
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
2011/2012 Academic Session

June 2012

EMM 342/3 – Noise & Vibration
[Hingar & Getaran]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please check that this paper contains **ELEVEN (11)** printed pages, **FOUR (4)** pages appendix and **SIX (6)** questions before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **SEBELAS (11)** mukasurat bercetak, **EMPAT (4)** mukasurat lampiran dan **ENAM (6)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan.]*

Appendix/Lampiran :

- | | |
|--|--------------------|
| 1. Fundamental Equations in Vibration
<i>Persamaan Asas Getaran</i> | [1 page/mukasurat] |
| 2. Sound Pressure Level
<i>Paras Tekanan Bunyi</i> | [1 page/mukasurat] |
| 3. Equal Loudness Curve
<i>Lengkungan Sama Nyaring</i> | [1 page/mukasurat] |
| 4. Energy Attenuation Constant for Air
<i>Pengecilan Pekali Tenaga Bagi Udara</i> | [1 page/mukasurat] |

INSTRUCTIONS : Answer **ALL** questions.

ARAHAN : Jawab **SEMUA** soalan.]

Answer to each question must begin from a new page.

[Jawapan untuk 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 diguna pakai.]

Q1. [a] By using your own words, briefly explain the following questions:

- (i) What is the significance of the natural frequency of a system?**
- (ii) Can a damping factor be more than one?**
- (iii) Consider TWO (2) pendulums with exactly the same length and mass. Pendulum A oscillates in air, while Pendulum B oscillates in water. Assuming there is no excitation force, explain briefly why the two pendulums in these different media do not oscillate with the same frequency.**

Jawab soalan-soalan berikut secara RINGKAS:

- (i) Apakah kepentingan-kepentingan frekuensi tabii sesuatu sistem?*
- (ii) Bolehkah nisbah redaman mempunyai nilai lebih daripada satu?*
- (iii) Perhatikan DUA (2) bandul yang mempunyai panjang dan jisim yang sama. Bandul A berayun di dalam udara, manakala bandul B berayun di dalam air. Dengan mengandaikan tiada daya yang dikenakan, terangkan secara ringkas mengapa kedua-dua bandul di dalam medium ini tidak berayun pada frekuensi yang sama.*

(30 marks/markah)

[b] Consider a diving board as shown in Figure Q1[b]. When a 60kg diver stands at the end of the board, the maximum displacement of the board is 5 cm. The length of the board is 2 m. Assume damping ratio, $\zeta = 0.01$.

- (i) Derive and express the natural frequency of the diver-board system in terms of the static maximum displacement of the board.**
- (ii) Sketch and label the mass-spring-damper system of the problem and its Free Body Diagram. State your assumptions in setting up the model.**
- (iii) Suppose the diver bounces once while remaining on the board, express the equation of motion and find the response of the vibration of the diving board. State your assumptions for solving this problem.**
- (iv) Explain how the diver can lift off the diving board as high as she can.**

Pertimbangkan sebuah papan junam yang tertera di dalam Rajah S1[b]. Apabila seorang penjunam berdiri di hujung papan itu, anjakan papan ialah 5 cm. Panjang papan ialah 2 m. Anggapkan nisbah redaman sebanyak 0.01.

- (i) Terbitkan dan nyatakan frekuensi tabii sistem penjunam-papan dari segi anjakan statik maksima papan itu.
- (ii) Lakarkan dan labelkan sistem jisim-pegas-peredam bagi masalah di atas beserta rajah jasad bebas. Nyatakan andaian-andaian yang anda gunakan bagi menetapkan model ini.
- (iii) Andaikan penjunam melompat dan tetap berada di atas papan. Nyatakan persamaan gerakan dan tentukan tindak balas getaran papan. Nyatakan andaian-andaian anda di dalam menyelesaikan masalah ini.
- (iv) Terangkan bagaimana penjunam boleh melompat dari papan junam itu setinggi-tinggi yang dia mampu.



Figure Q1[b]
Rajah S1[b]

(70 marks/markah)

Q2. [a] With the aid of sketches, explain the following questions:

- (i) Explain the differences between the force transmissibility due to unbalanced mass and the force transmissibility due to base excitation.
- (ii) Consider the motor with an unbalanced mass on the beam in the DVA project. Explain whether the force transmitted to the base of the frame decreases with the addition of damping.

Jawab soalan-soalan berikut dengan perkataan serta dengan bantuan lakaran:

- (i) Terangkan perbezaan-perbezaan di antara kebolehpindahan daya oleh jisim tak seimbang dan kebolehpindahan daya oleh ransangan tapak .
- (ii) Perhatikan motor dengan jisim tak seimbang yang digunakan di dalam projek DVA. Terangkan adakah daya yang terhantar ke tapak rangka itu berkurang dengan penambahan redaman.

(40 marks/markah)

[b] Consider an offshore oil rig to which its columns are continuously subjected to sea waves as shown in Figure Q2[b]. You are required to model the problem as a 1-DOF vibration system. Assume:

- the mass of the rig is 1×10^6 kg
 - the equivalent stiffness of the columns as 90 MN/m;
 - the sea waves have 1 Hz frequency and 1 m amplitude.
- (i) Assuming the system is underdamped, draw appropriate FBD of the system.
- (ii) Based on your FBD, prove that the equation of motion of the oil rig is:

$$\ddot{x} + 2\zeta\omega_n\dot{x} + \omega_n^2 = Y(\omega_n^2 \cos \omega t - 2\zeta\omega_n\omega \sin \omega t)$$
- (iii) Express the horizontal harmonic displacement of the rig in terms of the amplitude Y and the radial frequency of the wave ω .
- (iv) Assuming no damping, determine the magnitude of the force of the sea waves that is transmitted to the oil rig.

Pertimbangkan sebuah pelantar minyak luar pantai di mana tiang-tiangnya mengalami daya ombak laut seperti yang tertera di dalam Rajah S2[b]. Anda dikehendaki membina model sistem getaran 1-DOF bagi masalah ini. Andaikan

- jisim pelantar ialah 1×10^6 kg
 - tegasan setara tiang-tiang ialah 90 MN/m
 - ombak laut mempunyai 1 Hz frekuensi dan 1 m amplitud.
- (i) Dengan menganggap sistem ini kurang redam, lakarkan rajah jasad bebas yang sesuai baginya.
- (ii) Berdasarkan rajah bebas di atas, buktikan persamaan gerakan pelantar ialah:

$$\ddot{x} + 2\zeta\omega_n\dot{x} + \omega_n^2 = Y(\omega_n^2 \cos \omega t - 2\zeta\omega_n\omega \sin \omega t)$$
- (iii) Tentukan anjakan mengufuk harmonik lantai yang dinyatakan dengan amplitud Y dan frekuensi sudut ω .
- (iv) Dengan menganggap tiada redaman, tentukan magnitud daya ombak laut yang terhantar ke pelantar minyak.

-5-

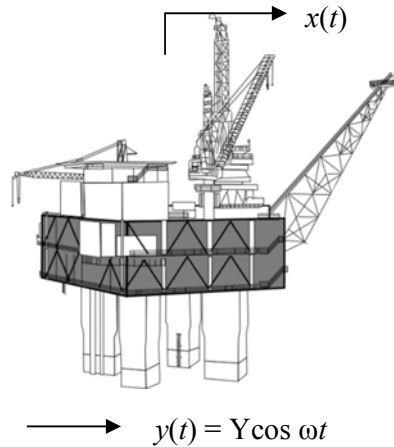


Figure Q2[b].
Rajah S2[b].

(60 marks/markah)

Q3. [a] Provide BRIEF answers in words to the following questions:

- (i) What is a principal mode of vibration?
- (ii) How many principal modes of vibration does a FOUR (4) DOF system have?
- (iii) What is the significance of a frequency equation?

Jawab soalan-soalan berikut dengan perkataan serta dengan secara RINGKAS:

- (i) Apakah mod prinsipal getaran?
- (ii) Berapakah mod prinsipal yang terkandung di dalam sistem EMPAT (4) darjah kebebasan?
- (iii) Apakah kepentingan persamaan frekuensi?

(30 marks/markah)

[b] Consider the system shown in Figure Q3[b], where $m = 2$ kg, $k = 3$ N/m.

- (i) Sketch the free body diagrams of the two masses.
- (ii) Determine the equations of motions for the two masses as a matrix equation with K and M matrices.
- (iii) Derive the characteristic equation of the system by setting it as an eigenvalue problem.
- (iv) Solve the above problem and use the results to sketch the principal modes of the vibration.

Pertimbangkan sistem seperti yang ditunjukkan di dalam Rajah S3[b], di mana $m = 2 \text{ kg}$, $k = 3 \text{ N/m}$.

- (i) Lukis rajah jasad bebas bagi kedua-dua jisim.
- (ii) Tentukan persamaan-persamaan pergerakan bagi kedua-dua jisim sebagai persamaan matriks dengan matriks-matriks $\mathbf{K}$ dan $\mathbf{M}$.
- (iii) Terbitkan persamaan ciri sistem dengan cara menyelesaikan melalui permasalahan nilai eigen.
- (iv) Selesaikan masalah di atas dan gunakan keputusannya untuk melakarkan bentuk-bentuk mod getaran.

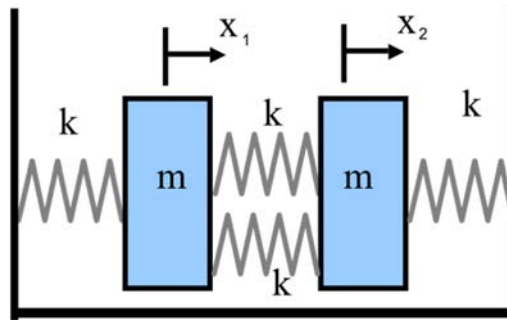


Figure Q3[b]
Rajah S3[b]

(50 marks/markah)

- [c] If a force $F = 10\cos\omega t$ [N] is applied to the left mass of the above problem, determine the vibration responses of the masses in terms of k , m , and ω .

Jika daya $F = 10\cos\omega t$ [N] dikenakan ke atas jisim kiri di dalam masalah di atas, tentukan tindak balas getaran jisim-jisim itu yang dinyatakan dengan k , m , dan ω .

(20 marks/markah)

Q4. [a] Define the following terms:

- (i) longitudinal waves
- (ii) threshold of hearing
- (iii) threshold of pain

Takrifkan yang berikut:

- (i) gelombang mendatar
- (ii) aras pendengaran
- (iii) aras kesakitan

(30 marks/markah)

- [b] Determine the effective sound pressure for the complex wave below.**

Tentukan tekanan bunyi efektif bagi gelombang kompleks di bawah.

$$p_1 = 20 \sin(2t)$$

$$p_2 = 10 \sin(3t)$$

$$p_3 = 50 \sin(5t)$$

(20 marks/markah)

- [c] (i) Explain the difference between specific acoustic impedance, z and characteristic impedance, ρc .**

- (ii) In what condition specific acoustic impedance is equal to characteristic impedance?**

- (iii) If $(\rho c)_{air} = 415 \text{ MKS rayls}$ and $(\rho c)_{steel} = 3.95 \times 10^7 \text{ MKS rayls}$, compare the speed of sound in both media.**

- (i) Terangkan perbezaan antara impedans akustik khas, z dengan ciri impedans, ρc .*

- (ii) Dalam keadaan apakah impedans akustik sama dengan ciri impedans?*

- (iii) Jika $(\rho c)_{air} = 415 \text{ MKS rayls}$ dan $(\rho c)_{steel} = 3.95 \times 10^7 \text{ MKS rayls}$, bandingkan laju bunyi bagi kedua-dua medium.*

(50 marks/markah)

- Q5. [a] An example of typical noise level is shown in Appendix 2. Calculate the different of SPL for noise level in the library and pneumatic drilling.**

Contoh aras bunyi ditunjukkan dalam Lampiran 2. Kirakan perbezaan paras tekanan bunyi, SPL untuk paras bunyi dalam perpustakaan dan penggerudian pneumatik.

(10 marks/markah)

- [b] A sound source is located at a room corner (where 2 walls and 1 floor meet), and the sound source radiates sound into space with 1 watts of power at frequency of 1000 Hz. Calculate**

- (i) the sound power level,**
- (ii) acoustics intensity,**
- (iii) intensity level,**
- (iv) sound pressure level**

at radial distance of 10 m from the source. Assume that the air is at 20° C and 1 atm.

Sumber bunyi terletak pada sudut bilik (pertemuan 2 dinding dan lantai), dan ia menyebarkan bunyi ke dalam ruang dengan kuasa 1 watts pada frekuensi 1000 Hz. Tentukan,

- (i) paras kuasa bunyi*
- (ii) keamatan akustik*
- (iii) paras keamatan*
- (iv) paras tekanan bunyi*

pada jarak jejari 10 m dari sumber. Anggap udara pada 20° C dan tekanan 1 atm.

(40 marks/markah)

- [c] Explain the relation between hearing sensitivity and sound frequencies based on equal loudness curves in Appendix 3.**

Huraikan hubungan antara kepekaan pendengaran dan frekuensi bunyi berdasarkan lengkungan sama kenyaringan pada Lampiran 3.

(20 marks/markah)

- [d] An example of typical noise level measurement is shown in Figure Q5[d]. Determine and sketch the sound wave of 25 and 125 Hz for 0.04 s elapsed time.

Contoh pengukuran aras bunyi ditunjukkan dalam Rajah S5[d]. Tentu dan lakarkan gelombang bunyi berfrekuensi 25 dan 125 Hz bagi tempoh 0.04 saat.

(30 marks/markah)

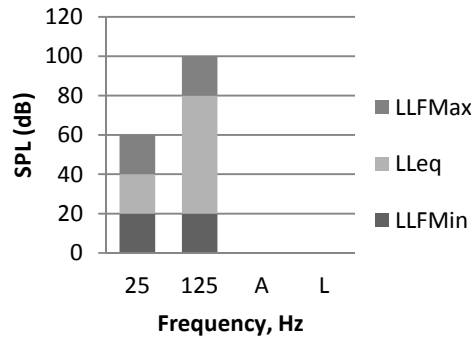
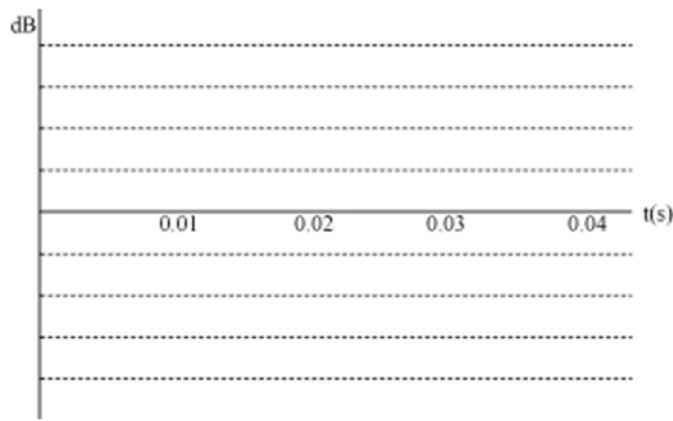


Figure Q5[d]: A Sample of Noise Measurement

Rajah S5[d]: Contoh Pengukuran Hingar



(Using the above layout, sketch your answer in the answer script)

- Q6. [a]** The reverberation time at room temperature is related to room dimensions (V) and the total absorption (A) by simple expression, $T = \frac{0.161 \times V}{A}$. To account for the inherent absorption of sound due to the air in a room, explain the modification of the equation and compare the reverberation time when the relative humidity is 30%. See Appendix 4.

Masa gema pada suhu bilik dikaitkan dengan dimensi ruang (V) dan jumlah penyerapan (A) dengan ungkapan mudah, $T = \frac{0.161 \times V}{A}$. Dengan mengambil kira penyerapan bunyi terwujud dalam udara di dalam ruang, terangkan ubahsuai terhadap persamaan tersebut dan bandingkan masa gema bagi kelembapan relatif 30%. Lihat Lampiran 4.

(40 marks/markah)

[b] The Figures Q6[b] show the result of sound measurements of a rotating motor in a room.

- (i) Determine the sound pressure level at a point due to the rotating motor only.**
- (ii) By comparing the acoustics correction carried out using material A and B as listed in Table Q6[b], evaluate the suitability of the room for lecture.**

Table Q6[b]: Sound absorption coefficients of material A and B.

Jadual S6[b]: Pekali penyerapan bunyi bahan A dan B

Material (Frequency, Hz)	Absorption Coefficient					
	125	250	500	1000	2000	4000
A: 3/16 inch plywood, 2 inch air space	0.38	0.24	0.17	0.10	0.08	0.05
B: Ceiling absorber, 1 inch thick porous material	0.10	0.29	0.62	1.12	1.33	1.38

Rajah-raja S6[b] menunjukkan keputusan pengukuran bunyi bagi putaran motor dalam sebuah bilik.

- (i) Tentukan paras tekanan bunyi pada suatu titik yang disebabkan oleh putaran motor sahaja.*
- (ii) Dengan membandingkan pembetulan akustik yang dilakukan menggunakan bahan A atau B seperti disenaraikan dalam Jadual S6[b], nilaikan kesesuaian bilik tersebut untuk kuliah.*

(60 marks/markah)

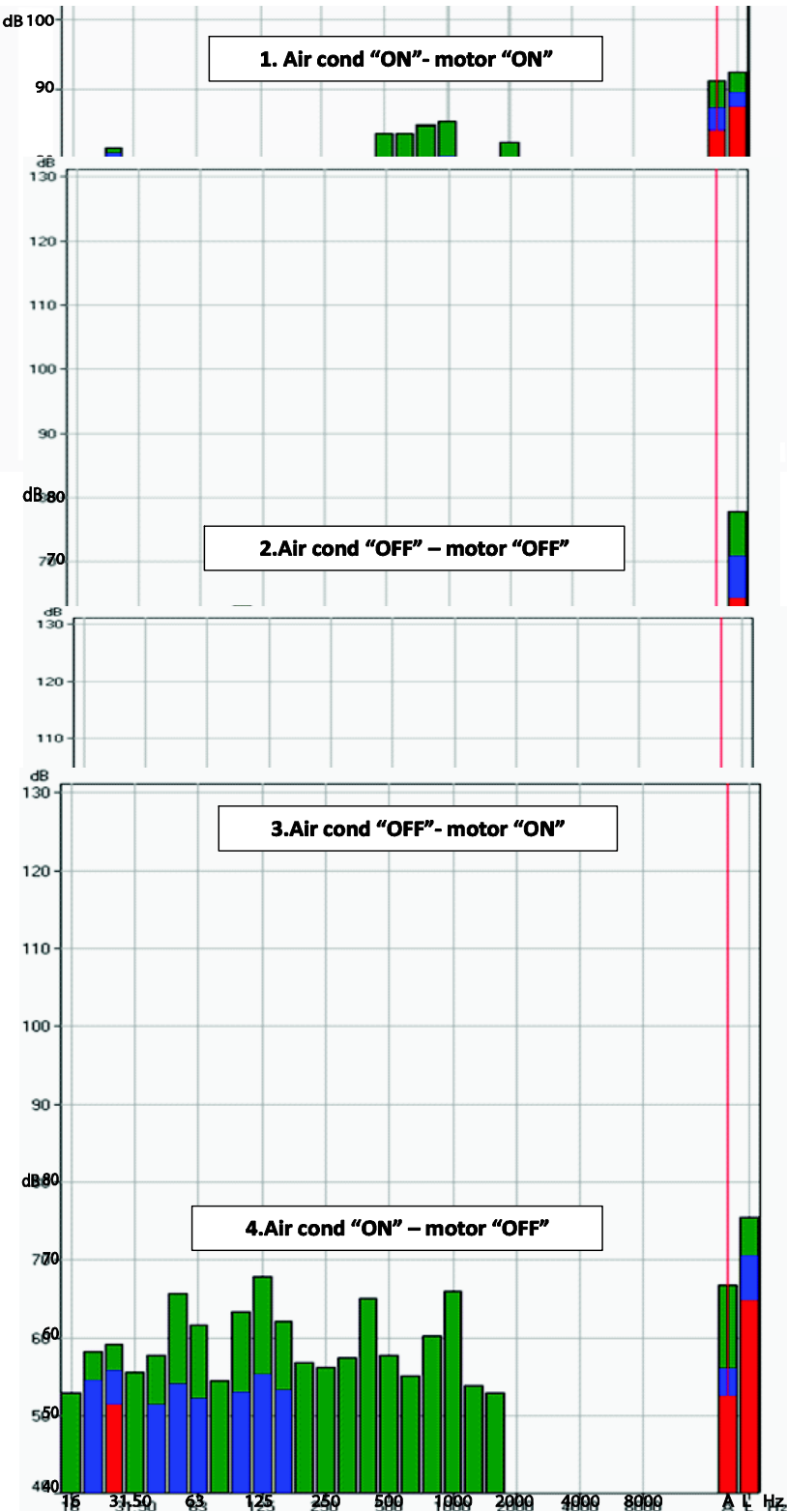


Figure Q6[b]
Rajah S6[b]