

**PART A / BAHAGIAN A**

- (1). (a). Describe the important of fatigue crack growth behaviour of rubber in designing the rubber compound for Rubber Bridge bearing application.

*Terangkan kepentingan kelakuan perambatan retak fatig getah dalam merekabentuk sebatian getah bagi aplikasi gelas jambatan.*

(12 marks/markah)

- (b). A laminated rubber bearing with measuring of 75 mm x 40 mm x 12 mm (length x width x thickness) consists of 10 multiple rubber layer each bonded to a steel plate with the following properties:

*Satu gelas getah berlamina dengan ukuran 75 mm x 40 mm x 12 mm (panjang x lebar x tebal) terdiri daripada 10 lapisan getah yang setiap satu terikat pada plat keluli dengan sifat-sifat yang berikut:*

Young Modulus  $E_o = 1.9 \text{ MN/m}^2$   
*Modulus Young*

Compressive strain  $e_c = 10\%$   
*Terikan mampatan*

Crack growth percycle  $dC/dN = 100 \text{ nm/cycle}$   
*Perkitaran perambatan retak*

Stored energy density  $U = 0.5 E_c e_c^2$   
*Ketumpatan tenaga tersimpan*

- (i). Calculate the minimum fatigue life of the rubber bearing, if failure occurs when a crack reaches a size of 0.1m.

*Kirakan minimum hayat fatig gelas getah, jika kegagalan berlaku apabila retak mencapai saiz 0.1 m.*

- (ii). If the rubber bearing is produced based on Natural Rubber (NR), explain its fatigue life behavior compared to Styrene Butadiene Rubber (SBR).

*Jika gelas getah dihasilkan berasaskan getah asli (NR), terangkan kelakuan fatignya berbanding getah styrene butediena (SBR).*

(13 marks/markah)

- (2). (a). A company facing excessive vibration and high noise level with their generator as shown in Figure 1. The key issue is how to reduce the vibration and direct sound produced by the machinery itself. Identify the mentioned key issues in the system and propose a method to reduce the vibration and noise from the equipment.

*Sebuah syarikat mengalami masalah gegaran dan kebisingan melampau dengan penjana seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1. Isu utama adalah bagaimana untuk mengurangkan gegaran dan bunyi yang dihasilkan oleh jentera itu. Kenal pasti isu utama yang disebutkan dalam sistem dan cadangkan kaedah untuk mengurangkan gegaran dan bunyi bising daripada peralatan itu.*



Figure 1: A vibrating and noisy generator

*Rajah 1: Mesin penjana yang bergetar dan bising*

(12 marks/markah)

- (b) Briefly describe two commonly used rubber fender systems and compare the advantages and disadvantages of the rubber fenders to absorb impact force during collision between fenders and vessel.

*Terangkan secara ringkas dua sistem fender getah yang biasa digunakan dan bandingkan kelebihan dan kekurangan fender getah untuk menyerap daya impak semasa perlanggaran antara fender dan kapal.*

*(7 marks/markah)*

- (c) Explain functions of tire as a part of automobile and discuss three different frictional forces generated during driving on smooth, rough and sharpened road surface.

*Terangkan fungsi tayar sebagai sebahagian daripada bahagian kereta dan bincangkan tiga daya geseran yang berbeza yang dijana semasa memandu di permukaan jalan yang licin, kasar dan tajam*

*(6 marks/markah)*

**PART B / BAHAGIAN B**

- (3). A rectangular rubber block bearing, with measuring of 140 mm x 60 mm x 15 mm (length x width x thickness), have the following rubber properties:

*Satu segiempat tepat blok galas getah dengan ukuran 140 mm x 60 mm x 15 mm (panjang x lebar x tebal), mempunyai sifat-sifat getah seperti berikut:*

Young's modulus / <i>Modulus Young</i>	= 2.13 MN/m <sup>2</sup>
Shear modulus / <i>Modulus ricih</i>	= 0.62 MN/m <sup>2</sup>
Bulk modulus / <i>Modulus pukal</i>	= 1007 MN/m <sup>2</sup>
Correction factor / <i>Faktor pembetulan</i>	= 0.73

- (a). Calculate compression spring rate, shear spring rates and the ratio of  $K_c/K_s$  of the laminated rubber bearing with 10 equal thickness sections by rigid shims.

*Kirakan kadar mampatan spring, kadar ricihan spring dan nisbah  $K_c/K_s$  untuk galas getah terlamnasi dengan 10 bahagian yang mempunyai ketebalan yang sama oleh kepipis tegar.*

(15 marks/markah)

- (b). Explain the influence of "compression and shear" and "instability and buckling" on the design of rubber bearing in (a).

*Terangkan pengaruh "mampatan dan ricih" dan "ketidakstabilan dan lengkakan" pada rekabentuk galas getah di (a).*

(10 marks/markah)

- (4). A circular disc rubber bearing with measuring diameter of 640 mm and thickness 16 mm have the following rubber properties:

*Satu disk bulat gelas getah dengan ukuran diameter 640 mm dan ketebalan 16 mm diperbuat daripada getah yang mempunyai sifat-sifat getah seperti berikut:*

Young's modulus / <i>Modulus Young</i>	= 5.72 MN/m <sup>2</sup>
Shear modulus / <i>Modulus ricih</i>	= 1.34 MN/m <sup>2</sup>
Bulk modulus / <i>Modulus pukal</i>	= 1179 MN/m <sup>2</sup>
Correction factor / <i>Faktor pembedulan</i>	= 0.54

- (a). Calculate compression and shear spring rates and the ratio of  $K_c/K_s$  of the laminated rubber bearing with 8 equal thickness sections by rigid shims.

*Kirakan kadar mampatan spring dan kadar ricihan spring dan nisbah  $K_c/K_s$  untuk gelas getah terlaminasi dengan 8 bahagian yang mempunyai ketebalan yang sama oleh kepipis tegar.*

*(15 marks/markah)*

- (b) Explain briefly the influenced of the Payne's effect, Mullin's effect and shape factor in designing rubber for bridge bearing application.

*Terangkan dengan ringkas kesan pengaruh Payne, Pengaruh Mullin dan faktor bentuk dalam merekabentuk getah untuk aplikasi gelas jambatan.*

*(10 marks/markah)*

**PART C / BAHAGIAN C**

- (5). (a) Define viscoelastic properties of rubber materials using Kelvin Voight and Maxwell models.

*Takrifkan sifat viskoelastik bahan getah menggunakan model Kelvin Voight dan Maxwell*

(5 marks/markah)

- (b). Measuring sinusoidal response under forced vibration is the most commonly used technique by far due to this type of excitation being the easiest to instrument and the frequency and amplitude at which the test is performed can be selected to simulate the type of service anticipated.

*Mengukur tindak balas sinusoidal di bawah getaran dipaksa adalah teknik yang paling biasa digunakan setakat ini kerana pengujaan jenis ini adalah yang paling mudah untuk instrumen dan kekerapan dan amplitud ujian boleh dipilih untuk mensimulasikan jenis perkhidmatan yang dijangka.*

- (i). Sketch idealized cyclic stress-strain curve for elastic, viscous and viscoelastic materials.

*Lakarkan kitaran lengkung tegasan-terikan untuk bahan elastik, likat dan viskoelastik.*

(10 marks/markah)

- (ii). Identify the phase angle,  $\delta$  and derive the complex modulus  $E^*$  and tangent of the phase angle  $\delta$  ( $\tan \delta$ ) from viscoelastic cyclic stress-strain curve.

*Kenal pasti sudut fasa,  $\delta$  dan terbitkan modulus kompleks  $E^*$  dan tangen daripada sudut fasa  $\delta$  ( $\tan \delta$ ) daripada lengkung tegasan terikan kitaran viskoelastik*

(10 marks/markah)

- (6). (a) Figure 2 shows vibration transmissibility versus vibration frequency ratio for materials with different  $\tan \delta$  values. Discuss correlation between  $\tan \delta$  values and transmissibility behaviour of the vibrating system

*Rajah 2 menunjukkan getaran transmisibiliti melawan nisbah frekuensi getaran bagi bahan dengan nilai  $\tan \delta$  yang berbeza. Bincangkan korelasi antara nilai  $\tan \delta$  dan tingkah laku transmisibiliti sistem getar tersebut*

(10 marks/markah)

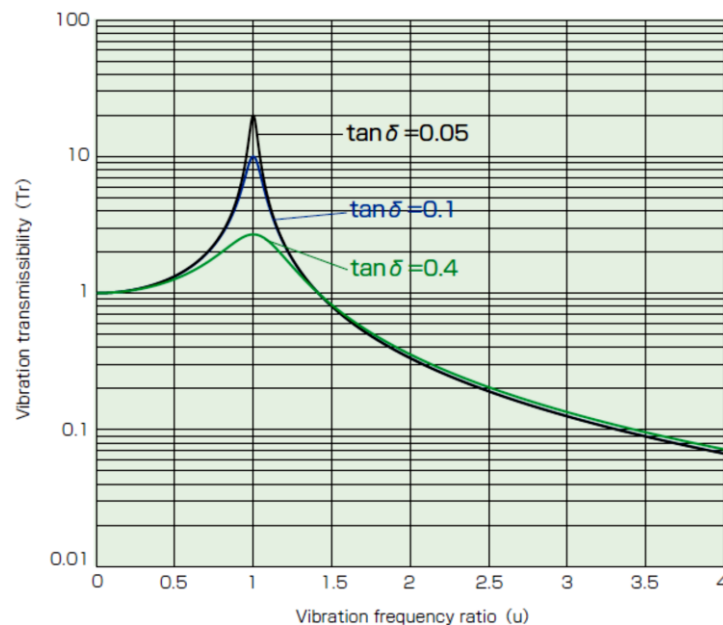


Figure 2: Transmissibility of materials with different  $\tan \delta$  values

*Rajah 2: Transmisibiliti bagi bahan dengan nilai  $\tan \delta$  yang berbeza.*



- (b) A machine is subjected to harmonic force of 47.5 mm amplitude distance that remains constant. The machine is connected to a rigid base with a rubber mounting that capable to reduce the amplitude distance by 35%. Calculate transmissibility of the anti-vibration rubber mounts.

*Mesin dikenakan daya harmonik dengan jarak amplitud 47.5 mm yang tetap. Mesin disambungkan ke tapak rigid dengan perendam getah yang mampu mengurangkan jarak amplitud sebanyak 35%. Kira transmissibiliti getah perendam gegaran tersebut.*

(5 marks/markah)

- (c). Using appropriate damping models, express viscous damping and interfacial damping mechanisms of a bridge bearing under shear deformation and suggest how to obtain total damping capacity of the materials.

*Dengan menggunakan model redaman yang sesuai, terangkan mekanisma redaman likat dan redaman antaramuka untuk galas jambatan di bawah ubah bentuk ricih dan cadangkan bagaimana untuk mendapatkan jumlah keseluruhan kapasiti redaman bahan tersebut.*

(10 marks/markah)

-oooOooo-