

PENGAKUAN PENYELIA

“Saya mengakui bahawa telah saya membaca laporan ini dan pada pendapat saya, laporan ini telah mengikut terma dan skop untuk pencapaian ijazah Mekanikal Engineering (Struktur & Bahan)”

Tandatangan :

Penyelia : SITI NORBAYA BINTI SAHADAN

Tarikh : 30 JUN 2012

**KAJIAN PENGESANAN DILAMINASI PADA STRUKTUR BAHAN
KOMPOSIT MENGGUNAKAN KAEDAH MASA, FREKUENSI DAN MASA-
FREKUENSI**

MUHAMMAD ZHARIFF IZWAN BIN MOHD SUHAIMI

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

**Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknikal Malaysia Melaka**

JUN 2012

PENGAKUAN

“Saya mengakui bahawa kerja-kerja yang berkaitan dalam laporan ini adalah daripada saya sendiri melainkan bahagian yang telah diklasifikasikan dalam bahagian rujukan”.

Tandatangan:

Penulis : MUHAMMAD ZHARIFF IZWAN BIN

MOHD SUHAIMI

Tarikh : 30 JUN 2012

Kehadapan Ayahanda tersayang, En. Mohd Suhaimi.

Ibunda tercinta, Pn. Roslina Hassan.

Kepada keluarga yang amat ku sayangi.

Sahabat handai.

Kasih dan jasa kalian tiada pengganti.

PENGHARGAAN

Pertama sekali saya ingin memanjatkan sepenuh kesyukuran ke hadrat Ilahi dengan limpah dan kurnianya, dapat saya menyelesaikan laporan Projek Sarjana Muda 1 inidengan penuh jayanya. Saya menjulang sepenuh penghargaan kepada *Pn. Siti Norbaya Bte Sahadan*, selaku penyelia kajian saya di atas kesudian beliau memberi kerjasama ini kepada saya. Beliau juga banyak membantu saya sepanjang proses pembentukan kajian ini berlaku. Saya ingin mengucapkan terima kasih kepada juruteknik yang banyak membantu saya di makmal dalam proses menyediakan spesimen dan menjalankan ujian-ujian sepanjang kajian ini. Saya juga ingin mengucapkan ribuan teima kasih kepada rakan-rakan yang banyak membantu secara langsung atau tidak langsung sepanjang proses merealisasikan tugas ini berjalan.

Akhir sekali, ucapan terima kasih yang tidak terhingga kepada kedua ibubapa saya yang telah banyak memberi sokongan dari segi moral sehingga saya dapat menjayakan laporan kajian ini.

ABSTRACT

This Bachelor's Degree Project is aimed to detect failures in composite structure using time domain, frequency domain and time-frequency domain analysis. This research will focus on detecting composites failure delamination type. Since this mode of failures always occurred in the internal structure of the composite, wave signal method is used in this research. Two specimen will be used which is the composite type used is fiberglass. One specimen will contain the delamination flaw while the other specimen do not contain the flaw. Vibration method or Ultrasonic testing will be used to produce sufficient data that will be analysed. Then, the data will be transformed into time domain using MATLAB software. Then the time domain analysis will be transformed into frequency domain and time-frequency domain using the Fourier Transform. Next, the results will be analysed graphically to determined which method is the most efficient in detecting delamination.

ABSTRAK

Projek Sarjana Muda ini bertujuan untuk mengesan kegagalan pada struktur bahan komposit menggunakan kaedah analisis masa, frekuensi, dan masa-frekuensi. Kajian ini akan bertumpukan kepada kegagalan komposit jenis dilaminasi. Disebabkan kegagalan ini kebiasaannya berlaku pada struktur dalaman komposit, kaedah ujian gelombang isyarat digunakan bagi mengesan kegagalan dilaminasi. Dua spesimen akan disediakan di mana spesimen yang di pilih bagi menjalankan kajian ini ialah struktur gentian kaca. Sebuah spesimen akan mengandungi dilaminasi manakala sebuah spesimen lagi tidak mengandungi dilaminasi. Ujian getaran atau ujian gelombang ultrasonik akan diaplikasikan bagi menjana data-data untuk dianalisa kemudiannya. Data-data yang di analisa itu akan dijelmakan kepada analisis domain masa menggunakan perisian MATLAB pada sebuah komputer. Kemudian, analisis domain masa itu akan dijelmakan kepada domain frekuensi dan juga domain masa-frekuensi menggunakan kaedah penjelmaan Fourier. Seterusnya, perbandingan secara grafikal akan dibuat bagi menentukan kaedah domain yang mempunyai pengesanan yang lebih jelas.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	PENGAKUAN	ii
	PENGHARGAAN	iv
	<i>ABSTRACT</i>	v
	ABSTRAK	vi
	KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	viii
	SENARAI RAJAH	ix
	SENARAI LAMPIRAN	xi
BAB I	Pengenalan	
	1.1 Latar Belakang Projek	1
	1.2 Objektif	3
	1.3 Skop Kajian	3
	1.4 Pernyataan Masalah	4

BAB II**KAJIAN KEPUSTAKAAN**

5

2.0 PENGENALAN

2.1 KOMPOSIT	5
2.1.1 Jenis-jenis komposit berdasarkan matriks	7
2.1.2 Tetulang	8
2.1.3 Klasifikasi komposit berdasarkan geometri tetulang	9
2.2 DILAMINASI PADA KOMPOSIT	10
2.2.1 Fenomena fizikal di sebalik dilaminasi	11
2.2.1.1 Pembuatan dan Kesan Alam Sekitar	11
2.2.1.2 Pemesinan	12
2.2.1.3 Tatarajah Geometri Kritikal	13
2.2.1.4 Impak Berhalaju Rendah	16
2.3 PEMROSESAN ISYARAT	17
2.3.1 Analisis Domain Frekuensi	17
2.3.2 Analisis Domain Masa-Frekuensi	18
2.3.3 Penjelmaan Fourier Masa-Singkat	18
2.3.4 Kaedah Penjelmaan-S	20
2.4 PENGESAN/PENGGERAK PIEZOELEKTRIK BERSEPADU DAN TAK SELANJAR	23
2.5 CORAK TIPIKAL PZT ATAU PFRC	25

BAB III	KAEDAH KAJIAN	
3.0	PENGENALAN	30
3.1	PENYEDIAAN SPESIMEN	30
3.2	UJIAN MAKMAL	38
3.2.1	Ujian Ketegangan	38
3.2.2	Ujian Lenturan Tiga Titik	40
3.2.3	Pencerapan Data	41
3.3	ANALISIS DATA MENGGUNAKAN MATLAB	43
3.3.1	Analisis masa dan masa-frekuensi	44
3.3.2	Analisis frekuensi	45
3.3.3	Minimum, maksimum, kurtosis dan R.M.S	47
BAB IV	KEPUTUSAN	
4.0	PENGENALAN	48
4.1	0% DILAMINASI	48
4.2	25% DILAMINASI	55
4.3	50% DILAMINASI	61
4.4	ANALISI PARAMETER STATISTIK GLOBAL	65

BAB V	PERBINCANGAN	
	5.0 PENGENALAN	66
	5.1 PEMILIHAN JENIS ANALISIS YANG OPTIMUM	66
	5.2 INTERPRETASI PARAMETER STATISTIK GLOBAL	67
BAB VI	KESIMPULAN DAN CADANGAN	69
	RUJUKAN	70
	LAMPIRAN	72

SENARAI JADUAL

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Jenis-jenis komposit dan aplikasinya	7
4.1	Nilai-nilai parameter statistik global bagi setiap spesimen	65

SENARAI RAJAH

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Papan kayu	6
2.2	Bentuk-bentuk tetulang dalam komposit	8
2.3	Klasifikasi komposit berdasarkan geometri tetulang	9
2.4	Contoh geometri tetulang	10
2.5	Dilaminasi di antara lapisan komposit berlamina	11
2.6	Dilaminasi disebabkan oleh penggerudian	13
2.7	Lapisan bersudut tirus	14
2.8	Kewujudan kerosakan pada penyambungan bolt komposit	15
2.9	Konsep penahanan dilaminasi pinggir bebas	15
2.10	Corak kerosakan bagi lapisan nipis dan tebal	16
2.11	Graf STFT Analisis Fourier	19
2.12	Rajah skematik resolusi STFT	20
2.13	Rajah skematik resolusi S-T	22
2.14	Skema bagi sistem rasuk	25
2.15	Skema rajah untuk laminar (a) dan antara jenis (b) elektrod	26
2.16	Skema rajah untuk elektrod antara jenis bulatan	27

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
2.17	Skema rajah untuk taburan jalur elektrod dan perakaman voltan	28
2.18	Penyediaan eksperimen bagi pengesanan dilaminasi dalam komposit rasuk berlaminar	29
2.19	Graf voltan output melawan masa bagi kes getaran mod I	29
3.1	Gentian jenis tenunan digunakan dalam penghasilan spesimen	31
3.2	Gentian di gunting mengikut saiz yang dikehendaki	32
3.3	Bahan-bahan acuan gentian kaca	32
3.4	Acuan gentian kaca yang siap disediakan	33
3.5	Bahan-bahan dan alat-alat menghasilkan gentian kaca	34
3.6	Jel salutan disapu pada permukaan cermin kaca	34
3.7	Band Saw	36
3.8	Spesimen gentian kaca yang siap dipotong	37
3.9	Spesimen di sediakan untuk menjalani ujian ketegangan	39
3.10	Spesimen patah setelah menjalani ujian ketegangan	40
3.11	Penyediaan sampel bagi menjalani ujian lenturan tiga titik	41
3.12	Kedudukan lubang yang akan digerudi pada spesimen	41
3.13	Alat-alat kelengkapan pencerapan data	42
3.14	Proses pencerapan data sedang dijalankan	43
5.1	Domain masa-frekuensi yang dijana menggunakan perisian MATLAB	67

SENARAI LAMPIRAN

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
A	Carta Gantt PSM I	73
B	Carta Gantt PSM II	74

BAB I

PENGENALAN

1.0 PENGENALAN

Dalam bab ini, perkara berkaitan pengenalan projek akan dibincangkan. Bab ini juga meliputi punca-punca awal projek ini dilaksanakan dan juga pernyataan masalah yang dihadapi oleh dunia luar dalam menyumbang kepada pengenalan tajuk projek ini. Dalam pada itu, skop projek ini juga dibincangkan.

1.1 LATAR BELAKANG PROJEK

Dilaminasi dalam struktur komposit merupakan suatu ancaman yang serius terhadap keselamatan sesebuah struktur itu. Dilaminasi menyumbang kepada pengurangan ketegangan dan kekuatan lapisan di bawah beberapa keadaan. Terutamanya di bawah kes struktur yang dikenakan beban tekanan kerana kehilangan nilai ketegangan boleh menyumbang kepada lengkokan struktur di mana akibatnya boleh mencapai tahap kritikal (Rajendran dan Song, 1998).

Terdapat pelbagai penyebab bagi dilaminasi. Dalam aplikasi aeroangkasa, proses pembuatan juga termasuk dalam kategori penyebab dilaminasi dan juga

kecacatan yang di sebabkan oleh operasi pembuatan seperti alatan pembuatan terjatuh ke atas struktur, serpihan-serpihan bahan yang wujud di perjalanan pemprosesan. Jenis dilaminasi yang dikaji telah pun di wujudkan daripada sebab-sebab yang sama seperti di atas.

Dilaminasi pada struktur komposit akan di kesan menggunakan ujian gelombang bunyi ultrasonik yang di dihasilkan oleh transduser ultrabunyi yang disambungkan ke mesin diagnostik. Gelombang yang dicerap akan dianalisa menggunakan tiga kaedah yang diperkenalkan iaitu analisis masa, frekuensi dan masa-frekuensi.

Idea untuk melakukan kajian ini adalah datang daripada keprihatinan terhadap penggunaan komposit yang semakin tinggi. Risiko komposit-komposit tersebut terdedah kepada kegagalan bergantung kepada penggunaannya. Namun begitu, dalam aspek pengesanan kerosakan struktur komposit masih belum mencapai tahap yang meyakinkan dan sektor ini memerlukan kaedah-kaedah baru dan berkesan. Kaedah analisis masa, frekuensi dan masa-frekuensi ini dilihat lebih ringkas dan mudah berbanding kaedah-kaedah yang sedia ada. Keberkesanan kajian ini akan di ambil kira dalam menentukan pengesanan kegagalan komposit melalui kaedah ini dapat dijadikan satu kaedah yang lebih konvensional.

Kajian ini akan dimulakan dengan melakukan ujian ke atas komposit menggunakan satu ujian tanpa musnah iaitu ujian gelombang ultrasonik. Data yang dikumpulkan dari ujian itu akan di analisa menggunakan kaedah yang akan diperkenalkan nanti. Melalui perbandingan keputusan, kaedah yang lebih berkesan akan di pilih menjadi satu kaedah yang utama dalam pengesanan kegagalan struktur komposit.

1.2 OBJEKTIF

Objektif projek ini adalah untuk mengkaji jenis-jenis kegagalan yang berlaku pada struktur bahan komposit. Terdapat pelbagai kegagalan yang boleh berlaku pada struktur bahan komposit. Ini juga dibantu oleh komposit yang mempunyai pelbagai jenis seperti plastik, besi dan juga seramik. Dalam pada itu, kajian ini adalah bertujuan untuk memperkenalkan kaedah analisis masa, frekuensi dan masa-frekuensi dalam pengesanan kegagalan komposit. Di mana ketiga-tiga kaedah ini mempunyai kelebihan dan juga kekurangan masing-masing dalam menginterpretasi data yang diperolehi oleh ujian yang dilakukan. Di samping itu, objektif kajian ini juga ialah untuk membuktikan keberkesanan kaedah ini dalam usaha mempermudah pengesanan kegagalan komposit. Bukan sekadar dilaminasi sahaja, tapi di harap kaedah ini akan dapat membantu meringkaskan jalan kerja mengesan kegagalan komposit yang lain-lain.

1.3 SKOP KAJIAN

Kajian bagi Projek Sarjana Muda ini akan ditumpukan kepada pengesanan kegagalan struktur komposit jenis dilaminasi. Secara asasnya dilaminasi pada asasnya merupakan retakan yang bergerak pada lapisan komposit berlaminar sekaligus menyebabkan berlaku kegagalan patah Mod I (Gurdal *et al*, 1998). Dalam pengesanan kegagalan ini, kaedah analisis masa, frekuensi dan masa-frekuensi akan diperkenalkan dan digunakan untuk mengenalpasti kewujudan dilaminasi pada struktur komposit. Berdasarkan keputusan yang diperolehi dari ketiga-tiga domain analisis yang di proses dari pencerapan data, satu perbandingan visual akan dibuat bagi mengenalpasti domain yang mempunyai penunjukan kehadiran dilaminasi yang lebih jelas. Dalam pada itu juga, dengan keberkesanan kaedah ini, proses pengesanan dilaminasi struktur komposit akan dapat diringkaskan dan dipermudahkan.

1.4 PERNYATAAN MASALAH

Dilaminasi pada struktur bahan komposit kebiasaannya berlaku pada bahagian dalaman struktur komposit. Oleh itu kegagalan ini tidak dapat dilihat menggunakan mata kasar melainkan jika kita membuka struktur komposit dan melihatnya sendiri. Disebabkan itu juga, kegagalan jenis dilaminasi ini merupakan satu kegagalan yang amat merbahaya kerana kebanyakan jenis komposit yang digunakan dan menghadapi risiko kejadian dilaminasi adalah dalam sektor aeroangkasa dan juga sektor pembuatan kenderaan. Panel komposit merupakan satu kegunaan komposit yang paling popular dalam sektor pembuatan. Satu panel komposit rata mempunyai kekuatan yang tinggi dalam dua arah tegangan yang biasa, namun ia amat lemah kepada daya tekanan ricih yang merupakan kelemahan terbesar sesebuah komposit.

BAB II

KAJIAN KEPUSTAKAAN

2.0 PENGENALAN

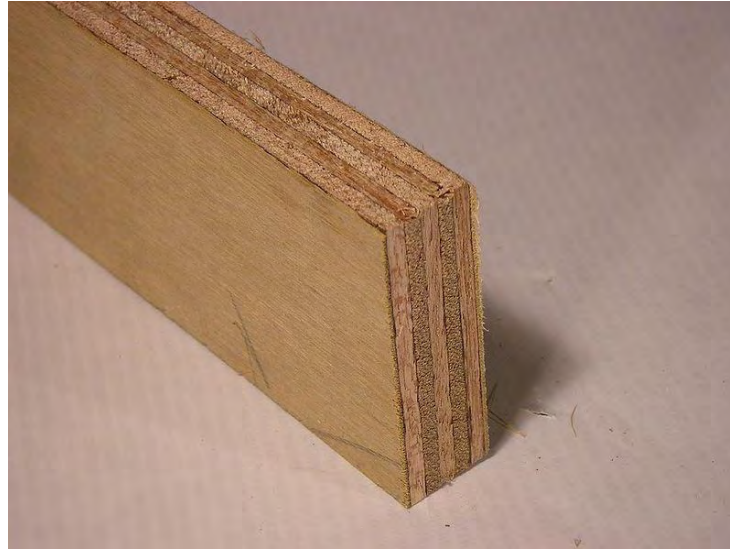
Bab ini akan membincangkan mengenai komponen-komponen keseluruhan yang terlibat di dalam kajian ini. Antaranya ialah komposit, dilaminasi, isyarat, MATLAB dan kaedah pengesanan dilaminasi. Komponen-komponen ini akan dihuraikan secara terperinci serta gambar-gambar disertakan bagi memudahkan penjelasan dan pemahaman.

2.1 KOMPOSIT

Bahan komposit atau dengan nama pendeknya komposit atau juga bahan komposisi, dijuruterakan atau terbentuk semula jadi secara semula jadi dari dua atau lebih bahan yang mempunyai ciri-ciri fizikal atau kimia yang berbeza di mana ia masih terpisah dalam skala mikroskopik atau makroskopik dalam struktur yang terbentuk (Sharma, 2000).

Sebuah contoh komposit ialah pad cakera brek, dimana ia mengandungi zarah seramik yang keras yang di ditanam kedalam matriks keluli yang lembut. Contoh yang lain dijumpai di dalam peralatan bilik mandi yang kebanyakannya dibuat daripada gentian kaca.

Kayu merupakan sebuah komposit semula jadi yang mengandungi gentian selulosa di dalam lignin matriks. Antara bahan komposit terawal dicipta ialah jerami dan lumpur digabungkan untuk menghasilkan bata untuk digunakan dalam pembinaan bangunan. Cara-cara penghasilan bata pada masa lampau masih boleh dilihat dalam lukisan-lukisan purba di Mesir.



Rajah 2.1 Papan kayu merupakan bahan komposit yang biasa dijumpai

Komposit dihasilkan daripada bahan-bahan individu. Terdapat dua kategori bahan asas komposit iaitu matriks dan tetulang. Sekurang-kurangnya satu jenis bahan daripada kedua-dua kategori diperlukan dalam penghasilan komposit. Menurut Matthews dan Rawlings (1994), bahan matriks akan menyelubungi dan menyokong bahan tetulang dengan mengekalkan posisi relatifnya manakala bahan-bahan tetulang akan menyebarkan ciri-ciri unik mekanikal dan juga fizikal untuk meningkatkan bahan matriks itu.

Kejuruteraan bahan komposit harus dibentuk. Bahan matriks boleh dicampurkan kedalam bahan tetulang sebelum atau selepas bahan tetulang itu ditempatkan kedalam rongga mol atau ke atas permukaan mol. Bahan matriks itu akan mengalami proses leburan selepas bentuk yang dikehendaki ditetapkan (Sheldon, 1982).

2.1.1 Jenis-jenis komposit berdasarkan matriks

Dalam kajian Gibson (1994), komposit terdiri daripada 3 jenis yang utama iaitu komposit bermatriks besi (Metal Matrix Composite, MMC), komposit bermatriks seramik (Ceramic Matrix Composite, CMC) dan komposit bermatriks polimer (Polymer Matrix Composite, PMC). Kesemua jenis komposit ini mempunyai sifat-sifat yang tersendiri yang bersesuaian dengan aplikasinya kelak. Jadual 2.1 menunjukkan jenis-jenis komposit dan juga beberapa aplikasinya.

Jadual 2.1 Jenis-jenis komposit dan aplikasinya

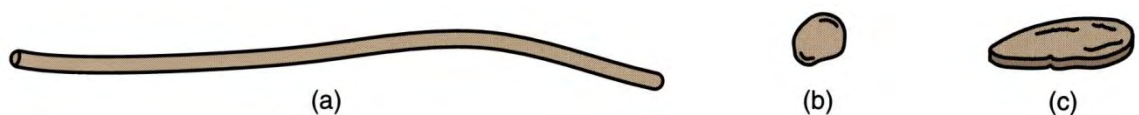
Fasa Matriks/Fasa Tetulang	Besi	Seramik	Polimer
Besi	Komponen serbuk metalurgi – menyambungkan besi yang tidak boleh disambung	Cermets (Komposit besi-seramik)	Pad brek
Seramik	Cermets, TiC, TiCN karbida tersusun – digunakan dalam peralatan besi diperkukuh gentian	Peralatan yang diperbuat daripada SiC diperkukuh Al ₂ O ₃	Gentian Kaca
Polimer			Gentian kevlar di dalam matriks epoxy
Unsur (Karbon, Boron, dll)	Besi diperkukuh gentian dan alat ganti aeroangkasa		Getah berkarbon (tayar), Plastik diperkukuh karbon
	MMC	CMC	PMC

2.1.2 Tetulang

Fungsi tetulang adalah untuk menguat dan memperkukuhkan lagi bahan matriks yang digunakan. Tetulang bertindak membawa daya beban di sepanjang gentian tetulang untuk meningkatkan kekuatan dan juga kekukuhan dalam satu arah. Tetulang juga boleh diorientasikan untuk menyediakan sifat yang direka dalam arah bebanan dalam aplikasi komposit ini. Tetulang boleh dibuat secara semula jadi dan juga buatan manusia.

Terdapat beberapa bentuk bahan tetulang yg wujud dalam penghasilan bahan komposit. Antaranya ialah:

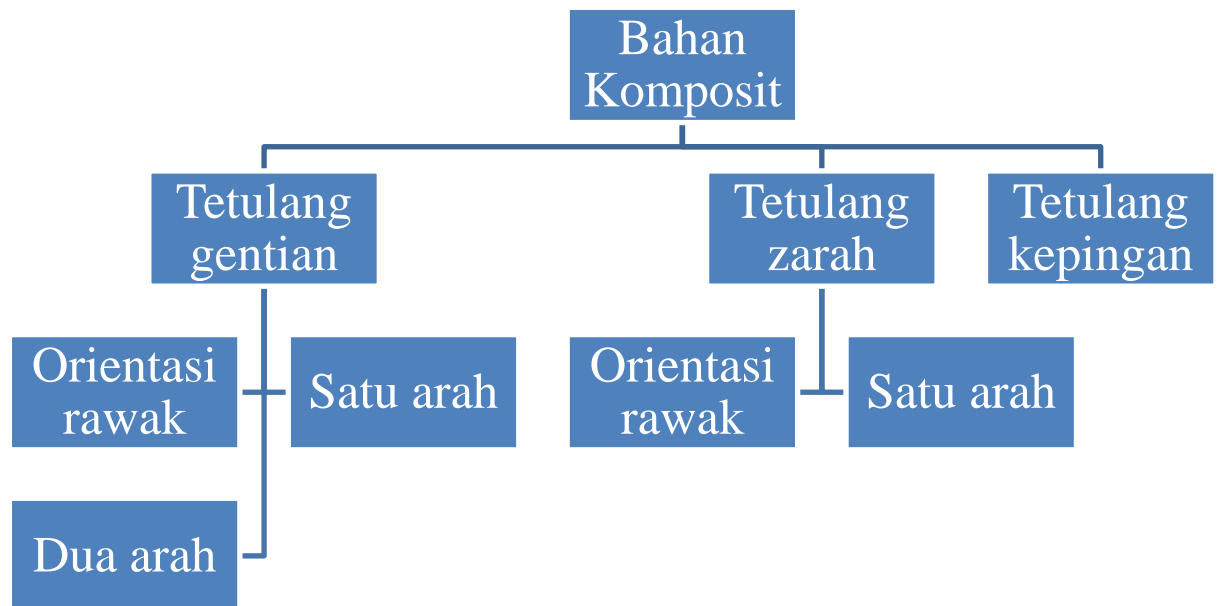
- Gentian
 - Keratan rentas tetulang gentian adalah dalam bentuk bulatan, segi empat atau heksagonal
 - Diameter tetulang gentian adalah dari 0.0001” sehingga 0.005”
 - Panjang tetulang, nisbah $L/D \leq 100$ = gentian dicincang. Jika lebih panjang dipanggil gentian selanjat
- Zarah
 - Zarah-zarah kecil yang menghalang pergerakan kehelan (di dalam komposit besi) dan memperkukuhkan matriks.
 - Bagi saiz tetulang zarah melebihi $1\mu\text{m}$, kekuatan zarah akan terlibat dalam perkongsian bebanan dengan matriks
- Kepingan
 - Bentuk platelet rata



Rajah 2.2 Bentuk-bentuk tetulang yang digunakan dalam komposit

2.1.3 Klasifikasi komposit berdasarkan geometri tetulang

Geometri tetulang pada komposit memainkan peranan yang penting terhadap penghasilan sifat-sifat unik komposit yang dibuat. Rajah 2.3 menunjukkan klasifikasi geometri tetulang. Manakala rajah 2.4 menunjukkan contoh visual geometri tetulang.



Rajah 2.3 Klasifikasi komposit berdasarkan geometri tetulang