
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
2013/2014 Academic Session

June 2014

EAS 454/4 – Advanced Structural Engineering [Kejuruteraan Struktur Lanjutan]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please check that this examination paper consists of **FOURTEEN (14)** pages of printed material including **ONE (1)** appendix before you begin the examination.

[*Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **EMPAT BELAS (14)** muka surat yang bercetak termasuk **SATU (1)** lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan ini.*]

Instructions: This paper contains **SEVEN (7)** questions. Answer **FIVE (5)** questions.

Arahan : Kertas ini mengandungi **TUJUH (7)** soalan. Jawab **LIMA (5)** soalan.]

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

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

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

[*Sekiranya terdapat percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai.*]

1. (a) By using an example of dynamic load, explain the dynamic response of the structure subjected to dynamic load and the importance of carrying out dynamic analysis for the structure.

Dengan menggunakan satu contoh beban dinamik, jelaskan tindakbalas dinamik struktur dikenakan beban tersebut dan kepentingan melakukan analisis dinamik untuk struktur tersebut.

[5 marks/markah]

- (b) A vibration control device consists of a spring and viscous damper is connected to a single degree-of-freedom system as shown in **Figure 1**. Formulate the equation of motion for the system. E and I are the modulus of elasticity and moment of inertia, respectively.

*Satu alat pengawal gegaran yang terdiri daripada spring dan peredam likat disambungkan ke satu sistem satu darjah kebebasan seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 1**. Terbitkan persamaan gerakan untuk sistem ini. E dan I ialah modulus keanjalan dan momen sifat tekun.*

[3 marks/markah]

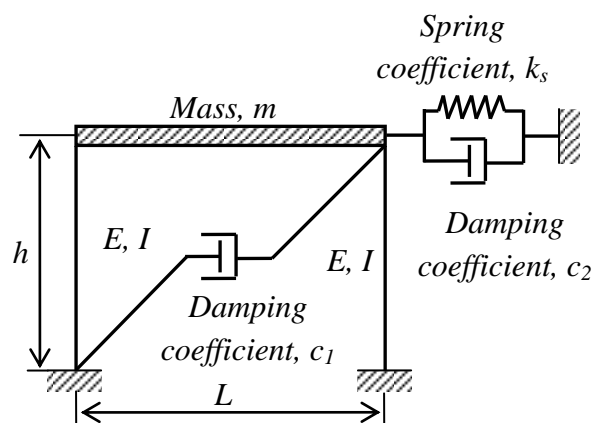


Figure 1 / *Rajah 1*

- (c) The system is disturbed from its equilibrium position with the initial displacement of 5 cm and initial velocity of 10 cm/s. Using the following given data where the mass of girder is 3 MN, $E = 200$ GPa, $I = 100 \times 10^6$ mm⁴, $h = 3.5$ m, $L = 10$ m, $k_s = 300$ kN/m, $c_2 = 15$ kN.s/m and neglecting the mass of two supporting columns, determine:
- the natural frequency of vibration f in Hertz,
 - the logarithmic decrement, δ , if the amplitude of vibration after three complete cycles is 4 cm,
 - the damping ratio, ξ ,
 - the damping coefficient, c_1 , and
 - the displacement and velocity at $t = 3$ seconds.

Sketch the displacement response of the system. Indicate the values of initial displacement, displacements after three complete cycles and at 3 seconds with their corresponding times in the sketch.

Sistem ini diganggu daripada kedudukan keseimbangan dengan anjakan permulaan 5 cm dan halaju permulaan 10 cm/s. Diberikan jisim galang ialah 3 MN, $E = 200$ GPa, $I = 100 \times 10^6$ mm⁴, $h = 3.5$ m, $L = 10$ m, $k_s = 300$ kN/m, $c_2 = 15$ kN.s/m dan abaikan jisim kedua-dua tiang sokongan, tentukan:

- Frekuensi tabii getaran f dalam unit Hertz,*
- Anjakan logaritmik, δ , jika amplitud gegaran selepas tiga kitaran lengkap ialah 4 cm,*
- Nisbah redaman, ξ ,*
- Pemalar redaman, c_1 , dan*
- Anjakan dan halaju pada masa $t = 3$ saat.*

Lakarkan sambutan anjakan sistem ini. Tunjukkan nilai anjakan permulaan, selepas tiga kitaran lengkap dan pada masa 3 saat dengan masa berkenaan dalam lakaran.

[12 marks/markah]

2. (a) With the help of sketch(es), explain briefly **TWO (2)** types of plan structural irregularities and **TWO (2)** types of vertical structural irregularities.

Dengan bantuan lakaran, jelaskan secara ringkas DUA (2) jenis ketaksekataan pelan struktur dan DUA (2) jenis ketaksekataan tegak struktur

[8 marks/markah]

- (b) A steel framed building as shown in **Figure 2** will be constructed on a piece of land in Nibong Tebal (Seismic Zone 2A). Seismic source is located more than 50 km away from the site. The ground is categorized as soil type S_D based on Uniform Building Code (UBC) classification. The dead load is 25 kN/m for the roof level and 40 kN/m for the floor level.

Using the relevant sections of the UBC 1997,

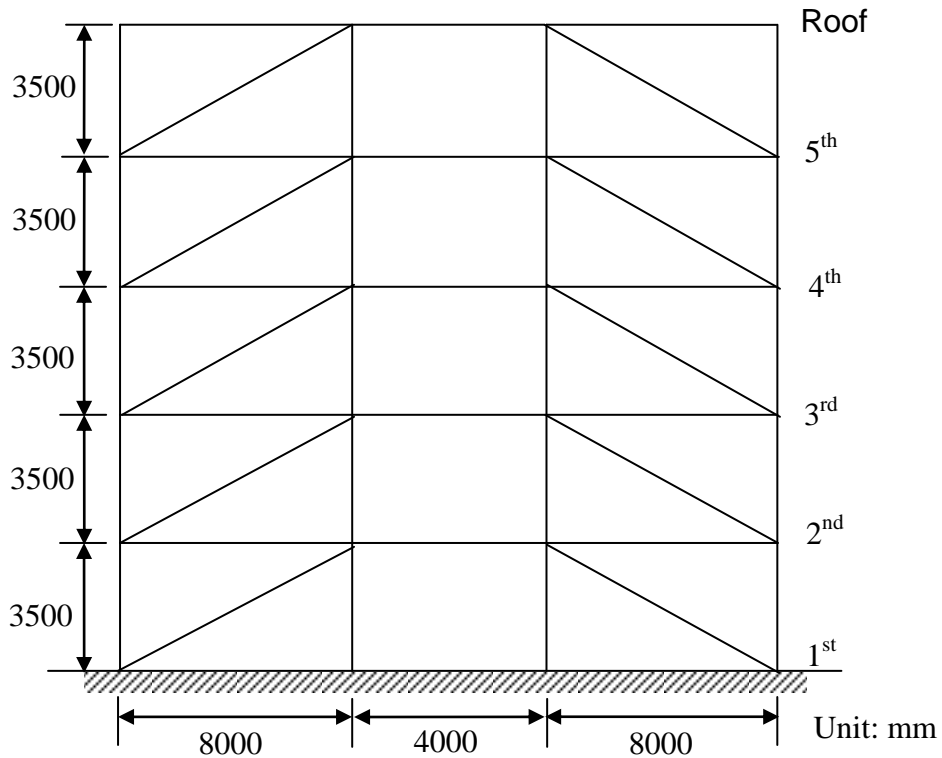
- i) Determine the seismic base shear.
- ii) Distribute the seismic base shear over the height of the building and sketch the seismic loading acting on the building on a diagram.

*Sebuah bangunan kerangka keluli seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 2** akan dibinakan di atas sebidang tanah di Nibong Tebal (Zon Seismik 2A). Sumber seismik berada lebih daripada 50 km dari tapak. Tapak ini dikategorikan sebagai jenis tanah S_D mengikut pengelasan Kod Bangunan Seragam (UBC). Beban mati di tingkat bumbung ialah 25 kN/m dan di tingkat lantai lain ialah 40 kN/m.*

Gunakan bahagian-bahagian dalam UBC 1997 yang berkaitan,

- i) Tentukan ricih tapak seismik.*
- ii) Agihkan ricih tapak seismik ke seluruh ketinggian bangunan dan lakarkan beban gempa bumi yang dikenakan ke atas bangunan dalam satu gambarajah.*

[12 marks/markah]

Figure 2 / *Rajah 2*

3. (a) State the **THREE (3)** basic relations needed for solving completely a structural mechanics problems. Using the three basic relations, derive the following equation for the prismatic bar shown in **Figure 3**:

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

where 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.

*Nyatakan **TIGA (3)** hubungan asas yang diperlukan untuk penyelesaian sepenuhnya masalah mekanik struktur. Dengan menggunakan tiga hubungan asas berkaitan, terbitkan persamaan di bawah untuk masalah bar prismatic seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 3**:*

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

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

[4 marks/markah]

...6/-

Figure 3 / *Rajah 3*

- (b) **Figure 4** shows a step beam with moment of inertia of $3EI$ and EI for portions 1-2 and 2-3, respectively. Both supports at joint 1 and 3 are of fixed types. A spring with spring constant k is attached to the beam at joint 2. The beam is loaded with a concentrated load P and concentrated couple M at joint 2 and a uniformly distributed load w along portion 1-2.

Using matrix method of analysis:

- i) Assemble the structure stiffness matrix \mathbf{K} .
- ii) Obtain the global load vector \mathbf{F} .

Use element connectivity data as given in **Table 1**.

If the support condition of the beam is modified as shown in **Figure 5** where joint 2 has been changed to a roller support, evaluate the reaction at support 1 and 3. Use $L = 6$ m, $EI_z = 175 \text{ MNm}^2$ and $k = 12.5 \times 10^2 \text{ kN/m}$

***Rajah 4** menunjukkan satu rasuk pelbagai keratan dengan momen sifatekun $3EI$ untuk bahagian 1-2 dan EI untuk bahagian 2-3. 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, satu beban teragih seragam w di sepanjang bahagian 1-2.*

Dengan menggunakan kaedah matriks :

- i) Bentuk matrik kekukuhan struktur \mathbf{K}*
- ii) Dapatkan vektor beban global \mathbf{F}*

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

Sekiranya keadaan penyokong rasuk diubahsuai seperti dalam **Rajah 5** di mana sambungan 2 ditukar kepada penyokong rola, tentukan daya tindakbalas pada penyokong 1 dan 3. Guna $L=6\text{ m}$, $EI_z=175\text{ MNm}^2$ dan $k=12.5 \times 10^2\text{ kN/m}$

[16 marks/markah]

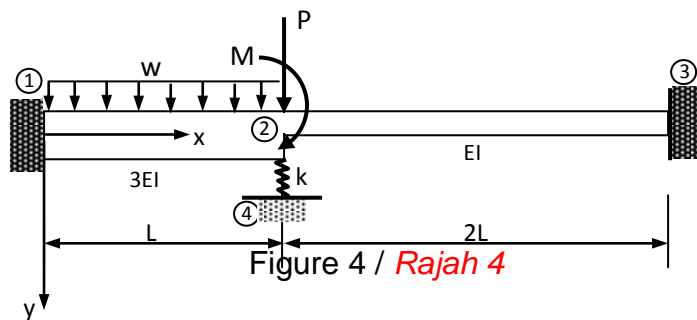


Table 1/ **Jadual 1**

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

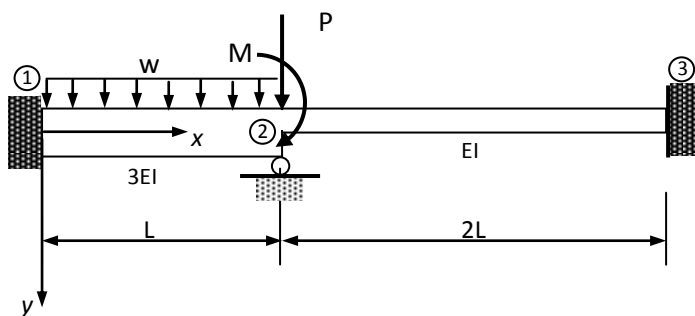


Figure 5 / **Rajah 5**

4. A complex shape reinforced concrete slab is supporting an ultimate load of 12 kN/m^2 as shown in **Figure 6**. The yield line method is known as the most suitable method in analyzing the ultimate moment resistance. In this method, a slab which is subjected to increasing load, will undergo cracking followed by yielding of reinforcement in the high stressed zone. Then, plastic hinge will develop and the subsequent loads will be spread out to the other regions of the slab. Propose the yield line pattern and estimate the ultimate moment resistance that would cause the reinforced concrete slab to collapse.

*Sebuah lantai konkrit bertulang yang berbentuk kompleks menyokong beban muktamad sebesar 12 kN/m^2 seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 6**. Kaedah garis alah dikenali sebagai kaedah yang paling sesuai untuk menganalisis beban rintangan muktamad. Dalam kaedah ini, lantai dikenakan penambahan beban, keretakan dan alahan tetulang akan mula berlaku pada zon yang mempunyai tegasan yang tinggi. Kemudian, engsel plastik terbentuk dan beban berikutnya akan terserak ke kawasan lain pada lantai. Cadangkan corak garis alah dan anggarkan momen rintangan muktamad yang boleh menyebabkan lantai konkrit bertulang runtuh.*

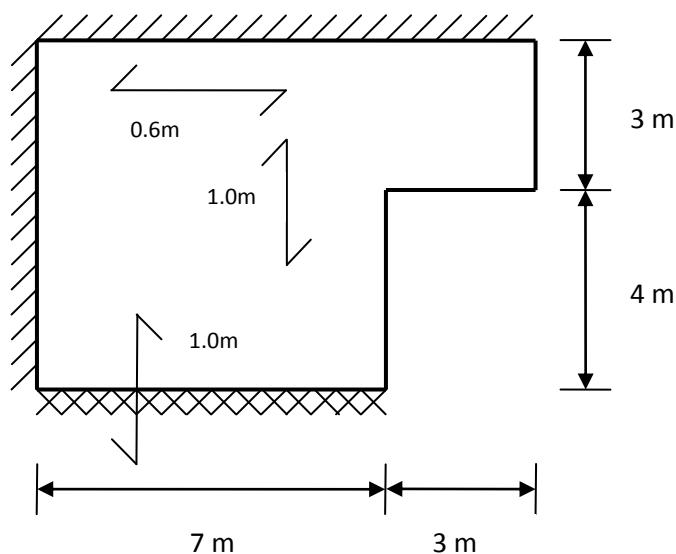


Figure 6 / *Rajah 6*

[20 marks/markah]

5. (a) Write down the element stiffness matrices and global matrix for the three bars assembly which is loaded with force $2P$, and constrained at the two ends in terms of E , A and L as shown in **Figure 7**.

*Bentukkan matrik kekakuan elemen dan matrik global untuk tiga elemen sambungan bar yang dikenakan daya $2P$ dan dikekang di kedua-dua hujung dalam terma E , A dan L seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 7**.*

[5 marks/markah]

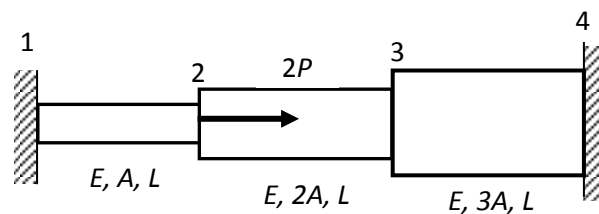


Figure 7 / *Rajah 7*

- (b) **Figure 8** shows a system of two beams labeled as nodes 1, 2 and 3 and a spring labeled as node 3 and 4 subjected to a nodal force of $2P = 100$ kN at node 3. The beam is fixed at node 1, simply supported at node 2 and spring supported at node 3. The spring system can only displace in axial direction and is supported at node 4. Using the value of $k = 200$ kN/m, $L_1 = L_2 = 3$ m, $E = 210$ GPa and $I = 2 \times 10^{-4}$ m⁴.
- Derive the element stiffness matrix for the beam and the spring.
 - Derive the global stiffness matrix for the system.
 - Determine the deflection v_3 , θ_2 and θ_3 in unit metre and radian, respectively.
 - Determine the new global stiffness matrix, if the vertical load at node 3 is reduced from $2P$ to P ?

***Rajah 8** menunjukkan satu sistem yang terdiri daripada dua rasuk dan dilabelkan sebagai nod 1, 2 dan 3. Elemen pegas dilabelkan sebagai nod 3 dan 4 dikenakan daya di nod bernilai $2P = 100$ kN di nod 3. Rasuk terikat di nod 1 dan disokong mudah di nod 2 dan disokong oleh*

pegas di nod 3. Sistem pegas hanya akan beranjak dalam arah paksi dan disokong di nod 4. Dengan menggunakan nilai $k = 200 \text{ kN/m}$, $L_1 = L_2 = 3 \text{ m}$, $E = 210 \text{ GPa}$ dan $I = 2 \times 10^{-4} \text{ m}^4$.

- i) Dapatkan matrik kekakuan untuk elemen rasuk dan pegas.
- ii) Dapatkan matrik kekakuan global untuk sistem tersebut.
- iii) Tentukan nilai anjakan v_3 , θ_2 dan θ_3 dalam unit meter dan radian.
- iv) Tentukan matrik kekakuan global untuk sistem tersebut, jika daya menegak di nod 3 dikurangkan dari $2P$ kepada P ?

[15 marks/markah]

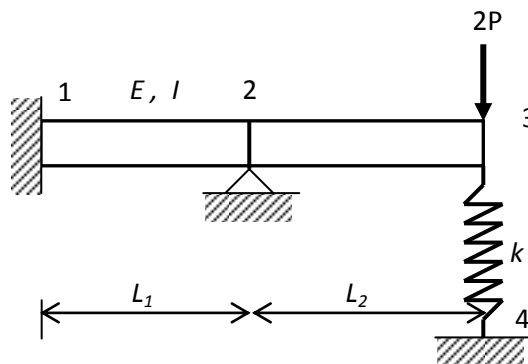


Figure 8 / Rajah 8

6. (a) Tall building is susceptible to horizontal forces; wind or earthquake loadings. Unusual strong winds wreaked havoc in Penang on 13th June 2013, toppling trees, blowing off roofs and causing massive damage to property. The worst scene was in Jalan Macalister when a giant lightning arrester and the fin-shaped column of 58.7 m where the lightning arrester was attached was ripped off from the top of the 21-storey UMNO Tower building. As a structural engineer, propose **FIVE (5)** possible factors influencing the wind load calculation in the code of practices.

Bangunan tinggi mudah dipengaruhi oleh beban ufuk seperti angin atau gempa bumi. Kejadian angin ribut yang berlaku di Penang pada 13 Jun 2013, telah mengakibatkan pokok tumbang, bumbung melayang dan kerosakan yang teruk ke atas harta benda. Kes terburuk

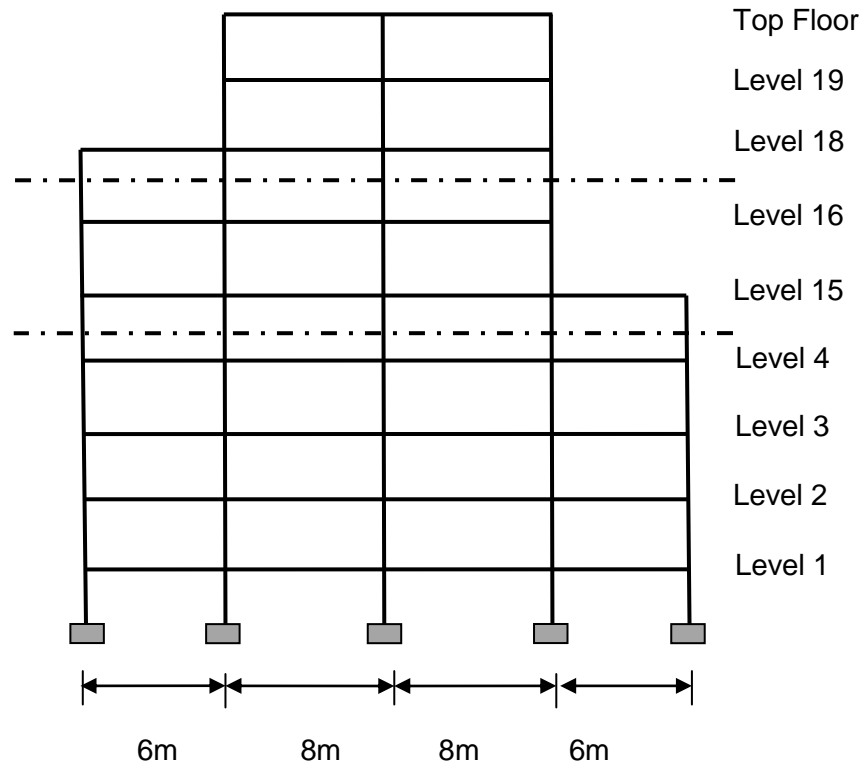
*telah berlaku di Jalan Macalister apabila Penghalang Kilat setinggi 58.7 m serta tiang berbentuk sirip telah runtuh dari aras 21 di Menara UMNO. Sebagai seorang jurutera struktur, cadangkan **LIMA (5)** faktor yang mungkin mempengaruhi pengiraan beban angin seperti yang terdapat dalam Kod Piawaian.*

[5 marks/markah]

- (b) A 20-storey rigid frame building with setback as shown in **Figure 9** is located in Zone I with terrain category 2 according to MS1553:2002. The interstorey height is 3 m and the frame are spaced at 8 m centre to centre. Estimate the value of the design wind pressure on the wind ward direction at the top floor of the frame according to MS1553:2002. Indicate all the assumed values used in the calculations. Design data can be extracted from MS1553:2002.

*Sebuah bangunan kerangka tegar, 20 tingkat terdiri dari set-belakang seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 9**. Ketinggian antara tingkat ialah 3 m dan kerangka direntangkan sepanjang 8 m. Bangunan ini berada dalam Zon I dan di kategori rupa bumi 2 mengikut MS1553:2002. Anggarkan nilai tekanan angin rekabentuk di permukaan arah angin di tingkat teratas bangunan mengikut MS1553:2002. Nyatakan semua andaian yang dibuat untuk tujuan pengiraan. Data rekabentuk boleh diperolehi dari MS1553:2002.*

[15 marks/markah]

Figure 9 / *Rajah 9*

7. (a) Discuss the following structural forms and floor systems in a high-rise building:-
- i) Braced Frame Structures
 - ii) Infilled Frame Structures
 - iii) Flat-plate and flat-slab and
 - iv) Waffle flat slabs

Bincangkan sistem berikut sebagai bentuk struktur dan sistem lantai dalam bangunan tinggi:-

- i) Struktur Kerangka Berembat*
- ii) Struktur Kerangka Berisi*
- iii) Plat Rata dan Papak Rata*
- iv) Papak Wafel Rata*

[8 marks/markah]

- (b) A 15-storey rigid frame as shown in **Figure 10** is subjected to wind loading with intensity 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 6 m. Using Portal Method, determine the member forces and moments of:
- the top floor and
 - 11th floor.

*Kerangka tegar setinggi 15 tingkat dikenakan beban angin dengan tekanan sebanyak 1.5 kN/m^2 sepanjang ketinggian bangunan seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 10**. Ketinggian antara tingkat ialah 3 m dengan jumlah ketinggian keseluruhan ialah 45 m dan kerangka direntangkan sepanjang 6 m. Dengan menggunakan kaedah Portal, kira nilai daya anggota dan momen*

- di tingkat teratas dan*
- aras 11.*

[12 marks/markah]

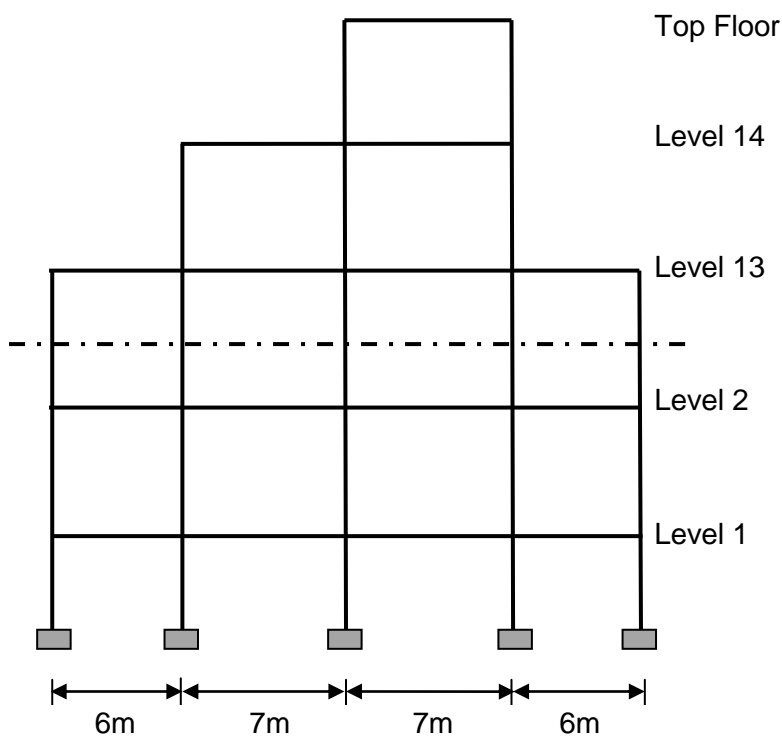
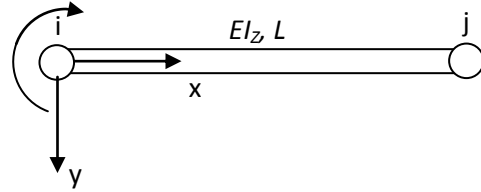


Figure 10 / *Rajah 10*

Appendix 1 / Lampiran 1

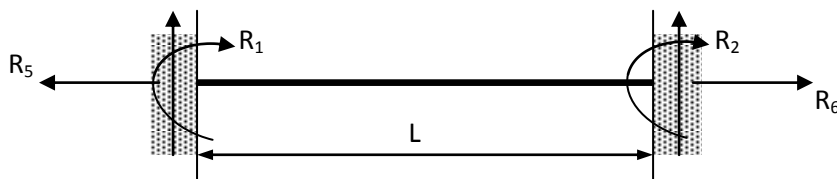
a. Element stiffness matrix of a beam element:

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



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
	$R_1 = -Pab^2/L^2$ $R_2 = Pa^2b/L^2$	$R_3 = Pb(L^2 + ab - a^2)/L^3$ $R_4 = Pa(L^2 + ab - b^2)/L^3$	$R_5 = 0$ $R_6 = 0$
	$R_1 = -pL^2/12$ $R_2 = pL^2/12$	$R_3 = pL/2$ $R_4 = pL/2$	$R_5 = 0$ $R_6 = 0$