

KAJIAN TERHADAP KESAN PERBEZAAN RESIN KE ATAS KOMPOSIT
LAMINAT

SHEDA AKMANIZA BINTI IBRIS

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

Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknikal Malaysia Melaka

MEI 2008

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

Tandatangan :

Nama Penulis : SHEDA AKMANIZA BINTI IBRIS

Tarikh : 15 MEI 2008

*Projek Sarjana Muda ini didedikasikan khas buat keluarga tersayang yang berada di
Kuala Kangsar, Perak.*

PENGHARGAAN

Dengan nama Allah Yang Maha Pemurah lagi Maha Penyayang, selawat ke atas junjungan Nabi Muhammad SAW. Syukur ke hadrat Ilahi dengan limpah dan kurnianya dapat saya menyiapkan Projek Sarjana Muda ini dalam masa yang ditetapkan.

Ucapan terima kasih tidak terhingga kepada Encik Ahmad bin Rivai selaku penyelia Projek Sarjana Muda ini. Tunjuk ajar dan nasihat yang diberikan oleh beliau amat dihargai. Tidak lupa kepada pensyarah Fakulti Kejuruteraan Mekanikal yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam menjayakan projek ini terutamanya Puan Siti Hajar Binti Sheikh Md. Fadzullah dan Encik Wan Mohd Farid Bin Wan Mohamad. Penghargaan ini juga ditujukan kepada semua juruteknik yang terlibat secara langsung atau tidak langsung terutama sekali Encik Rashdan Bin Seman dan Encik Mahader Bin Muhamad selaku juruteknik Makmal Teknologi dan Sains Bahan yang banyak membantu di dalam menjalankan ujikaji dan memberikan sedikit sebanyak tunjuk ajar dalam penggunaan peralatan-peralatan di dalam makmal.

Terima kasih juga diucapkan kepada kedua-dua ibu bapa terutamanya kaum keluarga tersayang. Segala dorongan dan doa kalian amat dihargai. Ucapan terima kasih ditujukan kepada teman seperjuangan jurusan Kejuruteraan Mekanikal (Struktur & Bahan) terutamanya saudari Ismadiana binti Ithnin dan Farahilda binti Masekam yang telah banyak memberi semangat dan bantuan yang tidak dapat dinilai dengan wang ringgit. Segala kerjasama dan bantuan kalian merupakan sesuatu yang bermakna dan akan dikenang.

Sekian, terima kasih.

ABSTRAK

Projek ini dijalankan adalah untuk mengkaji kesan perbezaan resin ke atas komposit laminat. Melalui kajian ini, ia menerangkan secara umum kaedah penghasilan komposit laminat serta hasil ujian makmal yang dilakukan seperti ujian kekerasan dan ujian ketegangan mengikut piawai ASTM D 3039/ D3039 M bagi komposit jenis laminat.

Di dalam kajian ini, resin yang digunakan terdiri daripada epoksi dan poliester sebagai matriks manakala polimer gentian kaca (GFRP) sebagai serat. Keputusan mendapati bahawa, kekuatan sesuatu komposit adalah bergantung kepada jenis resin serta susunan orientasi serat yang digunakan. Melalui ujian kekerasan, terbukti bahawa komposit yang dihasilkan daripada resin epoksi adalah lebih keras berbanding dengan komposit daripada resin poliester. Di dalam ujian tegangan pula, tegangan dan tegangan meningkat dengan penggunaan komposit resin epoksi berbanding komposit daripada resin poliester. Maka tidak hairanlah mengapa komposit daripada resin epoksi digunakan secara meluas dalam pelbagai industri pada masa kini walaupun harganya yang mahal.

ABSTRACT

This research is to compare different resins in the laminate composite. Through this research, composite manufacturing process will be studied to fabricate the specimen. Hardness and Tensile test will be performed on the specimen comply to ASTM D 3039/ D 3039 M.

In this research, the epoxy and polyester resin are used as a matrix, and Glass Fiber Reinforce Polymer (GFRP) as a reinforce material. As the results, the mechanical properties of laminate composite is depends on the resin types and the orientation of composite used. From the result of Hardness Test, the properties of laminate composite using epoxy resin are harder than the properties of polyester resin composite. From the Tensile Test result, stress and strain are increased using the epoxy laminate composite than the polyester laminate composite. So, it is no wonder why that the epoxy resin is more used in the various manufacturing composite industries although the market price is quit expensive.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	<i>ABSTRACT</i>	vi
	KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	xi
	SENARAI RAJAH	xii
	SENARAI SIMBOL	xiv
	SENARAI LAMPIRAN	xv
BAB 1	Pengenalan	1
	1.1 Bahan Komposit	1
	1.2 Pernyataan Masalah	2
	1.3 Objektif	3
	1.4 Skop Kajian	4
BAB II	Kajian Literatur	5
	2.1 Definisi Komposit	5
	2.1.1 Komposit Matrik Berseramik (CMC)	6
	2.1.2 Komposit Matrik Berpolimer (PMC)	6
	2.1.3 Komposit Matrik Berlogam (MMC)	6

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
2.2	Gentian	7
2.3	Pengelasan Bahan FRP (Fibre Reinforce Polymer)	7
2.3.1	Polimer Bertetulang Gentian Kaca (GFRP)	7
2.3.2	Polimer Bertetulang Gentian Karbon (GFRP)	10
2.3.3	Polimer Bertetulang Gentian Aramid (AFRP)	11
2.4	Ciri-ciri bahan FRP	12
2.4.1	Kekuatan	13
2.4.2	Ketahananlasakan	13
2.4.3	Rayapan	13
2.5	Kedudukan Tetulang Gentian	14
2.5.1	Susunan Secara Berterusan	14
2.6	Pengelasan Resin dan Matrik	15
2.6.1	Resin Termoset	16
2.6.2	Resin Thermoplastik	17
2.7	Pemilihan Resin dalam Penghasilan Komposit	17
2.7.1	Epoksi	18
2.7.1.1	Ciri-ciri epoksi	18
2.7.1.2	Kebaikan epoksi	19
2.7.1.3	Keburukan epoksi	19
2.7.1.4	Kekuatan tagangan epoksi	20
2.7.2	Resin Poliester	20
2.8	Bahan tambah	22
2.10	Pertimbangan untuk reka bentuk komposit	22
2.11	Kaedah Penghasilan Produk FRP	23
2.12	Penghasilan Tangan (hand lay-up)	23
2.13	Proses pengerasan Produk FRP	24
2.14	Suhu polimer bertetulang gentian FRP	24

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
BAB III	METODOLOGI	
	3.1 Pengenalan	26
	3.2 Perbincangan awal	26
	3.3 Kajian ilmiah	27
	3.4 Pengumpulan maklumat	27
	3.5 Prosedur kerja	27
	3.6 Penyediaan bahan specimen	28
	3.6.1 Pemilihan Gentian	30
	3.6.2 Pemilihan Resin	30
	3.7 Penyediaan acuan	30
	3.8 Penyediaan spesimen	31
	3.9 Proses pengerasan	32
	3.10 Ujian Ketegangan	33
	3.10.1 Penyediaan peralatan ujian ketegangan	33
	3.10.2 Prosedur ujian	34
	3.10.3 Cara kerja	36
BAB IV	KEPUTUSAN	
	4.1 Analisis Ujian Kekerasan	37
	4.11 Keputusan	38
	4.2 Analisa Ujian Tegangan	40
	4.21 Keputusan	40
	4.3 Keputusan Ujian Tegangan-Tegangan	46
BAB V	KESIMPULAN	52
BAB VI	CADANGAN	54

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	RUJUKAN	55
	BIBLIOGRAFI	56
	LAMPIRAN	57

SENARAI JADUAL

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Komposisi Bahan Kimia dalam Gentian Kaca	10
2.2	Sifat Mekanikal pada Gentian	10
2.3	Kekuatan Mekanikal Gentian Karbon	11
2.4	Kekuatan Mekanikal Gentian Aramid	12
2.5	Perbandingan Sifat Kumpulan Resin Poliester	21
4.1	Keputusan Ujian Kekerasan bagi Epoksi	38
4.2	Keputusan Ujian Kekerasan bagi Poliester	38
4.3	Keputusan Tegasan Maksimum bagi Epoksi	49
4.4	Keputusan Tegasan Maksimum bagi Poliester	49

SENARAI RAJAH

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Pengelasan Bahan Komposit	6
2.2	Gentian Kaca	9
2.3	Proses Pempolimeran	22
2.4	Penghasilan Tangan	24
3.1	Carta Alir Kaedah Kajian	28
3.2	Bentuk dan Dimensi Spesimen	31
3.3	Kaedah penghasilan tangan (Hand Lay-out)	32
3.4	Struktur Universal Mesin Ujian Ketegangan	35
3.5	Ujian Ketegangan	35
3.6	Piawaian Spesimen	35
4.1	Carta Gantt Nilai Ujian Kekerasan bagi Bahan Komposit	39
4.2	Bentuk Patah Spesimen Selepas Ujian Tegangan bagi Komposit Epoksi Berorientasi 0° dan 90° dengan suhu 27 °C.	41
4.3	Bentuk Patah Spesimen Selepas Ujian Tegangan bagi Komposit Epoksi Berorientasi +/- 45° dengan suhu 27 °C.	42
4.4	Bentuk Patah Spesimen Selepas Ujian Tegangan bagi Komposit Poliester Berorientasi 0° dan 90° dengan suhu 27 °C.	43
4.5	Bentuk Patah Spesimen Selepas Ujian Tegangan bagi Komposit Poliester Berorientasi +/- 45° dengan suhu 27°C.	44
4.6	Bentuk Patah LGM bagi Komposit Berorientasi (0°90°)	45
4.7	Bentuk Patah AGM bagi Komposit Berorientasi (0°90°, +/-45°)	45

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
4.8	Graf Tegasan-Tegangan bagi Komposit Epoksi Berorientasi Serat (0° dan 90°).	46
4.9	Graf Tegasan-Tegangan bagi Komposit Epoksi Berorientasi Serat ($\pm 45^\circ$).	47
4.10	Graf Tegasan-Tegangan bagi Komposit Poliester Berorientasi Serat (0° dan 90°).	47
4.11	Graf Tegasan-Tegangan bagi Komposit Poliester Berorientasi Serat $\pm 45^\circ$.	48
4.12	Carta Gantt Nilai Tegasan Maksimum (σ_{UTS})	50

SENARAI SIMBOL

HURUF GREEK

σ_{UTS}

ε

σ_{ys}

E

DEFINISI

Tegasan Maksimum

Tegangan

Kekuatan Alah

Modulus Young

SUBSKRIP

AFRP

AGM

ASTM

CFRP

CMC's

FRP

GFRP

GP

HM

HP

HT

MMC's

PAN

T_g

UV

DEFINISI

Aramid Fibre Reinforcement Polymer

Angled Gage Midle

American Society for Testing and Materials

Carbon Fibre Reinforcement Polymer

Ceramic Matrix Composite

Fibre Reinforcement Polymer

Glass Fibre Reinforcement Polymer

Grade Pitch

High Modulus

High Pitch

High Stress

Metal Matrix Composite

Bahan Tekstil

Glass Transition Temperature

Ultra Violet

SENARAI LAMPIRAN

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
A	Lukisan Spesimen Komposit	57
B	Cadangan bagi Piawaian Ujian Ketegangan Komposit Laminat	57
C	Mesin Universal Testing (INSTRON-Model 5585)	58
D	Perbezaan Skala bagi Ujian Kekerasan	59
E	Bentuk Patah pada Komposit	60
F	Kod Bentuk Patah pada Komposit	60
G	Pengiraan Kekuatan Alah	61
H	Sifat-sifat Mekanikal Komposit	61
I	Piawaian ASTM D 3039/ D3039 M	62

BAB 1

Pengenalan

1.1 Bahan komposit

Bahan komposit merupakan bahan yang diperbuat melalui gabungan dua atau lebih bahan yang bergabung secara fizikal atau kimia. Salah satu bahan yang lazim digunakan ialah gentian yang kukuh seperti kaca, *kevlar* atau gentian karbon yang memberikan bahan tersebut kekuatan tegangan, sementara bahan lain (dikenali sebagai matriks) biasanya sejenis bahan matriks resin seperti polyester atau epoksi yang memegang gentian dan menjadikan bahan tersebut keras dan kukuh. Selain itu, ada juga bahan komposit yang menggunakan agregat selain daripada atau bersama-sama gentian. Antara contoh bahan komposit ialah polimer yang diperkukuhkan dengan gentian kaca (GFRP), komposit matriks logam, komposit matriks seramik, papan lapis dan sebagainya.

Secara amnya, bahan komposit terdiri daripada dua atau lebih bahan yang bergabung secara fizikal dan kimia. Bahan komposit berlaminat terdiri daripada satu atau dua lebih elemen tetulang yang digabungkan dengan campuran polimer. Unsur tetulang atau gentian lazimnya lebih keras dan kuat daripada campuran polimer manakala campuran polimer adalah bahan rekatan yang juga dipanggil matriks.

GFRP merupakan satu bahan yang rapuh di mana ianya boleh memanjang tanpa mengalami alahan apabila dikenakan beban tegangan sehingga mencapai titik gagal. Umumnya, polimer mempunyai kekuatan yang rendah tetapi ketegaran yang tinggi. Manakala gentian kaca pula mempunyai kekuatan tegangan yang tinggi tetapi ketegaran yang rendah. Oleh yang demikian, kombinasi di antara polimer dengan gentian kaca sebagai bahan komposit GFRP berupaya meningkatkan sifat-sifat kekuatan GFRP berbanding dengan sifat-sifat sedia ada pada individu bahan itu. Dengan gabungan ini, kekuatan tegangan gentian dapat memberikan kekuatan bahan komposit GFRP secara keseluruhan manakala ketegaran gentian kaca yang rendah akan diambil oleh matriks polimer. Namun begitu, GFRP mempunyai modulus kekuatan tegangan dan mampatan serta kekukuhan yang jauh lebih rendah berbanding dengan keluli. Faktor utama yang mempengaruhi kekuatan GFRP ialah nisbah kandungan gentian kaca dan orientasi gentian.

GFRP menjadi pilihan pada masa kini kerana kelebihan-kelebihan yang ada padanya. Antaranya ialah tahan karat, ringan dan kebolehan menyerap tenaga yang tinggi. Selain itu GFRP mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap asid, alkali, agen oksida seperti klorin dan konduktiviti haba yang rendah. Kebanyakan bahan komposit yang dihasilkan adalah direkabentuk untuk meningkatkan ciri-ciri mekanikal seperti kekuatan, kekukuhan, kekerasan dan ketahanan terhadap suhu tinggi.

1.2 Pernyataan Masalah

Penggunaan bahan komposit di negara ini masih baru dan belum diterokai sepenuhnya. Oleh itu, kajian lebih terperinci perlu dilakukan ke atas bahan ini. Komposit juga jarang digunakan kerana tidak ramai yang berpengetahuan dan mahir dalam pembuatannya sekaligus mengaplikasikannya dalam pelbagai industri. Selain itu, bahan mentah bagi komposit juga agak sukar diperolehi. Ianya sangat terhad kepada industri-industri yang mempunyai nama besar di dalam proses pembuatan komposit sahaja. Ini memberikan masalah kepada para pengkaji bahan untuk mendapatkan bahan mentah di dalam kuantiti yang sedikit atau kecil. Di samping itu, teknologi atau alat pemrosesan bahan komposit juga adalah kurang. Oleh itu, ia

menjadi satu bahan yang sukar untuk diperkembangkan secara meluas disebabkan alatannya terhad yang dimajukan oleh pemaju-pemaju industri sekarang.

Untuk menangani masalah ini, langkah yang perlu diambil ialah mengkomersialkan teknologi yang melibatkan bahan gentian asli dari sumber tempatan. Kemungkinan yang dapat dikenalpasti ialah penggunaan gentian asli tempatan yang diperolehi secara mudah dan jauh lebih murah. Aplikasi penggunaan bahan komposit GFRP (Glass Fibre Reinforced Polymer) telah menunjukkan keberkesanan dalam industri pembinaan. Namun, tiada prosedur rekabentuk kejuruteraan yang dipermudahkan disebabkan bahan komposit yang terlalu kompleks. Persamaan rekabentuk yang sedia ada bagi keratan GFRP belum menyeluruh dan memerlukan kajian yang mendalam.

Dalam kajian ini, tumpuan akan diberikan kepada penggunaan polimer bertetulang gentian kaca (Glass Fibre Reinforced Polymer) sebagai bahan asas dalam penghasilan komposit. Matrik resin pula digunakan sebagai bahan pengikat yang juga merupakan satu kaedah yang masih baru dan sedang berkembang penggunaannya.

1.3 Objektif

Objektif utama kajian ini adalah untuk :

- Menghasilkan komposit jenis laminat melalui penyatuan bahan yang terdiri daripada serat dan matriks.
- Untuk mengetahui sifat sebenar komposit laminat yang dihasilkan melalui penggunaan matrik yang berlainan melalui kaedah merekabentuk dan fabrikasi yang dilakukan ke atas bahan komposit yang akan dihasilkan.
- Membuat ujian ketegangan ke atas bahan komposit laminat untuk mengetahui sifat-sifat mekanikal mengikut ukuran piawai ASTM D 3039/D 3039 M iaitu piawaian bagi ujian tegangan.

1.4 Skop Kajian

Kajian ini melibatkan pengumpulan data dan maklumat melalui kajian literature mengenai ciri-ciri dan penggunaan bahan komposit dalam pelbagai industri. Sebelum penghasilannya, komposit haruslah dikaji melalui fakta dan teori yang melibatkan bahan ini. Kajian yang dijalankan adalah berdasarkan bahan utama dalam penghasilannya iaitu penggunaan polimer bertetulang gentian kaca. Seterusnya kajian terhadap resin yang dipilih dijalankan. Di sini, penggunaan bahan resin daripada epoksi dan polyester digunakan. Kemudian, serat dan matrik yang digunakan akan dianalisis menggunakan kaedah fabrikasi. Seterusnya, kaedah merekabentuk perkakasan yang digunakan semasa penghasilan bahan komposit dilakukan. Kajian secara keseluruhan proses pembuatan komposit dibuat untuk mengetahui proses pengerasan komposit, suhu yang sesuai digunakan serta ketebalan yang sesuai. Seterusnya kekuatan dan kekerasan setiap komposit yang dihasilkan dapat diketahui melalui ujian ketegangan dan ujian kekerasan yang dijalankan. Kajian ini juga dilakukan merujuk kepada hasil kajian oleh penyelidik- penyelidik lepas yang diperolehi daripada jurnal, tesis, buku rujukan, keratan akhbar, media elektronik serta piawaian seperti American Society for Testing and Materials (ASTM).

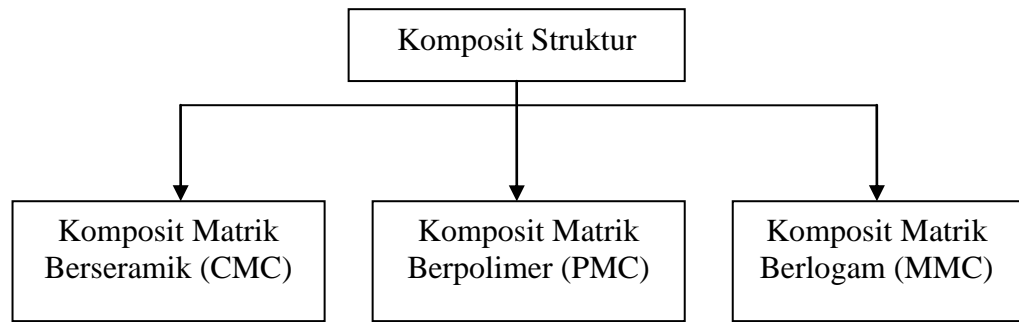
BAB 2

KAJIAN LITERATUR

2.1 Maksud Komposit

Bahan komposit ialah bahan yang terbentuk apabila satu bahan dicampur dengan satu bahan yang lain untuk menghasilkan satu bahan baru yang mempunyai sifat-sifat yang lebih baik daripada bahan asalnya. Ia juga merupakan penyatuan dua bahan secara mikroskopik untuk menghasilkan bahan baru yang lebih kukuh kekuatannya serta lebih berguna. Penyatuan bahan ini terdiri daripada kumpulan-kumpulan gentian dan matrik polimer dalam membentuk satu bahan yang dinamakan *Fibre Reinforcement Polymer*. Ia juga 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.

Di antara keistimewaan bahan FRP ini adalah kekuatan yang dihasilkan akan berbeza dengan corak susunan gentian serta jenis gentian yang digunakan. Ianya juga merupakan satu bahan yang mempunyai kekuatan yang tinggi berbanding dengan beratnya sendiri.



Rajah 2.1: Pengkelasan Bahan Komposit

2.1.1 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.

2.1.2 Komposit Matrik Berpolimer (PMC)

Bahan komposit ini sangat biasa digunakan. Komposit jenis ini lebih dikenali sebagai Polimer Bertetulang Gentian (FRP). Bahan ini menggunakan polimer sebagai matrik dan tetulanganya pula terdiri daripada bahan samada kaca, karbon dan aramid.

2.1.3 Komposit Matrik Berlogam (MMC)

Bahan komposit jenis ini adalah jarang digunakan dalam industri pembinaan tetapi semakin popular digunakan dalam industri automatif. Bahan ini pula menggunakan aluminium sebagai matrik manakala gentian seperti karbon sebagai tetulang.

2.2 Gentian

Gentian merupakan satu asas kepada pembuatan bahan komposit, ia merupakan sebagai tetulang yang akan menerima beban dan memberi kekuatan pada satu arah. Ia boleh disusun supaya dapat memberi kekuatan yang diinginkan. Terdapat banyak bahan yang boleh dijadikan bahan tetulang. Ia adalah samada diperolehi daripada pembuatan manusia seperti kaca, karbon dan aramid. Sumber semulajadi pula terdiri daripada seluloid di dalam kayu, sabut kelapa dan buluh. Polimer bertetulang gentian adalah komposit yang diperbuat dari gabungan gentian dan resin. Resin pula memberikan kekuatan mampatan dan mengikat bersama matrik gentian.

Gentian merupakan bahan utama dalam FRP. Lazimnya kandungan gentian dalam FRP adalah sebanyak 30% hingga 70% daripada isipadu matrik. Bentuk gentian ini boleh samada chopped, woven, stitched atau braided. Ia biasanya dirawat menggunakan kanji, gelatin, minyak atau wax untuk menambahkan lekatan dan juga untuk pengikat supaya ia mudah dikerjakan.

2.3 Pengelasan bahan FRP

FRP merupakan salah satu bahan komposit yang terhasil di antara gabungan gentian dan resin matrik. Hasil daripada penggabungan ini telah menghasilkan satu bahan lain yang jauh lebih baik dari segi kekuatan berbanding bahan asal. Bahan daripada FRP ini boleh dibahagikan kepada 3 jenis yang utama:

- Polimer Bertetulang Gentian Kaca
- Polimer Bertetulang Gentian Karbon
- Polimer Bertetulang Gentian Aramid

2.3.1 Polimer Bertetulang Gentian Kaca (GFRP)

GFRP merupakan bahan komposit yang menggabungkan resin dan gentian kaca untuk memperolehi suatu bahan yang berguna bagi pelbagai kegunaan. Bahan

polimer jika tidak diolah sebegini akan mempunyai kelemahan iaitu sifat kekakuan dan kekuatan yang rendah serta proses rayapan semasa dikenakan beban walaupun perlindungan terhadap permukaan yang dianggap baik. Manakala bahan gentian kaca ini mempunyai kekuatan yang lebih baik tetapi rapuh. Penggabungan bahan ini secara tersusun di antara bahan plastik (resin) dan gentian kaca membolehkan ianya mempunyai sifat yang tersendiri dan kuat. Di antara bahan plastik yang digunakan ialah:

- Termoplastik - contohnya nylon, polycarbon, vinyl, dan acrylics.
- Termoset - contohnya epoksi, berfenol dan polyurethanes.

Contoh bahan gentian pula adalah seperti berikut:

- Chopped strand mat
- Reinforcing mat
- Woven roving
- Milled fiber

Bagi mempercepatkan tindakbalas penggabungan bahan ini berlaku terdapat bahan pemangkin yang digunakan. Ianya terdiri daripada bahan organik peroksida yang terdapat di dalam bentuk cecair dan serbuk. Manakala bahan yang mempercepat pengerasan terdiri daripada bahan “cobalt soap” atau “tertiary amines”. Di dalam pasaran pula terdapat beberapa jenis percampuran gentian kaca yang mempunyai kelainan dari segi kekuatan mekanikalnya iaitu kaca-E. Ia merupakan gentian yang terbanyak dan termurah. Maksud E di sini ialah gred elektrik. Manakala kaca-S pula mempunyai kekuatan yang lebih tinggi berbanding kaca-E. Kandungan zirconia berperanan menahan pengaratan dari tindakan alkali. Di sini AR membawa maksud tahan alkali (tahan resistant). Jadual 2.3.1 menunjukkan kekuatan mekanikal jenis-jenis kaca tersebut.



Rajah 2.2: Gentian Kaca

Gentian kaca boleh dihasilkan dari pelbagai komposisi bahan kimia. Pada kebiasaannya, gentian kaca dihasilkan daripada silika (50%–60%) dan mengandungi bahan-bahan seperti oksida kalsium, boron, sodium, aluminium dan iron. Terdapat pelbagai jenis gentian kaca seperti E- glass, C- glass dan S- glass. E- glass digunakan untuk peralatan elektrik kerana ia merupakan pengalir elektrik yang baik, C- glass pula untuk penghalang pendaratan kerana ia mempunyai sifat penghalang terhadap kakisan bahan kimia manakala S- glass pula mengandungi kandungan silika yang tinggi dan ia adalah gentian kaca yang mempunyai kekuatan yang tinggi. Dalam ketiga-tiga jenis gentian ini, E- glass merupakan gentian kaca yang banyak digunakan dalam kejuruteraan awam. Ini kerana ia dihasilkan dari alumina borosilikat yang mana mudah didapati dari kebanyakan bahan seperti pasir. Kekuatan dan modulus gentian kaca boleh ditingkatkan dengan meningkatkan suhu semasa proses membuatnya.

Polimer bertetulang gentian kaca atau GFRP banyak digunakan dalam industri pembinaan. Ia digunakan untuk struktur seperti dinding tanpa galas beban di dalam bangunan. Selain dari itu, ia digunakan untuk bingkai tingkap, tangki air, peralatan tandas, paip, tiub dan sebagainya. Ia juga digunakan dalam industri kimia dan aero angkasa. Jadual 2.3.1.1 dan 2.3.1.2 menunjukkan komposisi bahan kimia dalam gentian kaca ($w\%$) dan sifat mekanikal yang terdapat pada gentian.