

**EKSPERIMEN DAN ANALISIS UNSUR TERHINGGA
TIGA TITIK KELENTURAN KOMPOSIT DIPERKUAT GENTIAN**

MUHAMAD YUSRI BIN KABOL

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

**Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknikal Malaysia Melaka**

OKTOBER 2008

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

Tandatangan :

Nama Penyelia : En. Kamarul Ariffin B. Zakaria

Tarikh :

**Potong yang tidak berkenaan*

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

Tandatangan :
Nama Penulis : Muhamad Yusri b. Kabol
Tarikh :

Untuk mak dan abah yang dikasihi,
Ahli keluarga dan Norsyazwani yang disayangi,

Para pendidik yang banyak berjasa,

Saudara mara dan rakan-rakan yang lain,
Terutama kepada Mohd. Fairuz b. Mohd. Shafei
yang selalu menyokong.

PENGHARGAAN

Alhamdulillah, pertama-tamanya saya memanjatkan kesyukuran ke hadrat Ilahi kerana dengan izin dan kasih sayang-Nya, maka saya dapat juga menyiapkan Projek Sarjana Muda sesi 2007/2008 dalam jangka masa yang telah ditetapkan.

Jutaan terima kasih kepada En. Kamarul Ariffin B. Zakaria selaku penyelia Projek Sarjana Muda ini. Bimbingan dan nasihat yang beliau berikan telah banyak membantu dalam menjalankan dan menjayakan Projek Sarjana Muda ini dengan baik dan sempurna.

Terima kasih juga diucapkan kepada juruteknik yang berpengalaman iaitu En. Rashdan dan En. Ridhuan yang banyak membantu di makmal. Begitu juga kepada rakan seujikaji Mohd. Norsarhan B. Rosdi yang telah banyak membantu di dalam kajian ini. Tidak lupa juga pihak-pihak yang terlibat dalam memberi bantuan sehingga terhasilnya laporan ini. Semoga dengan terhasilnya laporan ini akan memberi manfaat dan kepuasan kepada semua pihak. InsyaAllah.

ABSTRAK

Pada masa kini kebanyakan jurutera menggunakan teknik gabungan pelbagai bahan seperti konkrit, keluli, kayu, plastik, kaca dan sebagainya dengan mudah berbanding dahulu. Bahan-bahan baru juga telah diperkembangkan seperti gentian kaca berkekuatan tinggi, karbon, boron, aramid dan lain-lain serta kajian-kajian bagi penambahbaikan bahan-bahan tersebut turut dilakukan. Di dalam kajian ini, ciri-ciri yang dipunyai oleh komposit diperbuat gentian akan dikaji di samping melihat dengan jelas berkaitan dengan bentuk kegagalan sampel apabila dikenakan bebanan. Tahap tegasan lenturan maksimum ditentukan secara ujikaji dan juga menggunakan perisian MSC Nastran/Patran. Selain itu, kajian ini dilakukan bagi mengenalpasti tahap tegasan lenturan maksimum bagi struktur komposit yang mempunyai orientasi lapisan yang berbeza.

ABSTRACT

Nowadays, many engineer use combination technique many types of material such as concrete, steel, wood, plastic, glass and others easily compared to past. New material is also expand such as high-perfomance fibre glass, carbon, boron, aramida and others, with researches for improvement on that material has been done. In this study, the properties of fibre reinforced composites will be investigated while focused on the type of sample failure when the load is applied. The maximum bending stress is investigated through an experimental method and MSC Nastran/Pastran software. Besides that, this research is done to investigate the maximum bending stress of composites structures with different layer orientation.

ABSTRACT

Nowadays, many engineer use combination technique many types of material such as concrete, steel, wood, plastic, glass and others easily compared to past. New material is also expand such as high-perfomance fibre glass, carbon, boron, aramida and others, with researches for improvement on that material has been done. In this study, the properties of fibre reinforced composites will be investigated while focused on the type of sample failure when the load is applied. The maximum bending stress is investigated through an experimental method and MSC Nastran/Pastran software. Besides that, this research is done to investigate the maximum bending stress of composites structures with different layer orientation.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	<i>ABSTRACT</i>	vi
	KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	x
	SENARAI RAJAH	xi
	SENARAI LAMPIRAN	xiii
BAB I	Pengenalan	
	1.1 Pengenalan	1
	1.2 Pernyataan Masalah	2
	1.3 Objektif	2
	1.4 Skop	2
BAB II	KAJIAN ILMIAH	
	2.1 Pengenalan	3
	2.2 Pengelasan Bahan Komposit	3
	2.2.1 Komposit Matrik Berseramik (CMC)	4
	2.2.2 Komposit Matrik Berpolimer (PMC)	4
	2.2.3 Komposit Matrik Berlogam (MMC)	4
	2.3 Pengenalan Polimer Diperkuat Gentian (FRP)	4

2.4	Komposisi Bahan Komposit (FRP)	5
2.4.1	Bahan Penguat	5
2.4.1.1	Gentian Kaca	6
2.4.1.2	Gentian Karbon	8
2.4.1.3	Gentian Aramid	9
2.4.2	Matrik (Resin)	10
2.5	Sifat Mekanikal Komposit	12
2.6	Analisis Lamina	13
2.6.1	Simetri Lamina	14
2.6.2	Antisimetri Lamina	15
2.6.3	Quasi-Isotropik	16
BAB III	Pengenalan Kepada Analisis Unsur Terhingga	
3.1	Pengenalan	17
3.2	Kaedah Dalam Unsur Terhingga	18
3.3	Konsep Asas Kaedah Penggantian	18
3.4	Simulasi Unsur Terhingga Bagi Struktur Berterusan	18
3.5	Keperluan Asas Bagi Analisis Umum	19
BAB IV	Pengenalan Kepada Perisian MSC Nastran/Patran	
4.1	Perisian MSC Nastran	21
4.1.1	Kecekapan Perisian MSC Nastran	21
4.2	Perisian MSC Patran	22
4.2.1	Bentuk-bentuk Utama Dalam Perisian MSC Patran	23
BAB V	Metodologi	
5.1	Pengenalan	24
5.2	Kajian Ilmiah	26
5.3	Penyediaan Spesimen	26
5.4	Ujian Kelenturan	28
5.4.1	Kaedah Pengiraan	29
5.5	Ujian Menggunakan Perisian MSC Nastran/Patran	30

BAB VI	KEPUTUSAN	
6.1	Ujian Kelenturan Secara Eksperimen	39
6.1.1	Pengiraan Nilai Tegasan Maksimum, σ_m	45
6.2	Ujian Analisis Unsur Terhingga	47
6.2.1	Komposit Diperkuat Gentian Orientasi 0/45°	48
6.2.2	Komposit Diperkuat Gentian Orientasi 0/60°	48
6.2.3	Komposit Diperkuat Gentian Orientasi 0/90°	50
6.2.4	Keputusan Analisis Untuk Komposit Berlainan Orientasi	51
BAB VII	PERBINCANGAN	
7.1	Ujian Kelenturan Menerusi Eksperimen.	53
7.2	Ujian Analisis Unsur Terhingga	54
7.3	Ujian Analisis Unsur Terhingga (Orientasi Berbeza)	55
7.4	Perbandingan Keputusan (Eksperimen Dengan Analisis)	56
BAB VIII	KESIMPULAN	
8.1	Penutup	57
8.2	Cadangan	58
8.2.1	Cadangan Metodologi	58
8.2.2	Cadangan Kajian	58
	RUJUKAN	59
	BIBLIOGRAFI	60
	LAMPIRAN	61

SENARAI JADUAL

NO.	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Sifat Mekanikal GFRP	8
2.2	Sifat Mekanikal CFRP	9
2.3	Sifat Mekanikal AFRP	10
2.4	Kelakuan Resin Poliester	11
2.5	Kelakuan Resin Epoksi	12
5.1	Kaedah Perlaksanaan Kajian	25
6.1	Keputusan Eksperimen Bagi Orientasi 0/45° (Spesimen 1)	40
6.2	Keputusan Eksperimen Bagi Orientasi 0/45° (Spesimen 2)	40
6.3	Keputusan Eksperimen Bagi Orientasi 0/60° (Spesimen 1)	41
6.4	Keputusan Eksperimen Bagi Orientasi 0/60° (Spesimen 2)	42
6.5	Keputusan Eksperimen Bagi Orientasi 0/90° (Spesimen 1)	43
6.6	Keputusan Eksperimen Bagi Orientasi 0/90° (Spesimen 2)	44
6.7	Data Purata Beban Maksimum	44
7.1	Keputusan Ujian Kelenturan	54
7.2	Keputusan Analisis Unsur Terhingga	55
7.3	Keputusan Analisis Unsur Terhingga (Orientasi Berbeza)	55
7.4	Perbandingan Nilai Maksimum Tegasan Lenturan	56

SENARAI RAJAH

NO.	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Pengelasan Bahan Komposit	3
2.2	Polimer Diperkuat Gentian Kaca (GFRP)	6
2.3	Polimer Diperkuat Jenis Karbon (CFRP)	8
2.4	Simetri Lamina	15
2.5	Antisimetri Lamina	15
2.6	Quasi-Isotropik Lamina	16
3.1	Enam Darjah Kebebasan	19
4.1	Bentuk- bentuk Utama Dalam Perisian Patran	23
5.1	Bentuk dan Dimensi Spesimen	26
5.2	Orientasi 0/45°	27
5.3	Orientasi 0/60°	27
5.4	Orientasi 0/90°	27
5.5	Mesin Ujian Lenturan dan Hasilnya	28
6.1	Graf Penambahan Beban Melawan Penambahan Pemanjangan Orientasi 0/45° (spesimen 1)	39
6.2	Graf Penambahan Beban Melawan Penambahan Pemanjangan Orientasi 0/45° (spesimen 2)	40
6.3	Graf Penambahan Beban Melawan Penambahan Pemanjangan Orientasi 0/60° (spesimen 1)	41
6.4	Graf Penambahan Beban Melawan Penambahan Pemanjangan Orientasi 0/60° (spesimen 2)	42
6.5	Graf Penambahan Beban Melawan Penambahan Pemanjangan Orientasi 0/90° (spesimen 1)	43

6.6	Graf Penambahan Beban melawan Penambahan Pemanjangan Orientasi 0/90° (spesimen 2)	44
6.7	Hasil Ujian Kelenturan	47
6.8	Keputusan Analisis Orientasi 0/45°	48
6.9	Keputusan Analisis Orientasi 0/60°	49
6.10	Keputusan Analisis Orientasi 0/90°	50
6.11	Keputusan Analisis Komposit Berorientasi 0/45°	51
6.12	Keputusan Analisis Komposit Berorientasi 0/60°	51
6.13	Keputusan Analisis Komposit Berorientasi 0/90°	52

SENARAI LAMPIRAN

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
A	Senarai Sifat Bahan Komposit	61
B	Keputusan Eksperimen Bagi Orientasi 0/45° (Spesimen 1)	62
C	Keputusan Eksperimen Bagi Orientasi 0/45° (Spesimen 2)	63
D	Keputusan Eksperimen Bagi Orientasi 0/60° (Spesimen 1)	64
E	Keputusan Eksperimen Bagi Orientasi 0/60° (Spesimen 2)	65
F	Keputusan Eksperimen Bagi Orientasi 0/90° (Spesimen 1)	66
G	Keputusan Eksperimen Bagi Orientasi 0/90° (Spesimen 2)	67

BAB I

PENGENALAN

1.1 Pengenalan

Sejak dari dahulu lagi, manusia telah berusaha untuk mencipta pelbagai produk yang terdiri daripada gabungan lebih dari satu bahan untuk menghasilkan suatu bahan yang lebih kuat. Kebanyakan teknologi moden masa kini memerlukan bahan dengan kombinasi sifat-sifat yang luar biasa yang tidak boleh dicapai oleh bahan-bahan asas seperti besi logam, seramik dan bahan polimer. Kenyataan ini terbukti bagi bahan yang diperlukan untuk penggunaan dalam bidang angkasa lepas, perumahan, perkapalan, kenderaan dan pengangkutan. Ini kerana bidang-bidang tersebut memerlukan ketumpatan yang rendah, tahap ketegangan yang tinggi dan mempunyai daya tahan hentaman yang baik.

Kini penggunaan bahan berteknologi canggih seperti bahan komposit telah dicadangkan untuk menggantikan bahan seperti keluli. Sejak sepuluh tahun yang lalu, Polimer Diperkuat Gentian (FRP) yang mempunyai nilai tegangan yang tinggi mula diperkenalkan dalam industri pembinaan sebagai bahan penguat struktur.

FRP merupakan suatu bahan yang ringan dan mempunyai kekuatan tegangan yang tinggi berbanding keluli. Sifatnya sebagai penebat elektrik, haba dan magnet juga merupakan kelebihan bahan ini jika dibandingkan dengan keluli.

1.2 Pernyataan Masalah

Sungguhpun penggunaan bahan komposit semakin meluas digunakan dalam pelbagai industri masa kini, namun bahan tersebut masih mempunyai kelemahannya tersendiri. Kajian demi kajian telah dijalankan bagi memperbaiki kelemahan tersebut untuk kebaikan jangka masa panjang.

Kajian ini akan mengkaji ciri-ciri yang dipunyai oleh komposit diperkuat gentian disamping melihat dengan jelas berkaitan dengan bentuk kegagalan sampel apabila dikenakan bebanan. Selain itu, kajian ini juga bagi mendapatkan kesahihan data pada ujikaji tiga titik kelenturan komposit diperkuat gentian yang dilakukan secara eksperimen dengan membuat perbandingan data yang diperolehi dari simulasi MSC Nastran/Patran bagi mengenalpasti tahap maksimum tekanan kelenturan.

1.3 Objektif

Objektif bagi kajian ini adalah untuk mengenalpasti tahap maksimum tegasan lenturan bagi struktur komposit dengan menggunakan orientasi lapisan yang berlainan.

1.4 Skop

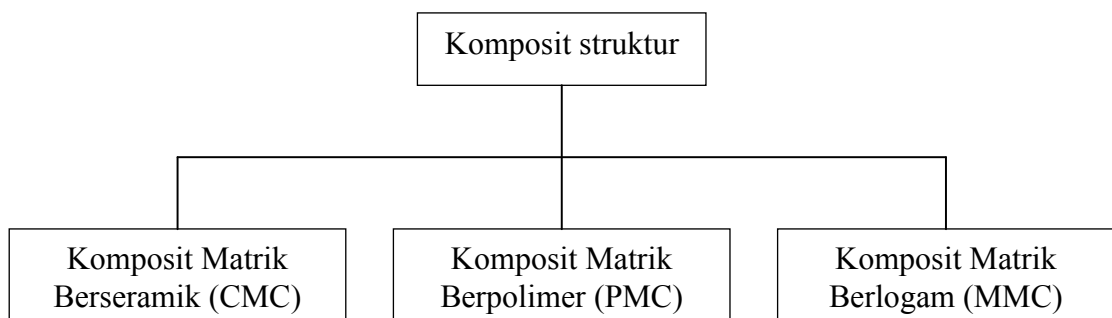
1. Mengkaji ciri-ciri yang dipunyai oleh komposit diperkuat gentian dan struktur komposit berlaminata.
2. Menentukan tegasan lenturan melalui teknik eksperimen dan perisian MSC Nastran/Patran.
3. Membuat simulasi orientasi lapisan komposit dengan menggunakan perisian MSC Nastran/Patran dan membuat analisis ke atas keputusan yang diperolehi.

BAB II

KAJIAN ILMIAH

2.1 Pengenalan

Bahan komposit merupakan bahan yang terdiri daripada gabungan atau campuran sekurang-kurangnya dua atau lebih unsur yang berlainan dari segi bentuk dan komposisi kimia dengan syarat unsur tersebut tidak akan bergabung pada keadaan melebur. Pengelasan bahan komposit ditunjukkan pada Rajah 2.1.



Rajah 2.1 : Pengelasan bahan komposit

2.2 Pengelasan bahan komposit

2.2.1 Komposit Matrik Berseramik (CMC)

Komposit jenis ini menggunakan seramik sebagai matrik dan diperkuatkan dengan keratan gentian pendek atau filamen yang diperbuat daripada silikon karbida dan boron nitrat. Komposit matrik berseramik ini boleh digunakan pada keadaan suhu yang amat tinggi.

2.2.2 Komposit Matrik Berpolimer (PMC)

Bahan komposit ini merupakan yang paling biasa digunakan. Komposit jenis ini lebih dikenali sebagai Polimer Diperkuat Gentian (FRP). Bahan ini menggunakan resin sebagai matrik dan penguatnya pula terdiri daripada bahan sama ada kaca, karbon dan aramid.

2.2.3 Komposit Matrik Berlogam (MMC)

Bahan komposit jenis ini jarang digunakan dalam industri pembinaan tetapi semakin popular digunakan dalam industri automotif. Bahan ini pula menggunakan alumunium sebagai matrik manakala gentian seperti silikon karbit sebagai penguat.

2.3 Pengenal Polimer Diperkuat Gentian (FRP)

Polimer Diperkuat Gentian (Fiber Reinforced Polymer) terdiri daripada dua ataupun lebih komponen dimana gentian dan resin merupakan dua bahan yang utama dalam komposisi FRP. Kekuatan dan modulus gentian penguat yang tinggi berserta dengan bahan pengeras resin sebagai matriknya telah direkabentuk khas oleh pereka dengan menghasilkan bahan yang mempunyai gabungan sifat yang tersendiri yang

tidak dimiliki oleh bahan-bahan tradisional yang lain. Pada akhirnya gabungan komposit ini akan memberikan kekuatan dan ketahanan yang tinggi pada bahan ini.

Dengan memperkenalkan gentian dalam polimer matrik dalam kawasan bertegangan tinggi dengan susunan, arah dan isipadu yang tertentu dapat meningkatkan darjah pengukuhan bahan dengan berkesan. Kelak FRP juga lebih menyenangkan jurutera dalam merekabentuk sistem penguat untuk menampung beban tambahan.

Secara umumnya, FRP juga mempunyai kelebihan lain seperti nisbah kekuatan kepada berat yang tinggi, tahan hakisan, lutcahaya dan lebih ringan jika dibandingkan dengan bahan yang lain. Gentian penguat dalam komposit ini mempunyai sifat elastik manakala matrik pula bersifat plastik. Disebabkan keseluruhan bahan ini dikuasai oleh gentian maka FRP akan berubah secara elastik apabila dikenakan beban sehingga kekuatan muktamad. FRP akan mengalami kegagalan mengejut, rapuh dan patah apabila dikenakan tegangan berlebihan.

2.4 Komposisi Bahan Komposit (FRP)

Secara umumnya, FRP terdiri daripada tetulang gentian dan matrik resin. Bahan ini juga mengandungi bahan tambahan dalam kuantiti yang amat kecil.

2.4.1 Bahan Penguat

Biasanya FRP mempunyai kandungan gentian penguat yang kurang daripada 60% daripada keseluruhan isipadunya. Kegunaan utama gentian penguat ini dalam FRP adalah untuk menanggung beban sepanjang gentian tersebut. Gentian ini dapat memberikan kekuatan dan kekukuhan dalam satu arah, serta dapat direka supaya dapat menanggung beban pada arah yang dikehendaki.

Sebenarnya, jenis penguat yang digunakan adalah pelbagai dan secara umumnya boleh dikelaskan kepada sama ada ia dihasilkan secara semulajadi ataupun dihasilkan

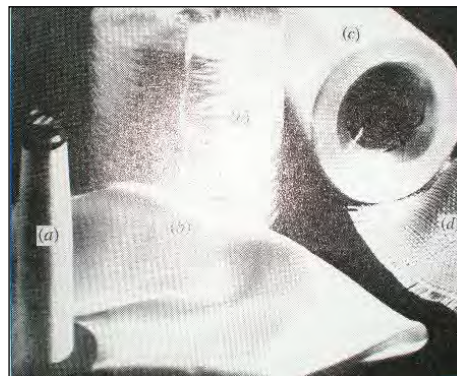
oleh manusia. Seseengah gentian seperti selulosa yang diabstrak dari kayu adalah bahan semulajadi. Walau bagaimanapun, jenis yang paling luas dihasil dan digunakan dalam industri kejuruteraan awam adalah gentian kaca yang dihasilkan melalui pemprosesan di kilang.

Bahan tetulang komposit lain yang digunakan termasuklah karbon, aramid, UHMW (ultra high molecular weight) polyethylene, polypropylene, polyester dan nylon. Terdapat juga bahan tetulang lain yang digunakan khusus untuk kekuatan tinggi dan suhu yang tinggi seperti logam dan logam oksida yang kini digunakan pada kapal terbang dan kegunaan aero-angkasa.

Semasa penghasilan FRP, tetulang-tetulang gentian ini akan dikumpulkan bersama supaya menjadi gentian halus yang dipanggil *roving*. Penguat-penguat dalam bentuk ini kemudiannya akan diproses membentuk kepingan atau fabrik.

2.4.1.1 Gentian Kaca

Gentian kaca secara keseluruhannya tahan pada hentaman tetapi beratnya lebih tinggi daripada gentian aramid dan gentian karbon. Komposit yang terhasil daripada bahan ini adalah penebat elektrik dan haba yang baik. Gentian kaca selalunya tidak akan memberi kesan pada frekuensi radio dan dengan itu Polimer Diperkuat Gentian Kaca (GFRP) amat sesuai untuk kegunaan antena. Gentian ini dapat dilihat seperti di dalam Rajah 2.2.



Rajah 2.2 : Polimer Diperkuat Gentian Kaca (GFRP) (Smith,1993)

Gentian kaca mempunyai sifat yang stabil dibawah suhu sejuk dan pada keadaan yang lembab. Selain itu, gentian kaca adalah satu bahan yang tidak cenderung untuk menyerap air. Dengan itu gentian kaca sangat sesuai untuk struktur yang dibina ditempat yang berkeadaan basah. Gentian ini merangkumi kaca A, E, C, S, D, dan L yang mempunyai sifat dan kegunaan yang berlainan (Sika, 2001). Setiap jenis gelas gentian ini dihasilkan untuk kegunaan khusus seperti yang ditunjukkan di bawah :-

Kaca jenis A - Kaca *soda-lime-silica*; digunakan untuk botol minuman dan makanan, bahan penebat dan sebagainya.

Kaca jenis AR - *Zirconia-glass*; digunakan untuk struktur yang memerlukan rintangan terhadap alkali.

Kaca jenis C - *Glass sodium borosilicate*; rintangan terhadap kimia

Kaca jenis E - *Glass alumino-borosilicate*; jenis kaca yang paling biasa digunakan bagi rintangan elektrik.

Kaca jenis S - *Glass magnesium alumino-silicate*; mempunyai kekuatan modulus yang tinggi. Biasanya digunakan dalam bidang aero-angkasa dan kegunaan khusus.

Kaca jenis D - *Low dielectric glass*

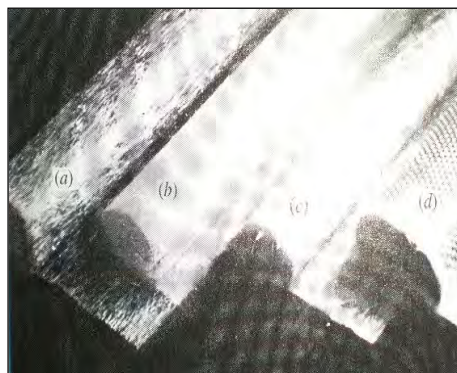
Dua jenis kaca yang paling banyak digunakan dalam aplikasi struktur adalah dari jenis S dan E. Pengeluaran kaca jenis E adalah lebih kurang 1.2 ribu juta pound setahun. Kelakuan filamen untuk kedua-dua jenis gentian ditunjukkan dalam Jadual 2.1 seperti berikut :-

Jadual 2.1 : Sifat Mekanikal GFRP (Sika,2001)

Kelakuan	Kaca jenis E	Kaca jenis S
Kekuatan Tegangan (MPa)	3450 (500)	4600 (660)
Modulus Tegangan (GPa)	73 (11)	86 (12)
Pemanjangan %	4.8	4.7
CTE mm/mm/ °C	5.0	5.6
Ketumpatan g/cc	2.54	2.48

2.4.1.2 Gentian Karbon

Gentian karbon merupakan bahan yang amat kuat. Walaupun gentian karbon lebih mahal dari gentian kaca tetapi gentian karbon lebih ringan dan mempunyai kekuatan tegangan dan nilai modulus, E yang lebih tinggi. Secara amnya, Polimer Diperkuat Jenis Karbon (CFRP) mempunyai tegangan tegangan yang agak sama dengan GFRP tetapi mempunyai nilai modulus 3 hingga 4 lebih tinggi daripada gentian kaca (mdacomposites,2002). Struktur gentian ini dapat dilihat seperti dalam Rajah 2.3.



Rajah 2.3 : Polimer Diperkuat Jenis Karbon (CFRP) (Smith,1993)

Gentian karbon menunjukkan rintangan terhadap asid, bes dan sangat tahan terhadap haba. Lamina karbon-epoksi baik dalam rintangan keletihan, tidak senang berlaku rayapan dan sangat baik dalam rintangan tegasan patah dan tegasan hakisan.

Walaupun bagaimanapun, gentian ini akan menyebabkan hakisan pada permukaan logam apabila bersentuhan dengan bahan binaan seperti besi dan aluminium. Karbon juga merupakan bahan konduktor elektrik dan akan mengalirkan arus. Prihatin dan perancangan yang lebih rapi boleh dilakukan dalam reka bentuk gentian jenis karbon yang mungkin bersentuhan dengan logam untuk mengatasi kelemahan gentian ini. Salah satu cara untuk mengatasi masalah ini adalah dengan menggunakan gentian kaca jenis E terlebih dahulu sebagai satu lapisan penambat sebelum aplikasi gentian karbon. Sifat-sifat bagi gentian karbon adalah seperti ditunjukkan dalam Jadual 2.2

Jadual 2.2 : Sifat Mekanikal CFRP (Miller,1998)

Kelakuan	Kekuatan tinggi	Modulus tinggi	Ultra-tinggi modulus
Kekuatan tegangan MPa	2480	1790	1030-1310
Modulus tegangan GPa	230	370	520-620
Pemanjangan %	1.1	0.5	0.2

2.4.1.3 Gentian Aramid

Gentian aramid adalah bahan organik yang dihasilkan oleh manusia. Gentian ini mempunyai sifat mekanik yang amat baik dan berketumpatan rendah. Tegasan tegangan gentian aramid adalah lebih tinggi daripada gentian kaca dan mempunyai nilai modulus 50 peratus lebih tinggi daripada gentian kaca. Bahan ini juga mempunyai sifat mekanik yang amat baik dan berketumpatan rendah. Tambahan pula ia juga lebih tahan kepada bahan organik seperti minyak dan solvent. Secara keseluruhannya, mampatan gentian aramid adalah lebih rendah berbanding dengan gentian kaca dan gentian karbon. Gentian aramid sangat tahan dan digunakan sebagai kabel dan tali.