
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
2015/2016 Academic Session

June 2016

EAS454 – Advanced Structural Engineering
[Kejuruteraan Struktur Lanjutan]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please check that this examination paper consists of **SEVENTEEN (17)** pages of printed material including **ONE (1)** appendix before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **TUJUH BELAS (17)** muka surat bercetak termasuk **SATU (1)** lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

Instructions: This paper contains **SEVEN (7)** questions. Answer **FIVE (5)** questions. All questions carry the same marks.

*[Arahan: Kertas ini mengandungi **TUJUH (7)** soalan. Jawab **LIMA (5)** soalan. Semua soalan membawa jumlah markah yang sama.]*

You may answer the question either in Bahasa Malaysia or English.

[Anda dibenarkan menjawab soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.]

All questions **MUST BE** answered on a new sheet.

*[Semua jawapan **MESTILAH** dijawab pada muka surat baru.]*

Write the answered question numbers on the cover sheet of the answer script.

[Tuliskan nombor soalan yang dijawab di luar kulit buku jawapan anda.]

1. [a] Mass, stiffness and damping are three dynamic parameters that affect the vibration characteristics of structures. Assume three single degree of freedom systems consisting the same mass and stiffness but different damping properties as follows:

- [i] Undamped system,
- [ii] Damped system with 5% damping, and
- [iii] Damped system with 10% damping

Sketch the free vibration response of these systems that are subjected to the same initial conditions in the same diagram. Comment the responses of these systems.

Jisim, kekakuan dan redaman merupakan tiga parameter dinamik yang mempengaruhi ciri getaran struktur. Andaikan tiga sistem darjah kebebasan tunggal yang mempunyai jisim dan kekakuan yang sama tetapi sifat peredaman yang berlainan seperti berikut:

- [i] Sistem tanpa redaman,*
- [ii] Sistem teredam dengan 5 % redaman, dan*
- [iii] Sistem teredam dengan 10 % redaman.*

Lakarkan sambutan getaran bebas bagi sistem ini yang dikenakan keadaan permulaan yang sama dalam gambarajah yang sama. Komen sambutan sistem ini.

[6 marks/markah]

- [b] The displacement response of a damped single degree of freedom system under free vibration is given by

$$u(t) = e^{-\xi\omega_n t} \left[u(0) \cos \omega_D t + \frac{\dot{u}(0) + \xi\omega_n u(0)}{\omega_D} \sin \omega_D t \right]$$

where,

ξ is the damping ratio,

ω_n is the natural circular frequency of undamped system,

ω_D is the natural circular frequency of damped system,

$u(0)$ is the initial displacement, and

$\dot{u}(0)$ is the initial velocity.

If the system is disturbed from its equilibrium position with the initial displacement of 10 cm and initial velocity of 50 mm/s, determine :

- [i] the natural period of undamped vibration,
- [ii] the natural frequency of damped vibration f in Hertz,
- [iii] the logarithmic decrement, δ , if the amplitude of vibration after two complete cycles is 1.486 cm,
- [iv] the damping ratio, ξ ,
- [v] the number of cycles required for the displacement amplitude to decrease to 5 mm,
and
- [vi] the displacement and velocity at $t = 5$ seconds.

Given the mass is 5 kg, $k = 20$ N/m and $c = 3$ N.s/m.

Sambutan anjakan sebuah sistem teredam darjah kebebasan tunggal di bawah getaran bebas ialah

$$u(t) = e^{-\xi\omega_n t} \left[u(0) \cos \omega_D t + \frac{\dot{u}(0) + \xi\omega_n u(0)}{\omega_D} \sin \omega_D t \right]$$

iaitu,

ξ ialah nisbah peredaman,

ω_n ialah frekuensi membulat tabii sistem tanpa redaman,

ω_D ialah frekuensi membulat tabii sistem teredam,

$u(0)$ ialah anjakan permulaan, dan

$\dot{u}(0)$ ialah halaju permulaan

Sistem ini diganggu daripada kedudukan keseimbangan dengan anjakan permulaan 10 cm dan halaju permulaan 50 mm/s, tentukan:

- [i] kala tabii getaran tanpa redaman,*
- [ii] frekuensi tabii getaran, f dalam unit Hertz,*
- [iii] anjakan logaritmik, δ , jika amplitud getaran selepas dua kitaran lengkap ialah 1.486 cm,*
- [iv] nisbah redaman, ξ ,*
- [v] bilangan kitaran diperlukan untuk amplitud anjakan dikurangkan ke 5 mm, dan*
- [vi] anjakan dan halaju pada masa $t = 5$ saat.*

Diberikan jisim m ialah 5 kg, $k = 20$ N/m, $c = 3$ N.s/m,

[14 marks/markah]

2. [a] **Figure 1(a)** shows a rectangular reinforced concrete slab carrying an ultimate load of 15 kN/m² over its complete area. It is known that yield line method is the most appropriate method in analyzing the ultimate moment resistance. Concrete cracking and reinforcement yielding will first appear at the high stressed zone due to increasing load. Along with the increase of load, plastic hinge will develop and the subsequent loads will be spreaded out to the other regions of the slab. Propose the probable yield line pattern of the slab and compute the required value of the moment parameter, m .

***Rajah 1(a)** menunjukkan sebuah lantai konkrit bertetulang segiempat tepat yang membawa beban muktamad sebesar 15 kN/m² merentasi keseluruhan kawasan. Kaedah garis alah dikenali sebagai kaedah yang paling sesuai untuk menganalisis beban rintangan muktamad. Keretakan dan alahan tetulang akan mula berlaku pada zon yang mempunyai tegasan yang tinggi. Sepanjang peningkatan beban, engsel plastik terbentuk dan beban berikutnya akan terserak ke kawasan lain pada lantai. Cadangkan corak garis alah lantai yang mungkin berlaku dan kirakan nilai paramater momen, m .*

[10 marks/markah]

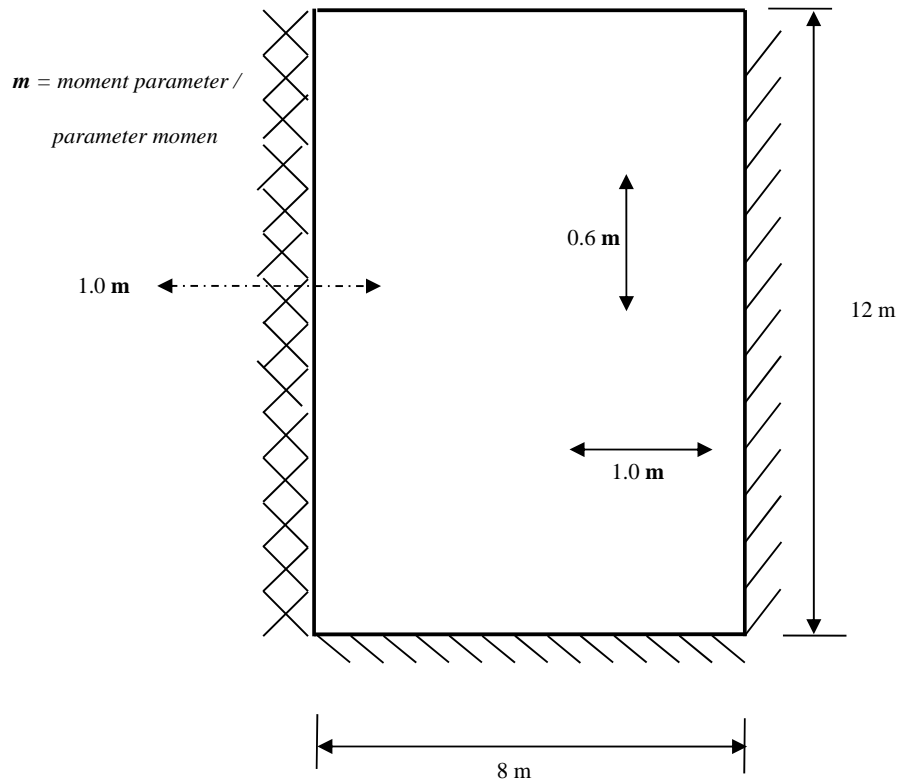


Figure 1(a) / Rajah 1(a)

- [b] If a quarter of the slab is reduced to introduce opening as shown in **Figure 1(b)**, determine the corresponding required value of the moment parameter, m .

*Jika seperempat daripada lantai dikurangkan untuk memberi bukaan seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 1(b)**, tentukan nilai parameter momen, m .*

[10 marks/markah]

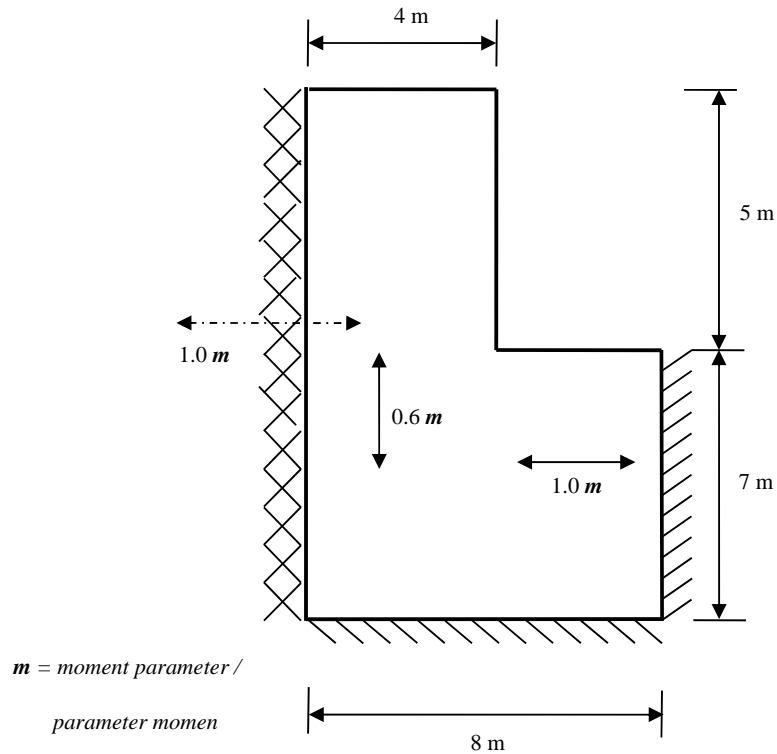


Figure 1(b) / Rajah 1(b)

3. [a] For the prismatic bar shown in **Figure 2(a)**, derive the following equation:

Untuk bar prismatik seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 2(a)**, terbitkan persamaan di bawah :

$$F = \frac{EA}{L} \delta$$

given L : length, E : elastic modulus, A : cross-sectional area, δ : axial elongation of the bar and F : load acting at the free end of the bar.

diberi L :panjang, E :modulus keanjalan, A :luas keratan, δ pemanjangan paksi bar dan F :beban yang bertindak pada hujung bebas bar.

[3 marks/markah]



Figure 2(a) / Rajah 2(a)

- [b] The stepped beam as shown in **Figure 2(b)** is made of portions 1-2 and 2-3 with moment of inertias of $2EI$ and EI , respectively. Both supports at joint 1 and 3 are of fixed type. A spring with spring constant, k is attached to the beam at joint 2. The beam is loaded with a concentrated load, P and a concentrated moment, M at joint 2 together with a uniformly distributed load, w along portion 1-2.

*Rasuk pelbagai keratan seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 2 (b)** terdiri daripada bahagian 1-2 and 2-3 yang mempunyai masing-masing momen sifatekun $2EI$ dan EI . Kedua-dua penyokong pada sambungan 1 dan 3 adalah jenis tegar. Satu pegas dengan pemalar pegas, k disambung kepada rasuk pada sambungan 2. Rasuk berkaitan dibebankan dengan satu beban tertumpu, P dan satu momen tertumpu, M pada sambungan 2 bersama dengan beban teragih seragam, w di sepanjang bahagian 1-2.*

Using matrix method of analysis, assemble :

Dengan menggunakan kaedah matriks, bentukkan :

- [i] the structure stiffness matrix \mathbf{K} .
matrik kekukuhan struktur \mathbf{K}
- [ii] the global load vector \mathbf{F} .
vektor beban global \mathbf{F}

[11 marks/markah]

Use element connectivity data as given in **Table 1 / Jadual 1**

Gunakan maklumat sambungan elemen seperti yang diberikan dalam **Jadual 1**

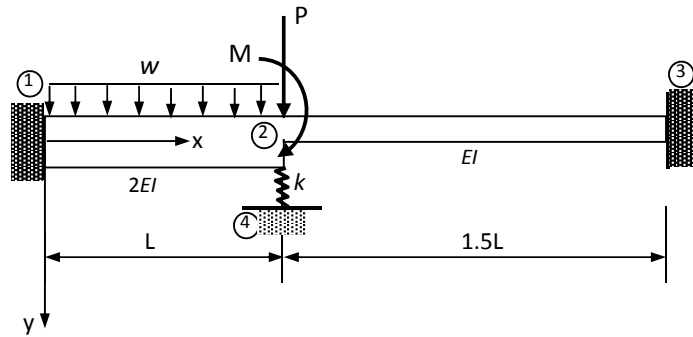


Figure 2(b) / Rajah 2(b)

Table 1/ Jadual 1

Element	node i	node j
<1>	1	2
<2>	2	3
<3>	2	4

[c] For the modified beam as shown in **Figure 2(c)** where joint 2 has been changed to a roller support, determine rotation at joint 2. It is given that $L = 6$ m, $EI = 150$ MNm², $k = 20$ MN/m, $P = 100$ kN, $M = 45$ kNm and $w = 6.5$ kN/m.

Untuk rasuk yang telah diubahsuai seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 2(c)** di mana sambungan 2 telah ditukar kepada jenis penyokong rola, tentukan putaran pada sambungan 2. Diberi bahawa $L = 6\text{ m}$, $EI = 150\text{ MNm}^2$, $k = 20\text{ MN/m}$, $P = 100\text{ kN}$, $M = 45\text{ kNm}$ dan $w = 6.5\text{ kN/m}$.

[6 marks/markah]

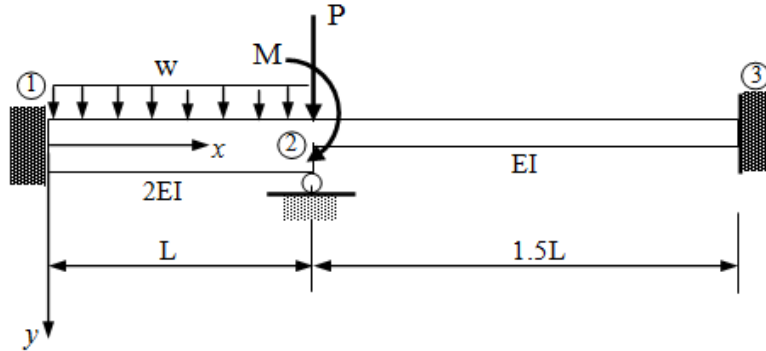


Figure 2(c) / Rajah 2(c)

4. [a] Earthquake is one of the major disasters in the world. Briefly explain **THREE (3)** effects caused by earthquake to civil engineering structures.

*Gempa bumi merupakan salah satu bencana utama di dunia. Terangkan secara ringkas **TIGA (3)** kesan akibat daripada gempa bumi ke atas struktur kejuruteraan awam.*

[6 marks/markah]

- [b] A 7-storey reinforced concrete ordinary moment resisting framed building as shown in **Figure 3** will be constructed on a piece of land characterized by high intensity earthquakes with a surface wave magnitude larger than 5.5. The ground is categorized as soil type C. The dead load of this residential building is 20 kN/m for the roof level and 30 kN/m for the other floor levels. The building has 5 % damping, behaviour factor (q) equals to 3.9 and subjected to peak ground acceleration of 0.12 g.

*Sebuah bangunan berkerangka konkrit bertetulang merintang momen biasa seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 3** akan dibina di atas sebidang tanah bercirikan gempa bumi keamatan tinggi dengan magnitud gelombang permukaan melebihi 5.5. Tapak ini dikategorikan sebagai jenis tanah C. Beban mati di tingkat bumbung ialah 20 kN/m dan di tingkat lantai lain ialah 30 kN/m untuk bangunan kediaman ini. Bangunan mempunyai 5 % peredaman, faktor kelakuan (q) bersamaan 3.9 dan dikenakan pecutan tanah puncak sebanyak 0.12 g.*

Using the lateral force method in EC8,

Dengan menggunakan kaedah beban sisi dalam EC8,

- [i] determine the seismic base shear.

tentukan ricih tapak seismik.

- [ii] distribute the seismic base shear over the height of the building and sketch the seismic loading acting on the building in a diagram.

Agihkan ricih tapak seismik ke seluruh ketinggian bangunan dan lakarkan beban gempa bumi yang dikenakan ke atas bangunan dalam satu gambarajah.

[14 marks/markah]

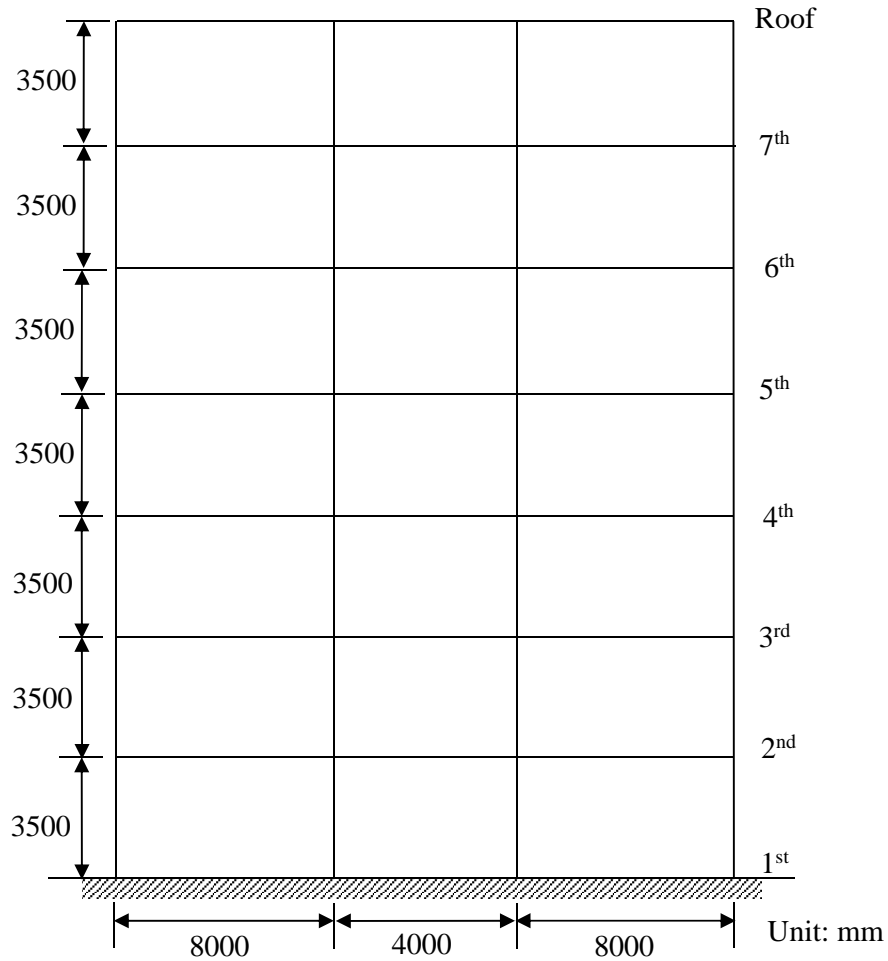


Figure 3 / Rajah 3

5. [a] Damages to structures due to strong wind is increasing in recent years. Define the positive and negative pressures that may build up surrounding a building due to the wind loads.

Kerosakan disebabkan oleh beban angin telah meningkat dalam beberapa tahun kebelakangan ini. Nyatakan definisi tekanan positif dan negatif yang kemungkinan akan terbentuk di sekeliling bangunan disebabkan oleh beban angin.

[4 marks/markah]

- [b] A ten storey RC building as shown in **Figure 4** is situated in Petaling Jaya with terrain category 2 according to MS1553 (2002). The inter-storey height is 3 m and the total height of the building is 30 m. Estimate the value of the design wind pressure on the wind ward direction at the top floor of the building according to MS1553 (2002). Indicate all the assumed values used in the calculations. Design data can be extracted from MS1553 (2002).

*Sebuah bangunan konkrit bertetulang 10 tingkat di Petaling Jaya seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 4** berada dalam kategori rupa bumi 2 berdasarkan kod piawaian MS1553 (2002). Ketinggian antara tingkat ialah 3 m dan ketinggian keseluruhan bangunan ialah 30 m. Anggarkan nilai tekanan angin rekabentuk di permukaan arah angin di paras atas bangunan berdasarkan MS1553 (2002). Nyatakan semua nilai anggapan yang digunakan dalam pengiraan. Data rekabentuk boleh diperolehi daripada MS1553 (2002).*

[10 marks/markah]

- [c] The building is also equipped with a signboard of 15 m x 2 m on the windward surface as shown in **Figure 4**. Assume that it is a cladding element, calculate the maximum pressure experienced by the signboard.

*Bangunan tersebut juga dilengkapi dengan papan tanda berukuran 15m x 2 m dalam arah angin, seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 4**. Anggap ia sebagai elemen pelapis, kira nilai tekanan maksima yang dialami oleh papan tanda tersebut.*

[4 marks/markah]

- [d] If the wind direction is rotated to 90° from the existing direction, what will happen to the estimated value of the design wind pressure in part (b) in accordance to MS1553 (2002)?

Sekiranya arah angin diputarkan sejumlah 90^0 dari arah asal, apakah yang akan berlaku kepada nilai tekanan angin rekabentuk di bahagian (b) berdasarkan MS1553 (2002)?

[2 marks/markah]

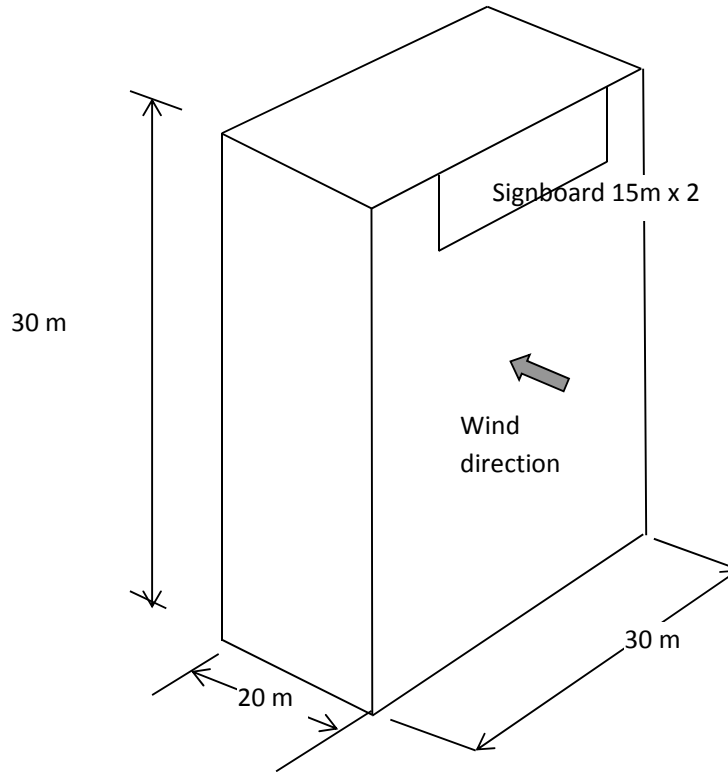


Figure 4 / Rajah 4

6. [a] [i] State **THREE (3)** important roles of floor systems in a tall building design.

*Nyatakan **TIGA (3)** peranan utama sistem papak dalam rekabentuk bangunan tinggi.*

- [ii] State **THREE (3)** advantages of using Braced Frame and Infilled Frame structures in the design of a high-rise building.

Nyatakan **TIGA (3)** kelebihan sistem struktur kerangka dirembat dan struktur kerangka sisip dalam rekabentuk bangunan tinggi.

[6 marks/markah]

- [b] A 15-storey rigid frames as shown in **Figure 5** is subjected to wind pressure of 1.5 kN/m^2 throughout the height. The typical storey height is 3 m, giving a total height of 45 m. The frames are spaced at 7 m. Determine the member forces and moments at the top floor using Cantilever Method and at the 13th floor using Portal Method.

*Kerangka tegar setinggi 15 tingkat dikenakan beban angin dengan tekanan sebanyak 1.5 kN/m^2 sepanjang ketinggian bangunan seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 5**. Ketinggian antara tingkat ialah 3 m dengan jumlah keseluruhan 45 m dan kerangka direntangkan sepanjang 7 m. Kira nilai daya anggota dan momen di tingkat teratas menggunakan Kaedah Julur dan aras 13 dengan menggunakan Kaedah Portal.*

[14 marks/markah]

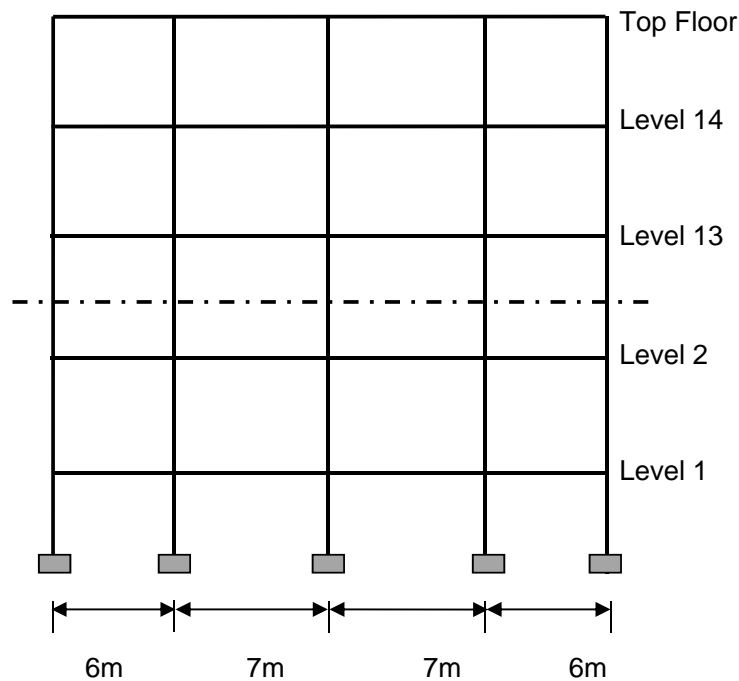


Figure 5 / Rajah 5

7. [a] Assemble the element stiffness matrices and global matrix for the four springs element assembly which is loaded with forces F_1 dan F_2 , and constrained at node no 4 and 5 in terms of k , u and F as shown in **Figure 6**.

*Bentukkan matrik kekakuan elemen dan matrik global untuk sambungan empat elemen pegas yang dikenakan daya F_1 dan F_2 , dan dikekang di nod nombor 4 dan 5 dalam sebutan k , u dan F seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 6**.*

[5 marks/markah]

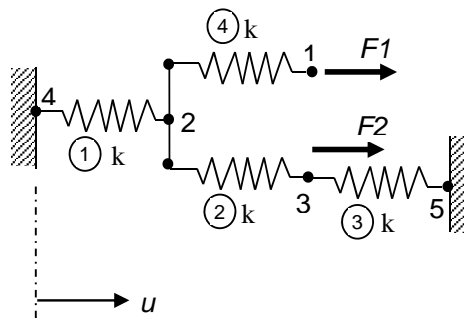


Figure 6 / Rajah 6

- [b] Assemble the element stiffness matrices and global matrix for the two bars assembly which is loaded with force $10P$ at node 2 as shown in **Figure 7**. The bar is constrained at end B and free at end A with a gap of Δ at end A. Given the value of $P = 60\text{kN}$, $E = 20\text{ kN/mm}^2$, $L = 200\text{ mm}$, $A = 250\text{ mm}^2$ and $\Delta = 1.2\text{ mm}$, determine :

*Bentukkan matrik kekakuan elemen dan matrik global untuk sambungan bar yang dikenakan daya $10P$ di nod nombor 2 seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 7**. Penghujung bar B dikekang dan hujung A adalah bebas dengan ruang Δ . Diberi nilai $P = 60\text{ kN}$, $E = 20\text{ kN/mm}^2$, $L = 200\text{ mm}$, $A = 250\text{ mm}^2$ dan $\Delta = 1.2\text{ mm}$, tentukan:*

- [i] the displacements at node 1, 2 and 3

anjakan di nod 1, 2 dan 3

- [ii] the support reaction forces at A

daya tindakbalas di penyokong A

[15 marks/*markah*]

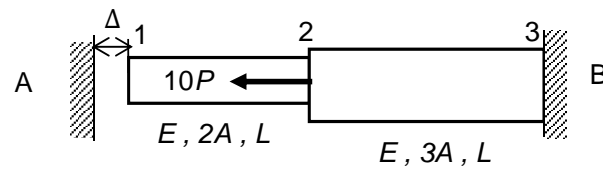
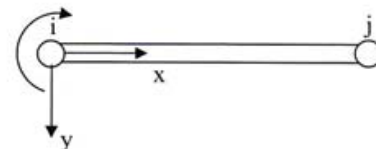


Figure 7 / Rajah 7

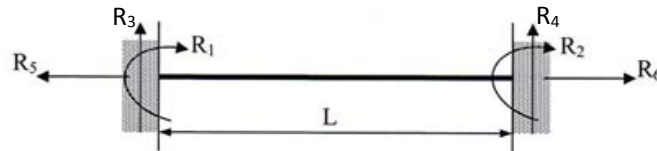
APPENDIX / LAMPIRAN

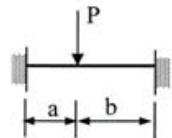
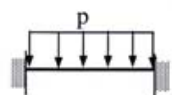
a. Element stiffness matrix of a beam element :

$$k = EI_z \begin{bmatrix} \frac{12}{L^3} & \frac{6}{L^2} & -\frac{12}{L^3} & \frac{6}{L^2} \\ \frac{6}{L^2} & \frac{4}{L} & -\frac{6}{L^2} & \frac{2}{L} \\ -\frac{12}{L^3} & -\frac{6}{L^2} & \frac{12}{L^3} & -\frac{6}{L^2} \\ \frac{6}{L^2} & \frac{2}{L} & -\frac{6}{L^2} & \frac{4}{L} \end{bmatrix}$$


where E : modulus of elasticity , I_z : moment of inertia of section with respect to z-axis (an axis pointing towards the plane of the paper) and L : length of element

b. Fixed end forces



Type of loading	Moments	Vertical forces	Horizontal forces
	$R_1 = -Pab^2/L^2$ $R_2 = Pa^2b/L^2$	$R_3 = Pb(L^2+ab-a^2)/L^3$ $R_4 = Pa(L^2+ab-b^2)/L^3$	$R_5 = 0$ $R_6 = 0$
	$R_1 = -pL^2/12$ $R_2 = pL^2/12$	$R_3 = pL/2$ $R_4 = pL/2$	$R_5 = 0$ $R_6 = 0$

-oooOOOooo-