga Polimer alami yang dimodifikasi: *seluloid*, *cellophane* (bahan dasarnya dari *selulosa* tetapi telah mengalami modifikasi secara radikal sehingga kehilangan sifat-sifat kimia dan fisika asalnya).

Berdasarkan pola susunan monomernya polimer dibedakan atas beberapa jenis yaitu;

1. *Periodic copolymers*, monomernya tidak berlainan.
2. *Alternating copolymers*, monomernya berlainan secara bergantian.

3. *Statistical copolymers*, monomernya tersusun secara acak (random).
4. *Block copolymers*, tersusun atas satu atau lebih *subunit homopolimer*. Jika terdiri dari dua *homopolimer* maka disebut *diblock copolymer*, jika terdiri dari tiga maka disebut sebagai *triblock copolymer*.
5. *Graft copolymer*, mengandung rantai cabang yang berbeda dengan rantai induk polimer.

Berdasarkan jumlah rantai karbonnya polimer dibagi menjadi enam yaitu;

1. 1~4 Gas (LPG, LNG)
2. 5~11 Cair (bensin)
3. 9~16 Cairan dengan viskositas rendah
4. 16~25 Cairan dengan viskositas tinggi (oli, gemuk)
5. 25~30 Padat (parafin, lilin)
6. 1000~3000 Plastik (polistiren, polietilen, dll).

Ada banyak jenis polimer yang sudah dikembangkan. Ada yang disebut sebagai *thermoset* dan ada pula yang disebut sebagai *thermoplast*. Polimer *thermoset* contohnya adalah *phenolics, melamine, epoxy*. Sedangkan *thermoplastik* contohnya adalah *polyethylene, polypropylene, PVC, PTFE/ Teflone, polystyrene*.

*Polimer thermoset* akan melunak jika dipanaskan namun tidak dapat dibentuk dan tidak akan mengalir. Berbeda dengan *polimer thermoset, polimer thermoplastic* akan melunak dan mudah dibentuk ketika dipanaskan. Ketika didinginkan akan menjadi kaku. *Polimer* jenis ini dapat didaur ulang karena jika dipanaskan ia akan melunak dan dapat dibentuk lagi menjadi benda lainnya.








Reaksi polimerisasi ada yang disebut *addisi* dan ada juga yang kondensasi. *Polimerisasi addisi* adalah polimer yang terbentuk dari reaksi *addisi* dimana monomer berikatan satu sama lain tanpa kehilangan atom atau molekul. Ada tiga tahapan yang berlangsung ketika polimer terbentuk melalui

reaksi polimerisasi addisi yakni (1) tahap inisiasi (*initiation*), (2) tahap propagasi (*propagation*), dan (3) tahap terminasi (*termination*).

Sedangkan polimerisasi kondensasi adalah proses berikatannya monomer dengan disertai hilangnya atom atau molekul. Pada polimerisasi dihasilkan air yang berasal dari atom yang hilang tersebut. Berbeda dengan polimerisasi addisi, monomer pada polimerisasi kondensasi adalah gugus-gugus fungsional yang memiliki dua karakterisasi yakni;

1. Selain berikatan ganda, monomer juga memiliki gugus fungsional (seperti *alcohol*, *amine*, atau gugus asam karboksil).
2. Tiap monomer setidaknya memiliki dua situs reaktif, yang biasanya berarti dua gugus fungsional.

Beberapa jenis *polimer thermoplastic* dapat didaur ulang. Berikut ini adalah contohnya dengan *symbol* daur ulang masing-masing;

Recycling code	Polymer and structure	Uses
 <b>PETE</b>	$-O-CH_2-CH_2-O-\overset{\text{O}}{\parallel}{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\overset{\text{O}}{\parallel}{C}-$ Poly(ethylene terephthalate) (PET)	Bottles for soft drinks and other beverages
 <b>HDPE</b>	$-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-$ High-density polyethylene	Containers for milk and other beverages, squeeze bottles
 <b>V</b>	$-CH_2-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}-CH_2-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}-$ Vinyl/poly(vinyl chloride)	Bottles for cleaning materials, some shampoo bottles
 <b>LDPE</b>	$-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-$ Low-density polyethylene May have some branches	Plastic bags, some plastic wraps
 <b>PP</b>	$-CH_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-CH_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-$ Polypropylene	Heavy duty microwaveable containers
 <b>PS</b>	$-CH_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}-CH_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}-$ Polystyrene	Beverage/foam cups, toys, window in envelopes
 <b>Other</b>	All other resins, layered multimaterials, some containers	Some ketchup bottles, snack packs, mixture where top differs from bottom.

Gambar 2.6 Kode daur ulang beberapa *polimer thermoplastic*

## 2.4 Komposit

Komposit merupakan material yang tersusun atas dua atau lebih material sebagai konstituen dan memiliki sifat gabungan dari kedua material konstituen tersebut. Komposit terdiri atas matriks dan penguat (*reinforce/filler*) yang menjadi definisi khususnya. Matriks pada komposit berfungsi sebagai

distributor tegangan yang diterima oleh penguat yang jenisnya dapat bermacam-macam.

Komposit digunakan untuk laut sudah sejak 1940. Komposit digunakan untuk otomotif sejak 1950, karena mempunyai sifat kebebasan untuk desain, lebih ringan, dan tahan korosi. Komposit digunakan untuk truck karena mempunyai sifat ringan, tahan panas. Komposit sudah banyak digunakan untuk alat transportasi.



Gambar 2.7 Aplikasi komposit Pada Mobil



Komposit digunakan untuk energi angin sejak tahun 1980 karena berat ringan, ulet, dan tahan korosi. Sifat komposit, bisa *dicasting, laminating, infuse, continous panel, extrude, dan stamping*. Komposit memiliki ketahanan terhadap air. Air tidak dapat masuk sehingga jamur, bakteri dan karat tidak dapat masuk.



Gambar 2.8 Aplikasi Komposit Pada Energi Angin

Komposit juga sudah digunakan untuk jembatan. Beton juga memerlukan komposit untuk memperkuat beton. Komposit anti korosi dapat dilihat pada power plan. Rumah komposit bisa

sangat mudah terbakar karena itu akan memerlukan *flame retardant* yang efektif dan aman.

Komposit mempunyai sifat ringan dan densitas rendah sehingga perbandingan kekuatan per densitas sangat tinggi. Kelebihan lain komposit lebih tahan korosi untuk penggunaan di laut dan perairan. Fleksibilitas, macam proses, kecepatan dan keunikan disain merupakan kelebihan penggunaan komposit untuk produk struktur dan arsitektur.



Gambar 2.9 Aplikasi Komposit Pada Konstruksi

Material polimer komposit ada di Indonesia sejak tahun 1975. Pada tahun tersebut, komposit polimer digunakan untuk tangki air yang sebelumnya menggunakan logam yang berat. Bahan yang paling murah dg matriks *Polyester termoset*,

*reinforced* menggunakan kalsium karbonat *dicoating* dengan *resin plus inhibitor*. Metode manufaktur menggunakan kontak molding.

Perkembangan selanjutnya, dibuat untuk pelapisan dan dinding menggunakan dasar epoksi, matriks yang ekonomis menggunakan vinil ester, untuk menghadapi asam sulfat ditambahkan resin. Toilet untuk bis-bis malam menggunakan komposit polimer dengan bahan Serat gelas *reinforced*, bisa juga *aramid* atau serat karbon atau serat keflar, mobil juga menggunakan serat polimer.

Tahun 1985: industri komposit polimer berkembang untuk pemanfaatan pipa dan tangki yang menggunakan *filament winding machine*. Mesin ini dapat diaplikasikan di lapangan. Tahun 1980, perkembangan metode *pultrusion*. Dalam metode ini diaplikasikan untuk serat panjang. Aplikasi ini untuk atap, lembaran atap bergelombang, tembus cahaya, yang digunakan untuk pabrik pupuk. Dengan aplikasi ini, atap tidak mudah terkena korosi.

Tahun 2000, *continuous laminating machine*. Berbagai atap bergelombang, mesin ini tinggal ganti cetakan. Contoh aplikasi: kapal keruk di Bangka, Bangunan pupuk di Kaltim, Bangunan di pupuk Kujang, pabrik di Halmahera.



Gambar 2.10 Penggunaan Aluminium Komposit Panel Untuk *Kitchen Set*

Tahun 2005: *sheet molding compound* menggunakan mesin *Hydraulic press*. Contoh aplikasi: *Body bus*. Pengembangan polimer termoplastik PVC dibuat menjadi kaku, contohnya pintu kamar mandi. Komponen ini relatif murah, akan tetapi *modulus elastic* rendah sehingga atapnya dibuat berongga.

Potensi: Material komposit polimer dapat menggantikan material alam (contoh kayu) dan material logam. Selain tahan korosi, dapat diatur proses manufakturnya. Kelemahan : Relatif mahal, belum ada standar SNI, belum ada asosiasi komposit polimer, investasi cetakan untuk material

Kesimpulan: Industri komposit nasional sudah ada sejak 1975. Penggunaan material komposit polimer di Indonesia masih terbatas. Material komposit polimer di Indonesia berpeluang besar untuk menggantikan material konvensional seperti kayu dan logam. Perlu pembinaan industri dari pemerintah untuk mengatasi persaingan global salah satu dengan cara pembentukan wadah asosiasi komposit polimer.

## **2.5 Semikonduktor**

*Semikonduktor* adalah sebuah bahan dengan konduktivitas listrik yang berada di antara insulator dan konduktor. *Semikonduktor* merupakan satu-satunya kelas material yang dibedakan berdasarkan sifatnya. Material ini biasanya

didefinisikan sebagai material yang memiliki konduktivitas listrik pertengahan, antara konduktor yang baik dan insulator.

Konduktivitasnya sangat tergantung dari banyak sedikitnya jumlah atom pengotor/tambahan pada bahan, sehingga hal inilah yang menjadi kunci pembuatan produk IC (*integrated circuit*). Sebuah semikonduktor bersifat sebagai *insulator* pada temperatur yang sangat rendah, namun pada temperatur ruangan bersifat sebagai konduktor. Bahan semikonduksi yang sering digunakan adalah *silikon, germanium, dan gallium arsenide*.

*Semikonduktor* sangat berguna dalam bidang elektronik, karena konduktansinya yang dapat diubah-ubah dengan menyuntikkan materi lain (biasa disebut pendonor elektron). Satu diantara alasan utama kegunaan *semikonduktor* dalam elektronik adalah sifat elektroniknya dapat diubah banyak dalam sebuah cara terkontrol dengan menambah sejumlah kecil ketidakmurnian.

Ketidakmurnian ini disebut dopan. *Doping* sejumlah besar pada semikonduktor dapat meningkatkan konduktivitasnya dengan faktor lebih besar. Dalam sirkuit terpadu modern, sebagai contoh *polycrystalline silicon* didop berat seringkali digunakan sebagai pengganti logam.



Gambar 2.11 Penggunaan Semikonduktor

## 2.6 Biomaterial dan Nanomaterial

Biomaterial umumnya dapat diproduksi baik di alam atau disintesis di laboratorium menggunakan berbagai pendekatan kimia menggunakan komponen logam atau keramik. Biomaterial

digunakan dalam komponen yang diimplan ke dalam tubuh manusia untuk menggantikan bagian tubuh yang rusak.

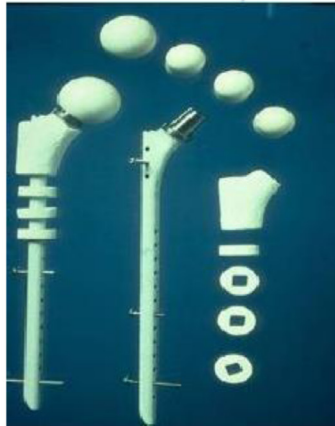
Material ini tidak boleh menghasilkan zat beracun dan harus sesuai dengan jaringan tubuh. Mereka sering digunakan dan/atau disesuaikan untuk aplikasi medis. Dengan demikian terdiri dari seluruh atau bagian dari struktur hidup atau perangkat biomedis yang melakukan, menambah, atau mengganti fungsi alami.

Fungsi tersebut dapat bersifat jinak, seperti yang digunakan untuk katup jantung, atau mungkin bioaktif dengan fungsionalitas yang lebih interaktif seperti hidroksi apatit- dilapisi implan pinggul. Biomaterial juga digunakan setiap hari di aplikasi gigi, operasi, dan pengiriman obat.



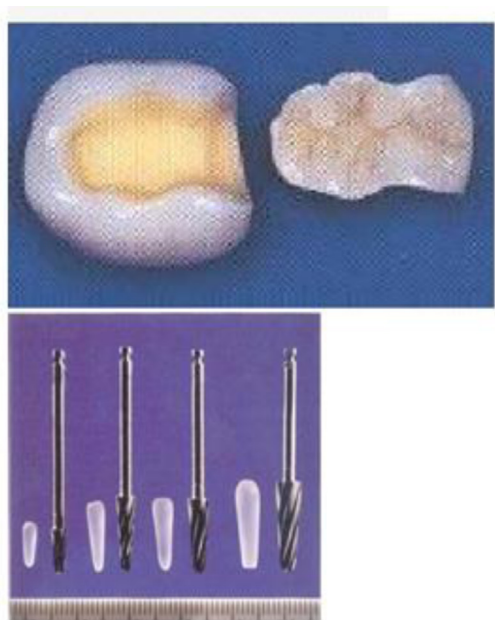


Glass-Ceramic cochlear  
implants

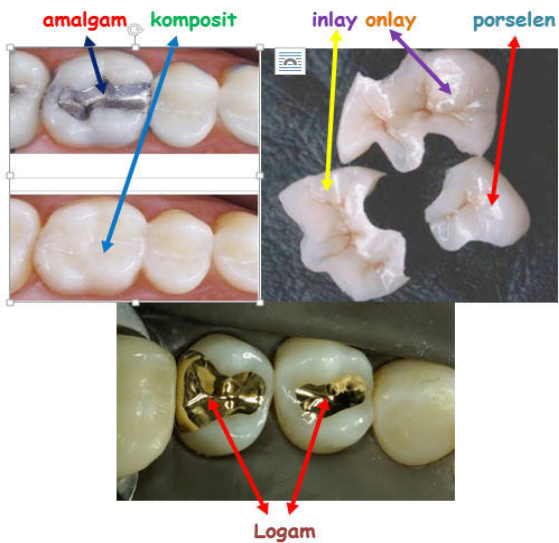


Gambar 2.12 Komposit *Glass-Ceramic* Pada Bidang  
Kedokteran

Dalam bidang dental, logam keramik dipilih sebagai pengganti mahkota gigi karena mempunyai sifat mekanik yang bagus dan tinggi dalam hal estetikanya.



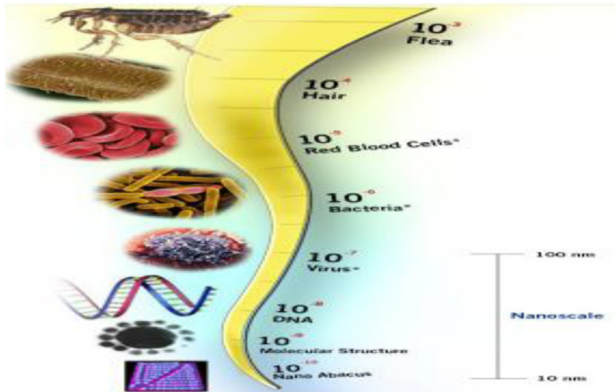
Gambar 2. 13 Logam Keramik Sebagai Mahkota Gigi





Gambar 2.14 Aplikasi Komposit Pada Gigi

Ternyata seiring makin berkembang pesatnya kebutuhan akan material dan penelitian oleh para ilmuwan untuk memenuhi kebutuhan manusia maka ada juga material masa depan yakni nano material. Nano material adalah pembuatan material baru yang dilakukan dari level atomik dengan memanipulasi dan memindahkan atom dan molekul untuk membentuk struktur baru. Kata depan “*nano*” menandai bahwa dimensi dari besaran struktur ini berorde nanometer. Contohnya *carbon nanotubes*.



Gambar 2.15 *Scale down* menuju skala nanometer

Ilmu material sangat penting untuk dipelajari mengingat kegunaan material dan kebutuhan akan material yang semakin berkembang pesat agar tidak salah nantinya dalam menentukan material apa yang kita butuhkan. Selain itu dengan mempelajari ilmu material kita juga dapat menciptakan inovasi-inovasi baru untuk menghadapi masalah pada lingkungan kita, seperti misalnya pada alat transportasi dibutuhkan material yang meningkatkan efisiensi bahan bakar, kuat, densitas rendah, dan memiliki kemampuan bekerja pada temperatur tinggi. Tanpa mempelajari ilmu material tentunya kita tidak dapat melakukannya.

## **BAB III**

# **SIFAT MATERIAL**

Material perlu dipelajari agar dapat dipilih material yang tepat diantara banyaknya macam material yang ada. Secara mendasar terdapat beberapa kriteria untuk menentukan keputusan akhir dalam memilih suatu material.

Pertama, kondisi awal harus dikarakterisasi, oleh karena itu harus diketahui sifat-sifat apa saja yang dibutuhkan dari suatu material. Hal ini disebabkan jarang sekali dapat dibentuk suatu material dengan kombinasi yang ideal. Contoh klasik dari permasalahan ini meliputi kekuatan (*strength*) dan kelenturan (*ductility*); secara normal material yang memiliki sifat sangat kuat hanya memiliki sifat kelenturan yang sangat terbatas.

Pertimbangan kedua dalam pemilihan suatu material adalah sifat *deterioration* (sifat buruk) yang dapat muncul

selama proses operasi. Sebagai contoh, reduksi yang signifikan dalam kekuatan mekanik kemungkinan dihasilkan karena terpapar (*exposure*) suhu yang tinggi atau lingkungan yang *korosif* (merusak).

Kemungkinan besar suatu pertimbangan dalam pemilihan suatu material ditolak karena alasan ekonomi, yaitu berapa biaya akhir dari material yang dihasilkan. Bisa saja sebuah material ditemukan dengan kombinasi sifatnya yang ideal namun dibutuhkan biaya produksi yang sangat mahal sekali. Selain itu beberapa pertimbangan (kompromi) tidak dapat dihindarkan. Disamping itu, biaya untuk menyelesaikan sebuah keping juga membutuhkan banyak biaya lain (waktu, tenaga, dan lain-lain) selama proses pabrikasi untuk menghasilkan bentuk yang diinginkan.

Pemanfaatan suatu material disesuaikan dengan sifat-sifat yang ada pada material itu sendiri dengan melalui proses seleksi. Sampai saat ini sudah banyak material yang telah dibuat dan semuanya itu dapat dikategorikan menjadi logam,

plastic, gelas, dan serat. Kemajuan dalam memahami berbagai jenis material merupakan suatu pertanda dari kemajuan dalam bidang teknologi.

Prinsip dasar yang menentukan sifat material adalah struktur internal material itu sendiri. Struktur internal itu tersusun oleh atom yang saling berkaitan dengan atom tetangganya (atom yang berada disebelahnya) baik itu dalam suatu kristal, molekul ataupun mikrostruktur. Walaupun sudah ada standar baku yang mengatur akan kandungan bahan-bahan pembentuk yang akan membangun sifat material, namun keahlian untuk menentukan berdasarkan metode-metode pengujian material sangatlah penting bagi seorang *material engineer*.

Material dapat dibedakan berdasarkan sifat-sifatnya, karena sifat (properti) adalah ciri-ciri yang ada pada suatu material yang berkaitan dengan jenis besarnya respon yang diberikan jika suatu material diberikan suatu stimulus (rangsangan). Sifat-sifat itu akan mendasari dalam pemilihan material. Secara

umum sifat suatu material tidak bergantung terhadap bentuk dan ukuran material tersebut.

Sifat-sifat suatu material dapat dikelompokkan menjadi 3 kategori sifat yakni (1) sifat mekanik, (2) sifat fisik; yang meliputi listrik, termal, magnetik, optik, deterioratif (sifat yang menyebabkan suatu material menjadi buruk), dan *storage/memory*; dan (3) sifat teknologi. Untuk masing-masing sifat tersebut terdapat stimulus khusus yang dapat menimbulkan respon yang berbeda.

### **3.1 Sifat Mekanik**

Sifat mekanik material, merupakan satu faktor terpenting yang mendasari pemilihan bahan dalam suatu perancangan. Sifat mekanik dapat diartikan sebagai respon atau perilaku material terhadap pembebanan yang diberikan, dapat berupa gaya, torsi atau gabungan keduanya.

Dalam prakteknya pembebanan pada material terbagi dua yaitu beban statik dan beban dinamik. Perbedaan antara



keduanya hanya pada fungsi waktu dimana beban statik tidak dipengaruhi oleh fungsi waktu sedangkan beban dinamik dipengaruhi oleh fungsi waktu.

Untuk mendapatkan sifat mekanik material, biasanya dilakukan pengujian mekanik. Pengujian mekanik pada dasarnya bersifat merusak (*destructive test*), dari pengujian tersebut akan dihasilkan kurva atau data yang mencirikan keadaan dari material tersebut.

Setiap material yang diuji dibuat dalam bentuk sampel kecil atau spesimen. Spesimen pengujian dapat mewakili seluruh material apabila berasal dari jenis, komposisi dan perlakuan yang sama. Pengujian yang tepat hanya didapatkan pada material uji yang memenuhi aspek ketepatan pengukuran, kemampuan mesin, kualitas atau jumlah cacat pada material dan ketelitian dalam membuat spesimen.

Sifat mekanik tersebut meliputi antara lain: kekuatan tarik, ketangguhan, kelenturan, keuletan, kekerasan, ketahanan

aus, kekuatan impak, kekuatan mulur, kekeuatan leleh dan sebagainya.

Sifat-sifat mekanik material yang perlu diperhatikan:

- Tegangan yaitu gaya diserap oleh material selama berdeformasi persatuan luas.
- Regangan yaitu besar deformasi persatuan luas.
- Modulus elastisitas yang menunjukkan ukuran kekuatan material.
- Kekuatan yaitu besarnya tegangan untuk mendeformasi material atau kemampuan material untuk menahan deformasi.
- Kekuatan luluh yaitu besarnya tegangan yang dibutuhkan untuk mendeformasi plastis.
- Kekuatan tarik adalah kekuatan maksimum yang berdasarkan pada ukuran semula.
- Keuletan yaitu besar deformasi plastis sampai terjadi patah.

- 
- Ketangguhan yaitu besar energi yang diperlukan sampai terjadi perpatahan.
  - Kekerasan yaitu kemampuan material menahan deformasi plastis lokal akibat penetrasi pada permukaan.

Sifat mekanik berkaitan dengan perubahan bentuk karena adanya pemberian beban atau gaya, contohnya meliputi modulus elastisitas dan kekuatan (*strength*), Keuletan (*Ductile*), Kekakuan (*Stiffness*), Ketangguhan (*Toughness*), Kekerasan (*Hardness*). Kekuatan adalah kemampuan suatu material dalam menerima beban, semakin besar beban yang mampu diterima oleh material maka benda tersebut dapat dikatakan memiliki kekuatan yang tinggi.

Kekerasan dapat diartikan ketahanan suatu material terhadap deformasi lokal, misalkan ketahanan terhadap goresan. Bila suatu material digores maka yang akan menerima beban adalah bagian permukaannya saja bukan keseluruhannya, oleh karena itu goresan dikatakan hanya menghasilkan deformasi lokal.

Selanjutnya sifat kekakuan dari suatu material dapat diartikan ketidakmampuan suatu material untuk berdeformasi plastis. Material yang kaku berarti bila diberi suatu beban dia hanya akan berdeformasi elastis, dan selanjutnya akan mengalami patah (*fracture*).

Mengetahui tentang sifat mekanik suatu material sangatlah penting terutama dalam pemilihan material yang akan dipakai dalam kehidupan sehari-hari. Misalkan akan dipilih jenis baja yang akan digunakan untuk membuat jembatan, maka hal terpenting yang harus diperhatikan adalah bahan yang dipilih haruslah kuat, dalam arti dia tidak akan mudah mengalami deformasi plastis. Bayangkan saja bagaimana bila salah memilih bahan, tentunya nanti jembatan yang dibuat akan memiliki lintasan melengkung.

### **3.2 Sifat Fisik**

Sifat penting yang kedua dalam pemilihan material adalah sifat fisik. Sifat fisik adalah kelakuan atau sifat-sifat material

yang bukan disebabkan oleh pembebanan seperti pengaruh pemanasan, pendinginan dan pengaruh arus listrik yang lebih mengarah pada struktur material.

Sifat fisik material antara lain : temperatur cair, konduktivitas panas dan panas spesifik.

Struktur material sangat erat hubungannya dengan sifat mekanik. Sifat mekanik dapat diatur dengan serangkaian proses perlakuan fisik. Dengan adanya perlakuan fisik akan membawa penyempurnaan dan pengembangan material bahkan penemuan material baru.

Sifat kelistrikan berkaitan dengan konduktivitas listrik, resistivitas listrik dan konstanta dielektrik yang diperoleh dengan memberikan stimulus berupa medan listrik.

Sifat panas (*thermal*) berkaitan dengan kapasitas panas dan konduktivitas termal yang diperoleh dengan memberikan stimulus berupa panas.

Sifat Magnetik menggambarkan respon suatu material terhadap medan magnet yang biasanya direpresentasikan dengan menggunakan kurva *Hysteresis*.

Sifat Optik menggambarkan bagaimana respon suatu material terhadap medan elektromagnetik atau radiasi cahaya. Sifat optik ini direpresentasikan dalam indeks refraksi dan refleksi.

Sifat *Deteriorative* mengindikasikan kereaktifan secara kimia dari suatu material.

Sifat *storage/memory* merupakan sifat dari material yang muncul akibat dari perkembangan teknologi yang akhir-akhir ini terasa dampaknya yang besar. Aplikasi dalam hal *storage/memory* dari suatu material satu diantaranya adalah *flashdisk*, yang saat ini dituntut agar bisa menyimpan data yang lebih besar. Maka dari itu, diperlukanlah suatu material yang mampu menyimpan data berukuran besar di dalam volume yang seminimal mungkin.

### 3.3 Sifat Teknologi

Selanjutnya sifat yang sangat berperan dalam pemilihan material adalah sifat teknologi yaitu kemampuan material untuk dibentuk atau diproses. Produk dengan kekuatan tinggi dapat dibuat dengan proses pembentukan, misalnya dengan pengerolan atau penempaan. Produk dengan bentuk yang rumit dapat dibuat dengan proses pengecoran.

Sifat-sifat teknologi diantaranya sifat mampu las, sifat mampu cor, sifat mampu mesin dan sifat mampu bentuk. Sifat material terdiri dari sifat mekanik yang merupakan sifat material terhadap pengaruh yang berasal dari luar serta sifat-sifat fisik yang ditentukan oleh komposisi yang dikandung oleh material itu sendiri.





## **BAB IV MATERIAL KOMPOSIT**

Kemajuan kini telah mendorong peningkatan dalam permintaan terhadap material komposit. Perkembangan dalam bidang pengetahuan dan teknologi mulai menyulitkan material konvensional seperti logam untuk memenuhi keperluan aplikasi baru. Bidang angkasa luar, elektronik, perkapalan, automobile dan industri pengangkutan merupakan contoh aplikasi yang memerlukan material-material yang berdensiti rendah, tahan karat, kuat, kokoh dan tegar. Hal tersebut adalah sifat istimewa komposit dibandingkan dengan material konvensional lainnya.

### **4.1 Pengertian Material Komposit**

Komposit adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-

masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut (bahan komposit). Dengan adanya perbedaan dari material penyusunnya maka komposit antar material harus berikatan dengan kuat, sehingga perlu adanya penambahan *wetting agent*.

Beberapa definisi komposit sebagai berikut;

- Tingkat dasar: pada molekul tunggal dan kisi kristal, bila material yang disusun dari dua atom atau lebih disebut komposit (contoh senyawa, paduan, polymer dan keramik)
- Mikrostruktur: pada kristal, phase dan senyawa, bila material disusun dari dua phase atau senyawa atau lebih disebut komposit (contoh paduan Fe dan C)
- Makrostruktur: material yang disusun dari campuran dua atau lebih penyusun makro yang berbeda dalam bentuk dan/atau komposisi dan tidak larut satu dengan yang lain disebut material komposit (definisi secara makro ini yang biasa dipakai).

## 4.2 Tujuan Pembuatan Material Komposit

Bahan komposit memiliki banyak keunggulan, diantaranya berat yang lebih ringan, kekuatan yang lebih tinggi, tahan korosi dan memiliki biaya perakitan yang lebih murah karena berkurangnya jumlah komponen dan baut-baut penyambung.

Berikut ini adalah tujuan dari dibentuknya komposit, yaitu sebagai berikut :

- Memperbaiki sifat mekanik dan/atau sifat spesifik tertentu.
- Mempermudah design yang sulit pada manufaktur.
- Keleluasaan dalam bentuk/desain yang dapat menghemat biaya.
- Menjadikan bahan lebih ringan.

Satu diantara keuntungan material komposit adalah kemampuan material tersebut untuk diarahkan sehingga kekuatannya dapat diatur hanya pada arah tertentu yang

dikehendaki. Hal ini dinamakan “*tailoring properties*” dan ini adalah satu sifat istimewa komposit dibandingkan dengan material konvensional lainnya. Selain kuat, kaku dan ringan komposit juga memiliki ketahanan terhadap korosi serta memiliki ketahanan yang tinggi bila terdapat beban dinamis.

Sifat yang paling khas dari material baru ini antara lain adalah tingginya rasio antara kekuatan dengan berat (*strength/weight*) serta rasio antara kekakuan dengan berat (*stiffness/weight*), sehingga dari padanya tercipta pesawat terbang yang ringan, jaket anti peluru, raket dan sepeda yang semuanya ringan tetapi kuat.

Contoh komposit yang terkenal adalah serat gelas (*glass fiber*) yang dibungkus dengan bahan polymer dan digunakan sebagai kabel komunikasi. Komposit didesain untuk mengkombinasikan karakteristik yang terbaik dari komponen-komponen penyusunnya. Fiber gelas misalnya memiliki sifat keras dan *polymer* bersifat *fleksible*.

Militer Amerika Serikat adalah pihak yang pertama kali mengembangkan dan memakai bahan komposit. Pesawat AV-8D mempunyai kandungan bahan komposit 27% dalam struktur rangka pesawat pada awal tahun 1980-an. Penggunaan bahan komposit dalam skala besar pertama kali terjadi pada tahun 1985. Ketika itu Airbus A320 pertama kali terbang dengan stabiliser horisontal dan vertikal yang terbuat dari bahan komposit. Airbus telah menggunakan komposit sampai dengan 15% dari berat total rangka pesawat untuk seri A320, A330 dan A340.

### **4.3 Penyusun Material Komposit**

Material Komposit pada umumnya terdiri dari 2 fasa:

#### 1). Matriks

Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (*dominan*). Matriks mempunyai fungsi sebagai berikut :

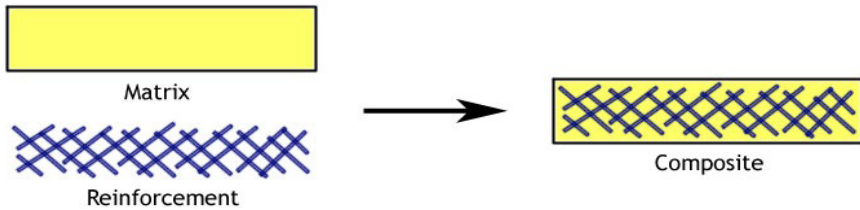
- a) Mentransfer tegangan ke serat

- b) Membentuk ikatan koheren, permukaan matrik/serat.
- c) Melindungi serat.
- d) Memisahkan serat.
- e) Melepas ikatan.
- f) Tetap stabil setelah proses manufaktur.

## 2). *Reinforcement* atau Filler atau Fiber

Satu diantara bagian utama dari komposit adalah *reinforcement* (penguat) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit.

Adanya dua penyusun komposit atau lebih menimbulkan beberapa daerah dan istilah penyebutannya. Matrik (penyusun dengan fraksi volume terbesar), Penguat (Penahan beban utama), *Interphase* (pelekat antar dua penyusun), *interface* (permukaan phase yang berbatasan dengan phase lain).



Gambar 4.1 Struktur Komposit

Fiber memiliki sifat yang mudah untuk diubah bentuknya dengan cara dipotong atau juga dicetak sesuai dengan kebutuhan desainnya. Selain itu, perbedaan pengaturan susunan fiber akan merubah pula sifat-sifat komposit yang dihasilkan. Hal tersebut dapat dimanfaatkan untuk mendapatkan sifat komposit sesuai dengan parameter yang dibutuhkan.

Matriks umumnya terbuat dari bahan resin. Ia berfungsi sebagai perekat material fiber sehingga tumpukan fiber dapat merekat dengan kuat. Resin akan saling mengikat material fiber sehingga beban yang dikenakan pada komposit akan menyebar secara merata. Selain itu resin juga berfungsi untuk melindungi fiber dari serangan bahan kimia atau juga kondisi cuaca ekstrim yang dapat merusaknya.

Selain kemudahan untuk medesain komposit ke dalam bentuk apapun, satu alasan utama penggunaan material komposit adalah didapatkannya kekuatan material tinggi dengan bobot yang jauh lebih ringan daripada material-material konvensional.

Secara struktur mikro material komposit tidak merubah material pembentuknya (dalam orde kristalin) tetapi secara keseluruhan material komposit berbeda dengan material pembentuknya karena terjadi ikatan antar permukaan antara matriks dan filler. Syarat terbentuknya komposit adalah adanya ikatan permukaan antara matriks dan filler. Ikatan antar permukaan ini terjadi karena adanya gaya adhesi dan kohesi. Dalam material komposit gaya adhesi-kohesi terjadi melalui 3 cara utama:

- ❖ Interlocking antar permukaan → ikatan yang terjadi karena kekasaran bentuk permukaan partikel.
- ❖ Gaya elektrostatis → ikatan yang terjadi karena adanya gaya tarik-menarik antara atom yang bermuatan (ion).



- ❖ Gaya vanderwalls → ikatan yang terjadi karena adanya pengutupan antar partikel.

Kualitas ikatan antara *matriks* dan *filler* dipengaruhi oleh beberapa variabel antara lain:

- Ukuran partikel
- Rapat jenis bahan yang digunakan
- Fraksi volume material
- Komposisi material
- Bentuk partikel
- Kecepatan dan waktu pencampuran
- Penekanan (kompaksi)
- Pemanasan (*sintering*)

#### **4.4 Properties Material Komposit**

Dalam pembuatan sebuah material komposit, suatu pengkombinasian optimum dari sifat-sifat bahan penyusunnya untuk mendapatkan sifat-sifat tunggal sangat diharapkan.

Beberapa material komposit polymer diperkuat serbuk yang memiliki kombinasi sifat-sifat yang ringan, kaku, kuat dan mempunyai nilai kekerasan yang cukup tinggi. Disamping itu juga sifat dari material komposit dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu material yang digunakan sebagai bentuk komponen dalam komposit, bentuk geometri dari unsur-unsur pokok dan akibat struktur dari sistem komposit, cara dimana bentuk satu mempengaruhi bentuk lainnya

Sifat maupun Karakteristik dari komposit ditentukan oleh:

a). Material yang menjadi penyusun komposit.

Karakteristik komposit ditentukan berdasarkan karakteristik material penyusun menurut *rule of mixture* sehingga akan berbanding secara proporsional.

b). Bentuk dan penyusunan struktural dari penyusun.

Bentuk dan cara penyusunan komposit akan mempengaruhi karakteristik komposit.

c). Interaksi antar penyusun.

Bila terjadi interaksi antar penyusun akan meningkatkan sifat dari komposit.

Menurut Agarwal dan Broutman, yaitu menyatakan bahwa bahan komposit mempunyai ciri-ciri yang berbeda dan komposisi untuk menghasilkan suatu bahan yang mempunyai sifat dan ciri tertentu yang berbeda dari sifat dan ciri konstituen asalnya. Disamping itu konstituen asal masih kekal dan dihubungkan melalui suatu antara muka. Dengan kata lain, bahan komposit adalah bahan yang heterogen yang terdiri dari fasa yang tersebar dan fasa yang berterusan. Fasa tersebar selalu terdiri dari serat atau bahan pengukuh, fasa yang berterusan terdiri dari matriks.

Kekuatan tarik komposit serat karbon lebih tinggi daripada semua paduan logam. Semua itu menghasilkan berat pesawat yang lebih ringan, daya angkut yang lebih besar, hemat bahan bakar dan jarak tempuh yang lebih jauh. Terdapat cukup banyak material komposit yang terdiri lebih dari satu tipe material yang

telah dibuat. Sebuah komposit dirancang untuk memperlihatkan kombinasi dari sifat/karakteristik terbaik dari masing-masing komponen material.

Serat kaca (*Fiberglass*) merupakan satu contoh yang sangat umum, dimana serat gelas dilekatkan ke dalam material polimer. Fiber glass memiliki sifat kuat yang berasal dari kaca dan sifat lentur yang berasal dari polimer. Banyak sekali pengembangan material terbaru melibatkan material komposit. Satu contoh aplikasi bahan komposit yakni pada bidang optikal material.

Contoh lain dapat dilihat pada “plastik” casing set televisi, sel-telepon dan sebagainya. Casing plastik tersebut biasanya terdiri dari material komposit dengan matriks termoplastik seperti *akrilonitril-butadiena-stirena* (ABS) di mana kalsium karbonat kapur, bedak, kaca serat atau serat karbon telah ditambahkan untuk menambah kekuatan, massa, atau elektro-statis dispersi. Penambahan ini dapat disebut sebagai serat penguat, atau dispersan, tergantung pada tujuan mereka.

## 4.5 Perbedaan Komposit dan Alloy

Perbedaan antara komposit dan alloy adalah dalam hal sistem proses pemuadannya:

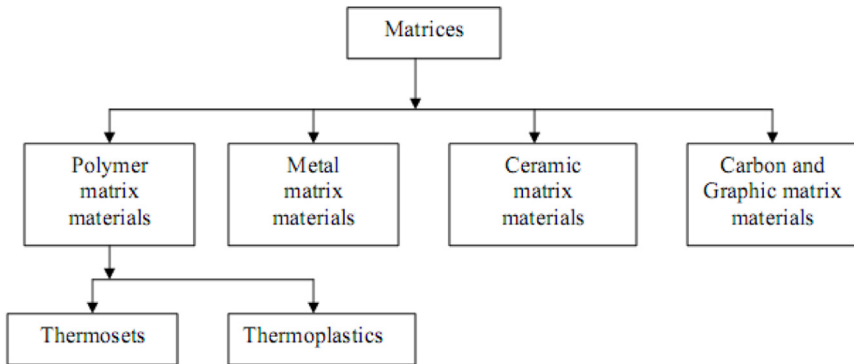
- Komposit bila ditinjau secara mikroskopis masih menampilkan adanya komponen matrik dan komponen filler, sedangkan alloy telah terjadi perpaduan yang homogen antara matrik dan filler
- Pada material komposit, dapat leluasa merencanakan kekuatan material yang diinginkan dengan mengatur komposisi dari matrik dan filler, sifat material yang menyatu dapat dievaluasi dan diuji secara terpisah.

Perbedaan yang mendasar antara material komposit dengan material alloy yaitu pada material alloy penggabungan materialnya dilakukan secara mikroskopis, sehingga tidak bisa dilihat sifat-sifat dasar dari unsur-unsur pembentuknya.

## 4.6 Klasifikasi Material Komposit

Pada umumnya bentuk dasar suatu bahan komposit adalah tunggal dimana merupakan susunan dari paling tidak terdapat dua unsur yang bekerja bersama untuk menghasilkan sifat-sifat bahan yang berbeda terhadap sifat-sifat unsur bahan penyusunnya. Dalam prakteknya komposit terdiri dari suatu bahan utama (matrik–matrik) dan suatu jenis penguatan (*reinforcement*) yang ditambahkan untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan matrik. Penguatan ini biasanya dalam bentuk serat (*fibre*, fiber).

Berdasarkan jenis matriknya, komposit dapat diklasifikasikan kedalam tiga kelompok besar yaitu: (a) Komposit matrik polimer (KMP/PMC), polimer sebagai matrik. (b) Komposit matrik logam (KML/MMC), logam sebagai matrik. (c) Komposit matrik keramik (KMK/CMC), keramik sebagai matrik.



Gambar 4.2 Klasifikasi komposit berdasarkan jenis matriks

#### 4.6.1 Komposit Matrik Polimer (Polymer Matrix Composites – PMC)

Bahan ini merupakan bahan komposit yang sering digunakan dan disebut, Polimer Berpenguatan Serat (FRP–*Fibre Reinforced Polymers or Plastics*). Bahan ini menggunakan suatu polimer berdasar resin sebagai matriknya, dan suatu jenis serat seperti kaca, karbon dan aramid (Kevlar) sebagai penguatannya.

Komposit ini bersifat :

- (1) Biaya pembuatan lebih rendah,
- (2) Dapat dibuat dengan produksi massal,
- (3) Ketangguhan baik,
- (4) Tahan simpan,
- (5)

Siklus pabrikan dapat dipersingkat, (6) Kemampuan mengikuti bentuk, (7) Lebih ringan.

Keuntungan dari PMC :

(1) Ringan, (2) Specific stiffness tinggi, (3) Specific strength tinggi, (4) Anisotropy.

Adapun jenis polimer yang banyak digunakan adalah;

#### 1) *Thermoplastic*

Thermoplastic adalah plastik yang dapat dilunakkan berulang kali (*recycle*) dengan menggunakan panas. Thermoplastic merupakan polimer yang akan menjadi keras apabila didinginkan. *Thermoplastic* meleleh pada suhu tertentu, melekat mengikuti perubahan suhu dan mempunyai sifat dapat balik (reversibel) kepada sifat aslinya, yaitu kembali mengeras bila didinginkan. Contoh *thermoplastic* yaitu *Polyester*, *Polyamide* (PI), *Polysulfone* (PS), *Poliether etherketone* (PEEK), *Polyhenylene Sulfide* (PPS), *Polypropylene* (PP), *Polyethylene* (PE), *Polieter sulfon*, Nylon 66, PTFE, PET, PES.



## 2) Thermoset

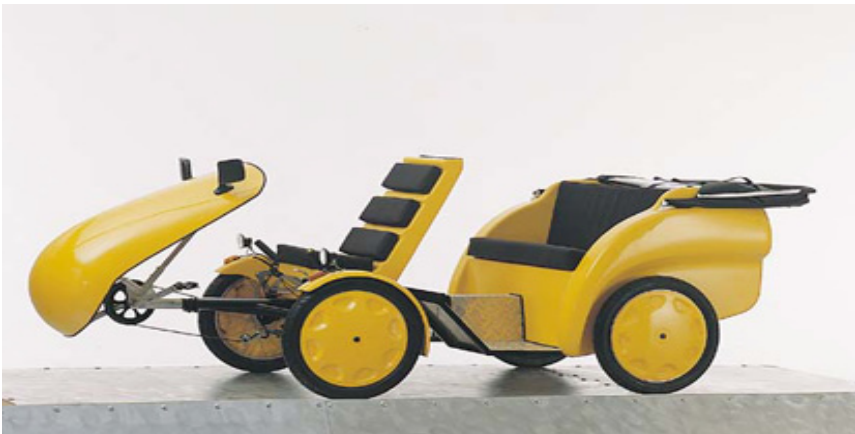
Thermoset tidak dapat mengikuti perubahan suhu (*irreversibel*). Bila sekali pengerasan telah terjadi maka bahan tidak dapat dilunakkan kembali.

Pemanasan yang tinggi tidak akan melunakkan termoset melainkan akan membentuk arang dan terurai. Karena sifatnya yang demikian sering digunakan sebagai tutup ketel, seperti jenis-jenis melamin. Plastik jenis termoset tidak begitu menarik dalam proses daur ulang karena selain sulit penanganannya juga volumenya jauh lebih sedikit (sekitar 10%) dari volume jenis plastik yang bersifat termoplastik. Contoh dari *thermoset* yaitu *Epoksi*, *Bismaleimida (BMI)*, *Poli-imida (PI)*, *Phenolic*, *Plenol*, *Resin Amino*, *Resin Furan*.

Aplikasi PMC, antara lain;

- 1) Matrik berbasis poliester dengan serat gelas; antara lain:
  - (a) Alat-alat rumah tangga, (b) Panel pintu kendaraan, (c) Lemari perkantoran, (d) Peralatan elektronika.

- 2) Matrik berbasis termoplastik dengan serat gelas, misalnya pada Kotak air radiator
- 3) Matrik berbasis termoset dengan serat carbon; antara lain:
  - (a) Rotor helikopter, (b) Komponen ruang angkasa, (c) Rantai pesawat terbang.



Gambar 4.3 GFRP—glass fiber reinforced composite

Pada Komposit Matrik Polimer, Sistem resin seperti epoksi dan poliester mempunyai batasan penggunaan dalam manufaktur strukturnya, dikarenakan sifat-sifat mekanik tidak terlalu tinggi dibandingkan sebagai contoh sebagian besar logam. Bagaimanapun, bahan tersebut mempunyai sifat-sifat

yang diinginkan, sebagian besar khususnya kemampuan untuk dibentuk dengan mudah kedalam bentuk yang rumit.



Gambar 4.4 CFRP – *carbon fiber reinforced composite*.

Bahan seperti kaca, aramid dan boron mempunyai kekuatan tarik dan kekuatan tekan yang luar biasa tinggi tetapi dalam ‘bentuk padat’ sifat-sifat ini tidak muncul. Hal ini berkenaan dengan kenyataan ketika ditegangkan, serabut retak permukaan setiap bahan menjadi retak dan gagal dibawah titik tegangan patah teoritisnya.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, bahan diproduksi dalam bentuk serat, sehingga, meskipun dengan jumlah serabut

retak yang terjadi sama, serabut retak tersebut terbatas dalam sejumlah kecil serat dengan memperlihatkan sisa kekuatan teoritis bahan. Oleh karena itu seikat serat akan mencerminkan lebih akurat kinerja optimum bahan. Bagaimanapun juga satu serat dapat hanya memperlihatkan sifat-sifat kekuatan tarik sesuai panjang serat, seperti halnya serat dalam suatu tali.

Jika sistem resin dikombinasikan dengan serat penguat seperti kaca, karbon dan aramid, sifat-sifat yang luar biasa dapat diperoleh. Matrik resin menyebarkan beban yang dikenakan terhadap komposit antara setiap individu serat dan juga melindungi serat dari kerusakan karena abrasi dan benturan. Kekuatan dan kekakuan yang tinggi, memudahkan pencetakan bentuk yang rumit, ketahanan terhadap lingkungan yang tinggi dengan berat jenis rendah, membuat kesimpulan komposit lebih superior terhadap logam dalam banyak aplikasi.

Bila Komposit Matrik Polimer mengabungkan sistem resin dan serat penguat, sifat-sifat yang dihasilkan bahan komposit akan memadukan beberapa hal sifat-sifat yang dimiliki oleh

resin dan yang dimiliki oleh serat. Secara umum, sifat-sifat komposit ditentukan oleh: (1). Sifat-sifat serat, (2). Sifat-sifat resin, (3). Rasio serat terhadap resin dalam komposit (Fraksi Volume Serat – Fibre Volume Fraction), (4). Geometri dan orientasi serat pada komposit.

Bahan komposit dibentuk pada saat yang sama ketika struktur tersebut dibuat. Hal ini berarti bahwa orang yang membuat struktur menciptakan sifat-sifat bahan komposit yang dihasilkan, dan juga proses manufaktur yang digunakan biasanya merupakan bagian yang kritis yang berperan menentukan kinerja struktur yang dihasilkan.

Apapun sistem resin yang digunakan dalam bahan komposit akan memerlukan sifat-sifat berikut: (1). Sifat-sifat mekanis yang bagus, (2). Sifat-sifat daya rekat yang bagus, (3). Sifat-sifat ketangguhan yang bagus, (4). Ketahanan terhadap degradasi lingkungan bagus.

### **4.6.2 Komposit Matrik Logam (*Metal Matrix Composites – MMC*)**

Metal Matrix composites adalah satu jenis komposit yang memiliki matrik logam. Material MMC mulai dikembangkan sejak tahun 1996. Pada mulanya yang diteliti adalah Continuous Filamen MMC yang digunakan dalam aplikasi aerospace. MMC ditemukan berkembang pada industri otomotif, bahan ini menggunakan suatu logam seperti aluminium sebagai matrik dan penguatnya dengan serat seperti silikon karbida.



Gambar 4.5 Aplikasi Komposit Pada *Aerospace*

Kelebihan MMC dibandingkan dengan PMC adalah: (1) Transfer tegangan dan regangan yang baik, (2) Ketahanan terhadap temperatur tinggi, (3) Tidak menyerap kelembaban, (4) Tidak mudah terbakar, (5) Kekuatan tekan dan geser yang baik, (6) Ketahanan aus dan muai termal yang lebih baik. Adapun kekurangan MMC antara lain: (1) Biayanya mahal, (2) Standarisasi material dan proses yang sedikit.

Matrik yang digunakan pada MMC mempunyai sifat: (1) keuletan yang tinggi, (2) titik lebur yang rendah, (3) densitas yang rendah. Contoh : Aluminium beserta paduannya, Titanium beserta paduannya, Magnesium beserta paduannya.

Proses pembuatan MMC dengan cara: (1) Powder metallurgy, (2) Casting/liquid infiltration, (3) Compcasting, (4) Squeeze casting. Adapun aplikasi MMC, yaitu sebagai berikut : (1) Komponen automotive (blok-silinder-mesin, pully, poros gardan, dll), (2) Peralatan militer (sudu turbin, cakram kompresor, dll), (3) Aircraft (rak listrik pada pesawat terbang), (4) Peralatan Elektronik.

### 4.6.3 Komposit Matrik Keramik (Ceramic Matrix Composites – CMC)

CMC merupakan material 2 fasa dengan 1 fasa berfungsi sebagai *reinforcement* dan 1 fasa sebagai matriks, dimana matriksnya terbuat dari keramik. *Reinforcement* yang umum digunakan pada CMC adalah oksida, carbide, dan nitrid. CMC digunakan pada lingkungan bertemperatur sangat tinggi, bahan ini menggunakan keramik sebagai matrik dan diperkuat dengan serat pendek, atau serabut-serabut (*whiskers*) dimana terbuat dari silikon karbida atau boron nitrida.

Satu proses pembuatan dari CMC yaitu dengan proses DIMOX, yaitu proses pembentukan komposit dengan reaksi oksidasi leburan logam untuk pertumbuhan matriks keramik disekeliling daerah *filler* (penguat).

Matrik yang sering digunakan pada CMC adalah : (1) Gelas anorganic, (2) Keramik gelas, (3) Alumina, (4) Silikon Nitrida.

Adapun keuntungan dari CMC antara lain: (1) Dimensinya stabil bahkan lebih stabil daripada logam, (2) Sangat tangguh

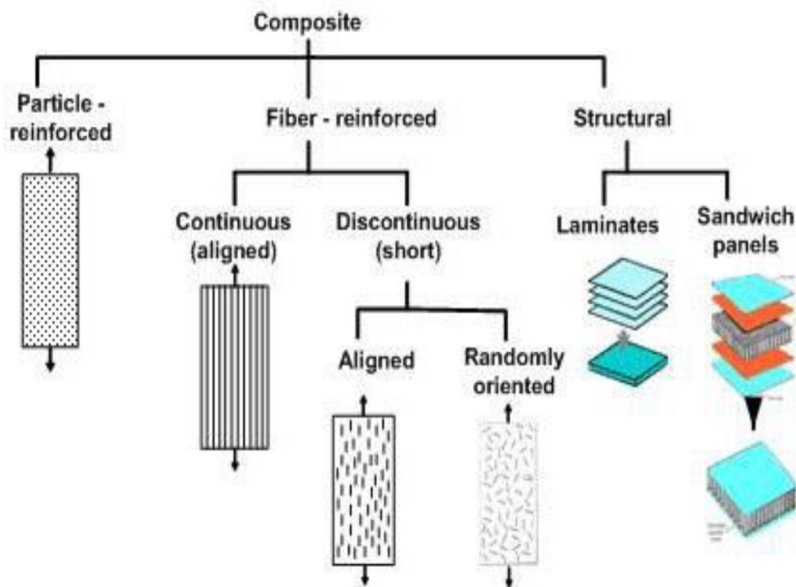


, bahkan hampir sama dengan ketangguhan dari cast iron, (3) Mempunyai karakteristik permukaan yang tahan aus, (4) Unsur kimianya stabil pada temperature tinggi, (5) Tahan pada temperatur tinggi (*creep*), (6) Kekuatan & ketangguhan tinggi, dan ketahanan korosi tinggi. Kerugian dari CMC antara lain: (1) Sulit untuk diproduksi dalam jumlah besar, (2) Relatif mahal dan *non-cot effective*, (3) Hanya untuk aplikasi tertentu.

Aplikasi CMC, yaitu sebagai berikut: (1) *Chemical processing* = *Filters, membranes, seals, liners, piping, hangers*, (2) *Power generation* = *Combustorrs, Vanrs, Nozzles, Recuperators, heat exchange tubes, liner*, (3) *Wate inineration* = *Furnace part, burners, heat pipes, filters, sensors*, (4) Kombinasi dalam rekayasa wisker SiC/alumina polikristalin untuk perkakas potong, (5) Serat grafit/gelas boron silikat untuk alas cermin laser, (6) Grafit/keramik gelas untuk bantalan, perapat dan lem, (7) SiC/litium aluminosilikat (LAS) untuk calon material mesin panas.

Adapun pembagian komposit berdasarkan jenis penguatnya sebagai berikut;

- a. *Particulate composite*, penguatnya berbentuk partikel.
- b. *Fibre composite*, penguatnya berbentuk serat.
- c. *Structural composite*, cara penggabungan material komposit.



Gambar 4.6 Klasifikasi komposit berdasarkan jenis penguat

#### 4.6.4 Partikel Sebagai Penguat (Particulate composites)

*Particulate Composite Materials* (komposit partikel) merupakan jenis Komposit yang menggunakan partikel atau

butiran sebagai filler (pengisi). Partikel berupa logam atau non logam dapat digunakan sebagai filler. Secara definisi partikel itu sendiri adalah bukan serat, sebab partikel itu tidak mempunyai ukuran panjang.

Sedangkan pada bahan komposit ukuran dari bahan penguat menentukan kemampuan bahan komposit menahan gaya dari luar. Semakin panjang ukuran serat maka semakin kuat bahan menahan beban dari luar, begitu juga dengan sebaliknya. Bahan komposit partikel pada umumnya lemah dan *fracture-toughness*-nya lebih rendah dibandingkan dengan serat panjang, namun disisi lain bahan ini mempunyai keunggulan dalam ketahanan terhadap aus.

Keuntungan dari komposit yang disusun oleh *reinforcement* berbentuk partikel: (a) Kekuatan lebih seragam pada berbagai arah, (b) Dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan meningkatkan kekerasan material, (c) Cara penguatan dan pengerasan oleh partikulat adalah dengan menghalangi pergerakan dislokasi.

Proses produksi pada komposit yang disusun oleh *reinforcement* berbentuk partikel: (a) Metalurgi Serbuk, (b) *Stir Casting*, (c) *Infiltration Process*, (d) *Spray Deposition*, (e) *In-Situ Process*.

Panjang partikel dibedakan menjadi dua, yaitu sebagai berikut :

1) *Large particle*

Komposit yang disusun oleh *reinforcement* berbentuk partikel, dimana interaksi antara partikel dan matriks terjadi tidak dalam skala atomik atau molekular. Partikel seharusnya berukuran kecil dan terdistribusi merata. Contoh dari *large particle composite* adalah cemet dengan sand atau gravel, cemet sebagai matriks dan sand sebagai partikel, *Spheredite steel* (*cementite* sebagai partikulat), *Tire* (*carbon* sebagai partikulat), *Oxide-Base Cermet* (oksida logam sebagai partikulat).

## 2) *Dispersion strengthened particle*

- a) Fraksi partikulat sangat kecil, jarang lebih dari 3%.
- b) Ukuran yang lebih kecil yaitu sekitar 10-250 nm.

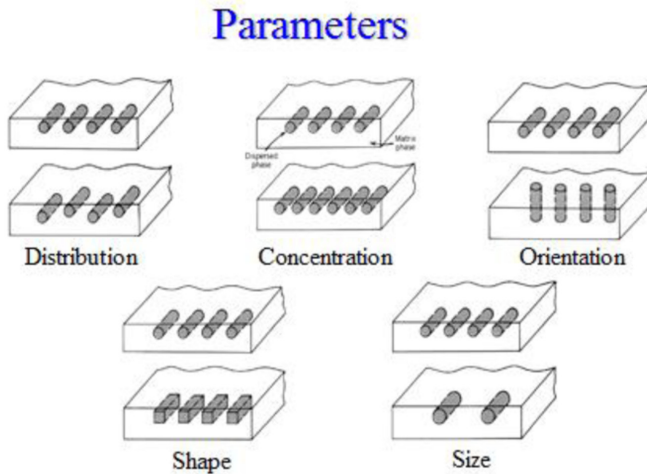
### **4.6.5 Fiber Sebagai Penguat (Fiber composites)**

Terdiri dari dua komponen penyusun yaitu matriks dan serat. Fungsi utama dari serat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan. Hal ini karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matriks akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh karena itu serat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matriks penyusun komposit.

Fiber yang digunakan harus memiliki syarat sebagai berikut:

- a) Mempunyai diameter yang lebih kecil dari diameter *bulknya* (matriksnya) namun harus lebih kuat dari *bulknya*.
- b) Harus mempunyai *tensile strength* yang tinggi.

Parameter *fiber* dalam pembuatan komposit, yaitu sebagai berikut : (a) Distribusi, (b) Konsentrasi, (c) Orientasi, (d) Bentuk, (e) ukuran.



Gambar 4.7 Parameter *Fiber* Komposit

Proses produksi pada *fiber-carbon* yaitu sebagai berikut :

(1). *Open Mold Process*, terdiri dari (a). *Hand Lay-Up*, (b). *Spray Lay-Up*, (c). *Vacuum Bag Moulding*, (d). *Filament Winding*, (2). *Closed Mold Process*, terdiri dari (a). *Resin Film Infusion*, (b). *Pultrusion*.

Berdasarkan penempatannya terdapat beberapa tipe serat pada komposit, yaitu :

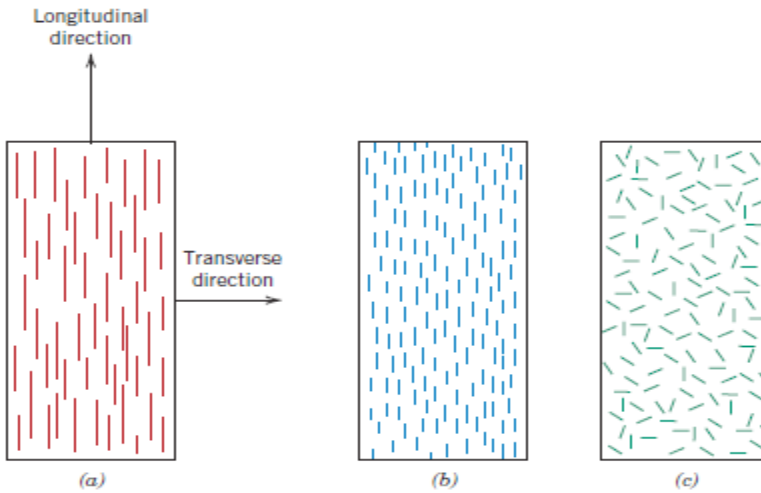
a) *Continuous Fiber Composite*

*Continuous* atau *uni-directional*, mempunyai susunan serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriksnya. Jenis komposit ini paling banyak digunakan. Kekurangan tipe ini adalah lemahnya kekuatan antar antar lapisan. Hal ini dikarenakan kekuatan antar lapisan dipengaruhi oleh matriksnya.

b) *Woven Fiber Composite (bi-directional)*

Komposit ini tidak mudah terpengaruh pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya juga mengikat antar lapisan. Akan tetapi susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan tidak sebaik tipe *continuous fiber*.

c) *Discontinuous Fiber Composite (chopped fiber composite)*

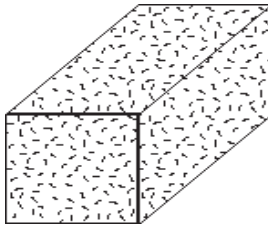
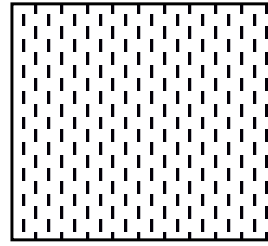


Gambar 4.8: Ilustrasi dari *fiber-reinforced composites* yang (a) kontinyu dan teratur, (b) diskontinyu dan teratur, and (c) diskontinyu dan acak

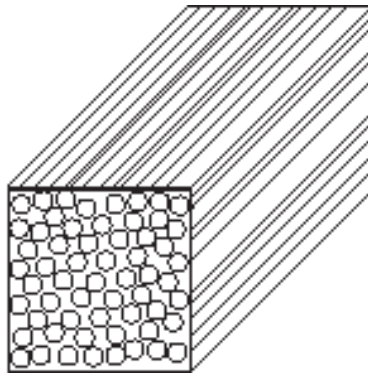
Komposit dengan tipe serat pendek masih dibedakan lagi menjadi :

- 1) *Aligned discontinuous fiber*
- 2) *Off-axis aligned discontinuous fiber*
- 3) *Randomly oriented discontinuous fiber*



*Random**Aligned*

Gambar 4.9 *Short (discontinuous) fiber reinforced composites*



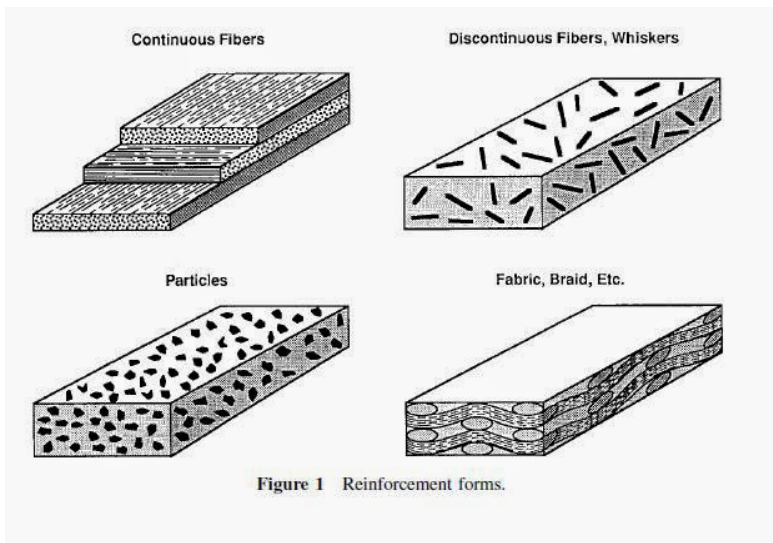
Gambar 4.10 *Continuous fiber (long fiber) reinforced composites*

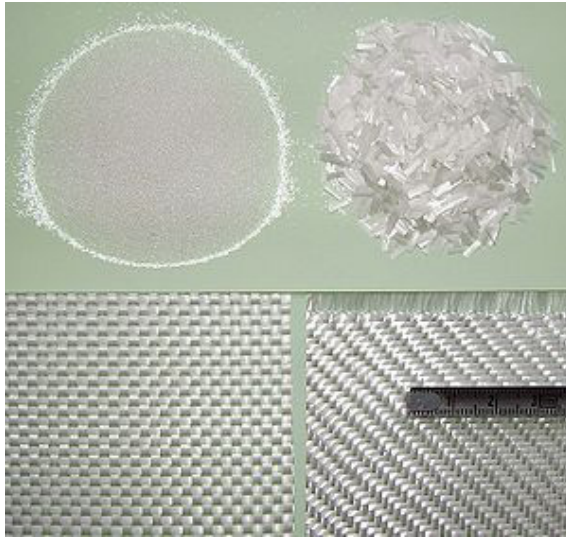
*Randomly oriented discontinuous fiber* merupakan komposit dengan serat pendek yang tersebar secara acak diantara matriksnya. Tipe acak sering digunakan pada produksi dengan volume besar karena faktor biaya manufakturnya yang lebih

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*

Hybrid fiber composite merupakan komposit gabungan antara tipe serat lurus dengan serat acak. Pertimbangannya supaya dapat mengeliminir kekurangan sifat dari kedua tipe dan dapat menggabungkan kelebihan.





Gambar 4.11 Perbedaan dalam cara serat diletakkan memberikan kekuatan yang berbeda dan kemudahan pembuatan

Jenis fiber yang biasa digunakan untuk pembuatan komposit antara lain sebagai berikut :

**a) *Fiber-glass***

Sifat-sifat *fiber-glass*, yaitu sebagai berikut :

- (1). Density cukup rendah (sekitar  $2,55 \text{ g/cc}$ )
- (2). *Tensile strength*nya cukup tinggi (sekitar 1,8 GPa)
- (3). Biasanya *stiffness*nya rendah (70 GPa)
- (4). Stabilitas dimensinya baik

- (5). Resisten terhadap panas dan dingin
- (6). Tahan korosi
- (7). Komposisi umum adalah 50-60%  $\text{SiO}_2$  dan paduan lain yaitu Al, Ca, Mg, Na, dan lain-lain.

Keuntungan dari penggunaan *fiber-glass* yaitu sebagai berikut : (1). Biaya murah, (2). Tahan korosi, (3). Biayanya relatif lebih rendah dari komposit lainnya, (4). Biasanya digunakan untuk *piing, tanks, boats*, alat-alat olahraga. Adapun kerugian dari penggunaan *fiber-glass* yaitu sebagai berikut : (1). Kekuatannya relatif rendah, (2). *Elongasi* tinggi, (3). Kekuatan dan beratnya sedang (*moderate*).

Jenis-jenisnya antara lain :

- (1). *E-glass*: isolator listrik yang baik, kekakuan tinggi, kekuatan tinggi.
- (2). *C-glass*: tahan terhadap korosi, kekuatan lebih rendah dari *E-glass*, harga lebih mahal dari *E-glass*.

(3). *S-glass*: *modulus* lebih tinggi, lebih tahan terhadap suhu tinggi, harga lebih mahal dari *E-glass*.

### **b) *Fiber-nylon***

Sifat-sifat *fiber-nylon*, yaitu sebagai berikut :

(1).Dibuat dari polyamide

(2).Lebih kuat, lebih ringan, tidak getas dan tidak lebih kaku dari karbon

(3).Contoh merek nylon yaitu Kevlar (DuPont) dan Kwaron (Akzo)

### **c) *Fiber-carbon***

Sifat-sifat *fiber-carbon*, yaitu sebagai berikut :

(1).Densitas karbon cukup ringan yaitu sekitar  $2,3 \frac{g}{cc}$ .

(2).Struktur grafit yang digunakan untuk membuat fiber berbentuk seperti kristal intan.

(3).Mempunyai karakteristik yang ringan, kekuatan yang sangat tinggi, kekakuan (modulus elastisitas) tinggi.

(4).Memisahkan bagian yang bukan karbon melalui proses.

(5).Terdiri dari + 90% karbon

(6).Dapat dibuat bahan turunan: grafit yang kekuatannya dibawah serat karbon.

(7).Diproduksi dari Polyacrylnitril (PAN), melalui tiga tahap proses, yaitu sebagai berikut: (a). Stabilisasi = Peregangan dan oksidasi, (b). Karbonisasi = Pemanasan untuk mengurangi O, H, N, (c). Grafitisasi = Meningkatkan modulus elastisitas.

Penggunaan yang paling umum dari komposit yang diperkuat oleh serat atau fiber adalah sebagai material struktur yang memerlukan rigiditas, kekuatan dan densitas yang rendah (ringan). Pada saat ini raket tenis dan sepeda balap terbuat dari komposit epoksi-fiber yang kuat, ringan dan harganya tidak terlalu mahal. Dalam komposit ini, fiber/serat karbon tertanam di dalam matrik epoksi.

Serat karbon memiliki kekuatan yang tinggi dan rigid tetapi keuletannya terbatas atau getas. Karena kegetasan ini maka tidak akan praktis jika raket tenis hanya terbuat dari

karbon saja. Sedangkan epoksi yang tidak terlalu kuat, dalam komposit ini memiliki dua peran penting. Dia bertindak sebagai media untuk mentransfer beban ke serat, dan antarmuka serat-matrik membelokkan dan menghentikan retak kecil, sehingga membuat komposit dapat menahan retak lebih baik dari pada komponen atau material tunggal pembentukannya. Kekuatan dan rigiditas komposit serat karbon-epoksi dapat dikontrol dengan memvariasikan jumlah serat karbon yang dimasukkan ke dalam matrik epoksi. Kemampuan untuk mengatur sifat-sifat ini dan dikombinasikan dengan densitas yang rendah dan kemudahan fabrikasinya menjadikan material ini alternatif yang sangat menarik untuk berbagai aplikasi. Disamping untuk peralatan olah raga, komposit tersebut digunakan dalam pesawat udara seperti sudu-sudu kipas (*fan blades*) dalam mesin jet dan untuk permukaan kontrol dalam struktur pesawat.

**d) *Hybride Fiber* (kombinasi dari berbagai jenis serat)**

Terdapat beberapa kombinasi jenis serat, yaitu:

(1)*Glass Versus Carbon*, mempunyai sifat untuk : (a) Meningkatkan *shock resistance* (tahan benturan), (b) Meningkatkan *fracture resistance* (tahan patahan/ulet), (c) Mengurangi biaya.

(2)*Glass Versus Nylon*, dengan sifat: (a) Meningkatkan kekuatan tekan, (b) Memperbaiki pemrosesan (manufaktur), (c) Mengurangi biaya

(3)*Carbon Versus Nylon*, dengan sifat: (a) Meningkatkan kekuatan tarik, (b) Meningkatkan kekuatan tekan, (c) Meningkatkan kekuatan pada pembengkokan.

Tabel 4.1 Kelebihan dan Kekurangan Berapa Fiber

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



#### 4.6.6 Fiber Sebagai Struktural (*Structure composites*)

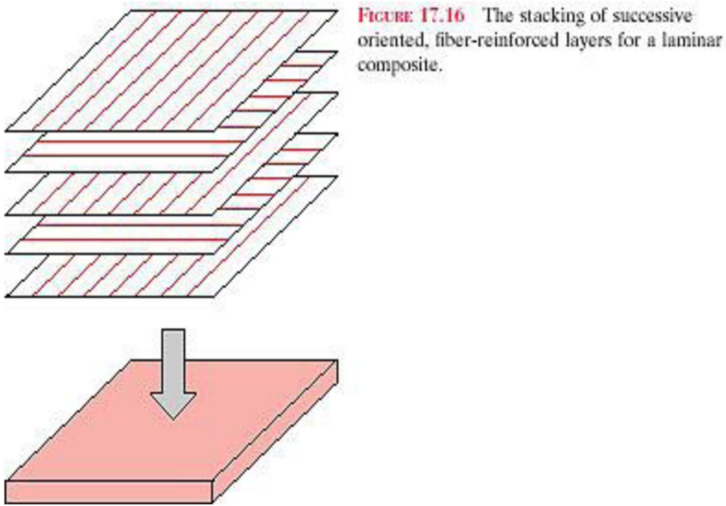
*Structural Composite Materials* (komposit berlapis) terdiri dari sekurang-kurangnya dua material berbeda yang direkatkan bersama-sama. Proses pelapisan dilakukan dengan mengkombinasikan aspek terbaik dari masing-masing lapisan untuk memperoleh bahan yang berguna.

Komposit struktural dibentuk oleh *reinforce-reinforce* yang memiliki bentuk lembaran-lembaran. Berdasarkan struktur, komposit dapat dibagi menjadi dua yaitu struktur *laminata* dan struktur *sandwich*.

##### 1) *Laminata*

Laminata adalah gabungan dari dua atau lebih lamina (satu lembar komposit dengan arah serat tertentu) yang membentuk elemen struktur secara integral pada komposit. Proses pembentukan lamina ini menjadi laminata dinamakan proses laminasi. Sebagai elemen sebuah struktur, lamina yang serat penguatnya searah saja (*unidirectional lamina*) pada umumnya tidak menguntungkan karena memiliki sifat yang buruk.

Untuk itulah struktur komposit dibuat dalam bentuk laminate yang terdiri dari beberapa macam lamina atau lapisan yang diorientasikan dalam arah yang diinginkan dan digabungkan bersama sebagai sebuah unit struktur.



Gambar 4.12 Lamina Komposit

Terdapat beberapa lamina, yaitu:

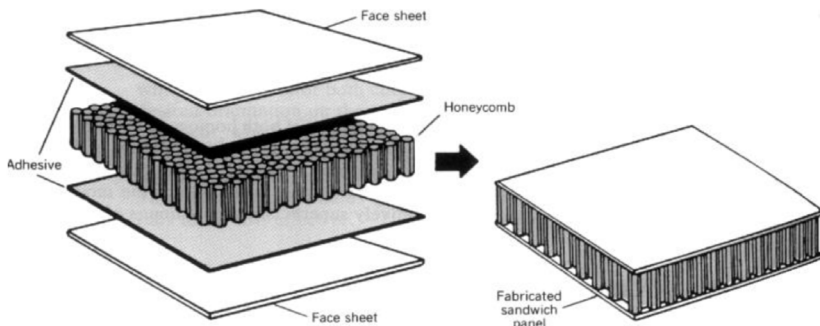
- a) *Continous fiber laminate*, lamina jenis ini mempunyai lamina penyusun dengan serat yang tidak terputus hingga mencapai ujung-ujung lamina. *Continous fiber laminate* terdiri dari :

1. *Unidirectional laminate* (satu arah), yaitu bentuk laminate dengan tiap lamina mempunyai arah serat yang sama. Kekuatan terbesar dari komposit lamina ini adalah searah seratnya.
  2. *Crossplied quasi-isotropic* (silang), lamina ini mempunyai susunan serat yang saling silang tegak lurus satu sama lain antara lamina.
  3. *Random/woven fiber composite*, lamina ini mempunyai susunan serat.
- b) *Discontinuous fiber composite*, berbeda dengan jenis sebelumnya maka laminate ini pada masing-masing lamina terdiri dari potongan serat pendek yang terputus dan mempunyai dua jenis yaitu :
1. *Short Aligned Fiber*, potongan serat tersusun dalam arah tertentu, sesuai dengan keperluan setiap lamina.
  2. *In-Plane Random Fiber*, potongan serat disebarkan secara acak atau arahnya tidak teratur.

## **2) Sandwich panels**

Komposit sandwich merupakan satu jenis komposit struktur yang sangat potensial untuk dikembangkan. Komposit sandwich merupakan komposit yang tersusun dari 3 lapisan yang terdiri dari *flat composite (metal sheet)* sebagai kulit permukaan (*skin*) serta material inti (*core*) di bagian tengahnya (berada diantaranya).

*Core* yang biasa dipakai adalah *core import*, seperti polyuretan (PU), polyvynil Clorida (PVC), dan honeycomb. Komposit sandwich dibuat dengan tujuan untuk efisiensi berat yang optimal, namun mempunyai kekakuan dan kekuatan yang tinggi. Sehingga untuk mendapatkan karakteristik tersebut, pada bagian tengah diantara kedua skin dipasang core.



Gambar 4.13 *Sandwich Panel*

Komposit *sandwich* merupakan jenis komposit yang sangat cocok untuk menahan beban lentur, impak, meredam getaran dan suara. Komposit sandwich dibuat untuk mendapatkan struktur yang ringan tetapi mempunyai kekakuan dan kekuatan yang tinggi. Biasanya pemilihan bahan untuk komposit sandwich, syaratnya adalah ringan, tahan panas dan korosi, serta harga juga dipertimbangkan.

Dengan menggunakan material inti yang sangat ringan, maka akan dihasilkan komposit yang mempunyai sifat kuat, ringan, dan kaku. Komposit *sandwich* dapat diaplikasikan sebagai struktural maupun non-struktural bagian internal dan

eksternal pada kereta, bus, truk, dan jenis kendaraan yang lainnya.

## **4.7 Kelebihan, Kekurangan dan Aplikasi Komposit**

Bahan komposit mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan bahan konvensional seperti logam. Kelebihan tersebut pada umumnya dapat dilihat dari beberapa sudut yang penting seperti sifat-sifat mekanikal dan fisikal, keupayaan (*reliability*), kebolehprosesan dan biaya.

### **a. Sifat-sifat mekanik dan fisik**

Pada umumnya pemilihan bahan matriks dan serat memainkan peranan penting dalam menentukan sifat-sifat mekanik dan sifat komposit. Gabungan matriks dan serat dapat menghasilkan komposit yang mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih tinggi dari bahan konvensional seperti keluli.

1. Bahan komposit mempunyai *density* yang jauh lebih rendah berbanding dengan bahan konvensional. Ini memberikan

implikasi yang penting dalam konteks penggunaan karena komposit akan mempunyai kekuatan dan kekakuan spesifik yang lebih tinggi dari bahan konvensional.

Implikasi kedua ialah produk komposit yang dihasilkan akan mempunyai kerut yang lebih rendah dari logam. Pengurangan berat adalah satu aspek yang penting dalam industri pembuatan seperti *automobile* dan angkasa lepas. Ini karena berhubungan dengan penghematan bahan bakar.

2. Dalam industri angkasa lepas terdapat kecenderungan untuk menggantikan komponen yang diperbuat dari logam dengan komposit karena telah terbukti komposit mempunyai rintangan terhadap fatigue yang baik terutamanya komposit yang menggunakan serat karbon.
3. Kelemahan logam yang agak terlihat jelas ialah rintangan terhadap kakisa yang lemah terutama produk yang kebutuhan sehari-hari. Kecenderungan

komponen logam untuk mengalami kakisan menyebabkan biaya pembuatan yang tinggi. Bahan komposit sebaiknya mempunyai rintangan terhadap kakisan yang baik.

4. Bahan komposit juga mempunyai kelebihan dari segi *versatility* (berdaya guna) yaitu produk yang mempunyai gabungan sifat-sifat yang menarik yang dapat dihasilkan dengan mengubah sesuai jenis matriks dan serat yang digunakan. Contoh dengan menggabungkan lebih dari satu serat dengan matriks untuk menghasilkan komposit *hibrid*.
5. Massa jenis rendah (ringan).
6. Lebih kuat dan lebih ringan.
7. Perbandingan kekuatan dan berat yang menguntungkan.
8. Lebih kuat (*stiff*), ulet (*tough*) dan tidak getas.
9. Koefisien pemuaian yang rendah.
10. Tahan terhadap cuaca.
11. Tahan terhadap korosi.



12. Mudah diproses (dibentuk).
13. Lebih mudah dibanding metal.

#### **b. Biaya**

Faktor biaya juga memainkan peranan yang sangat penting dalam membantu perkembangan industri komposit. Biaya yang berkaitan erat dengan penghasilan suatu produk yang seharusnya memperhitungkan beberapa aspek seperti biaya bahan mentah, pemrosesan, tenaga manusia, dan sebagainya.

#### Kekurangan Bahan Komposit

- a. Tidak tahan terhadap beban shock (kejut) dan crash (tabrak) dibandingkan dengan metal.
- b. Kurang elastis.
- c. Lebih sulit dibentuk secara plastis.

Penggunaan bahan komposit sangat luas, yaitu untuk :

- a. Angkasa luar = Komponen kapal terbang, Komponen Helikopter, Komponen satelit.
- b. Automobile = Komponen mesin, Komponen kereta.

- c. Olah raga dan rekreasi = Sepeda, Stick golf, Raket tenis, Sepatu olah raga.
- d. Industri Pertahanan = Komponen jet tempur, Peluru, Komponen kapal selam.
- e. Industri Pembinaan = Jembatan, Terowongan, Rumah, Tanks.
- f. Kesehatan = Kaki palsu, Sambungan sendi pada pinggang.
- g. Marine / Kelautan = Kapal layar, Kayak.

Beberapa contoh material komposit, antara lain:

### **1. Plastik diperkuat fiber:**

a. Diklasifikasikan oleh jenis fiber :

- 1) *Wood (cellulose fibers in a lignin and hemicellulose matrix).*
- 2) *Carbon-fibre reinforced plastic* atau CRP.
- 3) *Glass-fibre reinforced plastic* atau GRP (*informally, "fiberglass"*).

b. Diklasifikasikan oleh matriks:

1) Komposit Thermoplastik

a) *long fiber thermoplastics or long fiber reinforced thermoplastics*

b) *glass mat thermoplastics*

2) *Thermoset Composites*

**2. Metal matrix composite (MMC):**

a. *Cast iron putih*

b. *Hardmetal (carbide in metal matrix)*

c. *Metal-intermetallic laminate*

**3. Ceramic matrix composites (CMC):**

a. *Cermet (ceramic and metal)*

b. *Concrete*

c. *Reinforced carbon-carbon (carbon fibre in a graphite matrix)*

d. *Bone (hydroxyapatite reinforced with collagen fibers)*

#### **4. Organic matrix/ceramic aggregate composites**

- a. Mother of Pearl
- b. Syntactic foam
- c. Asphalt concrete

#### **5. Chobham armour (*composite armour*)**

#### **6. Engineered wood**

- a. *Plywood*
- b. *Oriented strand board*
- c. *Wood plastic composite (recycled wood fiber in polyethylene matrix)*
- d. *Pykrete (sawdust in ice matrix)*

#### **7. Plastic-impregnated or laminated paper or textiles**

- a. *Arborite*
- b. *Formica (plastic)*

## **BAB V**

### **SERAT ALAM**

Dalam bidang teknologi material, bahan-bahan serat alam merupakan kandidat sebagai bahan penguat untuk dapat menghasilkan bahan komposit yang ringan, kuat, ramah lingkungan serta ekonomis. Alam telah banyak menyediakan kebutuhan manusia mulai dari makanan sampai bahan bangunan, satu diantaranya adalah bahan-bahan serat alam.

Sepanjang kebudayaan manusia penggunaan serat alam sebagai satu material pendukung kehidupan, mulai dari serat ijuk sebagai bahan bangunan, serat nanas atau tanaman kayu sebagai bahan sandang dan serat alam yang dapat digunakan untuk membuat tambang. Seiring dengan inovasi yang dilakukan dalam bidang material, serat alam kembali dipertimbangkan oleh peneliti untuk dijadikan sebagai bahan penguat komposit.

Elastis, kuat, melimpah, ramah lingkungan dan biaya produksi yang lebih rendah merupakan kelebihan yang dimiliki oleh serat alam.

Dengan beberapa kelebihan yang dimiliki pada serat alam, dapat dilakukan inovasi dan pengembangan produk dalam waktu terakhir ini, misalnya untuk pengembangan komposit yang diperkuat serat alam (*fiber reinforced composites*) dalam industri automotif, konstruksi bangunan, *geotextiles* dan produk pertanian. Meskipun serat alam telah digunakan dalam berbagai aplikasi, penelitian intensif harus tetap dilakukan untuk lebih mendalami bentuk perlakuan yang diberikan dan mengoptimalkan potensi serat alam serta mendapatkan jenis serat-serat yang baru.

Berbagai jenis serat alam telah dieksplorasi untuk menghasilkan material komposit yang bernilai jual dan telah diproduksi. Jenis-jenis serat alam seperti misalnya ; Sisal , Flex, Hemp, Jute, Rami, Kelapa, mulai digunakan sebagai bahan penguat untuk komposit polimer.

Keuntungan penggunaan komposit antara lain ringan, tahan korosi, tahan air, *performance*-nya menarik, dan tanpa proses pemesinan. Harga produk komponen yang dibuat dari komposit *glass fibre reinforced plastic* (GFRP) dapat turun hingga 60%, dibanding produk logam. Berbagai industri komposit di Indonesia masih menggunakan serat gelas sebagai penguat produk bahan komposit, seperti PT. INKA. Penggunaan komposit di industri mampu mereduksi penggunaan bahan logam import yang lebih mahal dan mudah terkorosi.

Industri yang paling gencar menggunakan serat alam sebagai material penguat komposit polimer adalah produsen otomotif Daimler Chrysler. Produsen mobil Amerika-Jerman ini mulai meneliti dan menggunakan bahan komposit polimer berbasis serat-serat alam. Bahan komposit ini terutama digunakan sebagai bahan eksterior mobil. Berdasarkan hasil pengembangan yang dilakukan mereka dapat diperoleh bahan komposit polimer – serat alam dengan kekuatan 40% lebih kuat dan lebih ringan daripada komposit polimer-serat gelas.



Gambar 5.1 Aplikasi Komposit Pada Otomotif

## 5.1 Serat

Serat dikenal orang sejak ribuan tahun sebelum Masehi, sebagai contoh pada tahun 2.640 SM Cina sudah menghasilkan serat sutera dan tahun 1.540 SM telah berdiri industri kapas di India. Serat flax pertama digunakan di Swiss pada tahun 10.000 SM dan Serat wol mulai digunakan orang di Mesopotamia pada tahun 3000 SM. Selama ribuan tahun serat flax, wol, sutera dan kapas melayani kebutuhan manusia paling banyak. Pada awal



abad ke-20 mulai diperkenalkan serat buatan hingga sekarang bermacam-macam jenis serat buatan diproduksi.

Serat (*fiber*) adalah suatu jenis bahan berupa potongan-potongan komponen yang membentuk jaringan memanjang yang utuh. Serat dapat digolongkan menjadi dua jenis: Serat Alam (dari binatang, tumbuh-tumbuhan, dan mineral), dan Serat Sintetis (dari polimer alam, polimer sintetis, dan lainnya).

## **5.2 Serat alam**

Serat alam umumnya terbuat dari bermacam-macam tumbuhan. Karena sifatnya pada umumnya mudah menyerap dan melepaskan air, serat alam mudah lapuk sehingga tidak dianjurkan digunakan pada beton bermutu tinggi atau untuk penggunaan khusus. Beberapa serat yang termasuk dalam serat alam antara lain: rami, sisal, ijuk, jute, serabut kelapa dan lain-lain.

Serat alam yaitu serat yang langsung diperoleh di alam. Pada umumnya kain dari serat alam mempunyai sifat yang

hampir sama yaitu kuat, padat, mudah kusut, dan tahan penyeterikaan. Serat alam mempunyai kelebihan-kelebihan antara lain: merupakan sumber daya yang dapat diperbarui, produk organik alam, ringan (densitasnya kurang dari setengah densitas serat gelas), sangat murah dibanding serat gelas, berlimpah, mempunyai sifat hambatan panas dan akustik yang baik dikarenakan strukturnya berbentuk pipa.

Serat alam digolongkan lagi menjadi :

### **1) Serat Tumbuh-tumbuhan (Selulosa)**

Secara umum serat tumbuhan hampir sama atau mirip dimana tersusun dari tiga komponen utama, yaitu selulosa, hemiselulosa, lignin ditambah bahan-bahan lain. Sifat umum serat yang dari selulosa adalah mudah menyerap air (higroskopis), mudah kusut, dan jika dilakukan uji pembakaran menimbulkan bau dan arang seperti terbakar. Contoh dari serat jenis ini yaitu katun dan kain rami. Serat tumbuhan digunakan sebagai bahan pembuat kertas dan tekstil.

Serat selulosa atau disebut serat hasil regenerasi adalah serat yang terbuat dari polimer serat alami, misalnya terbuat dari bubur kertas kayu (pulp) atau bulu biji kapas. Bahan baku tersebut dibentuk ulang untuk menghasilkan serat atau filamen yang cocok untuk dibuat menjadi bahan material yang diinginkan, misalnya dipintal menjadi benang.



Gambar 5.2 Serat selulosa

Serat selulosa dapat berasal dari: Batang (seperti: serat flax atau linen, henep, jute, kenaf, sunn, rami, purun tikus dll); Buah (seperti: serat serabut kelapa), Daun (seperti: Abaca atau

Manilla, henequen dan sisal), Biji (seperti: serat kapas dan kapok).

Serat yang berasal dari biji terdiri atas serat kapas dan kapok. Namun dalam pembuatan busana lebih banyak digunakan serat kapas (cotton). Serat kapok digunakan sebagai bahan pengisi. Menurut perkiraan, kapas telah dikenal orang sejak 5.000 tahun sebelum Masehi. Sukar untuk dipastikan negeri mana yang pertama-tama menggunakan kapas, tetapi para ahli mengatakan bahwa India adalah negara tertua yang pertama menggunakan kapas.

Sifat serat kapas adalah memiliki kekuatan yang cukup tinggi dan dapat dipertinggi dengan proses perendaman dalam larutan soda kostik. Hal ini juga akan menambah kilau dan daya serap serat pada waktu pencelupan atau proses kimia lainnya. Kekuatan serat kapas terutama dipengaruhi oleh kadar selulosa dalam serat panjang rantai molekul dan orientasinya. Kekuatan serat kapas dalam keadaan basah lebih tinggi dibandingkan dalam keadaan kering. Oleh karena kapas sebagian besar

tersusun dari selulosa serat kapas pada umumnya tahan terhadap penyimpanan, pengolahan, dan pemakaian sehari-hari, kapas bersifat higroskopis atau menyerap air.

Kapas memiliki ketahanan terhadap panas yang tinggi, dan tahan sabun alkali. Asam akan merusak kapas dan membentuk hidroselulosa. Lebih jauh asam kuat akan melarut kapas. Alkali sedikit berpengaruh pada kapas, kecuali larutan alkali pekat akan menyebabkan penggelembungan pada serat, seperti pada proses Mersevisasi, yang menyebabkan serat menjadi lebih mengkilap dan kekuatannya juga lebih tinggi. Kapas mudah diserang oleh jamur dan bakteri terutama pada keadaan lembab, dan pada suhu hangat, kapas memiliki beberapa sifat istimewa, misalnya mudah dicuci, dan dalam pemakaiannya nyaman saat dipakai, menyerap panas tubuh sehingga kapas lebih unggul dari serat-serat lain.

Salah satu kain yang berasal dari serat kapas, yaitu kain katun. Kain katun memiliki kelebihan dibanding dari bahan sintetis, katun lembut di tubuh, karena memiliki sirkulasi udara

yang baik, menyerap panas tubuh sehingga terasa tetap sejuk, dan kering, karena mampu menyerap keringat, berdasarkan sifat tersebut kain katun ideal untuk dijadikan busana anak.

Kelebihan katun yang lain adalah katun memiliki sifat hypoallergenic dan resisten terhadap tungau debu, sehingga cocok bagi penderita asma, atau yang berkulit sensitif. Katun mudah kusut, maka dari itu para pakar tekstil bereksperimen mencampur katun dengan bahan lain, yang disebut dengan nama cotton blend, katun dicampur dengan poliester, linen. Biasanya katun dicampur dengan 65% serat sintesis, dan 35% kapas. Kekurangan kain campuran ini yaitu serat kapas cepat menjadi rusak, sementara serat sintetisnya tidak. Ketahanan yang berbeda ini terbentuknya gumpalan benang bulat-bulat kecil yang muncul dipermukaan kain.

## **2) Serat Protein**

Serat protein dapat berbentuk stapel atau filamen. Serat protein berbentuk stapel berasal dari rambut hewan berupa

domba, alpaca, unta, cashmer, mohair, kelinci, dan vicuna, yang paling sering digunakan adalah wol dari bulu domba.

**Serat wol.** Baju wol jika dipakai terasa hangat dan dapat digunakan untuk baju anak. Dikatakan suatu bahan konduktor yang jelek, wol bersifat hidroskopis. Tetapi serat tersebut juga melepaskan uap air secara perlahan-lahan, sewaktu wol melepaskan uap air akan menimbulkan panas pada bahan tekstil. Wol tahan kusut dan bersifat dapat menahan lipatan, misalnya karena penyetricaan. Wol dan serat-serat yang sejenis merupakan serat-serat alam yang dapat (felting) menggumpal, apabila dikerjakan dalam larutan sabun bersuhu panas.

**Serat sutera.** Serat sutera berbentuk filamen, dihasilkan oleh larva ulat sutera waktu membentuk kepompong. Sutra dapat digunakan untuk busana pesta anak, yang sering digunakan adalah sutra campuran dengan serat sintetis.

### **5.3 Serat Selulosa**

Serat tumbuh-tumbuhan atau serat selulosa memiliki dasar kimia selulosa yang tergantung pada asal tumbuhannya, dapat berasal dari biji, daun, batang, dan buah. Selulosa merupakan bahan utama pada tumbuh-tumbuhan. Jumlah kandungan selulosa pada serat berbeda-beda, rayon mengandung 100%, kapas 91% dan linen 70% selulosa.

Jumlah kandungan selulosa yang besar pada serat yang berbeda menyebabkan serat-serat ini mempunyai sifat-sifat kimia yang sama. Susunan rantai karbon yang membentuk selulosa adalah kunci kekuatan serat alam. Tapi, dalam bentuk serat alam, kekuatannya tidak bergantung sepenuhnya pada kadar selulosa. Kekuatan serat alam juga bergantung pada panjang alami serat itu.

Sebagai contoh, serat tandan kosong kelapa sawit yang jumlahnya melimpah di Indonesia itu relatif pendek. Sedangkan serat lainnya, seperti abaca, panjang selebar seratnya bisa mencapai 2-3 meter. Semakin panjang serat semakin bagus



karena kekuatannya merangkai satu kesatuan tidak putus-putus.

Keunggulan serat alam yang jadi acuan adalah kerapatan yang hitungannya hanya setengah serat gelas. Densitas serat alam berada di antara 1,3 dan 1,5 gram per sentimeter kubik, sementara serat gelas 2,5 gram per sentimeter kubik. Dari hasil penelitian pemakaian serat alam bisa mengurangi berat kendaraan sampai setengahnya. Hal ini berdampak pada penghematan bahan bakar.

### **5.3.1 Serat selulosa dari batang**

Serat selulosa yang berasal dari batang, antara lain: serat flax (linen), henep, jute, kenaf, sunn, rami, purun tikus, enceng gondok dan lainnya.



Gambar 5.3 Beberapa contoh serat alam

### 1) Serat Flax (Linen)

Flax adalah serat yang diambil dari batang Linum Usitatissium. Tinggi tanaman flax 1-1,25 meter dengan diameter batangnya kira-kira 0,25-0,38 cm. Flax adalah tanaman tahunan yang dapat tumbuh disegala cuaca dan keadaan tanah. Panenan tanaman flax dikerjakan dengan cara mencabut tanaman dengan tangan ataupun dengan mesin. Serat-serat batang flax berkelompok menjadi satu dibawah kulit batang. Masing-masing serat dipadukan oleh zat yang

disebut pectin, malam dan gon. Untuk menguraikannya, maka pectin tersebut harus dilarutkan dengan pertolongan bakteri pembusuk. Peristiwa ini disebut pembusukan/*retting*.



Gambar 5.4 Serat Flax (Linen)

Pembusukan merupakan suatu proses yang sangat penting dalam produksi flax. Proses ini dapat dilakukan dipeladangan yang disebut pembusukan embun, dan di sungai atau di tangki-tangki yang diberi bakteri. Proses pemisahan serat merupakan proses memisahkan bagian kayu dengan kelompok serat.

Batang dilakukan pada rol-rol bergerigi sehingga batang patah-patah dan bagian kayunya dipisahkan secara mekanik. Selanjutnya serat disisir kayu atau baja untuk memisahkan serat pendek dan membuat seratnya lebih terasa lembut. Tetapi karena sifat serat flax senang berkumpul maka beberapa bagian akan patah dan lainnya akan memberikan benang yang tidak rata, yakni satu bagian benang yang tebal dan bagian lainnya tipis. Ini merupakan karakteristik kain dari serat flax. Kumpulan serat flax yang panjang disebut line.

Sifat Serat Flax adalah

- Serat flax lebih kuat dibandingkan serat selulosa lainnya, tetapi kurang elastic dan kurang lemas.
- Moisture regain 7-8% (pada kondisi standar)
- Komposisi serat flax dua kali serat kapas.
- Mudah kusut, karenanya ketika dalam penyetrikaan harus dalam keadaan lembab.

- Pegangan, kekuatan dan bundle serat yang menebal dan menipis sehingga dapat memberikan tekstur tertentu pada kainnya.
- Serat flax berwarna keabu-abuan jika proses pembusukan dilakukan dengan embun, tetapi warna menjadi kekuning-kuningan dengan proses pembusukan dengan air.

Adapun komposisi flax secara kimia adalah sebagai berikut:

Selulosa	75%
Hemiselulosa	15%
Pektin	2,5%
Lignin	2%
Malam	1,5%
Lain-lain	4%

Adanya hemiselulosa menyebabkan flax kurang tahan terhadap asam dan basa. Proses pengelantangan yang kuat akan menyebabkan berkurangnya berat serat. Zat-zat pektin terdapat pada dinding serat-serat elementeir dan mengikat kelompok serat-serat tersebut menjadi satu. Serat ini digunakan untuk kain pakaian tekstil dan lenan rumah tangga, seperti benang jahit, jala dan pipa pemadam kebakaran.

Kekuatan serat flax dua kali lipat dari serat kapas, demikian pada saat basah. Memiliki ketahanan tekuk yang rendah sehingga apabila digunakan pada produk tekstil maupun jenis lainnya diusahakan tidak ditekuk dalam penyimpanannya. Serat flax lebih tahan terhadap bakteri dan jamur dibanding kapas, namun mudah diserang oleh zat-zat pengoksidasi. Pada saat dicuci, serat flax sangat mudah kusut sehingga pada saat disetrika hendaknya dalam kondisi lembab.

Aplikasi serat flax (linen) antara lain: pakaian – setelan, gaun, rok, kemeja dan sebagainya. Barang-barang perabotan rumah dan komersial taplak meja, handuk piring, seprai, kertas dinding/ penutup dinding, dekorasi jendela dan sebagainya. Produk industri–tas koper, kanvas dan sebagainya. Digunakan sebagai campuran dengan kapas.

## **2) Serat Henep**

Henep adalah serat yang diperoleh dari batang tanaman *Cannabis sativa*. Serat henep telah digunakan sejak zaman pra sejarah di Asia dan Timur Tengah. Saat ini negara utama

penghasil henep adalah Rusia, Italia dan Yugoslavia. Tanaman Henep menghasilkan cairan yang mengandung narkotik marijuana, sehingga di beberapa daerah penanaman henep dilarang.

Tanaman Henep adalah tanaman tahunan, yang batangnya mempunyai ukuran diameter 1,25 cm, tingginya 2,5-3 meter. Henep tumbuh di tanah lumpur berpasir yang cukup subur, gembur dan dapat mengalirkan air dengan baik. Penanaman dalam bentuk biji, dalam bentuk barisan. Penuaian dilakukan apabila daun bagian bawah mulai menguning yaitu 80-90 hari.

Pembusukan dapat dilakukan dengan cara pembusukan embun, pembusukan air atau pembusukan salju. Setelah dibusukkan kemudian batang dikeringkan seperti halnya pada serat flax.

Sifat serat Henep :

- Warnanya sangat muda dan berkilau, tetapi pada umumnya serat berwarna abu-abu pucat kekuning-kuningan, kehijau-hijauan atau coklat, bergantung pada cara pemisahannya.

- Kekuatan serat henep sama dengan serat flax.
- Henep digunakan untuk tali-temali, karung dan kanvas.

Serat henep kering mengandung 75% selulosa, 17% hemi selulosa dan sisanya terdiri dari pektin, lignin, lilin, dan zat-zat yang larut dalam air.

### **3) Serat Jute**

Jute adalah serat yang didapat dari kulit batang tanaman *Corchorus capsularis* dan *Corchorus olitorius*. Serat jute telah dikenal sejak zaman Mesir kuno, dan berasal dari India dan Pakistan. Tanaman jute yang ditanam untuk diambil seratnya mempunyai batang kecil, tinggi lurus. Tinggi pohon jute antara 1,5-4,8 meter dan diameter batang 1,25-2 cm. Daun-daunnya terutama terdapat pada bagian atas pohon. Merupakan tanaman tahunan yang tumbuh baik di tanah alluvial dengan iklim tropik lembab.





Gambar 5.5 Tanaman Jute

Serat yang dihasilkan berasal dari batangnya yang kecil dan lurus. Setelah dipanen, batang jute diikat dan dibiarkan diladang selama sehari-hari sehingga daun-daunnya terlepas.



Gambar 5.6 Tanaman jute yang sudah di panen

*Retting* adalah perlakuan yang diberikan kepada batang jute, yaitu direndam dalam air dengan suhu tidak kurang dari 27°C. Air perendaman dalam keadaan diam atau mengalir secara perlahan selama 10-20 hari. Hal ini dilakukan untuk proses pemisahan serat dari batangnya. Pembusukkan akibat perendaman akan memunculkan serat-serat jute yang kemudian dicuci berulang-ulang dengan air bersih untuk menghilangkan getah, serta kotoran-kotoran yang lain. Apabila perendaman dilakukan kurang lama, maka serat sukar terlepas dan masih banyak getah dalam seratnya. Namun sebaliknya apabila perendaman terlalu lama maka kekuatan serat akan turun serta tidak berkilau.

#### Sifat serat jute

- Serat jute mempunyai kekuatan dan kilau sedang, tetapi mulurnya sangat rendah dan etas.
- Seratnya kasar sehingga membatasi kehalusan benang.
- Higroskopis.

- Moisture regain 12,5%.
- Penggunaan serat jute sebagai bahan pembungkus dan karung, sebagai tekstil industri pelapis permadani, isolasi listrik, tali-temali, terpal, dan bahan untuk atap. Tetapi untuk jenis makanan tertentu jute tidak baik dipergunakan sebagai bahan pembungkus karena bulu-bulu yang putus akan mengotori makanannya.

Serat jute terdiri dari selulosa 71%, lignin 13%, hemiselulosa 13%, pektin 0,2%. Zat-zat yang larut dalam air 2,3%, lemak dan lilin 0,5%. Jute peka terhadap alkali dan asam karena adanya hemiselulosa. Pengelantangan yang kuat menyebabkan kehilangan berat yang cukup besar.

Serat jute yang belum dikelantang sangat peka terhadap sinar matahari, dan dalam penyinaran yang lama maka serat ini akan berubah menjadi coklat atau kekuning-kuningan serta kekuatan seratnya akan berkurang. Kekuatan dan kilau serat jute adalah sedang, tetapi mulur saat putusnya rendah 1,7% dan getas. Serat jute tidak tahan terhadap lipatan lipatan.

Sifat penting yang lain dari jute ialah sifat higroskopnya lebih tinggi dibanding dengan serat-serat selulosa yang lain. Pemanfaatan serat jute adalah sebagai bahan pembungkus atau karung, pelapis permadani, isolasi listrik, tali temali, terpal, dan lain-lain.

#### **4) Rosela (Java Jute)**

Rosela adalah serat yang diambil dari tanaman *Hibiscus sabdariffa*. Terdapat di Indonesia (Jawa Tengah dan Jawa Timur), India, Bangladesh, Filipina. Bentuk tanaman rosella sama seperti kenaf. Batang dan daunnya berwarna hijau tua sampai kemerahan dan bunganya putih krem sampai kuning.

Serat rosella berwarna krem sampai putih perak, berkilau dengan kekuatan yang cukup baik. Panjang serat antara 90-150 cm, dengan diameter 10-32 cm. Kekuatannya serat ini lebih rendah daripada serat jute. Serat rosella digunakan untuk karung pembungkus gula dan beras.

## **5) SUNN**

Serat sun adalah serat yang didapat dari batang tanaman *Crotalaria Juncea*. Negara penghasil sunn adalah India dan Pakistan. Tanaman sunn tingginya 2,5-3 meter dan diameternya 1,25-1,8 cm. Seratnya berwarna sangat muda dan berkilau. Serat sunn tahan terhadap jamur dan mikroorganisme. Penggunaannya untuk tali-temali, kertas, jala, dan karung.

## **6) Serat Kenaf**

Serat kenaf adalah serat yang diambil dari batang tanaman *Hibiscus cannabinus*. Negara penghasil kenaf India dan Pakistan. Tinggi batang kenaf 2,5-3,75 meter dan diameter 1,25 cm. Serat ini berwarna sangat muda dan berkilau seperti jute. Kekuatannya sama sseperti jute. Kenaf digunakan untuk tali-temali, kanvas, dan karung.

## **7) Serat Rami**

Rami adalah serat yang diperoleh dari batang tanaman *Boehmeria nivea*. Rami telah digunakan sejak 5000-3300

sebelum masehi didaerah China sebagai pembungkus mummy. Negara penghasil rami adalah China, Taiwan, Filipina, Jepang dan Amerika serikat. Pohon rami mempunyai batang yang tinggi, kecil dan lurus dengan tinggi batang 1,5-2,5 meter dan diameter 1,25-2.



Gambar 5.7 Tanaman Rami

Rami merupakan tanaman yang berumur panjang. Serat rami berwarna sangat putih, berkilau dan tidak berubah warnanya karena sinar matahari.



Gambar 5.8 Serat Rami

Serat rami tahan terhadap bakteri dan jamur. Kekuatan seratnya lebih tinggi dibandingkan dengan serat alam lainnya yaitu 3-9 gr/denier. Mulurnya 3-4%. Serat rami bersifat getas karenanya dalam bentuk kain mudah sobek, dan serat ini tidak mudah mengkeret.

Komposisi serat alam yang terdiri dari henep, jute, sunn dan rami dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 5.1 Komposisi Serat Alam

No	Uraian	Henep	Jute	sunu	rami
1	Selulosa	75,0%	71,0%	80,0%	75,0%
2	Lignin	-	13,0%	-	0,7%
3	Hemi selulosa	17,0%	13,0%	-	16,0%
4	Pektin	3,6%	0,2%	6,4%	2,0%
5	Zat-zat lain yang larus dalam air	2,7%	2,3%	2,8%	6,0%
6	Lilin dan lemak	0,8%	-	0,6%	0,3%
7	Air	-	-	9,6%	-
8	Abu	-	-	0,6%	-

Serat rami tersusun dari molekul selulosa sehingga sifatnya yang mirip dengan selulosa lainnya. Serat ini rusak terhadap asam sulfat 70% dan mengembang dalam larutan alkali. Dalam keadaan basah, kekuatannya sangat baik. Sifat yang menarik dari serat rami adalah kilaunya yang hampir seperti sutera.

Penggunaan serat rami adalah sebagai bahan pembuatan kain kanvas, tali temali, kain jala. Pada penggunaan tekstil pakaian banyak dicampur dengan serat lainnya seperti kapas



atau serat buatan lainnya untuk kain celana, baju, sapu tangan sampai dengan tekstil rumah tangga seperti taplak.

Bahkan Laboratorium Uji Polimer Pusat Penelitian Fisika Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Bandung, baru-baru ini menguji rami sebagai bahan pembuat baju tahan peluru, menggantikan serat polimer sintetis seperti Kevlar. Penelitian LIPI menunjukkan bahwa rami memiliki modulus elastisitas yang setara dengan Kevlar. Modulus elastisitas rami 44-90 gigapaskal, sedangkan Kevlar 40-140 gigapaskal. Tapi regangan patah (break strain) pada rami lebih tinggi daripada Kevlar (rami 2 persen dan Kevlar 1-3 persen). Densitas Kevlar dan rami pun hampir sama. Rami 1,50 gram per sentimeter kubik dan Kevlar 1,45 gram.

## **8) Urena**

Urena adalah serat yang didapat dari tanaman Urena lobata. Negara penghasil urena adalah Congo, Brazilia dan Madagaskar. Tanaman ini bercabang sedikit dibagian puncaknya dan tingginya 3-3,6 meter. Dengan diameter 1,25-

1,8 cm. Serat urena berwarna putih agak krem berkilau, halus, lembut dan fleksibel. Serat urena digunakan untuk karung.

## 9) Purun Tikus

Purun tikus adalah tumbuhan liar yang dapat beradaptasi dengan baik pada lahan rawa pasang surut sulfat masam. Tumbuhan ini memiliki banyak manfaat. Air perasan umbinya mengandung antibiotik puchiin yang efektif melawan *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, dan *Aerobacter aerogenes*. Di China, Indo-China, dan Thailand, umbi purun tikus dimanfaatkan sebagai sayuran mentah maupun dimasak, seperti omelet, sayur berkuah, salad, masakan dengan daging atau ikan, dan bahkan dibuat kue.

Di Indonesia, batang purun tikus digunakan untuk membuat tikar dan sebagai pakan ternak, terutama untuk kerbau rawa seperti di Desa Pandak Daun, Kalimantan Selatan. Di lahan rawa Kalimantan Selatan dan Kalimantan Tengah ditemukan beberapa jenis tumbuhan liar. Vegetasi yang tumbuh dominan

di lahan rawa pasang surut dan lebak antara lain adalah purun tikus (*Eleocharis dulcis*).

Manfaat lain purun tikus adalah dapat digunakan sebagai bahan pupuk organik dan biofilter karena dapat memperbaiki kualitas air dan mampu menyerap unsur beracun seperti besi, sulfur, timbal, merkuri, dan kadmium.

#### **10) Serat Enceng Gondok**

Eceng gondok yang memiliki nama ilmiah *Eichornia crassipes* merupakan tumbuhan air dan lebih sering dianggap sebagai tumbuhan pengganggu perairan. Eceng gondok memiliki tingkat pertumbuhan yang sangat cepat. Dalam waktu 3–4 bulan saja, eceng gondok mampu menutupi lebih dari 70% permukaan danau. Cepatnya pertumbuhan eceng gondok dan tingginya daya tahan hidup menjadikan tumbuhan ini sangat sulit diberantas.



Gambar 5.9 Tumbuhan Enceng Gondok

Pada beberapa negara, pemberantasan eceng gondok secara mekanik, kimia dan biologi tidak pernah memberikan hasil yang optimal. Ada juga hasil penelitian yang menunjukkan bahwa eceng gondok berpotensi menghilangkan air permukaan sampai 4 kali lipat jika dibandingkan dengan permukaan terbuka.

Pertumbuhan populasi eceng gondok yang tidak terkendali menyebabkan pendangkalan ekosistem perairan dan tertutupnya sungai serta danau. Selain sisi negatifnya,

tumbuhan yang aslinya berasal dari Brazil ini juga ternyata memiliki sisi positif. Beberapa penelitian menunjukkan, eceng gondok dapat menetralsisir logam berat yang terkandung dalam air.



Gambar 5.10 Enceng Gondok kering

Pada beberapa daerah, eceng gondok bermanfaat sebagai bahan baku kerajinan tangan. Karena kandungan seratnya yang tinggi, eceng gondok bahkan dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri. Di Thailand, eceng gondok sudah menjadi komoditi petani, dibuat plot-plot seperti pencetakan sawah-

sawah di Jawa. Di negara gajah putih ini, eceng gondok juga telah menjadi bahan baku industri kerajinan rakyat.

Serat Enceng Gondok berwarna coklat, kuat, tahan panas dan tahan cuci. Dengan kandungan serat yang cukup besar, eceng gondok berpotensi untuk dikembangkan dalam bidang komposit berbasis serat alam. Hal itu dikarenakan tanaman ini dinilai memiliki kualitas serat yang ulet, kandungan serat cukup tinggi, bahan baku yang melimpah (*sustainability resources*), murah dan mudah didapat, serta tidak beracun. Salah satu aplikasinya adalah untuk pembuatan papan serat berkerapatan sedang. Serat eceng gondok juga sudah dimanfaatkan sebagai bahan baku kerajinan berupa kursi, meja, tali, hiasan dinding, furniture, dll.

Penelitian yang sudah dilakukan pada serat enceng gondok (*eichornia crassipes*) yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik serat enceng gondok dan kompatibilitas serat enceng gondok pada matrik *unsaturated polyester* yukalac tipe 157 BQTN-EX. Hasil pengujian tarik mulur serat enceng gondok

menunjukkan tegangan tarik terbesar pada serat non perlakuan 27.397 N/mm<sup>2</sup> namun elongasi pada serat non perlakuan tersebut menunjukkan nilai yang terendah yaitu 0.857%. Bentuk patahan serat dilihat dari samping akibat pengujian tarik menunjukkan patahan yang berbentuk tak beraturan seperti gerigi dan semakin ke ujung meruncing, hal ini menunjukkan adanya kecocokan serat terhadap matrik.

### **11) Serat Bambu**

Sudah sejak jaman dahulu bambu dipergunakan sebagai bahan pakaian oleh orang-orang di Cina dan Jepang. Berbagai penelitian dan kajian ilmiah pun sudah dilakukan, sehingga bambu dinilai sangat tepat untuk dijadikan bahan baku produksi pakaian yang pro lingkungan hidup. Usianya hanya mencapai 3 sampai 5 tahun. Pada usia itu, bambu sudah bisa dipanen untuk berbagai keperluan bahan bangunan atau industri pakaian.

Manfaat yang lain dari tanaman bambu adalah dapat menahan erosi tanah. Bambu dapat tumbuh dengan cepat bahkan mencapai 1 meter per harinya, dan siap untuk dipanen

setelah berumur 3-5 tahun. Sebuah perkebunan bambu dapat menyerap 5 kali jumlah karbon dioksida di udara dan menghasilkan oksigen 35% lebih banyak daripada pohon biasa. Bambu adalah rumput, jadi setelah dipotong dapat memperbarui cepat tanpa perlu untuk penanaman kembali. Tumbuh sangat padat dan hasil per hektar yang tinggi dibandingkan dengan kapas.

Serat bambu apabila digabungkan dengan serat katun, bisa berfungsi membantu mempermudah penenunan, menahan bulu-bulu menjadi bola. Bahkan saat ini, produk kerajinan bambu tampil dengan desain lebih menarik dan artistik hingga kini banyak digunakan di hotel-hotel berbintang, cottages, spa, butik, bank, toko serta interior bangunan modern. Beberapa teknik dalam pembuatan kerajinan bahan alam dari bambu adalah teknik anyaman dan teknik konstruksi tempel atau sambung. Anyaman Indonesia sangat dikenal di mancanegara dengan berbagai motif dan bentuk yang menarik.



Hasil penelitian yang telah dilakukan bahwa serat bambu dengan data mekanis pengujian didapatkan bahwa kekuatan tarik aktual terbesar dimiliki oleh komposit dengan lebar serat 5 mm dengan nilai  $\sigma$  aktual sebesar 16,806 Kg/mm<sup>2</sup>. Regangan tarik terbesar dimiliki komposit dengan lebar serat 5 mm dengan nilai  $\epsilon$  aktual sebesar 0,012. Sedangkan modulus elastisitas tarik terbesar dimiliki komposit dengan lebar serat 5 mm dengan nilai sebesar 1421,129 kg/mm<sup>2</sup>. Kekuatan bending terbesar dimiliki oleh komposit dengan lebar serat 5 mm dengan nilai 17,60533 kg/mm<sup>2</sup>. Hasil tersebut sudah memenuhi syarat untuk aplikasi material kulit kapal, sesuai standar BKI (Biro Klasifikasi Indonesia).

### **5.3.2 Serat Selulosa Dari Daun**

#### **1) Serat nanas.**

Potensi nanas (*Ananas comusus L. Merr.*) ditinjau dari produksinya merupakan satu dari tiga buah terpenting yang berasal dari daerah tropika. Indonesia termasuk produsen nanas terbesar ke-5 di dunia setelah Brazil, Thailand, Filipina, dan Cina.

Namun ditinjau dari perannya dalam ekspor dunia, Indonesia masih berada pada urutan ke-19 dengan pangsa hanya 0.47%. Kondisi ini merupakan hal yang kurang menggembirakan karena Indonesia memiliki potensi agroklimat dan luasan lahan yang tersedia sangat memadai untuk pengembangan nanas. Oleh karena itu, guna meningkatkan nilai jual tumbuhan nanas perlu pemanfaatan pelepah nanas untuk dijadikan serat sebagai bahan komposit yang ramah lingkungan.

Serat daun nanas (*pineapple-leaf fibres*) adalah salah satu jenis serat yang berasal dari tumbuhan (*vegetable fibre*) yang diperoleh dari daun-daun tanaman nanas. Tanaman nanas yang juga mempunyai nama lain, yaitu Ananas Cosmosus, (termasuk dalam *Family Bromeliaceae*), pada umumnya termasuk jenis tanaman semusim.

Bentuk daun nanas menyerupai pedang yang meruncing diujungnya dengan warna hijau kehitaman dan pada tepi daun terdapat duri yang tajam. Tergantung dari species atau varietas tanaman, panjang daun nanas berkisar antara 55 sampai 75

cm dengan lebar 3,1 sampai 5,3 cm dan tebal daun antara 0,18 sampai 0,27 cm.

Di samping *species* atau varietas nanas, jarak tanam dan intensitas sinar matahari akan mempengaruhi terhadap pertumbuhan panjang daun dan sifat atau karakteristik dari serat yang dihasilkan. Intensitas sinar matahari yang tidak terlalu banyak (sebagian terlindung) pada umumnya akan menghasilkan serat yang kuat, halus, dan mirip sutera.

Daun nanas mempunyai lapisan luar yang terdiri dari lapisan atas dan bawah. Diantara lapisan tersebut terdapat banyak ikatan atau helai-helai serat (*bundles of fibre*) yang terikat satu dengan yang lain oleh sejenis zat perekat (*gummy substances*) yang terdapat dalam daun.



Gambar 5.11 Tumbuhan nanas

Pengambilan serat daun nanas pada umumnya dilakukan pada usia tanaman berkisar antara 1 sampai 1,5 tahun. Serat yang berasal dari daun nanas yang masih muda pada umumnya tidak panjang dan kurang kuat. Serat yang dihasilkan dari tanaman nanas yang terlalu tua, terutama tanaman yang pertumbuhannya di alam terbuka dengan intensitas matahari cukup tinggi tanpa pelindung, akan menghasilkan serat yang pendek kasar dan getas atau rapuh.

Untuk mendapatkan serat yang kuat, halus dan lembut perlu dilakukan pemilihan pada daun-daun nanas cukup dewasa yang pertumbuhannya sebagian terlindung dari sinar matahari.

Serat nanas mampu menyerap keringat dan kelembaban. Bahan serat nanas jatuhnya kaku dan transparan, persis seperti bahan organdi, namun serat nanas berkilau lembut, bertekstur garis halus dan agak ringan.

Dengan kelebihan yang dimiliki oleh serat nanas, disamping pemanfaatan utama untuk industri tekstil, misal pembuatan kain vertical blind (tirai penutup jendela) ataupun digunakan sebagai wall paper (kain pelapis dinding), serat nenas dapat juga dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, misal sebagai bahan baku kertas (*pulp*), dikembangkan sebagai bahan *composite* sebagai *reinforced plastics* ataupun *roofing (eternit)*. Sebagai bahan baku pembuat kertas yang cocok untuk tissue, filter rokok dan pembersih lensa, kertas dari serat daun nenas memiliki kualitas yang baik dengan permukaan yang halus.

## 2) Serat Abaka

Serat abaka adalah serat yang diperoleh dari daun tanaman *Musa Textilis*, salah satu anggota keluarga pisang, yang berasal dari Filipina, juga dikenal dengan nama manila. Serat abaka berkilau berwarna putih sampai kuning gading, krem dan coklat muda atau bahkan sampai kehitaman bergantung pada varietas serta letak pelepah batangnya.

Serat abaka mempunyai kekuatan yang tinggi, tahan tekukan, dan tahan terhadap air laut. Di Filipina serat ini digunakan sebagai pakaian ningrat atau kebesaran, dengan model pakaian wanita pada umumnya berbentuk bolgoun. Serat abaka yang halus digunakan sebagai benang tenun, yang kasar untuk tali kapal, tikar, karpet, kertas (manila).



Gambar 5.12 Serat Abaka

Abaca atau Pisang abaka (*Musa textilis*) merupakan salah satu spesies pisang tumbuhan asli Filipina namun juga tumbuh liar dengan baik di Indonesia. Biasanya dikenal dengan nama antara lain pisang manila, dan atau pisang serat. Abaka walaupun berbeda dengan pisang, tetapi dapat diketahui dari karakteristiknya, antara lain:

- Daun pisang abaca yang sempit dengan ujung yang tajam dan warna umum daun berwarna hijau gelap mengkilap sekitar 8 meter panjangnya dan 12 kaki lebarnya. Sedangkan

tanaman pisang memiliki daun yang lebih luas dan warnanya hijau agak lebih ringan.

- Hati, batang dan buah-buahan dari tanaman pisang relatif lebih besar dibandingkan dengan tanaman abaka itu sendiri. Buah abaca lebih kecil, tidak karuan sehingga seperti pisang.
- Batang tanaman abaca tumbuh sampai ketinggian 9 hingga 12 kaki, dengan ketebalan 3 inchi.
- Ketika dewasa, tanaman abaka terdiri dari sekitar 12 sampai 30 batang memancar dari sistem akar pusat. Masing-masing tangkai tingginya sekitar 12 sampai 20 kaki . Tangkai adalah sumber serat.
- Abaca mudah tumbuh. Ini menyebarkan dirinya melalui isapan, atau tumbuh tunas dari akar.
- Abaca tumbuh sekitar 10 sampai 15 meter tingginya.
- Awalnya membutuhkan 2 sampai 4 tahun tanaman abaca untuk matang. Namun, abaca dapat tumbuh tunas yang



berkembang menjadi akar dan siap panen dalam 4 sampai 8 bulan setelah panen awal.

- Ketika semua daun telah terbentuk dari batang, kuncup bunga berkembang, pada saat itulah tanaman telah mencapai kematangan dan kemudian siap untuk panen.

Serat abaka juga dinilai mempunyai daya apung, dan ketahanan terhadap kerusakan dari air garam. Kualitas ini membuat serat abaka sangat cocok sebagai benang / tali pental alat-alat kelautan, terutama digunakan untuk tali kapal, *hawsers*, kabel, tali pancing, tali transmisi, kabel sumur pengeboran dan jaring ikan.

### **3) Serat Sisal**

Serat Sisal adalah serat yang didapat dari daun tanaman *Agavensi Salana* berasal dari wilayah Sisal, Yucatan di Meksiko Tenggara. Negara penghasil sisal adalah Brazil, Haiti, Mozambique dan Angola. Serat sisal dipakai untuk tali temali. Dibandingkan dengan *Manila*, serat *Sisal* lebih unggul dalam

hal *tensile strength*, panjang serat, keseragaman, kelenturan, ketahanan terhadap abrasi, dan kemuluran dalam air.

Serat ini akan dirangkai menjadi tali tambang yang terkenal karena keuletannya, keawetannya, keelastisannya, kemampuan menyerap warna dan tidak hancur karena air asin. Dengan berkembangnya bahan plastik (*polypropylene*), fungsi serat sisal sebagai tali pengikat (*twine*) sudah sebagian digantikan oleh tambang plastik. Namun karena sifatnya yang ramah lingkungan (*biodegradable*) maka serat sisal masih banyak dipakai dalam industri kertas, karpet, bahkan sebagai penguat pada bahan *composite* industri otomotif. Negara Brazil diketahui sebagai penghasil sisal terbesar di dunia dengan menyuplai sebanyak 113 ribu ton serat sisal per tahunnya.

#### **4) Serat Henequea**

Serat *Henequea* adalah serat yang diperoleh dari daun tanaman *Agave Fourcroydes*. Tanaman ini berasal dari Meksiko, dan seratnya sudah digunakan oleh orang Indian sejak zaman pra sejarah. Bentuk tanaman seperti sisal, dan cara penuaannya

seperti sisal pula. Seratnya berwarna putih berkilau dan mempunyai sifat yang sama seperti sisal. Produsen *henequea* adalah Mexico dan Kuba yang dibuat perkebunan dengan tinggi pohon rata-rata 1 m, jika dibiarkan henequen dapat mencapai 2 m, cara pengambilan serat dengan menebang pohonnya kemudian serat dipisahkan dengan cara dikortisasi, di cuci lalu dijemur. Panjang serat sampai 150 cm dipergunakan untuk tali temali dan kemasan.

#### **5) Serat Lidah Mertua**

Serat Lidah Mertua diperoleh dari serat daun jenis *Sansivera trifasciata*, merupakan jenis tanaman hias famili *Agavaceae*, termasuk penemuan serat baru dan mempunyai warna putih, kilau dan kekuatannya seperti sutera. Tanaman ini berdaun tebal dan memiliki kandungan air sukulen, sehingga tahan kekeringan. Dalam kondisi lembab atau basah bisa tumbuh subur. Selain cepat pertumbuhannya, jenis ini berdaun panjang sehingga memungkinkan dihasilkan serat yang baik dan banyak.

Serat ini tergolong dalam serat tumbuhan yang diperoleh dari bagian daun.

Karakteristik Serat Lidah Mertua yaitu serat daunnya panjang, mengkilap, kuat, elastis dan tidak merapuh meskipun terkena air. Keunggulan sifat-sifat tersebut menyebabkan serat daun ini berpotensi digunakan sebagai bahan baku pakaian. Di beberapa negara maju, lidah mertua digunakan sebagai bahan dasar parfum. Bila ingin membuktikan aromanya, cobalah berdiri di dekat lidah mertua saat sore hari. Tanaman ini akan menghasilkan wewangian. Terlebih ketika berbunga. Serat Lidah Mertua juga banyak dimanfaatkan untuk bahan kerajinan dan sandang.

### **5.3.3 Serat Selulosa Dari Buah** **Serat Serabut Kelapa (*Coir Fiber*)**

Serat sabut kelapa (*coir fiber*) memiliki dua warna, yaitu kuning kecokelatan dan merah kecokelatan. Sebagai serat alami *coir fiber* dapat diandalkan, karena ketahanannya

terhadap kelapukan. Ketahanan tersebut merupakan akibat dari kandungan *asam silicic* dan *lignin*.

Serat sabut kelapa (*coir fiber*) anti ngengat dan tahan terhadap jamur. *Coir fiber* memberikan insulasi yang sangat baik terhadap suhu dan suara. *Coir fiber* tidak mudah terbakar, bentuk konstan bahkan setelah digunakan dan mudah dibersihkan.

*Coir fiber* mampu menampung air 3 kali dari beratnya, 15 kali lebih lama daripada kapas untuk rusak, 7 kali lebih lama dari rami untuk rusak. Sabut *Geotextiles* adalah 100% *bio-degradable* dan ramah lingkungan.

Sabut kelapa coklat dipanen dari kelapa sepenuhnya matang, berkarakter tebal, kuat dan memiliki ketahanan abrasi yang tinggi. Sabut jenis tersebut biasa digunakan sebagai bahan tikar, kuas dan karung. Sabut coklat mengandung lebih banyak lignin dan lebih sedikit selulosa dibanding serat seperti rami dan kapas, sehingga bersifat lebih kuat tetapi kurang fleksibel.

Selanjutnya ada sabut putih, yang berasal dari buah kelapa yang belum matang. Meski dikatakan bahwa berwarna putih, sebenarnya warnanya adalah coklat muda, dengan karakter lebih fleksibel meski tak sekuat sabut coklat. Sabut putih adalah jenis yang bagus untuk ditenun menjadi tikar dan keset atau di pilin menjadi tambang.

Kelebihan dari serat sabut kelapa adalah karena ketahanannya akan peregangan dan kemampuan tahan degradasi dan abrasi dari air laut. Semua produk yang dihasilkan adalah produk yang ramah lingkungan, bahkan sebagian produk yang dihasilkan bisa membantu perbaikan ekosistem lingkungan, seperti coconet atau cocomesh yang sudah banyak digunakan kalangan industri pertambangan untuk mereklamasi lokasi tambang pasca eksplorasi.

#### **5.3.4 Serat Selulosa Dari Biji**

Serat yang berasal dari biji terdiri atas serat kapas dan kapuk. Namun dalam pembuatan busana lebih banyak

digunakan serat kapas (*cotton*). Serat kapuk digunakan sebagai bahan pengisi.

### **1) Serat Kapas**

Menurut perkiraan, kapas telah dikenal orang sejak 5.000 tahun sebelum Masehi. Sukar untuk dipastikan negeri mana yang pertama-tama menggunakan kapas, tetapi para ahli mengatakan bahwa India adalah negara tertua yang pertama menggunakan kapas.

Serat kapas diperoleh dari buah kapas. Buah kapas yang sudah matang dipetik, bulu-bulunya dipisahkan dari bijinya, dibersihkan dan dipintal. Bulu-bulu pendek yang masih melekat pada biji-biji kapas tersebut disebut linter. Serat kapas berasal dari tanaman kapas, dan lebih dikenal dengan nama jenis kain katun.

Kapas terutama tersusun atas selulosa. Selulosa dalam kapas mencapai 94% dan sisanya terdiri atas protein, pektat, lilin, abu dan zat lain. Proses pemasakan dan pemutihan serat

akan mengurangi jumlah zat bukan selulosa dan meningkatkan persentase selulosa.

Sifat serat kapas adalah memiliki kekuatan yang cukup tinggi dan dapat dipertinggi dengan proses perendaman dalam larutan soda kostik. Hal ini juga akan menambah kilau dan daya serap serat pada waktu pencelupan atau proses kimia lainnya. Kekuatan serat kapas terutama dipengaruhi oleh kadar selulosa dalam serat, panjang rantai molekul dan orientasinya.

Kekuatan serat kapas dalam keadaan basah lebih tinggi dibandingkan dalam keadaan kering. Hal tersebut disebabkan kapas sebagian besar tersusun dari selulosa, sehingga serat kapas pada umumnya tahan terhadap penyimpanan, pengolahan, dan pemakaian sehari-hari, kapas bersifat higroskopis atau menyerap air. Kapas memiliki ketahanan terhadap panas yang tinggi, dan tahan sabun alkali.

Asam akan merusak kapas dan membentuk hidroselulosa. Lebih jauh asam kuat akan melarut kapas. Alkali sedikit berpengaruh pada kapas, kecuali larutan alkali pekat akan



menyebabkan penggelembungan pada serat, seperti pada proses merserisasi, yang menyebabkan serat menjadi lebih mengkilap dan kekuatannya juga lebih tinggi.

Kapas mudah diserang oleh jamur dan bakteri terutama pada keadaan lembab. Pada suhu hangat, kapas memiliki beberapa sifat istimewa, misalnya mudah dicuci, dan dalam pemakaiannya nyaman saat dipakai, menyerap panas tubuh sehingga kapas lebih unggul dari serat-serat lainnya.

Sifat kapas yg kurang kenyal, elastisitas sangat rendah menyebabkan kapas mudah kusut. Namun kapas nyaman dan terasa lembut, berdaya serap baik, mengalirkan panas dengan baik. Kapas bisa melemah karena paparan sinar matahari dalam jangka waktu yang lama dan bisa rusak karena serangga, jamur, lumut serta ngengat.

Salah satu kain yang berasal dari serat kapas, yaitu kain katun. Kain katun memiliki kelebihan dibanding dari bahan sintetis, katun lembut di tubuh, karena memiliki sirkulasi udara yang baik, menyerap panas tubuh sehingga terasa tetap sejuk,

dan kering. Karena mampu menyerap keringat, berdasarkan sifat tersebut kain katun ideal untuk dijadikan busana anak.

Kelebihan katun yang lain adalah katun memiliki sifat *hypoallergenic* dan resisten terhadap tungau debu, sehingga cocok bagi penderita asma, atau yang berkulit sensitif. Katun mudah kusut, maka dari itu para pakar tekstil bereksperimen mencampur katun dengan bahan lain, yang disebut dengan nama *cotton blend*, katun dicampur dengan poliester, linen.

Biasanya katun dicampur dengan 65% serat sintesis, dan 35% kapas. Kekurangan kain campuran ini yaitu serat kapas cepat menjadi rusak, sementara serat sintetisnya tidak. Ketahanan yang berbeda ini terbentuknya gumpalan benang bulat-bulat kecil yang muncul dipermukaan kain. Kapas juga digunakan sebagai campuran dengan serat lain seperti rayon, poliester, spandeks dan sebagainya.

## 2) Serat Kapuk

Kapuk adalah serat seperti bulu putih yang diperoleh dari kapsul biji tanaman dan pohon yang disebut *Ceiba Pentandra* yang tumbuh di Jawa dan Sumatra (Indonesia), Meksiko, Amerika Tengah dan Karibia, Amerika Selatan bagian Utara dan Afrika Barat tropis. Kapuk disebut katun sutra karena sangat berkilau seperti sutra.

Serat kapuk berwarna coklat kekuning-kuningan, mengkilap dan sangat ringan, seratnya sangat lembut, rapuh dan tidak elastis. Kapuk mempunyai sifat mengembang yang sangat besar dan melenting (*resilience*) yang baik, bebas hama, tetapi sangat mudah terbakar.

Karena serat kapuk bersifat rapuh dan tidak elastis, maka serat ini tidak dapat dipintal dan tidak dapat dipergunakan sebagai bahan pakaian. Sifat mengembang yang sangat besar menyebabkan kapuk sangat baik untuk digunakan sebagai pengisi pelampung penyelamat, dan bantal kasur. Disamping itu biji kapuk dapat diperas untuk diambil minyaknya untuk

membuat sabun, sedangkan sisa pemerasnya (bungkil) dapat dipergunakan untuk pupuk dan makanan ternak.

Karakteristik serat kapuk adalah tekstur halus, sangat berkilau, lemah, serat pendek, tahan terhadap kelembaban, cepat kering bila basah. Adapun aplikasinya sebagai kasur, bantal, furnitur berlapis.

#### **5.4 Pemanfaatan Serat Alam**

Proses pembuatan komposit berbasis serat alam relatif lebih murah dan lebih ramah lingkungan. Pembuatannya mengkonsumsi energi sekitar 70% lebih rendah dibandingkan komposit polimer-serat gelas. Dari segi ekologi, selain kadar karbon yang dihasilkan saat pembuatan lebih rendah, bahan komposit polimer berbasis serat alam ini dapat didaur ulang untuk digunakan kembali (walaupun dari segi kinerja sudah jauh menurun). Aplikasi yang sudah digunakan sejauh ini adalah komposit polimer diperkuat serat alam untuk proses manufacturing produk otomotif.

Penelitian dan penggunaan serat alam berkembang dengan sangat pesat dewasa ini karena serat alam banyak memiliki keunggulan dibandingkan dengan serat buatan (rekayasa), keunggulan dari serat alam seperti beban lebih ringan, bahan mudah didapat, harga relatif murah dan yang paling penting ramah lingkungan terlebih Indonesia memiliki kekayaan alam yang begitu melimpah. Penggunaan serat alam dewasa ini sudah merambah berbagai bidang kehidupan manusia, layaknya serat buatan, serat alam juga mampu digunakan sebagai modifikasi dari serat buatan.

Sifat serat yang ideal adalah serat yang kuat, kaku, dan ringan. Secara garis besar, semakin besar rasio antar panjang serat dan diameter serat maka semakin baik sifatnya, serta diameter serat yang kecil mampu mengurangi cacat permukaan yang menyebabkan kerapuhan. Sifat serat tidak terlepas dari beban yang diberikan. Kekuatan dan kekakuan optimum tercapai apabila serat searah serta beban yang searah dengan arah serat.

Penelitian yang dilakukan dengan menambahkan serat ijuk dengan panjang  $\pm 2,5$  cm sejumlah 1-5% (dari berat semen) ke dalam campuran dengan perbandingan (volume) bahan susunnya adalah 1 : 11 dan nilai faktor air semen 0,64 diperoleh hasil: penambahan serat ijuk pada campuran semen-pasir mampu meningkatkan kuat tarik campuran.

Serat batang pisang adalah jenis serat yang berkualitas baik, dan merupakan satu diantara bahan potensial alternatif yang dapat digunakan sebagai *filler* pada pembuatan komposit. Penelitian yang dilakukan diperoleh bahwa serbuk serat batang pisang dapat meningkatkan kuat tarik dan kekerasan komposit PVA – CaO<sub>3</sub>. Didapatkan juga bahwa penambahan serat gandum dapat meningkatkan kuat tarik dan kuat lentur geopolimer berbasis abu layang dan mencapai keadaan optimal pada penambahan serat sebanyak 2%.

Batang pisang sebagai limbah dapat dimanfaatkan menjadi sumber serat agar mempunyai nilai ekonomis. Perbandingan bobot segar antara batang, daun, dan buah pisang berturut-

turut 63, 14, dan 23%. Batang pisang memiliki bobot jenis  $0,29 \text{ g/cm}^3$  dengan ukuran panjang serat 4,20 – 5,46 mm dan kandungan lignin 33,51%.

Pada pemanfaatan serat batang pisang sebagai *filler* komposit PVA-CaO terlebih dahulu serat batang pisang diberi perlakuan dengan alkali. Perlakuan dengan alkali (NaOH) diharapkan dapat berpengaruh terhadap komposit yang dihasilkan, karena fungsi alkali dapat menghilangkan lignin yang ada. Pemberian perlakuan alkali pada bahan berlignin selulosa mampu mengubah struktur kimia dan fisik permukaan serat.

Terbukti bahwa penambahan serat batang pisang pada komposit PVA-CaO<sub>3</sub> dapat meningkatkan kuat tarik, kekerasan dan titik nyala komposit. Ketebalan serat batang pisang mempengaruhi kuat tekan dan kuat tarik maksimum papan komposit polyester-serat alam. Penggunaan serat batang pisang sebagai campuran komposit karet alam dapat memperkuat kekuatan mekanis komposit berupa kuat tekan

dan kuat tarik. Kekuatan maksimum diperoleh ketika panjang serat 15 mm.

Komposit serat sabut kelapa bahwa kekuatan tarik dan modulus meningkat dengan meningkatnya fraksi volume. Serat *sabut kelapa* sebagai penguat polipropilen mempunyai kekuatan impak yang lebih tinggi dibandingkan dengan serat jute dan kenaf sebagai penguat polipropilen, namun kekuatan tarik dan modulusnya lebih rendah. Selanjutnya kekuatan tarik komposit serat sabut kelapa yang berorientasi random/acak yang rendah, tapi mempunyai kekuatan lentur yang lebih tinggi dan potensi digunakan bangunan non-struktur.

Penelitian tentang analisis arah serat tapis serta rasio hardener terhadap sifat fisis dan mekanis komposit tapis/ epoxy dengan membandingkan perlakuan NaOH dan KMnO<sub>4</sub>, didapatkan bahwa dengan perlakuan KMnO<sub>4</sub> 2% selama 15 menit dengan arah serat 450 memiliki nilai tertinggi terhadap sifat mekanis komposit, variasi persentase NaOH dan KMnO<sub>4</sub> pada



proses perlakuan serat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan tarik dan kekuatan bending komposit.

Penelitian tentang sifat mekanis komposit serat kelapa dengan resin poliester, Setelah dilakukan pengujian dan foto SEM didapatkan fraksi volume serat yang optimal dari komposit serat kelapa yang dapat menahan perambatan retak.

Indonesia sebagai Negara dengan keaneka ragaman hayati yang luas memiliki peluang yang besar untuk mengeksplorasi pemanfaatan bahan serat alam sebagai penguat material komposit. Karena sifat kekuatan serat alam ini bervariasi maka pemanfaatannya akan bervariasi mulai dari bahan komposit untuk penggunaan yang ringan dan tidak terlalu memerlukan kekuatan tinggi sampai bahan komposit untuk penggunaan yang memerlukan kekuatan dan ketangguhan tinggi.



## **BAB VI**

# **SERAT ALAM SEBAGAI MATERIAL KOMPOSIT**

Peran utama material komposit berpenguat serat adalah untuk memindahkan tegangan (*stress*) antara serat, memberikan ketahanan terhadap lingkungan yang merugikan dan menjaga permukaan serat dari efek mekanik dan kimia. Sementara kontribusi serat sebagian besar berpengaruh pada kekuatan tarik (*tensile strength*) bahan komposit.

Penelitian yang mengabungkan antara matrik dan serat harus memperhatikan beberapa faktor yang mempengaruhi performa *Fiber-Matrik Composites* antara lain:

### **6.1 Faktor Serat**

Serat adalah bahan pengisi matrik yang digunakan untuk dapat memperbaiki sifat dan struktur matrik yang tidak

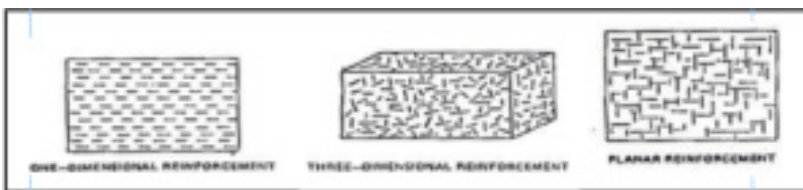
dimilikinya, juga diharapkan mampu menjadi bahan penguat matrik pada komposit untuk menahan gaya yang terjadi.

Pemakaian serat alam, seperti serat ijuk dan serat pisang sebagai pengganti serat buatan akan menurunkan biaya produksi. Hal ini dapat dicapai karena murah biaya yang diperlukan bagi pengolahan serat alam dibandingkan dengan serat buatan. Walaupun sifat-sifatnya kalah dari segi keunggulan dengan serat buatan, namun harus diingat bahwa serat alam lebih murah dalam hal biaya pengolahan dan sumber dayanya dapat terus diperbaharui.

## **6.2 Letak Serat**

Dalam pembuatan komposit tata letak dan arah serat dalam matrik yang akan menentukan kekuatan mekanik komposit, dimana letak dan arah dapat mempengaruhi kinerja komposit tersebut. Menurut tata letak dan arah serat diklasifikasikan menjadi 3 bagian yaitu :

1. *One dimensional reinforcement*, mempunyai kekuatan dan modulus maksimum pada arah axis serat.
2. *Two dimensional reinforcement* (planar), mempunyai kekuatan pada dua arah atau masing-masing arah orientasi serat.
3. *Three dimensional reinforcement*, mempunyai sifat *isotropic* kekuatannya lebih tinggi dibanding dengan dua tipe sebelumnya. Pada pencapuran dan arah serat mempunyai beberapa keunggulan, jika orientasi serat semakin acak ( random ) maka sifat mekanik pada 1 arahnya akan melemah, bila arah tiap serat menyebar maka kekuatannya juga akan menyebar kesegala arah maka kekuatan akan meningkat.



Gambar 6.1 Orientasi serat

### 6.3 Panjang Serat

Panjang serat dalam pembuatan komposit serat pada matrik sangat berpengaruh terhadap kekuatan. Ada 2 penggunaan serat dalam campuran komposit yaitu serat pendek dan serat panjang. Serat panjang lebih kuat dibanding serat pendek. Serat alami jika dibandingkan dengan serat sintetis mempunyai panjang dan diameter yang tidak seragam pada setiap jenisnya.

Oleh karena itu panjang dan diameter sangat berpengaruh pada kekuatan maupun modulus komposit. Panjang serat berbanding diameter serat sering disebut dengan istilah aspect ratio. Bila aspect ratio makin besar maka makin besar pula kekuatan tarik serat pada komposit tersebut.

Serat panjang (*continuous fiber*) lebih efisien dalam peletakannya dari pada serat pendek. Akan tetapi, serat pendek lebih mudah peletakannya dibanding serat panjang. Panjang serat mempengaruhi kemampuan proses dari komposit serat.

Pada umumnya, serat panjang lebih mudah penanganannya jika dibandingkan dengan serat pendek. Serat panjang pada keadaan normal dibentuk dengan proses *filament winding*, dimana pelapisan serat dengan matrik akan menghasilkan distribusi yang bagus dan orientasi yang menguntungkan.

Ditinjau dari teorinya, serat panjang dapat mengalirkan beban maupun tegangan dari titik tegangan ke arah serat yang lain. Pada struktur *continuous fiber* yang ideal, serat akan bebas tegangan atau mempunyai tegangan yang sama. Selama fabrikasi, beberapa serat akan menerima tegangan yang tinggi dan yang lain mungkin tidak terkena tegangan sehingga keadaan di atas tidak dapat tercapai.

Sedangkan komposit serat pendek, dengan orientasi yang benar, akan menghasilkan kekuatan yang lebih besar jika dibandingkan *continuous fiber*. Hal ini terjadi pada whisker, menurut Schwartz, 1984, yang mempunyai keseragaman kekuatan tarik setinggi 1500 kips/in<sup>2</sup> (10,3

GPa). Komposit berserat pendek dapat diproduksi dengan cacat permukaan yang rendah sehingga kekuatannya dapat mencapai kekuatan teoritisnya.

Faktor yang mempengaruhi variasi panjang serat chopped fiber composites adalah critical length (panjang kritis). Menurut Schwartz, 1984, panjang kritis yaitu panjang minimum serat pada suatu diameter serat yang dibutuhkan pada tegangan untuk mencapai tegangan saat patah yang tinggi.

#### **6.4 Bentuk Serat**

Bentuk Serat yang digunakan untuk pembuatan komposit tidak begitu mempengaruhi, yang mempengaruhi adalah diameter seratnya. Pada umumnya, semakin kecil diameter serat akan menghasilkan kekuatan komposit yang lebih tinggi. Selain bentuknya kandungan seratnya juga mempengaruhi.

#### **6.5 Faktor Matrik**

Matrik dalam komposit berfungsi sebagai bahan mengikat serat menjadi sebuah unit struktur, melindungi dari perusakan



eksternal, meneruskan atau memindahkan beban eksternal pada bidang geser antara serat dan matrik, sehingga matrik dan serat saling berhubungan.

Pembuatan komposit serat membutuhkan ikatan permukaan yang kuat antara serat dan matrik. Selain itu matrik juga harus mempunyai kecocokan secara kimia agar reaksi yang tidak diinginkan tidak terjadi pada permukaan kontak antara keduanya. Untuk memilih matrik harus diperhatikan sifat-sifatnya antara lain seperti tahan terhadap panas, tahan cuaca yang buruk dan tahan terhadap guncangan yang biasanya menjadi pertimbangan dalam pemilihan material matrik.

Komposit serat yang baik harus mampu untuk menyerap matrik yang memudahkan terjadinya antara dua fase. Selain itu komposit serat juga harus mempunyai kemampuan untuk menahan tegangan yang tinggi, karena serat dan matrik berinteraksi dan pada akhirnya terjadi pendistribusian tegangan. Kemampuan ini harus dimiliki oleh matrik dan serat.

Hal yang mempengaruhi ikatan antara serat dan matrik adalah *void*, yaitu adanya celah pada serat atau bentuk serat yang kurang sempurna yang dapat menyebabkan matrik 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. Pada pengujian tarik komposit akan berakibat lolosnya serat dari matrik. Hal ini disebabkan karena kekuatan atau ikatan interfacial antara matrik dan serat yang kurang besar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ardianor, Buchar T, Handayani T, Wulandari L, Aunurafik, Liwat Y, Najamudin A, Gumiri S. 2007. Ambul : A traditional farming system on open water in Kalimantan. *Proceeding of International Workshop on : Human Dimension of Tropical Peatland Under Global Environmental Changes*. December 8-9. Bogor Indonesia.
- Aribawa. 2001. Biomasa Purun Tikus Sebagai Penyuplai Unsur Hara Tanaman Dan Tanah. Laporan Penelitian Tumbuhan Air Purun Tikus. [http:// goo.id](http://goo.id) [online] (Verified 22 Maret 2012)
- Arisandi. 2006. *Hasil Analisis Tumbuhan Air*. Gramedia Pustaka. Jakarta.
- Asikin, S. dan M. Thamrin. 2011. Penggerek batang padi putih dan pengendaliannya di lahan pasang surut. Makalah disampaikan pada Seminar Nasional Perhimpunan Entomologi Indonesia, Universitas Padjadjaran, Bandung, 16–17 Februari 2011.
- Asikin, S. 2009. Biomassa Purun Tikus (*Eleocharis dulcis* Trin.) pada Tiga Titik Sampling di Desa Puntik Kecamatan Alalak Kabupaten Barito Kuala. *Bioscientiae* Vol. 16 No 1 Edisi Januari 2009. <http://unlam.ac.id/bioscientiae>. [online] (Verified 29 Februari 2012)
- Asikin, S., M. Thamrin, dan A. Budiman. 2001. Purun tikus *Eleocharis dulcis* (Burm. F.) Henschell sebagai agensia pengendali hama penggerek batang padi putih dan konservasi musuh alami di lahan rawa pasang surut. *Prosiding Simposium Keanekaragaman Hayati dan*

- Sistem Produksi Pertanian*, Cipayung, 16–18 November 2000. Perhimpunan Entomologi Indonesia, Bogor.
- Astuti, Dian Tri. 2008. Kemampuan Purun Tikus (*Elocharis Dulcis*) Menyerap Logam Berat Timbal (Pb) Yang Ditanam Pada Media Limbah Cair Kelapa Sawit. Skripsi. FMIPA Unlam. Banjarbaru
- Azizah, N. 2009. Kontaminasi Merkuri (Hg) pada Purun Tikus yang Tumbuh di Tanah Sulfat Masam Kecamatan Alalak Kabupaten Barito Kuala. Skripsi. Program Studi Biologi FMIPA Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.
- Boeman, R. G. and Johnson, N. L. 2002. Development of a Cost Competitive, Composite Intensive, Body-in-white. *Journal SAE. No. 2002-01-1905*.
- Brecht, J.K. 1998. *Waterchesnut*. Horticultural Sciences Department University of Florida. <http://www.hortisci.org>
- Collier, AM et al, (1968), *Handbook of Textiles*, Lewis Publisher Ltd, Brighton, UK
- Cripwell, J.B, 1992, Pulveriszed – Fuel Ash : Understanding The Material, National Seminar The use of PFA in construction, Concrete Technology Unit, Department of Civil Eengineering, University of Dundee.
- Dewi, T., N. Sutrisno, dan Mulyadi. 2009. Potensi tanaman biofilter dari lahan rawa sebagai tanaman hiperakumulator pada tanah tercemar kadmium (Cd). *Dalam* A. Suprio, M. Noor, I. Ar-Riza, dan K. Anwar (Ed). Seminar Nasional Pengembangan Lahan Rawa, Banjarbaru, 5 Agustus 2008, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian dengan Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah Provinsi Kalimantan Selatan.
- Golbabaie, M., 2006. *Applications of biocomposites in building industry*. Department of Plant Agriculture University of Guelph.
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Nanomaterials>

- Indrayati, L. 2011. Purun tikus berpotensi perbaiki kualitas air di rawa pasang surut. Dalam Inovasi Sumber Daya Lahan Dukung Swasembada Pangan. Sinar Tani No. 3400 Tahun XLI, Edisi 6–12 April 2011.
- Inoue, A. 2003. Frontiers in bulk mettalic glassy and nano structured alloys chalengges as we approach 2010. [http://www.liquidmetalgolf.com/adv\\_board/](http://www.liquidmetalgolf.com/adv_board/)
- Jumberi, A., M. Sarwani dan Koesrini. 2004. Komponen Teknologi Pengelolaan Lahan dan Tanaman Untuk Meningkatkan Produktivitas dan Efisiensi Produksi di Lahan Sulfat Masam dalam Alihamsyah, T dan Izzuddin, N. Laporan Tahunan Penelitian Pertanian Lahan Rawa Tahun 2003. Balai Penelitian Pertanian Lahan rawa. Banjarbaru. hal 9-14.
- Jumberi, S. 2004. Perairan sebagai Lahan Bantu dalam Pengembangan Pertanian di Lahan Rawa Lebak. *Jurnal Hidrosfir Indonesia* ISSN 1907-1043 Vol 5 No 3 Edisi Desember 2010. <http://ejurnal.bppt.go.id/> [online] (Verified 5 Maret 2012).
- Kaw, Autar. K. 2005. Mechanics of composite materials. Second edition. Informa. Taylor & Francis Group.
- Lee, Stuart M. 2005. Handbook of composite Reinforcements. John Wiley and Sons.
- Mackinnon, K., M. Gt. Hatta, H. Halim, dan A. Mangalik, 2000. *Ekologi Kalimantan*. (Alih bahasa oleh G. Tjitrosoepomo, S.N. Kartikasari, Agus Widyanto). Prenhallindo. Jakarta.
- Noor, M. 2004. *Lahan Rawa Sifat dan Pengelolaan Tanah Bermasalah Sulfat Masam*. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Peijs, T. 2002. Composites turn green. Journal e Polymers 2002 no. T\_002. Queen Mary, University of London. Department of Materials. Mile End Road. London E14NS, UK.

- Prawirohatmodjo, S., 1977. *Kimia Kayu*. Yayasan Pembina Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Rahadi. 2007. Penelitian Penyebaran jenis tumbuhan purun Barito kuala Kalsei
- Rowell, R.M., Han, J.S., Rowell, J.S., 2000. Characterization and factors effecting fiber properties, *Natural Polymers and Agrofibers Composites*, Emrapa Instrumentacao Agropecuaria 115-134, Brasil.
- Suriadikarta, D.A. dan A. Abdurachman. 2000. Penggunaan tanaman purun tikus prumpung (*Phragmites karka* Trin) dalam upaya menanggulangi limbah reklamasi tanah sulfat masam alami. *Prosiding Budidaya Pertanian*. Balai Penelitian Tanah.
- Smallman, R.E., Bishop R.J. 2000. Metalurgi fisik modern dan rekayasa material. Penerbit Erlangga.
- Vlack, L. H. Van. 2004. Elemen-elemen ilmu dan rekayasa material. Penerbit Erlangga. Ed.6.
- Vlack, L. H. Van. 1995. Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam). Ed. 5. Erlangga, Jakarta.
- Wang, B., Panigrahi, S., Tabil, L., Crerar, W.J., Powell, T., Kolybaba, M., and Sokhansanj, S. 2003. Flax Fiber-Reinforced Thermoplastic Composites. *Journal The Society for Eng. In Agricultural, Food, and Biological Systems*, Dep. Of Agricultural and Bioresource Eng. Univ. of Saskatchewan., Canada.
- Wardhana, H. et all. 2015. Chemical, Physical, and Mechanical Features of Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) Fiber.
- Wardiono. 2007. *Eleocharis dulcis* (burm. F.) triniusex henschel. <http://www.kehati.or.id/prohati/browser.php?docsid=478>. Diakses tanggal 3 Desember 2010.
- Wiryawan S.P, Agt. Wajono. 2008. Pengaruh Penambahan Serat Ijuk Pada Kuat Tarik Campuran Semen-Pasir dan

Kemungkinan Aplikasinya, *Jurnal Teknik Sipil*. Volume **8**  
No. 2, Pebruari 2008 : 159 – 169

Yuwono, S., 1994, Penelitian Pengaruh Penambahan Serat Ijuk Dan Serabut Kelapa Pada Bahan Bangunan Genteng Dan Panel Limbah PDAM. *Jurnal Penelitian Perumahan* Vol **10**-6/1994, Puslitbangkim, Bandung.





## **BIODATA PENULIS**

Ninis Hadi Haryanti, lahir di Surabaya, 6 Desember 1962. Pendidikan mulai TK sampai SMA di Surabaya, Kuliah S1 di Universitas Negeri Surabaya (Unesa) mengambil jurusan Fisika, lulus tahun 1985. Kemudian melanjutkan pendidikan Pasca Sarjana S2 di jurusan Fisika Institut Teknologi Bandung (ITB) dengan bidang keahlian Fisika Material dan lulus tahun 1992. Pada tahun 2015 lulus pendidikan program Doktor dengan minat Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan Program Pasca Sarjana Universitas Brawijaya (UB) Malang.

Henry Wardhana, Banjarmasin, 7 Juni 1957 Penulis melakukan pendidikan di kota Banjarmasin, mulai SD sampai SMA, lulus program S1 pada program studi Teknik Sipil di Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat (ULM) tahun 1985 dan program S2 pada Program Manajemen Rekayasa Konstruksi di Institut Teknologi Bandung tahun 1994. Pada tahun 2015 lulus pendidikan program Doktor dengan minat Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan Program Pasca Sarjana Universitas Brawijaya Malang.

