

‘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 dan Bahan)

Tandatangan : .....

Nama Penyelia : **KAMARUL ARIFFIN BIN ZAKARIA**

Tarikh : .....

# KEKUATAN GENTIAN KACA BERLAMINA

AZIZUDDIN BIN ABDUL AZIZ

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

FAKULTI KEJURUTERAAN MEKANIKAL  
UNIVERSITI TEKNIKAL MELAKA

APRIL 2009

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

Tandatangan : .....

Nama Penulis : **AZIZUDDIN BIN ABDUL AZIZ**

Tarikh : .....

*Setulus Kasih dan ingatan buat.....*

*Bapak dan Emak tersayang,  
Adik-beradik yang dikasih,  
Insan tersayang yang sentiasa diingati,  
Pensyarah dan Rakan-rakan seperjuangan,*

*Berkat doa, restu dan perhatian kalian,  
akhirnya kejayaan ini dapat dikecapi bersama*

*Terima kasih di atas sokongan kalian semua  
Jasa dan pengorbanan kalian amat dihargai*

*Salam sayang buat semua*

## PENGHARGAAN

Pertamanya syukur kehadiran ilahi kerana dengan limpah kurnianya akhirnya berjaya menyiapkan Projek Sarjana Muda ini. Setinggi penghargaan dirakamkan kepada penyelia, En Kamarul Ariffin kerana telah banyak memberi dorongan dan bimbingan sepanjang proses menyiapkan projek ini.

Tidak lupa juga kepada kedua ibu bapa yang turut memberi dorongan dan bantuan dari segi moral serta kewangan untuk membiayai kos membeli sebarang peralatan untuk projek.

Kerjasama dari pihak pengurusan makmal, terutamanya dari juruteknik-juruteknik seperti En Sham, En Khairil, En Faizul dan En Wan adalah amat dihargai dan akan diingati. Mereka sanggup meluangkan masa tambahan semata-mata untuk membantu saya menyiapkan ujian tegangan serta proses penyediaan spesimen.

Akhir sekali, jutaan penghargaan ditujukan khas kepada semua pihak yang terlibat samada secara langsung atau tidak langsung termasuklah kepada saudari Kam Pei Yi kerana telah banyak membantu dari pelbagai aspek. Diharapkan laporan ini mampu memberi sedikit sebanyak maklumat dan boleh menjadi rujukan kepada pelajar lain di masa hadapan.

## ABSTRAK

Bahan komposit memiliki kekuatan yang tinggi disebabkan oleh strukturnya. Kekuatan bahan komposit akan mengalami degradasi apabila ia terdedah kepada keadaan persekitaran yang berbeza. Ujian tegangan adalah satu kaedah yang biasanya digunakan bagi menguji kekuatan bahan komposit. Ujian ini telah dijalankan dengan menggunakan Mesin Pengujian Umum, Instron 8802. Setiap spesimen disediakan dengan menggunakan teknik *wet lay-up* yang memerlukan penyapuan resin secara manual kepada lapisan demi lapisan fabrik kaca bercantum. Beberapa spesimen gentian kaca telah didedahkan kepada keadaan persekitaran yang berbeza untuk satu tempoh masa yang tertentu. Keadaan persekitaran yang berbeza ini memberi kesan terhadap kekuatan bahan komposit dan menunjukkan nilai Kekuatan Tegangan Tegangan di luar julat piawai.

## **ABSTRACT**

Composites material has high strength due to its structure. The strength of composites is degrading when it is exposed to the different environment conditions. Tensile test is currently used to measure the strength of composite materials. This test was conducted using the Universal Testing Machine, Instron 8802. Each of test samples is preparing by wet lay-up technique that applied resin manually layer by layer to fabrics together of bonding glass. A standard size of test samples were exposed to the various environment conditions for a certain period of time. Certain environment condition affected the strength of composites and shown the value of Ultimate Tensile Strength out of the standard value region.

## ISI 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>	x
	<b>SENARAI RAJAH</b>	xi
	<b>SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN</b>	xiv
	<b>SENARAI LAMPIRAN</b>	xv
<b>BAB I</b>	<b>Pengenalan</b>	<b>1</b>
	1.1 Latar Belakang Kajian	1
	1.2 Pernyataan Masalah	2
	1.3 Objektif	2
	1.4 Skop	3
	1.5 Gambaran Keseluruhan Laporan	3
<b>BAB II</b>	<b>Kajian Ilmiah</b>	<b>4</b>
	2.1 Bahan Komposit	4
	2.1.1 Fungsi Bahan Komposit	7
	2.1.2 Gentian Kaca	8



2.2	Teknik Fabrikasi Komposit Meggunakan Tangan	9
2.3	Kesan Keadaan Persekitaran	11
2.4	ASTM D3039	12
<b>BAB III</b>	<b>KAEDAH KAJIAN</b>	<b>15</b>
3.1	Pengenalan	15
3.2	Kajian Ilmiah	17
3.3	Penyediaan Spesimen	17
3.3.1	Dimensi Piawai Spesimen	17
3.3.2	Langkah-langkah penyediaan spesimen	18
3.4	Ujian Tegangan	26
<b>BAB IV</b>	<b>KEPUTUSAN DAN ANALISIS</b>	<b>28</b>
4.1	Kesan suhu	28
4.1.1	Pada Suhu 27°C	30
4.1.2	Pada Suhu 35°C	31
4.1.3	Pada Suhu 45°C	33
4.1.4	Pada Suhu 55°C	34
4.1.5	Pada Cahaya Matahari	36
4.2	Kesan Resapan Air/Larutan	37
4.2.1	Air Nyahion	39
4.2.2	Air Laut	40
4.2.3	Air Sungai	42
4.2.4	Larutan Asid	43
4.2.5	Larutan Alkali	45
4.3	Kesan Perbezaan Orientasi Lapisan dan Jenis Matrik Resin yang Digunakan	46
4.3.1	Kaca/Epoksi [0/90]	47
4.3.2	Kaca/Epoksi [+45/-45]	48
4.3.3	Kaca/Poliester [0/90]	50
4.3.4	Kaca/Poliester [+45/-45]	51

<b>BAB V</b>	<b>PERBINCANGAN</b>	<b>53</b>
5.1	Kesan Suhu	53
5.2	Kesan Resapan Air/Larutan	55
5.3	Kesan Perbezaan Orientasi Lapisan dan Jenis Matrik Resin yang Digunakan	56
<b>BAB VI</b>	<b>KESIMPULAN</b>	<b>59</b>
	<b>RUJUKAN</b>	<b>60</b>
	<b>LAMPIRAN</b>	<b>62</b>

## SENARAI JADUAL

<b>BIL.</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
2.1	Gentian Kaca komersil	8
2.2	Ketahanan gentian kaca	12
2.3	Karakter pertama mod kegagalan	13
2.4	Karakter kedua mod kegagalan	13
2.5	Karakter ketiga mod kegagalan	14
3.1	Bahan dan alatan beserta huraian yang digunakan sepanjang proses penyediaan spesimen	19
3.2	Jenis-jenis air dan larutan yang digunakan untuk penyediaan spesimen kesan resapan air.	25
3.3	Spesifikasi Mesin Ujian Tegangan	27
4.1	Kesan Suhu terhadap pemanjangan dan tegangan maksimum gentian kaca/poliester [0/90]	29
4.2	Kesan resapan air terhadap pemanjangan dan beban tegangan maksimum	38
4.3	Kesan perbezaan orientasi lapisan terhadap pemanjangan dan tegangan maksimum gentian kaca	46

## SENARAI RAJAH

<b>BIL.</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
2.1	Blok-blok pembinaan asas dalam gentian memperkukuhkan bahan komposit	6
2.2	Gambaran teknik fabrikasi menggunakan tangan	9
2.3	Kod dan mod kegagalan yang biasa berlaku pada ujian tegangan bagi bahan komposit	14
3.1	Carta Alir Kaedah Kajian	16
3.2	Pandangan atas ukuran piawai spesimen ujian tegangan	18
3.3	Pandangan sisi ukuran piawai spesimen ujian tegangan	18
3.4	Campuran epoksi/poliester dengan pengeras	22
3.5	Penyapuan resin ke atas permukaan cermin	22
3.6	Penyapuan Resin ke atas fabrik kaca	23
3.7	Proses meratakan resin menggunakan penggelek	23
3.8	Gentian kaca yang telah kering	24
3.9	Proses pemotongan spesimen	24
3.10	Mesin Instron 8802	26
4.1	Graf tegasan terhadap terikan kaca/poliester [0/90] pada suhu 27°C	30
4.2	Keadaan akhir spesimen ujian tegangan bagi kaca/poliester [0/90] pada suhu 27°C	30

4.3	Graf tegasan terhadap terikan kaca/poliester [0/90] pada suhu 35°C	31
4.4	Keadaan akhir spesimen ujian tegangan bagi Kaca/poliester [0/90] pada suhu 35°C	32
4.5	Graf tegasan terhadap terikan kaca/poliester [0/90] pada suhu 45°C	33
4.6	Keadaan akhir spesimen ujian tegangan bagi kaca/poliester [0/90] pada suhu 45°C	33
4.7	Graf tegasan terhadap terikan kaca/poliester [0/90] pada suhu 55°C	34
4.8	Keadaan akhir spesimen ujian tegangan bagi kaca/poliester [0/90] pada suhu 55°C	35
4.9	Graf tegasan terhadap terikan kaca/poliester [0/90] di bawah cahaya matahari	36
4.10	Keadaan akhir spesimen ujian tegangan bagi kaca/poliester [0/90] pada cahaya matahari	36
4.11	Graf tegasan terhadap terikan kaca/poliester [0/90] yang telah direndam dalam air nyahion	39
4.12	Keadaan akhir spesimen ujian tegangan bagi kaca/poliester [0/90] yang direndam dalam air nyahion	39
4.13	Graf tegasan terhadap terikan kaca/poliester [0/90] yang telah direndam dalam air laut	40
4.14	Keadaan akhir spesimen ujian tegangan bagi kaca/poliester [0/90] yang direndam dalam air laut	41
4.15	Graf tegasan terhadap terikan kaca/poliester [0/90] yang telah direndam dalam air sungai	42
4.16	Keadaan akhir spesimen ujian tegangan bagi kaca/poliester [0/90] yang direndam dalam air sungai	42
4.17	Graf tegasan terhadap terikan kaca/poliester [0/90] yang telah direndam dalam larutan asid	43
4.18	Keadaan akhir spesimen ujian tegangan bagi kaca/poliester [0/90] yang direndam dalam larutan asid.	44

4.19	Graf tegasan terhadap terikan kaca/poliester [0/90] yang telah direndam dalam air larutan alkali	45
4.20	Keadaan akhir spesimen ujian tegangan bagi kaca/poliester [0/90] yang direndam dalam larutan alkali	45
4.21	Graf tegasan terhadap terikan bagi spesimen kaca/epoksi [0/90]	47
4.22	Keadaan akhir spesimen ujian tegangan bagi kaca/epoksi [0/90] pada suhu bilik	47
4.23	Graf tegasan terhadap terikan bagi spesimen kaca/epoksi [+45/-45] pada suhu bilik	48
4.24	Keadaan akhir spesimen ujian tegangan bagi kaca/epoksi [+45/-45] pada suhu bilik	49
4.25	Graf tegasan terhadap terikan bagi spesimen kaca/poliester [0/90] pada suhu bilik	50
4.26	Keadaan akhir spesimen ujian tegangan bagi kaca/poliester [0/90] pada suhu bilik	50
4.27	Graf tegasan tegasan terhadap terikan bagi spesimen kaca/poliester [+45/-45] pada suhu bilik	51
4.28	Keadaan akhir spesimen ujian tegangan bagi kaca/poliester [+45/-45] pada suhu bilik	52
5.1	Graf tegasan maksimum terhadap perbezaan suhu	54
5.2	Graf tegasan maksimum terhadap kesan resapan beberapa jenis air	55
5.3	Graf tegasan maksimum terhadap kaca/epoksi dan kaca/poliester dengan orientasi lapisan yang berbeza pada suhu bilik.	56
5.4	Gambaran mod kegagalan kaca/poliester [+45/-45] secara dekat	57
5.5	Gambaran mod kegagalan kaca/epoksi [+45/-45] secara dekat	57

5.6	Gambaran mod kegagalan kaca/epoksi [0/90] secara dekat	57
5.7	Gambaran mod kegagalan kaca/poliester [0/90] secara dekat	57

### SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN

%	-	peratus
<	-	lebih kurang daripada
UTeM	-	Universiti Teknikal Malaysia Melaka
FKM	-	Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
ASTM	-	American Society for Testing and Materials
CMC	-	ceramic-matrix composite
MMC	-	metal-matrix composite
PMC	-	polimer-matrix composite
FRP	-	fiber-reinforced plastic
CFRP	-	carbon fiber-reinforced polymer composite
GFRP	-	glass fiber-reinforced polymer composite

**SENARAI LAMPIRAN**

<b>BIL.</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
A1	Graf tensile test fiberglass composite epoxy 45 (1)	62
A2	Graf tensile test fiberglass composite 35 (3)	63
B1	CES EduPack 2005 Polyester (Glass Fibre, Woven Fabric)	64
B2	CES EduPack 2005 Epoxy/ E-Glass Fibre, Woven Fabric Composite, Biaxial Lamina	66
C	ASTM D3039	68



## **BAB I**

### **PENGENALAN**

#### **1.1 Latar Belakang Kajian**

Bahan komposit sudah sekian lama digunakan untuk menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan teknologi tetapi hanya pada zaman 1960-an, bahan komposit mula menarik perhatian kebanyakan industri dengan pengenalan bahan komposit yang berasaskan polimer. Semenjak itu, bahan komposit telah menjadi bahan yang sering digunakan dalam bidang kejuruteraan dan direka serta dikilangkan untuk pelbagai aplikasi termasuk produk automotif, kemudahan sukan, produk aeroangkasa, produk pengguna, industri marin dan industri minyak. Perkembangan penggunaan bahan komposit juga berlaku lantaran bertambahnya kesedaran mengenai kualiti dan prestasi produk serta persaingan yang bertambah dalam pasaran dunia untuk komponen kelas ringan. Jika dibandingkan dengan semua bahan yang lain, bahan komposit mempunyai potensi untuk menggantikan keluli dan aluminium yang kerap digunakan secara meluas dengan prestasi dan kualiti yang lebih baik. Penggantian komponen keluli kepada komponen komposit mampu mengurangkan 60% hingga 80% daripada berat komponen, manakala sebanyak 20% hingga 50% pula bagi penggantian komponen aluminium. Hingga kini, bahan komposit seperti gentian kaca dan gentian karbon sering menjadi pilihan utama untuk pelbagai aplikasi kejuruteraan (Mazumdar, Sanjay K. 2002).

Menurut kajian (G.S. Springer *et al.* 1980), pengaruh faktor persekitaran seperti suhu yang tinggi, kelembapan yang tinggi, cecair yang mengkakis, dan sinaran ultra ungu, dikenal pasti memberi kesan terhadap prestasi matriks polimer bahan komposit. Keadaan persekitaran ini boleh menyebabkan penurunan kualiti bahan secara mekanikal dan pada sifat fizikal gentian polimer yang disebabkan oleh degradasi secara fizik dan kimia matrik polimer, kehilangan daya lekatan pada matrik gentian antara lapisan apabila terdapatnya kehadiran air serta penurunan kekuatan modulus pada gentian. Dalam projek ini, ujian tegangan dilakukan untuk mengkaji kesan pendedahan kepada keadaan persekitaran terhadap kekuatan komposit.

## **1.2 Pernyataan Masalah**

Gentian kaca komposit digunakan secara meluas oleh sebab proses pembuatannya yang murah dan mudah terutamanya dengan menggunakan tangan. Bahan komposit adalah sangat ideal untuk fungsi yang melibatkan struktur dimana nisbah kekuatannya yang tinggi terhadap berat. Walau bagaimanapun, komposit juga tidak terkecuali untuk cenderung terhadap degradasi ataupun penurunan kualiti apabila terdedah kepada persekitaran. Oleh itu, adalah sangat diperlukan untuk memahami dengan lebih lanjut kesan keadaan persekitaran terhadap kekuatan bahan komposit.

## **1.3 Objektif**

Tujuan utama kajian ini dijalankan adalah untuk mengenal pasti kekuatan gentian kaca berlaminasi di bawah keadaan persekitaran yang berbeza. Disamping itu, untuk mengetahui dan memahami proses asas pembuatan spesimen bahan komposit.

## **1.4 Skop**

Di antara skop kajian yang dijalankan adalah mengkaji sifat gentian kaca berlamina dan fabrikasi spesimen. Proses fabrikasi spesimen, iaitu bahan ujikaji dijalankan menggunakan tangan untuk menghasikan lapisan demi lapisan kepada satu saiz piawai. Kemudian, setiap spesimen didedahkan kepada keadaan persekitaran yang berbeza. Kekuatan spesimen tersebut ditentukan dengan menjalankan ujian tegangan.

## **1.5 Gambaran Keseluruhan Laporan**

Bab pertama menyatakan tentang pengenalan projek ini. Bab kedua pula membincangkan secara terperinci terhadap bahan komposit seperti definisi bahan komposit, proses asas pembuatan bahan komposit, dan piawai yang dirujuk berkaitan dengan projek. Seterusnya, bab ketiga menerangkan secara terperinci proses penyediaan dan spesimen dan kaedah ujian mekanikal yang digunakan. Hasil ujian untuk setiap spesimen dibincangkan dalam bab keempat. Bab terakhir adalah kesimpulan dan cadangan untuk keseluruhan penemuan untuk projek ini.

## BAB II

### KAJIAN ILMIAH

Topik utama yang dibincangkan dalam bab ini ialah teori-teori yang berkaitan dengan kajian projek, proses pembuatan bahan komposit serta kajian-kajian terdahulu yang berkaitan dengan kajian ini.

#### 2.1 Bahan Komposit

Bahan komposit dihasilkan daripada gabungan dua atau lebih bahan untuk memberi satu ciri gabungan yang unik. Setiap jenis bahan yang digabungkan mestilah melebihi 5% daripada jumlah bahan yang digabungkan. Bahan komposit juga adalah merujuk kepada bahan yang mempunyai gentian yang kuat samada berterusan atau tidak berterusan dikelilingi oleh bahan matrik yang lemah. Matrik akan digabungkan dengan gentian untuk menghasilkan satu bahan komposit yang mempunyai sifat yang berbeza (Daniel Gay 2002).

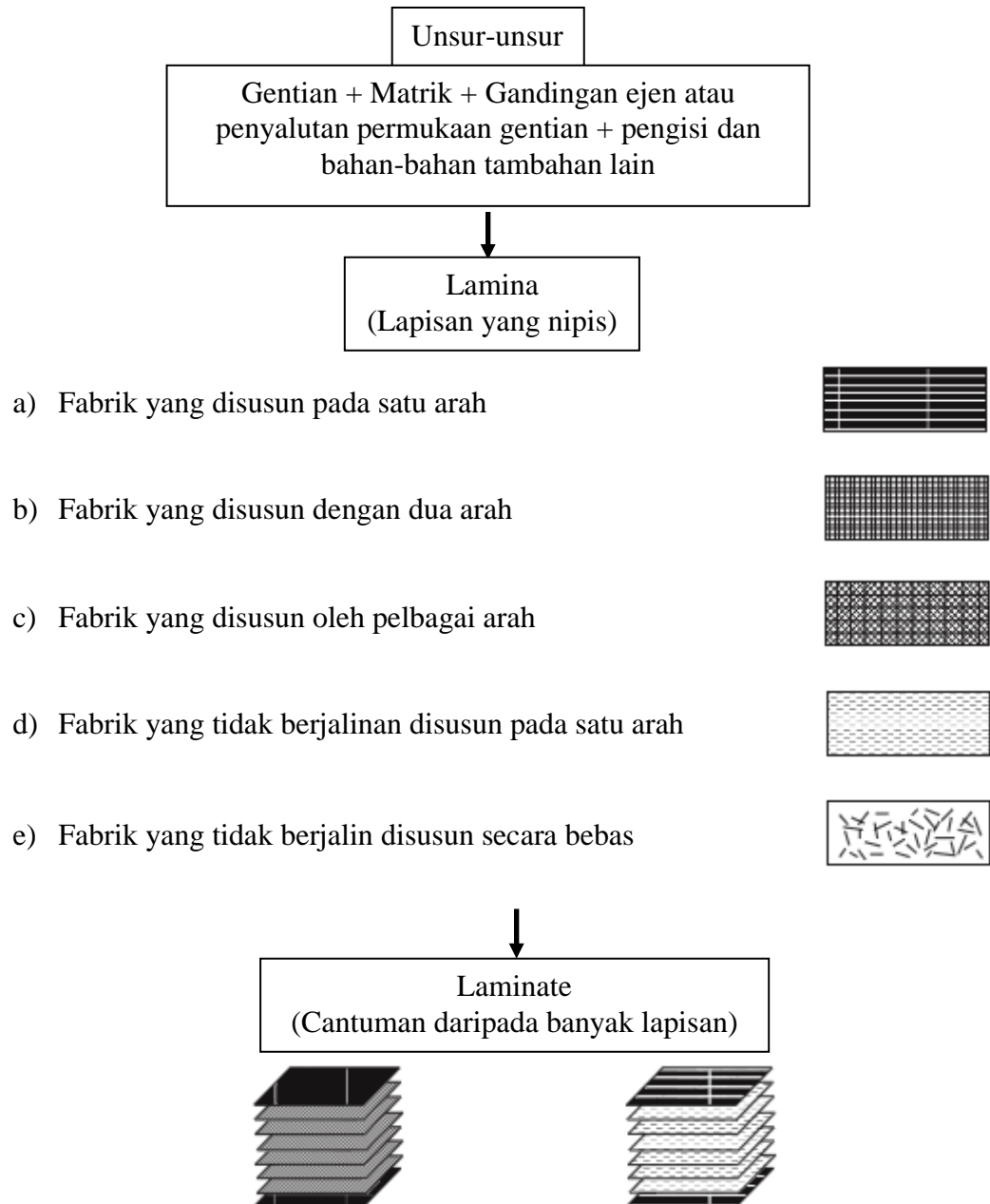
Daripada kajian (Stephen Tsai *et. al* 2002), gentian adalah terdiri daripada ribuan filamen, di mana setiap filamen mempunyai diameter antara 5 hingga 15 mikrometer. Jenis-jenis gentian terdiri daripada kaca, aramid atau kevlar (sangat ringan), karbon (modulus yang tinggi atau kekuatan yang tinggi), boron (modulus yang tinggi atau kekuatan yang tinggi), silikon karbida (tahan terhadap suhu yang

tinggi). Menurut Carl Zweben (1998), matrik bahan pula terbahagi kepada tiga jenis utama iaitu PMC, MMC dan CMC.

Bahan matrik yang sering digunakan adalah berasaskan daripada polimerik. Ia digunakan secara meluas kerana mudah diproses, ringan serta sifat mekanikal yang pelbagai. Antara komposit yang menggunakan matrik polimer ialah gentian kaca komposit, GFRP dan gentian karbon komposit, CFRP. Polimer boleh diklasifikasikan kepada tiga kelas utama iaitu termoset, termoplastik dan getah. Dianggarkan lebih tiga per empat daripada PMC matrik adalah merupakan termoset polimer. Termoset polimer tidak perlu dilebur berulang kali berbanding termoplastik polimer yang perlu dilebur berulang kali pada suhu yang tinggi ketika diawet (F.L. Matthews dan R.D. Rawling 1999)

Bahan komposit matrik logam, MMC adalah merupakan satu kelas bahan yang mengandungi matrik logam aloi kebiasaannya diperkukuhkan melalui fasa seramik dalam bentuk zarah, plat, hablur, gentian pendek, dan gentian berterusan yang menjajar. Bahan komposit jenis matrik logam digunakan untuk aplikasi pembinaan struktur, ketahanan terhadap kehausan, pengurusan termal, serta aplikasi yang melibatkan pengurangan berat. Bahan MMC yang biasanya dikomersilkan adalah berasaskan aluminum, magnesium, dan titanium aloi yang diperkukuhkan samada dengan silikon karbida (SiC), alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), karbon, atau pun grafit (T.W. Clyne dan P.J. Withers 1993).

Matrik seramik, CMC pula memiliki kelebihan terutamanya untuk bahan-bahan yang memerlukan ketahanan terhadap suhu yang sangat tinggi sehingga lebih daripada 1649°C. Matrik seramik juga memiliki modulus dan kekuatan yang tinggi dan dapat mengurangkan berat. Walau bagaimanapun, matrik seramik adalah sangat rapuh berbanding matrik yang lain. Karbon dan kaca biasanya digunakan dalam CMC (F.L. Matthews dan R.D. Rawling 1999). Rajah 2.1 menunjukkan komponen asas pembentukan komposit yang berlapis.



Rajah 2.1: Blok-blok pembinaan asas dalam gentian memperkukuhkan bahan komposit. (Sumber: P.K Mallick, (2007) )

### 2.1.1 Fungsi Bahan Komposit

Bahan komposit dibentuk dengan pengukuhan plastik dengan bantuan gentian. Antara komponen utama yang perlu difahami tentang bahan komposit adalah jenis dan sifat gentian dan bahan matrik dalam komposit. Fungsi-fungsi utama gentian dan bahan-bahan matrik dibincangkan di bawah:

- i. Untuk memikul beban. Dalam satu struktur komposit, 70% hingga 90% daripada beban ditampung oleh gentian.
- ii. Untuk membentuk kekakuan, kekuatan, kestabilan haba, dan ciri-ciri struktur lain dalam bahan komposit.
- iii. Untuk menyediakan kekonduksian atau penebatan elektrik, bergantung kepada jenis gentian yang digunakan.

Bahan matrik memenuhi beberapa fungsi dalam satu struktur komposit, terutamanya untuk kekukuhan struktur yang memuaskan. Gentian hanya mempunyai sedikit kelebihan tanpa kehadiran satu matrik bahan dan pengikat. Fungsi utama matrik bahan adalah seperti berikut:

- i. Matrik bahan mengikat gentian bersama dan memindahkan daya kepada gentian. Ia menyediakan ketegaran dan bentuk terhadap struktur tersebut.
- ii. Matrik mengasingkan gentian supaya setiap gentian boleh bertindak berasingan. Ini boleh mengelak atau memperlambatkan penyebaran retakan.
- iii. Matrik menyediakan satu kemasan permukaan yang berkualiti dan membantu dalam pengeluaran bentuk bahagian yang sempurna atau yang hampir sempurna.
- iv. Matrik membekalkan perlindungan untuk memperkuatkan lagi gentian terhadap ancaman kimia dan kerosakan mekanikal.
- v. Kemuluran, kekuatan hentaman, dan karakter lain sesuatu struktur bergantung kepada matrik material yang dipilih. Matrik yang mulur akan meningkatkan kekuatan sesuatu struktur. Untuk memerlukan kekuatan yang tinggi, komposit yang berasaskan termoplastik digunakan.
- vi. Mod kegagalan sangat mempengaruhi terhadap jenis bahan matrik yang digunakan dalam komposit seperti mana keserasiannya terhadap gentian.

### 2.1.2 Gentian Kaca

Menurut kajian P.K Mallick (2007), gentian kaca adalah merupakan gentian yang sering kali digunakan dengan bahan matrik polimer (PMC). Kelebihan utama pada gentian kaca adalah kosnya yang rendah, kekuatan tegangannya yang tinggi, rintangan kimia yang tinggi, dan memiliki ciri-ciri penebat yang sangat baik. Manakala keburukan gentian kaca pula ialah memiliki ketegangan modulus yang agak rendah dan kepadatan yang tinggi di antara gentian komersial lain, peka terhadap pengurangan kekuatan tegangan sepanjang pengendalian serta rintangan kelesuan yang agak rendah.

Terdapat dua jenis gentian kaca yang biasanya digunakan dalam industri gentian memperkukuhkan plastic, FRP iaitu *E-glass* dan *S-glass*. Selain itu, *C-glass*, digunakan dalam aplikasi kimia yang memerlukan lebih besar rintangan kakisan oleh asid. *E-glass* merupakan kaca yang paling rendah kosnya. Jika dibandingkan dengan kaca komersil yang lain, ia didapati boleh mengukuhkan gentian, yang mana merupakan salah satu sebab ia digunakan secara meluas dalam industri FRP. *S-glass* pula pada mulanya yang dimajukan untuk pembuatan komponen-komponen kapal terbang dan kotak peluru berpandu. Ia mempunyai kekuatan tegangan yang paling tinggi di antara semua gentian yang digunakan sekarang. Walau bagaimanapun, apabila terdapatnya proses pengubahan yang berbeza serta kos perkilangan yang agak tinggi telah menyebabkan ianya lebih mahal daripada *E-glass*. Jadual 2.1 menunjukkan lain-lain jenis gelas yang direka bentuk yang biasa digunakan oleh industri secara meluas.

Jadual 2.1: Gentian Kaca komersil (Sumber: F.T Wallenberger, 1999)

Reka bentuk	Sifat
E, elektrik	Konduktiviti elektrik yang rendah
S, kekuatan	Kekuatan yang tinggi
C, kimia	Ketahanan terhadap bahan kimia yang tinggi
M, modulus	Kekuhan yang tinggi
A, alkali	Sifat Alkali yang tinggi
D, dielektrik	Pemalar dielektrik yang rendah