

FABRIKASI DAN ANALISIS KOMPOSIT DIPERKUAT GENTIAN  
DI BAWAH BEBAN PAKSI

MOHD NURSARHAN BIN ROSDI

UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

FABRIKASI DAN ANALISIS KOMPOSIT DIPERKUAT GENTIAN  
DI BAWAH BEBAN PAKSI

MOHD NURSARHAN BIN ROSDI

Laporan ini dikemukakan sebagai  
memenuhi sebahagian daripada syarat penganugerahan  
Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Struktur dan Bahan)

Fakulti Kejuruteraan Mekanikal  
Universiti Teknikal Malaysia Melaka

MAC 2008

‘Saya akui bahawa telah membaca karya ini dan pada pandangan saya karya ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Struktur & Bahan)’

Tandatangan : .....

Nama Penyelia : .....

Tarikh : .....

“Saya akui laporan ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali ringkasan dan petikan yang tiap-tiap satunya saya telah jelaskan sumbernya”

Tandatangan : .....

Nama penulis : MOHD NURSARHAN BIN ROSDI

Tarikh : 31 MAC 2008

Untuk abah dan ma tersayang

## PENGHARGAAN

Pertama sekali saya ingin memanjatkan kesyukuran ke hadrat Ilahi kerana memberikan keizinan dan mengurniakan kesihatan untuk saya menyiapkan Projek Sarjana Muda ini dengan jayanya. Setinggi-tinggi penghargaan saya ajukan kepada kedua ibu bapa saya dan juga seluruh ahli keluarga yang membantu saya dari sokongan moral sepanjang menjalankan projek ini.

Di sini, saya ingin merakamkan jutaan terima kasih kepada pihak yang terlibat secara langsung dalam pelaksanaan projek ini terutama Encik Kamarul Ariffin bin Zakaria selaku penyelia saya sepanjang projek ini dan Encik Omar selaku penilai serta juruteknik Universiti Teknikal Malaysia Melaka. Tidak lupa juga kepada pihak pengurusan kilang DK Composites terutama Encik Adzlan yang menyediakan segala kemudahan yang diperlukan sepanjang saya berada di sana dan kakitangan kilang DK Composites yang telah banyak membantu saya dalam penyediaan spesimen. Jutaan terima kasih saya ucapkan.

Ucapan terima kasih juga saya ucapkan kepada semua pihak yang telah terlibat secara tidak langsung dalam pelaksanaan projek ini, kawan-kawan seperjuangan saya dan masyarakat setempat. Semoga laporan ini akan dijadikan rujukan bagi pelajar lain kelak dan pihak pengurusan kilang.

## ABSTRAK

Bahan komposit merupakan bahan kejuruteraan moden dan telah dijadikan pengganti kepada penggunaan bahan kejuruteraan konvensional yang lain. Aplikasinya banyak melibatkan industri penerbangan di mana keringanan sesuatu komponen dititikberatkan. Komposit ini terdiri daripada pelbagai jenis seperti komposit polimer matriks (PMC), komposit logam matriks (MMC) dan komposit seramik matriks (CMC). Komposit dihasilkan melalui pelbagai kaedah fabrikasi seperti pelapisan tangan, belitan filamen, suntikan acuan dan sebagainya. Pemilihan kaedah fabrikasi ini bergantung pada struktur yang hendak dibina dan skala penghasilan. Kajian mengenai komposit telah lama dijalankan dan masih diteruskan sehingga sekarang untuk mencapai sifat yang ideal bagi komposit seperti ringan, daya ketahanan yang tinggi dan sebagainya. Kajian di bawah beban paksi akan dijalankan bagi salah satu bahan komposit iaitu komposit diperkuat gentian kaca bagi menentukan sifat komposit ini apabila dikenakan beban paksi pada kadar kelajuan yang berbeza. Kaedah yang dipilih untuk menyediakan spesimen dalam uji kaji ini ialah cara pelapisan tangan. Spesimen kemudiannya akan diuji dengan menggunakan mesin tegangan (Ultimate Tensile Machine). Data yang terhasil ini akan dianalisis dan dibuat perbandingan.

## ABSTRACT

Composite materials are modern material and was made as a replacement to other conventional engineering materials. Their applications involve in many aerospace industries where lighter component is a key in design an aeroplane. This composites consist many types that are polymer matrix composites (PMC), metal matrix composites (MMC) and ceramic matrix composites (CMC). Composites is produced in many methods such as hand lay-up, filament winding, injection molding and such on. Selection for the fabrication method is depend on structure that will be build and production scale. The research of composites was conduct previously and currently still in progress in order to achieve ideal properties for composites such as lightweight, high resistance and others. Study under axial loading will be done to define composites properties when different speed is applied. Fabrication method selected in order to create specimen is hand lay-up. This specimen then will be test under axial loading using Universal Tensile Machine (UTM). Data that obtained then will analysed and made comparison.



## KANDUNGAN

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
	<b>PENGAKUAN</b>	ii
	<b>DEDIKASI</b>	iii
	<b>PENGHARGAAN</b>	iv
	<b>ABSTRAK</b>	v
	<b><i>ABSTRACT</i></b>	vi
	<b>KANDUNGAN</b>	vii
	<b>SENARAI JADUAL</b>	ix
	<b>SENARAI RAJAH</b>	x
	<b>SENARAI SIMBOL</b>	xii
<b>BAB I</b>	<b>Pengenalan</b>	1
	1.1 Objektif Kajian	2
	1.2 Skop Kajian	2
	1.3 Pernyataan Masalah	2
<b>BAB II</b>	<b>KAJIAN ILMIAH</b>	4
	2.1 Pengenalan Bahan Komposit	4
	2.2 Bahan-bahan Komposit	6
	2.3 Kepentingan Bahan Komposit	7
	2.4 Komposisi Komposit	8
	2.5 Pengelasan Bahan Komposit	10
	2.6 Jenis-jenis Komposit	11
	2.7 Sifat Mekanikal Komposit	13

<b>BAB III</b>	<b>FABRIKASI KOMPOSIT</b>	19
	3.1 Pengenalan	19
	3.2 Jenis-jenis Fabrik	21
	3.3 Kaedah Fabrikasi Komposit	23
<b>BAB IV</b>	<b>KAEDAH KAJIAN</b>	26
	4.1 Pengenalan	26
	4.2 Kajian bahan komposit	27
	4.3 Penyediaan spesimen	27
	4.4 Ujian di bawah beban paksi	31
	4.5 Analisis Data	32
<b>BAB V</b>	<b>ANALISIS DATA</b>	33
	5.1 Contoh pengiraan	33
<b>BAB VI</b>	<b>KESIMPULAN</b>	36
	<b>RUJUKAN</b>	31

**SENARAI JADUAL**

<b>BIL.</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
5.2	Nilai beban maksimum, tegasan maksimum dan terikan bagi semua spesimen yang diuji	37
5.3	Jadual modulus kekenyalan dan kadar terikan	38

## SENARAI RAJAH

<b>BIL.</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
2.1	Pesawat pengebom Amerika, U.S Air Force B-2 yang dihasilkan menggunakan komposit termaju	5
2.2	Susunan komposit yang menggunakan gentian dan resin	8
2.3	Komposit bergentian	12
2.4	Komposit berpatikel	13
2.5	Kelakuan mekanikal pelbagai bahan	14
2.6	Komposit bertetulang gentian ekaarah	15
2.7	Dua jenis lamina yang utama	16
2.8	Kesan gentian putus ke atas tegasan matriks dan tegasan gentian	16
2.9	Pelbagai kelakuan tegasan-terikan	17
2.10	Binaan laminat	18
3.1	Jenis-jenis fabrik tenunan	22
3.2	Rajah skema fabrik bukan tenunan	22

3.3	Cara fabrikasi komposit dengan kaedah pelapisan tangan	24
3.4	Kaedah belitan filamen	25
4.1	Carta alir bagi kaedah kajian	26
4.2	Dimensi spesimen	27
4.3	Fabrik gentian yang siap dipotong mengikut saiz yang ditetapkan	28
4.4	Permukaan kaca yang siap digilap dan dilekatkan dengan pita penyumbat	28
4.5	Proses pemulihan menggunakan plastik vakum	30
4.6	Susunatur lapisan komposit sepanjang proses fabrikasi	31
4.7	Spesimen yang dicengkam pada crossheads	32
4.8	Pemilihan kaedah kajian	33
4.9	Penyediaan kawalan ujian	34
5.1	Graf tegasan melawan terikan bagi kelajuan 4mm/min	36
5.4	Graf modulus Young melawan kelajuan	39
5.5	Graf modulus Young melawan kadar keterikan	39

**SENARAI SIMBOL**

$P$	= Beban maksimum
$\sigma$	= Tegasan maksimum
$A$	= Luas permukaan rentas
$w$	= Lebar
$t$	= Ketebalan
$t$	= Masa
$\Delta L$	= Perubahan panjang
$L_0$	= Panjang asal
$\varepsilon$	= Terikan
$E$	= Modulus kekenyalan

## **BAB I**

### **PENGENALAN**

Komposit merupakan bahan yang paling unggul yang digunakan untuk struktur sesuatu rekaan apabila nisbah yang tinggi untuk kekuatan terhadap berat dan kekakuan terhadap berat diperlukan. Selain dari kajian di bawah pengaruh beban paksi, kajian mengenai bahan komposit ini juga merangkumi banyak aspek seperti proses pembuatan, kekenyalan tak isometri, kekuatan bahan tak isotropi dan mikromekanik. Tetapi bagi pelaksanaan Projek Sarjana Muda ini, kajian terhadap bahan komposit hanya melibatkan kajian di bawah pengaruh beban paksi sahaja.

Menurut Sanjay (2002) bahan komposit ini telah lama digunakan untuk menyelesaikan masalah teknologi tetapi pada tahun 1960, bahan ini mendapat perhatian daripada industri dengan pengenalan komposit berasaskan polimer. Sejak dari itu, bahan komposit ini telah menjadi bahan kejuruteraan utama dan direka dan dibuat untuk pelbagai kegunaan termasuk komponen automotif, peralatan sukan, komponen aeroangkasa dan juga kegunaan industri marin dan minyak. Kepesatan dalam penggunaan bahan komposit ini juga datang dari tahap kesedaran yang meningkat terhadap kemampuan bahan dan persaingan dalam pasaran global terhadap bahan yang ringan terutama dalam pembuatan komponen pesawat. Sebagai contoh, penggantian komponen keluli kepada komponen komposit dapat menjimatkan 60% hingga 80% dalam komponen berat, dan 20% hingga 50% bagi penggantian komponen aluminium.

Oleh sebab itu, bahan komposit ini telah mendapat sambutan pada zaman sekarang berdasarkan keupayaan dan sifat mekanikalnya yang mantap berbanding bahan-bahan yang lain yang biasa digunakan dalam industri kejuruteraan.

### **1.1 Objektif Kajian**

Objektif bagi kajian ini ialah mengkaji sifat mekanikal komposit diperkuat gentian di bawah pengaruh beban paksi. Bahan komposit ini merupakan salah satu bahan yang unggul yang digunakan dalam bidang kejuruteraan. Melalui kajian yang dilakukan, sifat mekanikal bagi bahan ini dapat ditentukan dengan menggunakan kaedah ujian di bawah pengaruh beban paksi iaitu ujian tegangan dengan menjadikan kelajuan sebagai pembolehubah.

### **1.2 Skop Kajian**

Bagi pelaksanaan kajian PSM ini, terdapat beberapa skop yang terlibat, antaranya:

1. Kajian mengenai sifat komposit bertetulang gentian.
2. Fabrikasi komposit berstruktur lamina.
3. Mengenalpasti sifat-sifat komposit ( $E$ ,  $Y_s$ ) menggunakan ujian tegangan pada kadar kelajuan yang berbeza.
4. Analisa keputusan dan kesimpulan.

### **1.3 Pernyataan Masalah**

Penghasilan bahan komposit ini bukanlah bidang baru namun kajian terhadap bahan komposit ini tidak terhenti sebegitu sahaja. Kajian demi kajian dijalankan sama ada dalam skop penghasilan bahan komposit atau analisis komposit yang sedia



ada bertujuan menghasilkan bahan komposit yang unggul sama ada dari segi berat mahupun sifatnya disamping memperbaiki kelemahan yang ada dalam bahan ini. Sejarah penghasilan komposit wujud berdasarkan pemerhatian manusia terhadap alam sekeliling dengan mengambil contoh kayu. Kayu merupakan bahan komposit semulajadi yang masih digunakan sehingga sekarang yang mempunyai sifat yang unggul.

Melalui kajian PSM ini, kajian akan dilakukan terhadap salah satu dari jenis komposit yang terdapat pada masa ini iaitu komposit bertetulang gentian. Kajian yang dilakukan ini bertujuan untuk mendapatkan perubahan sifat-sifat mekanikal komposit seperti modulus kenyal (Modulus Young), kekuatan muktamad dan sebagainya apabila dikenakan beban pada kadar kelajuan yang berbeza.

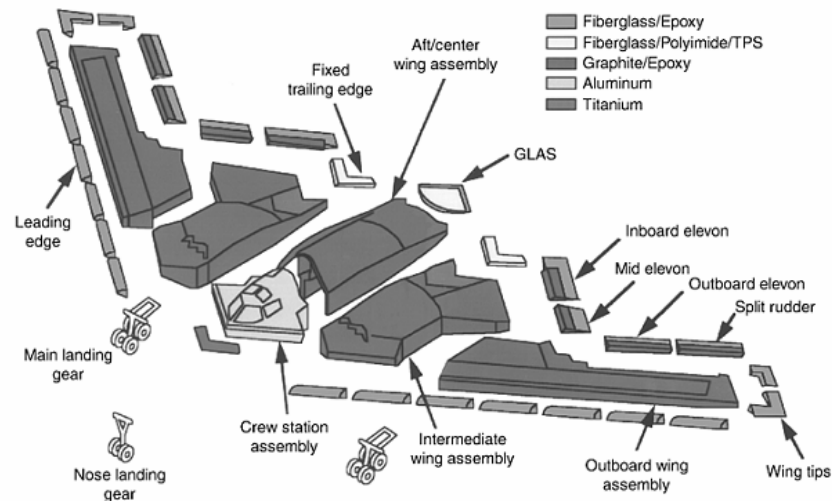
Melalui kajian yang dijalankan ini, analisis lanjutan yang dijalankan ke atas komposit seperti analisis tegasan, ujian hentaman, analisis kegagalan dan analisis yang lain akan menjadi lebih tepat jika kita mengetahui sifat komposit pada kadar keterikan (strain rate) yang tertentu.

## **BAB II**

### **KAJIAN ILMIAH**

#### **2.1 Pengenalan Bahan Komposit**

Penggunaan bahan komposit ini bukanlah baru di dalam industri kejuruteraan, ia telah sekian lama digunakan. Kamus mendefinisikan komposit sebagai satu benda yang dibuat dari bahan (juzuk) yang nyata. Berdasarkan istilah kejuruteraan pula (William F.S 2004), komposit diistilahkan sebagai sistem bahan yang terdiri daripada campuran atau gabungan dua atau lebih mikro- atau makro-juzuk yang berbeza dari segi bentuk dan komposisi kimia dan yang paling penting saling tak terlarutkan atau bertindak balas antara satu sama lain. Dari takrif ini, bahan-bahan komposit akan terdiri dari tiga komponen asas yang membentuknya iaitu matriks, penguat dan antaramuka. Ketiga-tiga komponen asas ini harus ada untuk membentuk komposit dan ketiga-tiga ini mempunyai peranannya tersendiri. Kepentingan komposit dalam bidang kejuruteraan ialah dua atau lebih bahan nyata digabungkan menghasilkan komposit yang memiliki sifat bahan yang hebat. Rajah 2.1 merupakan salah satu contoh penggunaan komposit termaju dalam bidang aeroangkasa.



Rajah 2.1: Pesawat pengebom Amerika, U.S Air Force B-2 yang dihasilkan menggunakan komposit termaju

(Sumber: Daniel B. M & Steven L. D)

### 2.1.1 Kelebihan bahan komposit

Komposit merupakan bahan kejuruteraan yang unggul. Pemilihan bahan komposit sebagai bahan kejuruteraan pada masa kini disebabkan beberapa kelebihan yang ada pada bahan komposit itu sendiri. Antara kelebihan bahan komposit ini ialah:

1. Bahan komposit ini dapat membentuk sifat yang unik berbanding dengan bahan asas yang lain (logam, polimer dan seramik) seperti kekuatan yang khusus, modulus yang khusus dan rintangan impak yang tinggi.
2. Komposit menawarkan kebebasan dalam merekabentuk dan penghasilan struktur kejuruteraan.
3. Komposit ini boleh difabrikasikan terus menjadi produk akhir tanpa melalui proses kedua seperti pemesinan, pembentukan, penyambungan dan lain-lain. Di samping itu, kelemahan struktur dan kos memproses dapat dikurangkan.
4. Komposit ini boleh dibentuk untuk mempunyai kedua-dua sifat kekuatan dan terikan yang tinggi.
5. Dalam sesetengah kes, komposit merupakan satu-satunya bahan yang boleh digunakan dalam industri aplikasi.

### **2.1.2 Kelemahan bahan komposit**

Di samping kelebihan yang ada pada bahan komposit, ia juga mempunyai kekurangan seperti:

1. Kos bahan yang digunakan dalam penghasilan komposit biasanya mahal.
2. Kelemahan dalam penghasilan komposit secara automatik.
3. Kualiti bahan yang susah dijangka dari kelompok yang berbeza.
4. Dari segi konteks alam sekitar, pelarut, wasap kimia dan lain-lain akan terhasil sepanjang penghasilan komposit ini yang akan mencemarkan alam sekitar.

## **2.2 Bahan-bahan Komposit**

Berdasarkan takrif yang dinyatakan di atas, kita mendapati bahawa bahan-bahan komposit ini sebenarnya telah lama kita gunakan tanpa kita menyedari kewujudan bahan tersebut. Antara contoh-contoh bahan komposit ialah komposit semula jadi dan konkrit.

### **2.2.1 Komposit semula jadi**

Menurut Rene Steiger (1999), komposit semula jadi merupakan komposit yang paling murah dan banyak digunakan. Kayu, buluh dan papan lapis ialah contoh terdekat bahan komposit semula jadi yang digunakan dengan banyak untuk pelbagai aplikasi. Sehingga sekarang pun, kayu masih digunakan dalam beberapa aplikasi kejuruteraan seperti membuat bilah kipas dalam penjanaan kuasa elektrik menggunakan angin serta bahan binaan dalam pembinaan awam. Selain daripada itu, kayu digunakan juga untuk membuat kayu hoki, busa panah (bow), malah di peringkat awal pembinaan kapal terbang menggunakan kayu sebagai asas. Tulang, gading dan tanduk juga diklasifikasikan sebagai bahan komposit semula jadi.

### 2.2.2 Konkrit

Konkrit merupakan antara bahan komposit yang terawal yang dibuat oleh manusia dalam aplikasi kejuruteraan awam. Dalam konkrit, matriksnya adalah simen manakala penguatnya terdiri daripada pelbagai jenis iaitu bar besi (peranannya sama seperti gentian), batu kelikir dan pasir (penguat yang boleh disamakan dengan partikel).

## 2.3 Kepentingan Bahan Komposit

Dari segi sudut kejuruteraan, kepentingan komposit ini ialah komposit diperbuat daripada dua atau lebih bahan yang mempunyai sifat-sifat yang berbeza yang digabungkan bersama untuk menghasilkan satu bahan komposit yang mempunyai sifat-sifat yang lebih tinggi dari bahan-bahan individu itu sendiri (A Daoud, 2004).

Bahan-bahan konvensional seperti logam, polimer dan seramik mempunyai had-had penggunaannya sendiri akibat daripada sifat-sifatnya.

Polimer mempunyai ketumpatan rendah, tiada kestabilan terma, rintangan kimia yang tinggi tetapi rintangan degredasi persekitaran (UV, lembapan) yang rendah serta sifat mekanikal yang lemah tetapi mudah dibentuk dan disambung.

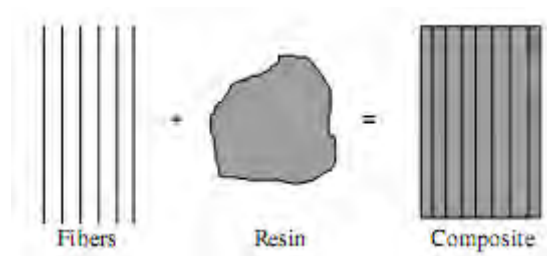
Logam mempunyai ketumpatan dari sederhana hingga tinggi. Beberapa logam tertentu sahaja yang mempunyai ketumpatan rendah seperti aluminium, magnesium dan berilium. Sifat-sifat mekanikal yang baik, rintangan kimia yang sederhana dan boleh ditingkatkan melalui proses pengaloiian, mudah dibentuk dan disambung serta ketahanan tinggi.

Seramik mempunyai sifat yang keras, ketumpatan rendah dan kestabilan terma yang baik. Rintangan kimia yang baik. Kekakuan tinggi serta rapuh.

Komposit yang menggabungkan bahan-bahan yang mempunyai sifat yang berbeza akan menghasilkan satu bahan baru yang akan mempunyai sifat-sifat yang lebih baik. Antara sifat-sifat yang ditingkatkan dan dipunyai oleh komposit ialah pengurangan berat, peningkatan kekuatan dan kekakuan, peningkatan ketahanan, rintangan haus lebih baik serta rintangan lesu.

## 2.4 Komposisi Komposit

Seperti yang diterangkan di atas, komposisi komposit terdiri daripada matriks, penguat dan antara muka.



Rajah 2.2: Susunan komposit yang menggunakan gentian dan resin  
(Sumber: Sanjay, 2002)

### 2.4.1 Matriks

Menurut Jones (1999), matriks ialah bahan utama yang membentuk isi padu bahan komposit tersebut. Peranan matriks ialah menyediakan tempat untuk penguat ditempatkan dan mengendali serta mengekalkan kedudukan penguat. Matriks juga berperanan melindungi penguat dari kerosakan mekanikal serta membenarkan taburan semula tegasan. Menurut Sanjay (2002), bagi membenarkan penguat untuk menampung beban maksimum, bahan matriks mestilah mempunyai nilai modulus yang rendah dan nilai terikan yang tinggi dari penguat. Bahan matriks ini boleh terdiri dari logam, seramik dan polimer. Matriks logam yang biasa digunakan ialah logam-logam ringan seperti aluminium, titanium dan magnesium. Pemilihan bahan

matriks ini bergantung kepada sifat kimia, terma, kemudahbakaran, kos, prestasi dan keperluan pembuatan.

### **2.4.2 Penguat**

Penguat boleh diperbuat dari berbagai bahan dan fungsinya ialah untuk memberikan kekuatan dan kekakuan pada komposit (G. Zak *et al.* 1999). Ia merupakan komponen yang akan menanggung beban utama dan oleh itu ia selalunya merupakan bahan yang jauh lebih kuat dari matriks. Penguat ini boleh terdiri dari bahan-bahan seramik, logam dan polimer dan boleh dalam pelbagai bentuk seperti gentian (panjang/pendek), partikulat (partikel), flake dan whisker.

Penguat merupakan komponen paling utama dalam penghasilan bahan komposit dan sifat-sifat utama yang diperlukan komposit biasanya disumbangkan oleh penguat. Contoh penguat yang biasa digunakan dalam komposit ini ialah gentian kaca (glass fibre) dan gentian karbon. Gentian-gentian yang lebih maju yang digunakan ialah gentian-gentian seramik seperti boron, alumina silikon nitrida dan silikon karbida.

Antara contoh gentian polimer yang penting pula ialah nilon dan kevlar 49 yang biasa digunakan untuk beton udara panas dan topi askar.

### **2.4.3 Antara muka**

Antara muka ialah komponen yang selalu dilupakan tetapi ia juga memainkan peranan yang penting dalam komposit. Antara muka merupakan suatu lapisan yang sangat nipis, tebalnya hanyalah beberapa amstrong (A) yang berbentuk antara muka matriks dan muka penguat dan bertindak sebagai pengikat. Fungsi antara muka inilah yang menentukan kejayaan sesuatu bahan komposit yang dihasilkan dan ia

mempengaruhi sifat-sifat mekanik komposit seperti kekuatan dan ketahanan patah komposit.

## **2.5 Pengelasan Bahan Komposit**

Komposit dikelaskan berdasarkan matriks. Terdapat tiga jenis kelas iaitu komposit polimer matriks (PMC), komposit logam matriks (MMC) dan komposit seramik matriks (CMC).

### **2.5.1 Komposit polimer matriks (PMC)**

Komposit polimer matriks ini merupakan komposit yang biasa digunakan dalam industri dan juga merupakan salah satu dari komposit lanjutan. Komposit jenis ini lebih dikenali sebagai Polimer Bertetulang Gentian (FRP). Komposit ini mengandungi polimer sebagai matriks seperti epoksi, polyester atau urethane dan diperkuatkan dengan penguat berdiameter nipis seperti grafit, aramid atau boron. Komposit ini biasa digunakan berdasarkan kosnya yang rendah, mempunyai kekuatan yang tinggi dan cara penghasilan yang mudah.

### **2.5.2 Komposit logam matriks (MMC)**

Komposit ini biasanya digunakan dalam industri automotif seperti penghasilan kereta Formula 1. Komposit logam matriks ini mengandungi logam sebagai bahan matriks seperti magnesium, aluminium dan titanium. Gentian yang biasa digunakan termasuklah karbon dan silikon karbaid. Dalam penghasilan komposit jenis ini (Autar 1997), logam diperkuatkan untuk menaikkan atau menurunkan sifatnya bergantung kepada keperluan rekaan komponen terlibat. Sebagai contoh, kekakuan lentur dan kekuatan bahan logam dapat dipertingkatkan