
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
2011/2012 Academic Session

January 2012

EAL 334/4 – Highway Engineering *[Kejuruteraan Lebuhraya]*

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please check that this examination paper consists of **SEVENTEEN (17)** pages of printed material and 2 appendices before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **TUJUH BELAS (17)** muka surat yang bercetak dan 2 lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

Instructions : This paper contains **SIX (6)** questions. Answer **FIVE** questions.

If you answer question no. 5(c) and question 3(b) you have to submit the attachment together with the answer booklet.

Arahan : Kertas ini mengandungi **ENAM (6)** soalan. Jawab **LIMA** soalan.

[Jika anda menjawab soalan no. 5(c) dan soalan 3(b) anda perlu kepilkan lampiran dan serahkan bersama dengan buku jawapan anda.]

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 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) Road location study and process is one of the most important part of highway design. Therefore, study on the existing design and preliminary survey need to be done before the road constructions. **Figure 1** shows an existing road location (one curve). The road connects city **A** and city **B**. Sketch road cross section **1, 2** and **3** and determines the height of the center-line of the road (center-line is at Original Ground Line). You are asked to show the area of cut and fill.

[5 marks]

(b) **Figure 1** shows the contour and an existing road from city **A** to city **B**. You are asked to locate an alternative road location from city **A** to city **B** with 2 curves (make your own sketch/drawing). Discuss briefly why you choose the location.

[3 marks]

(c) Based on your alternative road location design (part b), sketch the water flow directions along the longitudinal ditch and design/draw an appropriate longitudinal ditch.

[3 marks]

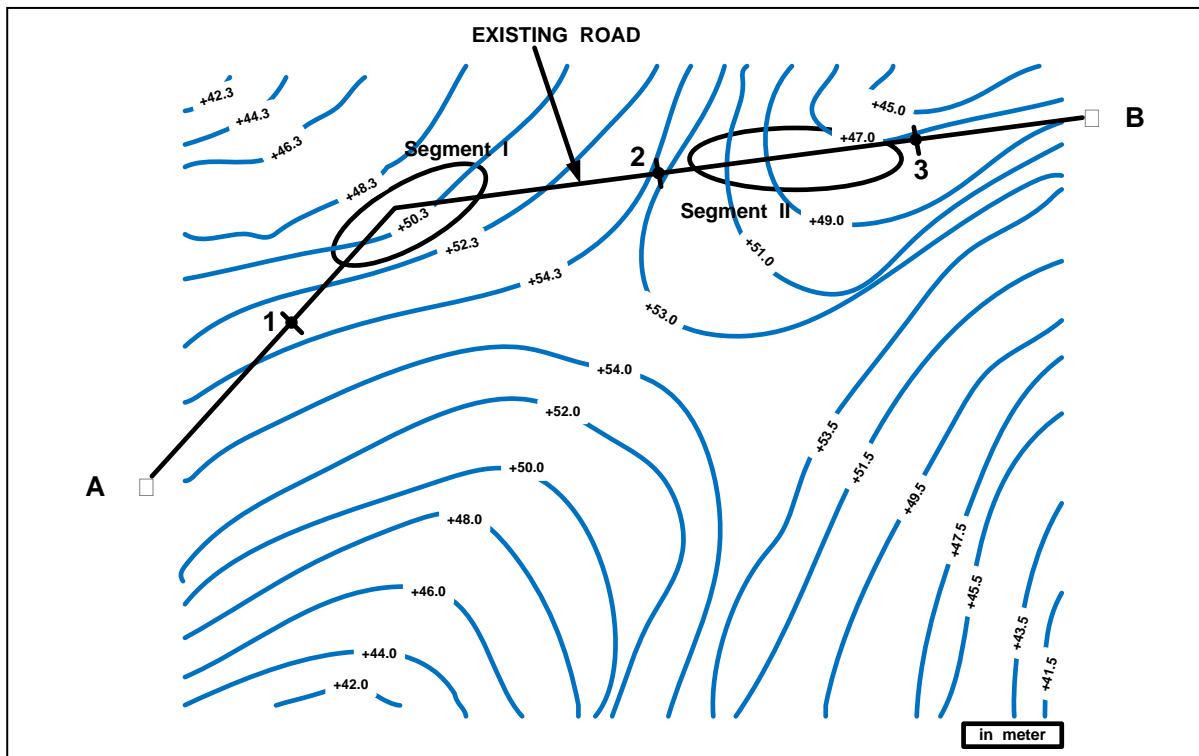


Figure 1 Contour

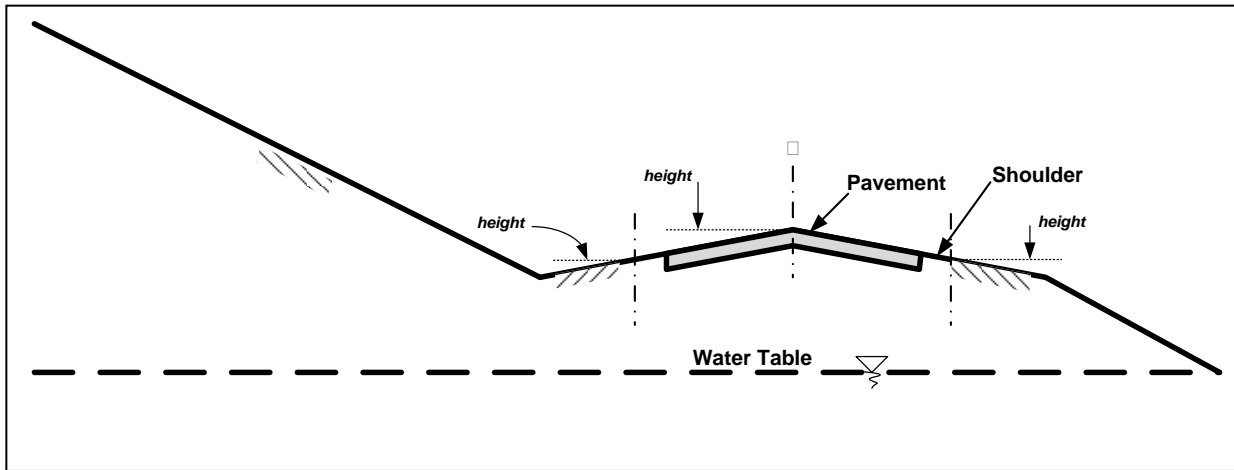


Figure 2 Typical road cross-sections

- (d) A typical cross section of road in the area of hilliness is shown in **Figure 2**. This type of area would contribute high water discharge and high velocity of water for the road due to the steep slope. Therefore, we have to consider the subsurface drainage systems and sources. You are asked to sketch the above cross section with all sources of subsurface water in that area and discuss in brief each of sources.

[4 marks]

- (e) The existing road location as shown in **Figure 1** is located in rather steep area and highly rainfall. The road are designed for two-way two-lane traffic, with right and left shoulder, exclusive lane for motorcycle and the allowable maximum vehicle speed is 50 km/h. Based on all information above, you are asked to consider the appropriate traffic signs and pavement markings for the area of segment I and segment II.

[5 marks]

2. (a) You intend to open up a quarry supplying aggregates for a road construction project. With the aid of sketches, describe the followings:
- (i) THREE (3) basic steps that you will take to process the aggregates from its original source to the required aggregate sizes.
 - (ii) Proper techniques that you will employ when placing the aggregates in their respective stockpiles.

[8 marks]

- (b) The aggregate properties that you produced must conform to the Malaysian Jabatan Kerja Raya (JKR) specifications for roadworks. Laboratory tests related to the JKR specifications, shall be conducted on the aggregates produced. Among others, the specifications recommend limiting values on the following test results:
- (i) Flakiness Index
 - (ii) Los Angeles Abrasion Value
 - (iii) Soundness
 - (iv) Polished Stone Value

Describe briefly, the significance of each test to ensure good quality asphalt mixes. Illustrate what will happen to the road wearing course if your aggregates test results do not conform to the limiting values for Flakiness Index and Polished Stone Values.

[8 marks]

- (c) In asphalt mixes, filler is any material that significantly passes the 75 micron sieve.
- (i) Describe briefly TWO (2) functions of filler in asphalt mixes.
 - (ii) List TWO (2) advantages of using hydrated lime as filler.

[4 marks]

3. (a) (i) Bitumen is a derivative of crude oil. Before the advent of crude oil, tar was prevalently used in roadworks. State TWO (2) main differences between tar and bitumen.

[2 marks]

- (ii) Many binder types have been used in roadworks. Analyse the following situations and indicate which binder type would you recommend for the given situations and briefly state your reasons:
- A client insists on using flexible pavement, instead of concrete, for all paved areas in his petrol station.
 - A road contractor requires asphalt mixes that can be paved at low temperatures.

- A road contractor requires binder to prime coat the surface of the crushed aggregate layer.
- A road contractor requires binder for tack coat works.

[8 marks]

(b) Penetration Index is a measure of bitumen susceptibility to temperature. Penetration tests results carried out at different temperatures on bitumens A and B are shown in **Table 1**. The penetration at the standard temperature and softening point are also given in **Table 1**.

- Calculate the Penetration Index of each bitumen based on the penetration and ring and ball tests results. [2 marks]
- Determine the Penetration Index using the nomograph given in **Appendix 1**. **Separate and include this nomograph in your answer script.** [2 marks]
- Using a graph paper, plot the linear relationship between the logarithmic of penetration versus temperature. Calculate the slope of the line, hence the Penetration Index of both bitumens. [2 marks]
- Compare between all three Penetration Index values. Indicate value is the most accurate? Name the bitumen which is more temperature susceptible. Justify your answers? [2 marks]

Table 1

Bitumen Characteristics	Bitumen Type	
	A	B
Penetration (dmm)	107	112
Softening Point (°C)	55	48
Penetration (dmm) at:		
5 °C	30	20
10 °C	42	32
20 °C	81	75
35 °C	208	255

- (c) “Bitumen is a visco-elastic material whose behaviour depends on temperature and time of loading”. Discuss this statement to explain the rheological properties of bitumen.

[2 marks]

4. (a) (i) The aggregate gradations for three asphalt mixes are shown in **Figure 3**. From the figure, name the corresponding asphalt mix type and state your reasons.
- (ii) Choose ONE (1) mix type and explain briefly its sources of strength and stability.

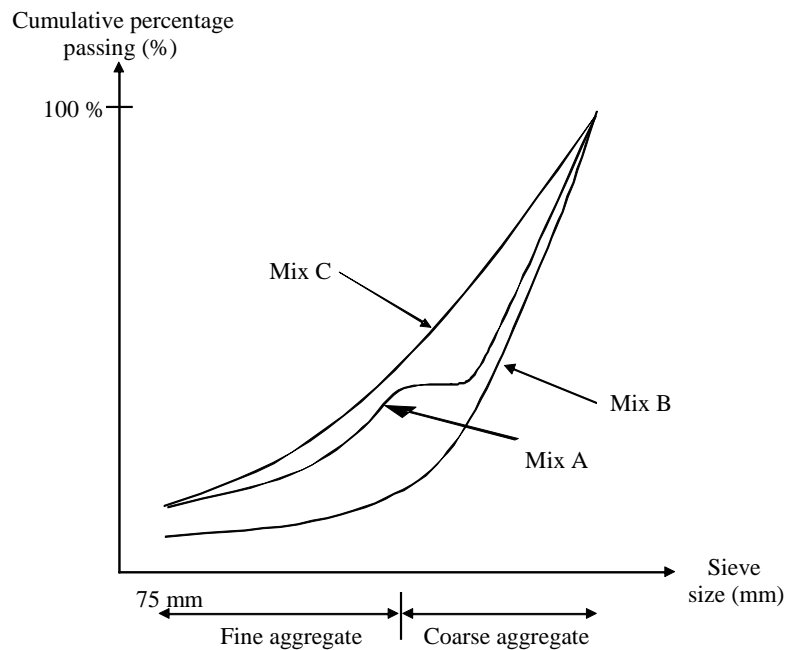


Figure 3

[6 marks]

- (b) Mix design involves aggregate grading design and the determination of the optimum bitumen content. The particle size distributions of three aggregate stockpiles are shown in **Table 2**. Use the trial and error method to design the proportion required from each stockpile so that the resultant blend falls within the given specification limits.

If your first trial is unsuccessful, try for the second time explaining the changes made to the new stockpile percentages but do not attempt more than two times.

Table 2

Sieve Size (mm)/Saiz Ayak (mm)	Cumulative Percentage Passing/Peratusan Melepassi Kumulatif				Specification Limits
	Stockpile A	Stockpile B	Stockpile C	Filler	
14	83	100	100	100	100-90
10	25	82	100	100	85-70
5	5	22	92	100	67-45
3.35	0	4	79	100	45-34
1.18	0	0	45	100	32-16
0.425	0	0	31	100	24-12
0.15	0	0	22	100	20-10
0.075	0	0	0	95	2-8

[7 marks]

(c) Asphalt mixtures are designed to determine its optimum bitumen content. The JKR mix design method is based on the Marshall test. The following relationships are obtained in accordance with the Marshall mix design procedure:

- Density versus bitumen content
- Stability versus bitumen content
- Flow versus bitumen content
- Air voids versus bitumen content
- Voids filled with bitumen versus bitumen content

(i) Sketch the graphical relationships between each two parameters. Explain theoretically the shape of the density versus bitumen content curve.

[4 marks]

(ii) Based on the above graphical relationships, explain the method you will use to determine the optimum bitumen content according to the JKR mix design method.

[3 marks]

5. (a) Explain in detail TWO (2) important factors to be considered in the design of flexible pavement based on the JKR method. [4 marks]
- (b) State FOUR (4) types of joint typically found in rigid pavement and explain the functions for each type. [8 marks]
- (c) A two-lane R05 highway will be built across a rolling terrain. The traffic growth rate is 4.4%, percentage of commercial vehicle is 12% and the value of California Bearing Ratio of the subgrade soil is 5.5%. If the desired thickness of a flexible pavement, T_A is 24 cm, determine the average daily traffic (ADT) for bothways which can be supported by the pavement based on JKR design method. Also, determine whether the lane capacity of this highway is sufficient or not. (**Question 5 (c) please submit and attach together with the answer booklet**) [8 marks]
6. (a) The most commonly used asphalt mixing plant in Malaysia is the continuous mixing or drum mixing.
- (i) With the aid of sketches, describe the process of asphalt production via this method.
- (ii) Describe briefly TWO (2) disadvantages of this plant type. [5 marks]
- (b) Premature pavement failures can be partly contributed by poor road construction techniques. Analyse the following situations and describe briefly what will happen to a road wearing course if these paving operation mistakes take place during construction:
- (i) The paver made frequent stops due to discontinuous asphalt delivery. [2 marks]
- (ii) During asphalt delivery, the truck reversed and then bumped onto the paver. [2 marks]
- (iii) The hopper wings of the paver were not folded when necessary [2 marks]

- (iv) It was raining yet paving works still took place. [2 marks]
- (v) At the time of rolling, the asphalt temperature was excessively high.
[2 marks]
- (c) One of the most prevalent pavement distress type in Malaysia is permanent deformation. With the aid of sketches, describe briefly its formation.
[5 marks]

1. (a) *Kajian dan proses lokasi jalan adalah salah satu bahagian yang paling penting daripada reka bentuk lebuhraya. Kerana itu, kajian mengenai rekabentuk yang sedia ada dan kaji selidik awal perlu dilakukan sebelum pembinaan jalan. **Rajah 1** menunjukkan lokasi jalan raya yang sedia ada (satu lengkung). Jalan menghubungkan bandar **A** dan bandar **B**.*

*Lakar keratan rentas seksyen **1**, **2** dan **3** dan tentukan ketinggian seksyen baris tengah jalan (baris tengah jalan berada pada garis tanah asli). Anda diminta menunjukkan kawasan potong dan isi.*

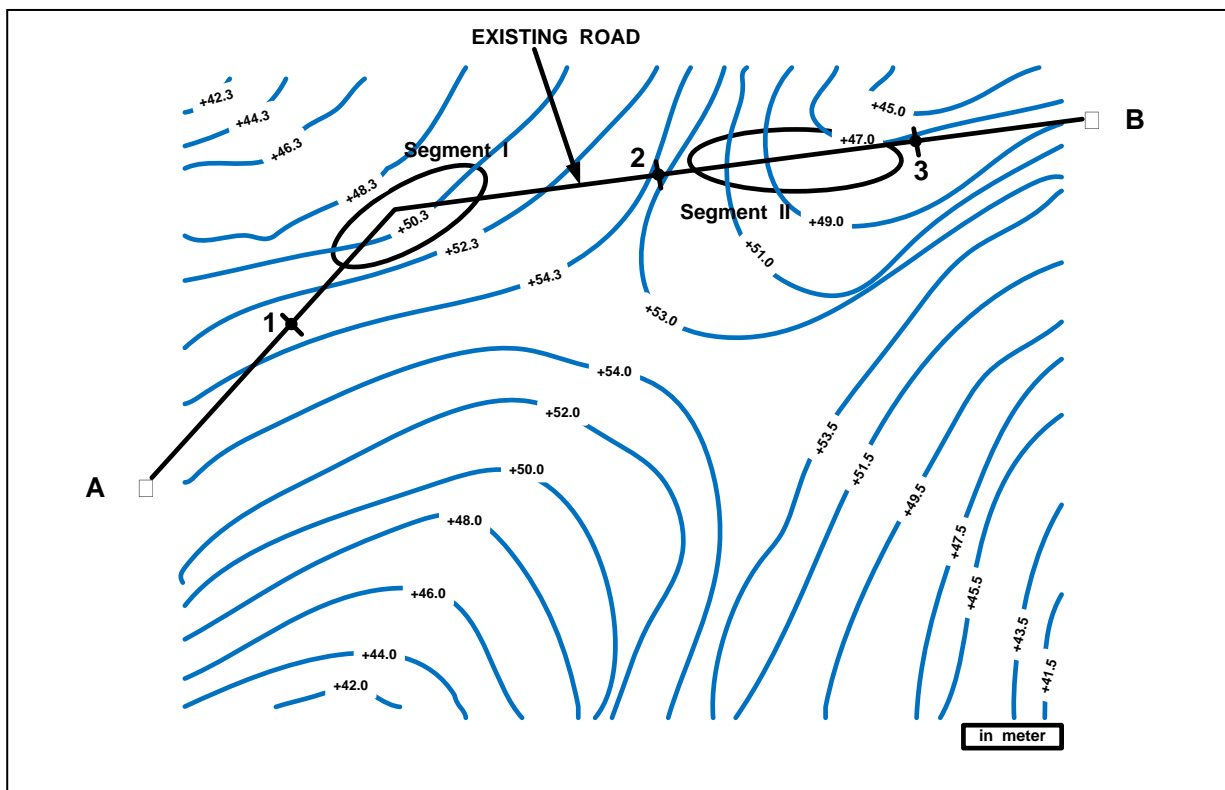
[5 markah]

- (b) ***Rajah 1** menunjukkan kontur. Anda diminta untuk rekabentuk lokasi jalan alternatif dari bandar **A** ke bandar **B** dengan 2 lengkung. Bincangkan mengapa anda memilih lokasi itu.*

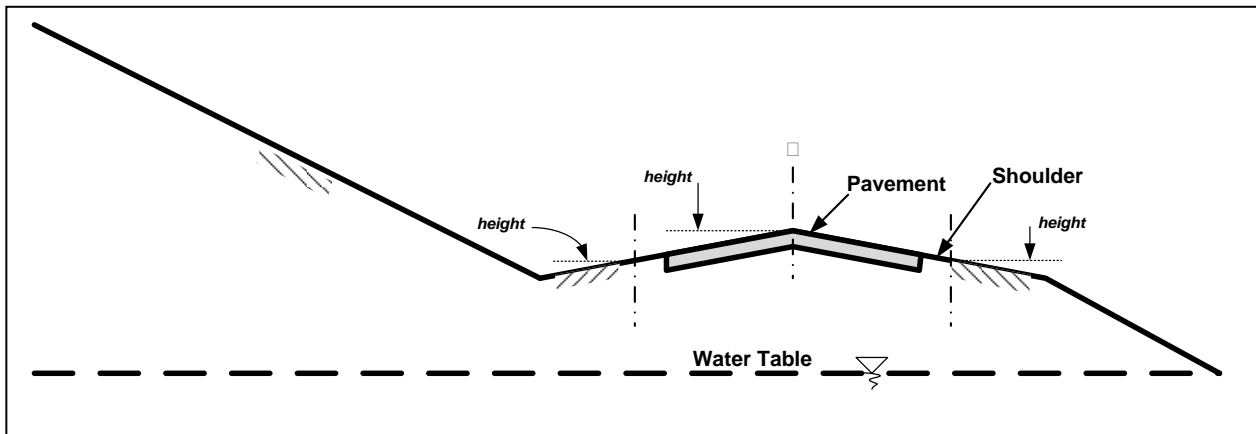
[3 markah]

- (c) *Berdasarkan rekabentuk lokasi jalan alternatif (bahagian b), lakar arah aliran air di sepanjang longkang membujur dan rekabentuk longkang membujur yang berkenaan.*

[3 markah]



Rajah 1 Kontur



Rajah 2 Keratan Lintang Tipikal Jalan Raya

- (d) Keratan rentas tipikal jalan raya di kawasan berbukit ditunjukkan dalam **Rajah 2**. Jenis kawasan ini akan menyumbang kadar alir air dan halaju air yang tinggi untuk jalan disebabkan oleh cerun yang curam. Oleh itu, kita perlu menimbangkan sistem dan sumber saliran subpermukaan. Anda diminta untuk membuat lakaran keratan rentas seksyen di atas dengan semua sumber air subpermukaan di kawasan itu dan membincangkan setiap sumber.

[4 markah]

- (e) Lokasi jalan raya yang sedia ada seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 1** terletak di kawasan curam dan curah hujan yang sangat tinggi. Rekabentuk jalan adalah dua-arah dua-lorong lalu lintas, dengan bahu kiri dan kanan, lorong eksklusif bagi motosikal dan kelajuan kenderaan maksimum yang dibenarkan ialah 50 km/jam. Berdasarkan semua maklumat di atas, anda diminta untuk mereka bentuk tanda-tanda lalu lintas dan tanda turapan yang sesuai bagi kawasan segmen I dan segmen II.

[5 markah]

2. (a) Anda berhasrat untuk membuka sebuah kuari untuk membekalkan agregat kepada suatu projek pembinaan jalan raya. Berbantuan lakaran, terangkan:
- (i) TIGA (3) langkah asas yang akan anda ambil untuk memproses agregat daripada sumber asal hingga ke saiz agregat yang dikehendaki.
 - (ii) Teknik terbaik yang akan anda lakukan untuk menghimpun agregat ke dalam timbunan stok masing-masing.

[8 markah]

(b) *Ciri agregat yang anda hasilkan mestilah mematuhi spesifikasi Jabatan Kerja Raya (JKR) Malaysia untuk kerja jalan. Ujian makmal berkaitan dengan spesifikasi ini akan dilakukan ke atas agregat yang dihasilkan. Di antara lain, spesifikasi mencadangkan batasan nilai ke atas keputusan ujian berikut:*

- (i) *Indeks kekepingan*
- (ii) *Nilai lelasan Los Angeles*
- (iii) *Ketahanan*
- (iv) *Nilai penggilapan agregat*

Terangkan secara ringkas kepentingan setiap ujian untuk memastikan campuran asphalt yang berkualiti. Terangkan apakah yang akan terjadi kepada lapisan penghausan jalan raya sekiranya agregat anda tidak mematuhi batasan had nilai Indeks Kekepingan dan Nilai Tergilap Agregat.

[8 markah]

(c) *Dalam campuran asphalt, bahan pengisi adalah sebarang bahan yang sebahagian besarnya melepasi ayak bersaiz 75 mikron.*

- (i) *Terangkan secara ringkas DUA (2) fungsi bahan pengisi dalam suatu campuran asphalt.*
- (ii) *Senaraikan DUA (2) kebaikan penggunaan kapur terhidrat sebagai bahan pengisi.*

[4 markah]

3. (a) (i) *Bitumen diperolehi daripada minyak mentah. Sebelum minyak mentah ditemui, tar digunakan secara meluas dalam kerja jalan. Nyatakan DUA (2) perbezaan ketara di antara tar dan bitumen.*

[2 markah]

(ii) *Pelbagai jenis pengikat digunakan dalam kerja jalan. Lakukan analisis ke atas situasi berikut dan nyatakan jenis pengikat yang anda sarankan untuk situasi tersebut dan nyatakan secara ringkas alasan anda:*

- *Seorang klien mahu menggunakan turapan boleh lentur, dan bukan konkrit, untuk semua kawasan berturap di stesen minyaknya.*

- Seorang kontraktor jalan memerlukan campuran asphalt yang boleh diturap pada suhu yang rendah.
- Seorang kontraktor jalan memerlukan pengikat untuk salut perdana pada permukaan lapisan agregat terhancur.
- Seorang kontraktor jalan memerlukan pengikat untuk kerja tack coat.

[8 markah]

(b) Indeks Penusukan ialah ukuran pengaruh bitumen terhadap suhu. Keputusan ujian penusukan yang dijalankan ke atas bitumen A dan B pada pelbagai suhu ditunjukkan di dalam **Jadual 1**. Nilai penusukan pada suhu piawai dan titik lembut juga diberikan di dalam **Jadual 1**.

- (i) Kira nilai Indeks Penusukan setiap bitumen berasaskan keputusan ujian penusukan dan ujian cincin dan bebola. [2 markah]
- (ii) Tentukan nilai Indeks Penusukan menggunakan nomograf yang di berikan di dalam **Lampiran 1**. Asingkan dan sertakan nomograf ini di dalam skrip jawapan anda. [2 markah]
- (iii) Menggunakan kertas graf, plot hubungan lurus di antara logaritma penusukan lawan suhu. Kira cerun garisan dan tentukan nilai Indeks Penusukan kedua-dua bitumen. [2 markah]
- (iv) Bandingkan nilai semua Indeks Penusukan. Nyatakan nilai manakah yang lebih tepat? Berikan justifikasi kepada alasan anda. [2 markah]

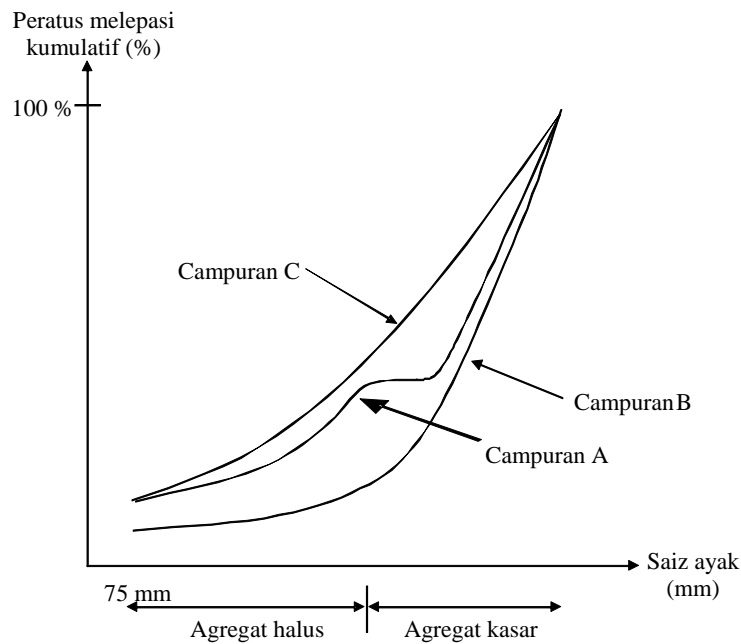
Jadual 1

Ciri Bitumen	Jenis Bitumen	
	A	B
Penusukan (dmm)	107	112
Titik Lembut ($^{\circ}C$)	55	48
Penusukan (dmm) pada suhu:		
$5^{\circ}C$	30	20
$10^{\circ}C$	42	32
$20^{\circ}C$	81	75
$35^{\circ}C$	208	255

- (c) "Bitumen bersifat elastik-likat yang tingkah lakunya bergantung pada suhu dan tempoh pembebanan". Bincangkan kenyataan ini untuk menerangkan sifat reologi bitumen.

[2 markah]

4. (a) (i) Penggredan agregat untuk tiga campuran asphalt ditunjukkan di dalam **Rajah 3**. Daripada rajah ini, namakan campuran asphalt yang terhasil dan nyatakan alasan anda.
- (ii) Pilih SATU (1) jenis campuran dan terangkan secara ringkas punca kekuatan dan kestabilannya.



Rajah 3

[6 markah]

- (b) Reka bentuk campuran melibatkan reka bentuk penggredan agregat dan penentuan kandungan bitumen optimum. Agihan saiz zarah tiga timbunan stok agregat ditunjukkan di dalam **Jadual 2**. Gunakan kaedah cuba-jaya untuk mereka bentuk kuantiti yang diperlukan daripada setiap timbunan stok supaya adunan yang terhasil mematuhi keperluan had spesifikasi yang di berikan. Jika cubaan pertama anda tidak berjaya, cuba untuk kali kedua sambil menerangkan perubahan peratusan timbunan stok yang dipilih tetapi hadkan cubaan tidak melebihi dua kali sahaja.

Jadual 2

Sieve Size (mm)/Saiz Ayak (mm)	Cumulative Percentage Passing/Peratusan Melepassi Kumulatif				Specification Limits
	Stockpile A	Stockpile B	Stockpile C	Filler	
14	83	100	100	100	100-90
10	25	82	100	100	85-70
5	5	22	92	100	67-45
3.35	0	4	79	100	45-34
1.18	0	0	45	100	32-16
0.425	0	0	31	100	24-12
0.15	0	0	22	100	20-10
0.075	0	0	0	95	2-8

[7 markah]

(c) *Campuran asfalt direkabentuk untuk menentukan nilai kandungan bitumen optimum. Kaedah rekabentuk campuran menurut JKR adalah berasaskan ujian Marshall. Hubungan berikut diperolehi daripada tatacara rekabentuk campuran menurut kaedah Marshall:*

- *Ketumpatan lawan kandungan bitumen*
- *Kestabilan lawan kandungan bitumen*
- *Aliran lawan kandungan bitumen*
- *Lompang udara lawan kandungan bitumen*
- *Lompang terisi bitumen lawan kandungan bitumen*

(i) *Lakarkan hubungan di antara setiap parameter tersebut di atas. Terangkan secara teori bentuk hubungan di antara ketumpatan lawan kandungan bitumen.*

[4 markah]

(ii) *Berasaskan hubungan grafik di atas, terangkan kaedah yang akan anda gunakan untuk menentukan kandungan bitumen optimum menurut kaedah JKR.*

[3 markah]

[EAL 334/4]

5. (a) *Terangkan secara terperinci DUA (2) faktor penting yang perlu dipertimbangkan dalam rekabentuk turapan boleh lentur berdasarkan kepada kaedah JKR.*

[4 markah]

- (b) *Nyatakan EMPAT (4) jenis sambungan yang tipikal dalam turapan tegar dan terangkan fungsi setiap jenis sambungan berkenaan.*

[8 markah]

- (c) *Satu lebuh raya dua-lorong berhierarki R05 akan dibina merentasi kawasan beralun. Kadar pertumbuhan lalu lintas ialah 4.4%, peratus kenderaan perdagangan ialah 12% dan nilai Nisbah Galas California tanah subgred ialah 5.5%. Sekiranya ketebalan turapan boleh lentur yang dikehendaki, T_A adalah 24 cm, tentukan purata lalulintas harian (ADT) untuk kedua-dua arah yang boleh ditanggung oleh turapan berkenaan berdasarkan kepada kaedah rekabentuk JKR. Juga, tentukan sama ada kapasiti lorong lebuh raya ini mencukupi atau tidak. (Soalan 5(c) anda perlu lampirkan bersama buku jawapan).*

[8 markah]

6. (a) *Jenis loji penghasilan asphalt yang paling popular di Malaysia ialah loji berterusan atau loji gelendong.*

(i) *Berbantuan lakaran, terangkan proses penghasilan asphalt melalui kaedah ini.*

(ii) *Terangkan secara ringkas DUA (2) keburukan penggunaan kaedah ini.*

[5 markah]

- (b) *Satu daripada faktor penyumbang kegagalan turapan ialah kesilapan teknik binaan. Lakukan analisis ke atas situasi berikut dan terangkan secara ringkas apakah yang akan berlaku kepada lapisan penghausan jalan raya jika kesilapan operasi penurapan tersebut berlaku semasa pembinaan jalan raya:*

(i) *Jentera penurap berhenti beberapa kali akibat penghantaran asphalt yang tidak berterusan.* [2 markah]

(ii) *Semasa pemunggaan asphalt, trak menundur dan menghentak jentera penurap.* [2 markah]

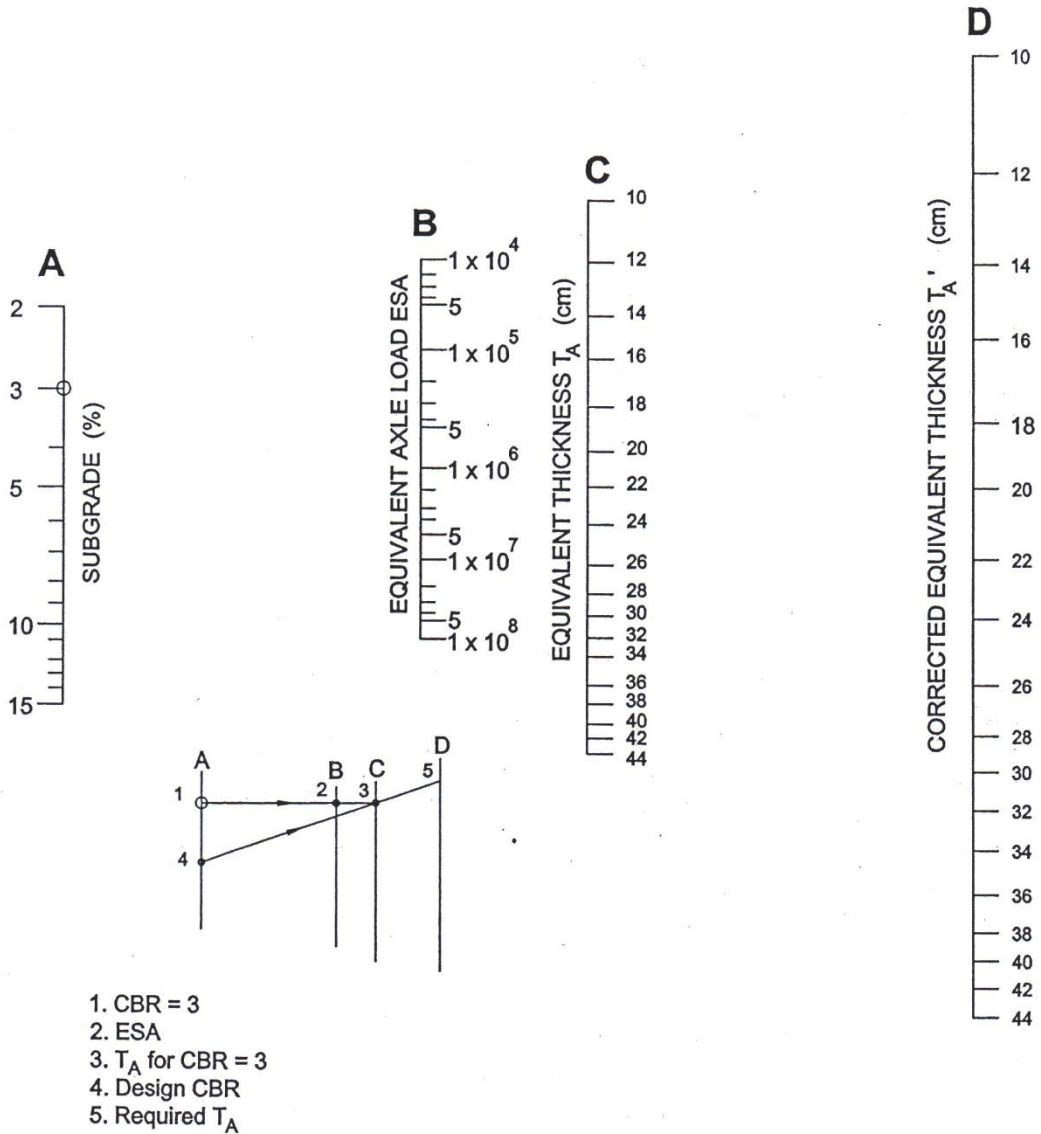
(iii) *Hopper turapan tidak dilipat apabila diperlukan.* [2 markah]

- (iv) *(Hujan turun sedangkan kerja penurapan masih diteruskan. [2 markah]*
- (v) *Semasa penggelekan, suhu asfalt sangatlah tinggi. [2 markah]*
- (c) *Satu daripada kerosakan permukaan turapan yang paling lumrah di Malaysia ialah ubah bentuk kekal. Berbantuan lakaran, terangkan bagaimana ia terbentuk.*

[5 markah]

This sheet has to be used to answer question no. 5(c) and to be submitted together with the answer booklet.

Helaian ini hendaklah digunakan semasa menjawab soalan no. 5(c) dan diserahkan bersama dengan buku jawapan anda.



ooooOOOooo

APPENDIX 1

LAMPIRAN 1

