

'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*

**ANALISIS HENTAMAN TERHADAP KOMPOSIT
DIPERKUAT GENTIAN KACA**

KHAIRUL IZAD BIN JALIL

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

Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknikal Malaysia Melaka

APRIL 2009

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

Tandatangan :

Nama Penulis : KHAIRUL IZAD BIN JALIL

Tarikh : April 2009

*Untuk ayah, ibu dan keluarga tersayang,
para pensyarah serta rakan-rakan.*

PENGHARGAAN

Syukur ke hadrat Ilahi kerana dengan izinNya saya dapat menyiapkan projek ini pada waktu yang ditetapkan tanpa sebarang kesulitan yang besar dialami. Disini saya ingin merakamkan penghargaan ikhlas kepada penyelia, En. Kamarul Ariffin Bin Zakaria atas bimbingan, tunjuk ajar dan nasihat yang telah diberikan sepanjang menjalani Projek Sarjana Muda ini. Kerjasama amat baik yang diterima serta dorongan daripada penyelia sangat saya hargai. Juga kerjasama daripada pihak pengurusan makmal, para panel, juruteknik dan staf-staf UTEM semasa menjalankan projek amatlah dihargai.

Terima kasih yang tidak terhingga kepada ayah, ibu, ahli keluarga dan rakan-rakan yang sentiasa mengambil berat serta memberi inspirasi dan dorongan dalam pengajian saya selama ini. Penghargaan ini juga ditujukan kepada semua pihak yang terlibat samaada secara langsung atau tidak langsung membantu dalam menjayakan Projek Sarjana Muda ini dan semoga laporan ini akan menjadi sumber rujukan kepada pelajar lain kelak.

ABSTRAK

Dalam projek ini, kesan hentaman berhalaju rendah ke atas komposit diperkuat gentian kaca akan dikaji ketebalan dan orientasi lapisan gentian yang mempengaruhi sifat-sifat bahan komposit. Bahan komposit mempunyai kelemahan dan ciri-ciri kegagalan yang kompleks. Kegagalan yang berlaku biasanya terjadi disebabkan keretakan matrik, peleraian ikatan serat dan peleraian lapisan pada serat.

Terdapat banyak ujian makmal yang telah dilakukan untuk mengkaji kesan impak berhalaju rendah ke atas struktur komposit diperkuat gentian kaca. Dalam projek ini, analisis unsur terhingga akan digunakan bagi menggantikan ujian makmal tersebut. Dengan menggunakan perisian ABAQUS versi 6.4, model-model struktur hentaman halaju rendah akan dihasilkan dan juga dianalisis. Model yang akan dihasilkan menggunakan perisian ABAQUS ini mempunyai ketebalan plat hentaman yang berbeza bagi mengkaji kesan ketebalan lapisan gentian ke atas sifat-sifat bahan komposit. Kaedah unsur terhingga juga diaplikasikan bagi meramal sifat-sifat struktur komposit di bawah pengaruh daya-daya yang dikenakan. Daripada simulasi yang dilakukan dengan menggunakan perisian ABAQUS ini, analisis terhadap data yang diperolehi akan dilakukan.

ABSTRACT

In this project, the study of low velocity impact to fiber reinforced composites will be investigated. The laminate thickness of the fiber and orientations effected the composites behavior. Composites material has weaknesses and complex failure properties. The failure normally occurred due to the cracked of matrix, the detached of the fiber bonding and the detached of the fiber layers.

There have been many laboratory test to obtain the effect of low velocity impact to the fiber reinforced composites structure. In this project, finite element analysis will be used to replace that laboratory test. By using ABAQUS software version 6.4, low velocity impact structures will be modeled and also analyzed. The models that will be produced using ABAQUS software, will have different thickness of the impact plate to predict the effect of laminate thickness to the composites material behavior. Finite element method also applied to predict the behavior of composite structure under various loading conditions. Data from the simulation that has been done using ABAQUS software will be analyzed.

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 SIMBOL	xiv
	SENARAI LAMPIRAN	xv
BAB I	Pengenalan	
	1.1 Latar Belakang	1
	1.2 Objektif	3
	1.3 Skop	3
	1.4 Pernyataan Masalah	4
BAB II	Kajian Ilmiah	
	2.1 Bahan Komposit	5
	2.1.1 Orientasi Bagi Gentian Diperkukuhkan Komposit	6

2.1.2	Gentian kaca(<i>fiberglass</i>) Sebagai Bahan KompositTer maju	7
2.1.3	Bahan Matrik	12
2.1.4	Bahan Komposit Berlapis (<i>laminated composite</i>)	14
2.2	Kaedah Unsur Terhingga (FEM)	16
2.2.1	Aplikasi Kaedah Unsur Terhingga	17
2.2.2	Analisis Kaedah Unsur Terhingga	17
2.2.3	Pendekatan Asas kaedah Unsur terhingga	18
2.2.4	Jenis-jenis Unsur	20
2.2.5	Jenis-jenis Pendekatan Analisis	21
2.2.6	Persamaan Unsur Terhingga untuk Komposit Berlapis dibawah Beban Satah Permulaan	21
2.2.7	Kelebihan Kaedah Unsur Terhingga	23
2.2.8	Kelemahan Kaedah Unsur Terhingga	24
2.3	Perisian ABAQUS	25
2.3.1	Ciri-ciri Perisian ABAQUS	25
2.3.2	Asas Dan Konsep Perisian ABAQUS	25
BAB III	KAEDAH KAJIAN	
3.1	Bahan	28
3.2	Carta Alir Projek	29
3.3	Kajian Ilmiah	30
3.4	Pemodelan Struktur-Struktur Untuk Dianalisis	31
3.5	Simulasi Terhadap Model Yang Dihasilkan	35
3.6	Analisis Terhadap Data Yang Diperolehi Dari Proses Simulasi	39
3.7	Keputusan Dan Perbincangan	39
BAB IV	KEPUTUSAN	
4.1	Pengesahan keputusan dari perisian ABAQUS	40

4.2	Ujian Analisis Unsur Terhingga Menggunakan Perisian ABAQUS	44
4.2.1	Komposit Diperkuat Gentian Kaca Berketebalan 3mm	44
4.2.2	Komposit Diperkuat Gentian Kaca Berketebalan 4mm	48
4.2.3	Komposit Diperkuat Gentian Kaca Berketebalan 5mm	52
4.2.4	Komposit Diperkuat Gentian Kaca Berketebalan 6mm	56
4.3	Rumusan Terhadap Keputusan Yang Diperoleh Melalui Simulasi Menggunakan Perisian ABAQUS	60
BAB V	PERBINCANGAN	
5.1	Kesan Halaju Hentaman Dan Ketebalan Lapisan Terhadap Kekuatan	62
5.2	Kesan Halaju Hentaman Dan Ketebalan Lapisan Terhadap Daya Tindak Balas	64
5.3	Kesan Halaju Hentaman Dan Ketebalan Lapisan Terhadap Pesongan Maksimum Plat	66
5.4	Serapan Tenaga Bagi Setiap Plat Yang Dianalisis	69
BAB VI	KESIMPULAN DAN CADANGAN	
6.1	Kesimpulan	72
6.2	Cadangan Untuk Kajian Akan Datang	73
	RUJUKAN	74
	BIBLIOGRAFI	76
	LAMPIRAN	77

SENARAI JADUAL

JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Ciri-ciri mekanikal untuk struktur bahan dan serat	9
2.2	Ciri-ciri mekanikal bagi serat semulajadi	10
2.3	Kekuatan normal serat rami karbon	12
3.1	Ciri-ciri Tufnol Gred 10G/40	29
4.1	Daya tindak balas maksimum bagi kaedah eksperimen dan simulasi	42
4.2	Ringkasan keputusan hasil simulasi yang dijalankan	60
5.1	Nilai daya tindak balas dan pesongan plat pada setiap selang masa	69
5.2	Nilai serapan tenaga bagi plat berlainan tebal dan halaju hentaman	71

SENARAI RAJAH

RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Orientasi serat dalam gentian diperkukuhkan komposit	6
2.2	Diagram tegasan-terikan untuk jenis-jenis serat dalam bahan komposit termaju	7
2.3	Kekuatan normal serat dengan perubahan suhu	8
2.4	Regangan pada serat rami kering yang lurus(a), regangan bergelung(<i>loop</i>) pada serat rami(b), regangan serat rami dengan 1 simpulan(c)	11
2.5	Lengkungan termo mekanikal untuk damar epoksi terhadap suhu peralihan kaca	14
2.6	Komposit berlapis yang mempunyai ketebalan lapisan-lapisan yang berbeza	15
2.7	Model ringkas unsur terhingga	18
2.8	Jenis-jenis unsur	20
3.1	Carta alir perjalanan projek	30
3.2	Struktur model hentaman halaju rendah	31
3.3	Komponen penghentam dan plat yang dimodelkan menggunakan ABAQUS	32
3.4	Penakrifan sifat mekanikal untuk penghentam	33
3.5	Penakrifan sifat mekanikal untuk plat	34
3.6	Komponen-komponen yang telah digabungkan	35
3.7	Keadaan sempadan dari jenis ENCASTRE dipilih	37

3.8	Keadaan awal (<i>initial condition</i>) untuk model yang dianalisis	37
3.9	Model yang siap dijarangkan (<i>meshing</i>)	38
3.10	Modul gambaran dari perisian ABAQUS	39
4.1	Kaedah ujian hentaman sebenar ke atas komposit diperkuat gentian kaca	41
4.2	Daya tindak balas pada hentaman 2 ms^{-1} melalui eksperimen	41
4.3	Daya tindak balas pada hentaman 2 ms^{-1} melalui kaedah simulasi	42
4.4	Analisis tegasan untuk ketebalan 3 mm pada halaju 2 ms^{-1}	44
4.5	Graf daya tindak balas melawan masa bagi tebal 3 mm (2 ms^{-1})	45
4.6	Graf pesongan plat melawan masa bagi tebal 3 mm (2 ms^{-1})	45
4.7	Analisis tegasan untuk ketebalan 3 mm pada halaju 3 ms^{-1}	46
4.8	Graf daya tindak balas melawan masa bagi tebal 3 mm (3 ms^{-1})	47
4.9	Graf pesongan plat melawan masa bagi tebal 3 mm (3 ms^{-1})	47
4.10	Analisis tegasan untuk ketebalan 4 mm pada halaju 2 ms^{-1}	48
4.11	Graf daya tindak balas melawan masa bagi tebal 4 mm (2 ms^{-1})	49
4.12	Graf pesongan plat melawan masa bagi tebal 4 mm (2 ms^{-1})	49
4.13	Analisis tegasan untuk ketebalan 4 mm pada halaju 3 ms^{-1}	50
4.14	Graf daya tindak balas melawan masa bagi tebal 4 mm (3 ms^{-1})	51
4.15	Graf pesongan plat melawan masa bagi tebal 4 mm (3 ms^{-1})	51
4.16	Analisis tegasan untuk ketebalan 5 mm pada halaju 2 ms^{-1}	52

4.17	Graf daya tindak balas melawan masa bagi tebal 5 mm (2 ms^{-1})	53
4.18	Graf pesongan plat melawan masa bagi tebal 5 mm (2 ms^{-1})	53
4.19	Analisis tegasan untuk ketebalan 5 mm pada halaju 3 ms^{-1}	54
4.20	Graf daya tindak balas melawan masa bagi tebal 5 mm (3 ms^{-1})	55
4.21	Graf pesongan plat melawan masa bagi tebal 5 mm (3 ms^{-1})	55
4.22	Analisis tegasan untuk ketebalan 6 mm pada halaju 2 ms^{-1}	56
4.23	Graf daya tindak balas melawan masa bagi tebal 6 mm (2 ms^{-1})	57
4.24	Graf pesongan plat melawan masa bagi tebal 6 mm (2 ms^{-1})	57
4.25	Analisis tegasan untuk ketebalan 6 mm pada halaju 3 ms^{-1}	58
4.26	Graf daya tindak balas melawan masa bagi tebal 6 mm (3 ms^{-1})	59
4.27	Graf pesongan plat melawan masa bagi tebal 6 mm (3 ms^{-1})	59
5.1	Carta Bar bagi tegasan lenturan maksimum bagi setiap ketebalan plat	62
5.2	Carta Bar bagi daya tindak balas maksimum bagi setiap ketebalan plat	64
5.3	Graf daya tindak balas melawan masa	65
5.4	Carta Bar bagi pesongan plat maksimum bagi setiap ketebalan plat	66
5.5	Graf pesongan plat melawan masa	68
5.6	Graf daya tindak bals melawan pesongan plat	70

SENARAI SINGKATAN DAN SIMBOL

HURUF

F	Daya , N
Pa	Pascal
m	Meter
A	Luas
m	Jisim, kg
a	Pecutan, m/s ²

DEFINISI

SIMBOL

σ_y	Tegasan Maksimum
ε	Tegasan lenturan
δ	Perubahan jarak

DEFINISI

SINGKATAN

GFRC	Glass Fiber Reinforced Composite
AISI	American International Supply Inc.
FEA	Finite Element Analysis

DEFINISI

SENARAI LAMPIRAN

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
A	Carta Gantt PSM 1	77
B	Carta Gantt PSM 2	78
C	Maklumat Teknikal Tentang GFRC (<i>Tufnol</i>)	79
D	Senarai Sifat Bahan Komposit	80
E	Ciri-ciri mekanikal untuk struktur bahan dan serat	81

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Latar Belakang

Dalam zaman yang serba maju dan mencabar ini, kita banyak bergantung dengan penggunaan bahan komposit dalam kehidupan seharian kita. Gentian kaca atau “fiber glass” merupakan salah satu bahan komposit yang telah dihasilkan pada tahun 1940-an. Ia merupakan bahan komposit moden yang pertama telah dihasilkan dan biasa digunakan dalam kehidupan seharian kita. Gentian kaca merupakan 65% dari jumlah semua bahan komposit yang digunakan pada hari ini. Antara bahan yang dihasilkan menggunakan komposit ini adalah papan luncur, badan pesawat kapal terbang, panel-panel dan badan untuk kenderaan,(Ellyard, 2000).

Bahan-bahan komposit terbentuk melalui gabungan dua atau lebih bahan-bahan yang mengandungi unsur atau sifat-sifat yang berlainan. Gabungan bahan-bahan ini akan menghasilkan sifat-sifat unik bagi setiap bahan komposit yang terhasil. Bahan komposit kebanyakannya terdiri dari dua bahan sahaja iaitu gentian atau serat dan bahan matrik. Benang-benang kaca dalam gentian kaca ini adalah sangat kuat dibawah tegangan tetapi ia amat rapuh jika dibengkokkan secara tajam (Moses et al. 2006). Matriks ini bukan sahaja memastikan serat-serat ini terikat bersama-sama, tetapi ia juga berfungsi untuk melindungi ia dari kerosakan akibat ricihan bebenang kaca atau tegasan sesama sendiri.

Matrik terdiri daripada bahan yang cukup lembut untuk dibentuk menggunakan alatan-alatan tertentu dan juga boleh dilembutkan dengan menggunakan bahan pelarut yang sesuai untuk membenarkan kerja-kerja penambahbaikan dilakukan. Walaupun kepingan gentian kaca ini sangat nipis tetapi ia sangat kuat dan mampu untuk menghalang pembentukan regangan pada kepingan gentian kaca. Ia juga sangat ringan dan mempunyai kelebihan dalam pelbagai aplikasi.

Walaubagaimanapun, bahan komposit juga tetap mempunyai kelemahan dan ciri-ciri kegagalan yang kompleks. Kegagalan yang selalunya terjadi adalah disebabkan keretakan matriks, peleraian ikatan serat dan peleraian lapisan pada serat atau gentian. Kewujudan perbezaan kegagalan pada mekanisma ini menyebabkan kesukaran untuk menganalisa apabila bahan komposit ini tertakluk pada tegasan di bawah kekuatan muktamad mereka. Kegagalan ini biasanya berlaku akibat hentaman daya yang dilakukan berulang kali contohnya hentaman daya yang rendah (*low impact hits*) pada suatu bahan komposit. (Abrate, 1998)

Apabila diambil kira pada kesan tenaga rendah, pemisahan pada serat atau gentian tidak berlaku jika satu hentaman tunggal dikenakan. Ia penting untuk menentukan evolusi kerosakan yang terhasil bukan semata-mata disebabkan oleh tenaga yang diserap. Ini membuktikan halaju bahan impak yang disebabkan oleh tenaga kinetik, tidak mencukupi untuk menyebabkan penembusan pada bahan komposit. Kesimpulan awal yang dapat dibuat adalah kesan hentakan daya yang berulang mampu menyebabkan kerosakkan atau kegagalan pada bahan komposit walaupun daya yang dikenakan adalah rendah. (Abrate, 1998)

Kesan impak atau hentaman merupakan evolusi kepada penjanaan kerosakan. Kerosakkan bertumpu atau kerosakan bahagian yang bertumpu merupakan ciri kepada gentian dan matrik dimana kawasan yang dimaksudkan adalah permukaan yang bersentuhan antara bahan impak dan bahan komposit. Peleraian lapisan gentian atau peretakan matrik merupakan kerosakan umum yang berlaku. Keretakan matriks bermula sejarus impak dikenakan pada kawasan yang termampat dan menyumbang

berlakunya kerosakan pada kawasan yang berlakunya tegangan. Peleraian lapisan gentian juga berlaku di kawasan berlakunya tegangan. Tegasan ricih maksimum berlaku pada satah neutral sejurus kesan impak dikenakan. Peleraian lapisan mungkin tidak menjadi kritikal jika hanya mengambil kira pada tekanan regangan tetapi kawasan peleraian lapisan akan mempengaruhi kekuatan lenturan lamina atau lapisan, dan permulaan peleraian lapisan bersandar kepada ketebalan laminar atau lapisan.

Satu aspek praktikal yang berkait dengan penggunaan bahan komposit adalah ketebalan bahagian komposit, dimana perbezaan cara beban luaran dikenakan sama ada pada laminar atau lapisan yang tebal atau nipis. Dalam laporan ini, satu kajian dan analisis akan dilakukan untuk menentukan kesan ketebalan lapisan dan orientasi ke atas sifat-sifat bahan komposit.

1.2 Objektif

Objektif kepada kajian ini adalah untuk mengkaji kesan ketebalan lapisan gentian dan orientasi ke atas sifat-sifat bahan komposit.

1.3 Skop

Skop terhadap kajian ini adalah untuk menghasilkan model struktur-struktur impak halaju rendah dan mengaplikasikan kaedah unsur terhingga (FEM) dalam meramal sifat-sifat struktur komposit di bawah pengaruh pelbagai daya yang dikenakan .

1.4 Pernyataan Masalah

Komposit diperkuat gentian kaca adalah sangat dipengaruhi oleh kesan daya berdasarkan kepada sistem lamina atau lapisan yang mempunyai permukaan yang lemah. Oleh yang demikian, kajian terhadap ketebalan lapisan(*laminate*) dan orientasi terhadap sifat-sifat komposit perlu dilakukan.

BAB II

KAJIAN ILMIAH

2.1 Bahan Komposit

Bahan-bahan komposit mula dihasilkan pada pertengahan abad ke-20 dan merupakan bahan kejuruteraan yang menyediakan prospek terbaru bagi teknologi moden. Bahan komposit terhasil dari gabungan dua bahan atau lebih yang mempunyai sifat-sifat berlainan antara satu sama lain. Gabungan bahan matrik dan serat atau gentian menghasilkan bahan komposit. Bahan matrik biasanya terdiri dari polimer, besi, seramik dan lain-lain manakala serat pula terdiri daripada kaca(*glass*), karbon, aramid dan lain-lain.

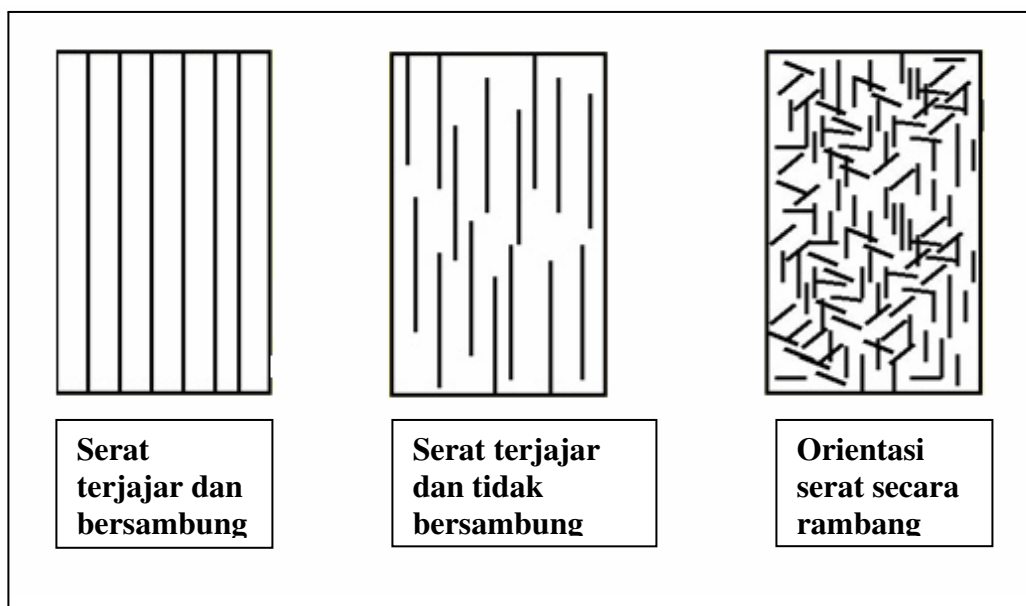
Gabungan bahan-bahan ini akan menghasilkan sifat-sifat unik bagi setiap bahan komposit yang terhasil. Bahan-bahan ini tidak akan terlerai atau bersepadu antara satu sama lain. Bahan komposit kebanyakannya terdiri dari dua bahan sahaja. Satu bahan matrik atau pengikat sempadan dan terikat bersama-sama satu kelompok serat dan satu lagi bahan adalah bahan pengukuh yang mana kuantitinya lebih banyak dari bahan matrik. Benang-benang kaca dalam gentian kaca ini adalah sangat kuat dibawah tegangan tetapi ia amat rapuh jika dibengkokkan secara tajam. Matriks ini bukan sahaja memastikan serat-serat ini terikat bersama-sama, tetapi ia juga berfungsi untuk melindungi ia dari kerosakan akibat pengguntingan(*shearing*) bebenang kaca atau tegasan sesama sendiri. (Ik-Hyeon Choi, 2008)

Matrik terdiri daripada bahan yang cukup lembut untuk dibentuk menggunakan alatan-alatan tertentu dan juga boleh dilembutkan dengan menggunakan bahan pelarut yang sesuai untuk membenarkan kerja-kerja penambahbaikan dilakukan. Walaupun kepingan gentian kaca ini sangat nipis tetapi ia sangat kuat dan mampu untuk menghalang pembentukan regangan(*stretches*) pada kepingan gentian kaca. Ia juga sangat ringan dan mempunyai kelebihan dalam pelbagai aplikasi.

2.1.1 Orientasi Bagi Gentian Diperkukuhkan Komposit

Susunan atau orientasi serat antara satu sama lain, penumpuan serat dan pembahagian keseluruhan, mempunyai kepentingan untuk mempengaruhi kekuatan dan ciri-ciri gentian diperkukuhkan komposit. Aplikasi yang terlibat keseluruhannya adalah *multidirectional* dan tegasan yang diaplikasikan selalunya digunakan dalam serat yang tidak bersambung dimana ia diorientasikan secara rambang pada bahan matrik

Pertimbangan terhadap orientasi dan panjang gentian atau serat untuk perincian bahan komposit bergantung pada tahap tegasan yang diaplikasikan. Orientasi serat dalam gentian diperkukuhkan komposit ditunjukkan dalam Rajah 2.1.

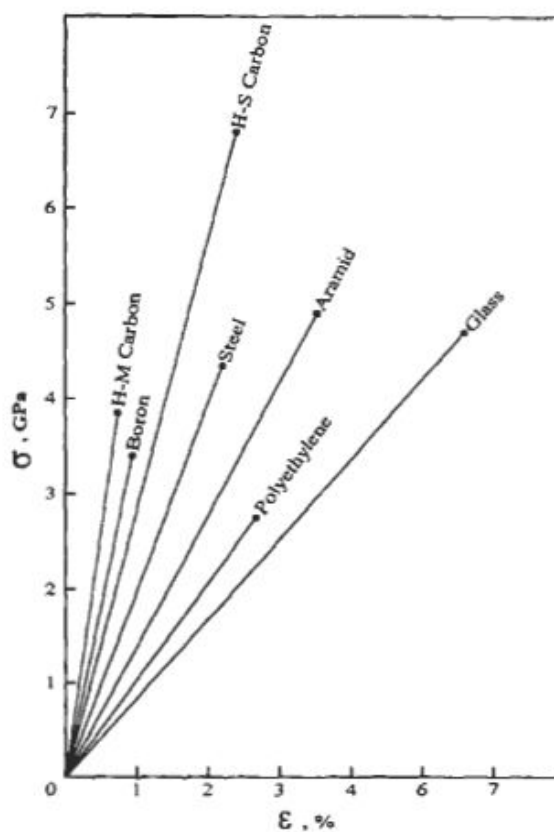


Rajah 2.1 : Orientasi serat dalam gentian diperkukuhkan komposit

(sumber: Internet, (20/8/2008))

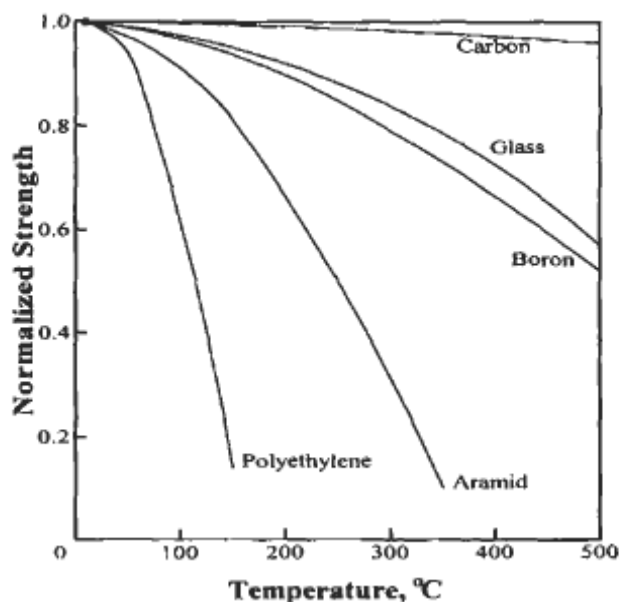
2.1.2 Gentian kaca (*fiberglass*) Sebagai Bahan Komposit Termaju

Menurut Robert M. Jones (1999) gentian kaca berterusan iaitu serat jenis pertama yang digunakan dalam bahan komposit termaju dihasilkan daripada tarikan kaca cair pada suhu kira-kira 1300°C melalui acuan bergaris pusat 0.8-3.0 mm dan dilanjutkan dengan regangan berhalaju tinggi pada garis pusat 3-19 mm. Biasanya gentian kaca mempunyai keratan bulatan rentas yang kukuh. Ciri-ciri mekanikal yang biasa dan ketumpatan gentian kaca disenaraikan dalam Jadual 2.1, manakala gambarajah tegasan terikan bagi serat atau gentian ditunjukkan dalam rajah 2.2.



Rajah 2.2: Diagram tegasan-terikan untuk jenis-jenis serat dalam bahan komposit termaju.

(sumber: Velery dan Evgeny, (2001))



Rajah 2.3: Kekuatan normal serat dengan perubahan suhu.

(sumber: Velery dan Evgeny, (2001))

Ciri-ciri penting untuk gentian kaca sebagai komponen bahan komposit termaju untuk aplikasi-aplikasi kejuruteraan adalah berkekuatan tinggi untuk mengekalkan keadaan lembab walaupun dengan kenaikan suhu seperti yang ditunjukkan pada rajah. 2.3, kekukuhan yang agak rendah iaitu kira-kira 40% kekukuhan keluli, rintangan bahan kimia dan biologi yang tinggi, serta kos yang rendah. Unsur-unsur kaca monolitik adalah bersifat serat atau gentian yang tidak menyerap air dan tidak berlaku perubahan dimensi dalam air. Disebabkan itu, mereka adalah bersifat rapuh dan sensitif di atas kerosakan pada permukaan.

Dalam bahan komposit termaju, gentian atau serat bukan sahaja menghasilkan kekuatan dan kekukuhan yang tinggi malah memungkinkan kebergantungan terarah pada penyesuaian sifat-sifat mekanikal dengan bebanan pada persekitaran. Ciri-ciri prinsip terarah dapat dikenal pasti dalam semua bahan-bahan asli yang muncul kesan daripada evolusi yang berpanjangan, berbeza dengan logam aloi buatan manusia sama ada ia adalah isotop ataupun homogen. Bahan-bahan asli mempunyai banyak struktur-struktur berserat yang menggunakan kekuatan dan kekukuhan semula jadi yang tinggi.