



First Semester Examination
Academic Session 2018/2019

December 2018/January 2019

ESA323 – Aerocomposite Engineering
[Kejuruteraan Aerokomposit]

Duration : 3 hours
(Masa : 3 jam)

Please check that this examination paper consists of **FOURTEEN (14)** pages of printed material, , included **ONE (1)** page appendix and **FIVE (5)** questions before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **EMPAT BELAS (14)** mukasurat yang bercetak termasuk **SATU (1)** mukasurat lampiran dan **LIMA (5)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan ini].*

Instructions : Answer **ALL** questions.

Arahan : Jawab **SEMUA** soalan].

1. **Appendix/Lampiran** **[1 page/mukasurat]**

Student may answer the questions either in **English** or **Bahasa Malaysia**.

*[Pelajar boleh menjawab soalan dalam **Bahasa Inggeris** atau **Bahasa Malaysia**].*

Each questions must begin from a new page.

[Setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru].

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah digunakan].

You are not allowed to take the question paper from Examination Hall
[Kertas soalan ini tidak dibenarkan dibawa keluar dari Dewan Peperiksaan].

1. (a). In general, composite material is a mixture of two or more different materials. In your own words give a complete definition of composite materials.

(10 marks)

- (b). Polymer matrix composites (PMCs) have been used for many years in aerospace applications. Describe **THREE** disadvantages of utilising PMCs in these applications.

(30 marks)

- (c). Selecting the best material for an aircraft structure or engine component is an important task for the aerospace engineer. The success or failure of any new aircraft is partly dependent on using the most suitable materials. Explain why composite material is increasingly being used in aircraft?

(20 marks)

- (d). Micromechanics is one approach to analyse the mechanical behaviour of composites. It is aimed at providing an understanding of the behaviour of composites.

- (i). Describe **FIVE** assumptions of micromechanics.

(10 marks)

- (ii). List **FIVE** properties that a micromechanics model is able to estimate.

(10 marks)

- (e). During the manufacturing of a composite, voids are formed in the composite, and these can cause the theoretical density of the composite to be higher than the actual density. State the mechanical properties that will be affected when the voids contents in the composite is increased.

(20 marks)

2. (a). A high-modulus carbon fibre epoxy lamina consist of 65% fibre volume fraction. Using data given from **Table A1** in the appendix, determine:
- (i). Density of the lamina.
(5 marks)
 - (ii). Prove that the sum of mass fraction of the high modulus carbon fibre epoxy resin is equal to one.
(10 marks)
 - (iii). Volume of the composite lamina, the high modulus carbon fibre and the epoxy resin, if the mass of lamina is 4 kg.
(15 marks)
 - (iv). Mass of the fibre and matrix, respectively
(10 marks)
 - (v). Prove that the longitudinal modulus of the composite lamina is higher when compared to the transverse modulus.
(10 marks)
- (b). An E-glass/epoxy composite specimen has dimensions of 2.5 cm x 2.5 cm x 0.4 cm and a weight of 2.985 g. After 'burn-off' test is performed on the composite, the remaining E-glass fibres weigh 1.865 g.
- (i). Using **Table A1** given in the appendix, estimate the volume fractions of E-glass fibres, epoxy matrix and voids of the composite specimen.
(30 marks)
 - (ii). Suggest **ONE** application that is suitable for the composite material and justify your answer.
(20 marks)

3. Two similar composite material were submitted for evaluation as a candidate for an aerospace structure. The mechanical properties of the orthotropic composite materials are summarised in **Table 1**:

Table 1: Mechanical properties.

Properties	AS/3501 carbon/epoxy	T300/934 carbon/epoxy
E_1 (GPa)	138.0	131.0
E_2 (GPa)	9.0	10.3
G_{12} (GPa)	6.9	7.0
ν_{12}	0.3	0.22

- (a). Determine the compliance matrix of the composites.

(10 marks)

- (b). Determine the stiffness matrix of the composites.

(20 marks)

- (c). The structure will be subjected to stresses as shown in **Figure 1**.

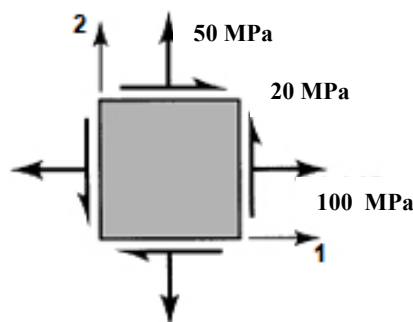


Figure 1

As the structural engineer, evaluate the submitted composite materials if the design strain limit for the composite structure under the applied load were as follows:

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \gamma_{12} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1.0 \\ 5.0 \\ 3.0 \end{Bmatrix} \times 10^{-3}$$

(70 marks)

4. (a). A generally orthotropic lamina made from E-glass/470-36 vinyl ester composite material has the strength properties listed in **Table 2** and lamina orientation $\theta = 30^\circ$.

Table 2

Properties	E-glass/470-36 vinyl ester
$S_L^{(+)}$ (MPa)	220
$S_L^{(-)}$ (MPa)	13.79
$S_T^{(+)}$ (MPa)	3.45
$S_T^{(-)}$ (MPa)	0.0127
S_{LT} (MPa)	0.0158

If the applied stresses for the lamina in the off-axis coordinate system x,y are $\sigma_x = 200$ MPa, $\sigma_y = -100$ MPa, and $\tau_{xy} = 100$ MPa, determine whether the lamina will fail or not according to the maximum stress criterion.

(30 marks)

- (b). Determine the longitudinal and transverse tensile strengths of the carbon/epoxy material described in **Table 3** if the tensile strengths of fibre and matrix materials are 2413 and 103 MPa respectively.

Table 3: Mechanical properties.

Properties	Carbon/Epoxy
E_{f1} (GPa)	220
E_{f2} (GPa)	13.79
E_m (GPa)	3.45
d (mm)	0.0127
s (mm)	0.0158
ν_f	0.51

The strain concentration factor, F can be expressed as:

$$F = \frac{1}{\left(\frac{d}{s}\right) \left[\left(\frac{E_m}{E_{f2}}\right) - 1 \right] + 1}$$

(70 marks)

5. As the material engineer for an engineering consultant, you were asked to give your recommendations for the designs of several mechanical components. These components were required to be made from composite materials. The components are:
- i. Tubes for transporting oil
 - ii. Thermoplastic preformed plates
 - iii. Aircraft floor
 - iv. Rods of uniform cross section

- (a). Identify a suitable combination of fibre and matrix for each application.

(40 marks)

- (b). Suggest and justify a suitable manufacturing method for each application.

(60 marks)

1. (a). Secara amnya, bahan komposit ialah kombinasi dua atau lebih bahan berlainan. Dengan menggunakan perkataan sendiri, berikan pengertian penuh bahan komposit.
- (10 markah)**
- (b). Polimer Matriks Komposit (PMCs) telah lama digunakan untuk aplikasi aeroangkasa. Huraikan **TIGA** kekurangan penggunaan PMCs dalam kedua-dua aplikasi tersebut.
- (30 markah)**
- (c). Pemilihan bahan terbaik struktur pesawat atau komponen enjin merupakan perkara penting bagi jurutera aeroangkasa. Keberjayaan dan kegagalan sesebuah pesawat baru bergantung kepada pemilihan bahan yang sesuai. Terangkan mengapa bahan komposit semakin banyak digunakan dalam pembuatan pesawat.
- (20 markah)**
- (d). Mekanikmikro merupakan satu pendekatan dalam menganalisa sifat-sifat komposit. Ia disasarkan bagi memberi pemahaman tentang sifat-sifat komposit.
- (i). Huraikan **LIMA** andaian mekanikmikro.
- (10 markah)**
- (ii). Senaraikan **LIMA** sifat mekanikal yang boleh dianggarkan dengan menggunakan mekanikmikro.
- (10 markah)**
- (e). Dalam proses pembuatan komposit, lompong-lompong telah terbentuk di dalam komposit dan ini menyebabkan nilai ketumpatan teori komposit lebih tinggi daripada nilai ketumpatan sebenar. Senaraikan sifat-sifat mekanikal yang akan dipengaruhi dengan pertambahan lompong di dalam komposit.
- (20 markah)**

2. (a). Sebuah gentian karbon epoksi modulus-tinggi mengandungi 65% pecahan isipadu gentian. Dengan menggunakan data daripada **Jadual A1** dalam lampiran, tentukan:
- (i). Ketumpatan lamina.
(5 markah)
- (ii). Buktikan jumlah pecahan jisim gentian karbon epoksi modulus-tinggi adalah satu.
(10 markah)
- (iii). Isipadu lamina komposit, gentian karbon modulus-tinggi dan resin epoksi sekiranya jisim lamina 4 kg.
(15 markah)
- (iv). Jisim gentian dan matriks.
(10 markah)
- (v). Buktikan, modulus membujur bagi lamina komposit adalah lebih tinggi berbanding modulus melintang.
(10 markah)
- (b). Satu spesimen komposit E-kaca/epoksi bersaiz 2.5 cm x 2.5 cm x 0.4 cm mempunyai berat 2.985 g. Setelah "burn-off" dijalankan keatas komposit, lebihan gentian E-kaca adalah seberat 1.865 g.
- (i). Berdasarkan **Jadual A1** dalam lampiran, anggarkan pecahan isipadu gentian E-kaca, matriks epoksi dan lompong dalam spesimen komposit.
(30 markah)

- (ii). Cadangkan **SATU** penggunaan yang bersesuaian dengan bahan komposit tersebut dan berikan justifikasi kepada cadangan anda.

(20 markah)

3. Dua bahan komposit yang serupa telah dihantar untuk penilaian sebagai calon untuk sebuah struktur aeroangkasa. Sifat-sifat bahan komposit ortotrop tersebut telah dirumuskan dalam **Jadual 1**.

Jadual 1: Sifat-sifat mekanikal.

Sifat	AS/3501 karbon/epoksi	T300/934 karbon/epoksi
E_1 (GPa)	138.0	131.0
E_2 (GPa)	9.0	10.3
G_{12} (GPa)	6.9	7.0
ν_{12}	0.3	0.22

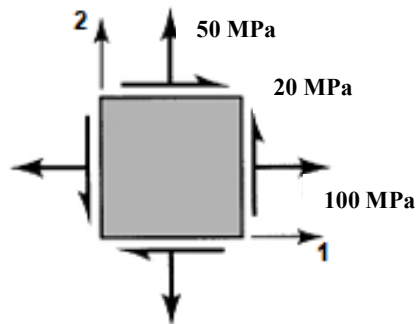
- (a). Tentukan matriks patuhan untuk bahan-bahan komposit tersebut.

(10 markah)

- (b). Tentukan matriks kekukuhan untuk bahan-bahan komposit tersebut.

(20 markah)

- (c). Struktur tersebut akan dikenakan tegasan seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 1**.



Rajah 1

Sebagai jurutera struktur, nilaikan bahan-bahan komposit yang dihantar sekiranya had terikan rekabentuk struktur komposit tersebut adalah seperti berikut:

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \gamma_{12} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1.0 \\ 5.0 \\ 3.0 \end{Bmatrix} \times 10^{-3}$$

(70 markah)

4. (a). Sebuah lamina ortotrop yang lazimnya diperbuat daripada bahan komposit E- glass/470-36 vinil ester memiliki kekuatan bahan seperti yang dipamerkan dalam **Jadual 2** dan lamina ini berorientasi $\theta = 30^\circ$.

Jadual 2

Sifat	E-glass/470-36 vinil ester
$S_L^{(+)}$ (MPa)	220
$S_L^{(-)}$ (MPa)	13.79
$S_T^{(+)}$ (MPa)	3.45
$S_T^{(-)}$ (MPa)	0.0127
S_{LT} (MPa)	0.0158

Sekiranya tegasan yang dikenakan pada lamina tersebut pada koordinat sistem luar-satah x,y adalah $\sigma_x = 200$ MPa, $\sigma_y = -100$ MPa, dan $\tau_{xy} = 100$ MPa, tentukan sama ada lamina tersebut akan gagal atau tidak berdasarkan kriteria tegasan maksimum.

(30 markah)

- (b). Tentukan kekuatan tegangan membujur dan melintang bahan karbon/epoksi yang diberikan dalam **Jadual 3** sekiranya kekuatan tegasan bahan gentian dan matriks adalah masing-masing 2413 dan 103 MPa.

Jadual 3: Sifat-sifat mekanikal.

Sifat	Karbon/Epoksi
E_{f1} (GPa)	220
E_{f2} (GPa)	13.79
E_m (GPa)	3.45
d (mm)	0.0127
s (mm)	0.0158
v_f	0.51

Faktor tumpuan terikan, F boleh ditunjukkan sebagai:

$$F = \frac{1}{\left(\frac{d}{s}\right) \left[\left(\frac{E_m}{E_{f2}}\right) - 1 \right] + 1}$$

(70 markah)

5. Sebagai jurutera bahan untuk sebuah konsultasi kejuruteraan, kamu telah diminta untuk memberikan cadangan untuk rekacipta beberapa komponen mekanikal. Komponen-komponen ini perlu diperbuat daripada bahan komposit. Komponen-komponen tersebut ialah:

- i. Tuib pengangkut minyak
- ii. Plat termoplastik prabentuk
- iii. Lantai pesawat terbang
- iv. Rod berkeratan rentas seragam

(a). Kenalpasti kombinasi gentian dan matriks yang sesuai untuk setiap aplikasi.

(40 markah)

(b). Berikan satu cadangan berserta alasan berkenaan kaedah pembuatan yang sesuai untuk setiap aplikasi.

(60 markah)

Appendix / Lampiran

$$V_f + V_m + V_v = 1$$

$$\rho_c = \rho_f V_f + \rho_m V_m$$

$$\frac{1}{\rho_c} = \frac{W_f}{\rho_f} + \frac{W_m}{\rho_m}$$

$$E_1 = E_f V_f + E_m V_m$$

$$\frac{1}{E_2} = \frac{V_f}{E_f} + \frac{V_m}{E_m}$$

$$\frac{1}{G_{12}} = \frac{V_f}{G_f} + \frac{V_m}{G_m}$$

Table A1/Jadual A1: Fibres and Matrix Properties

	Young's Modulus (GPa)	Tensile Strength (MPa)	Poisson's Ratio	Specific Gravity
High-modulus carbon fibres	400	1900	0.2	2.00
High-strength carbon fibres	200	2600	0.2	1.70
S-glass fibres	88	3400	0.2	2.49
E-glass fibres	72	2400	0.2	2.54
Kevlar fibres	130	2800	-	1.44
Boron fibres	420	3500	-	2.5
Epoxy fibres	3.0	85	0.37	1.2