
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
Academic Session 2008/2009

November 2008

EAL 334/4 – Highway Engineering
[Kejuruteraan Lebuhraya]

Duration: 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please check that this examination paper consists of **FIFTEEN (15)** pages of printed material including appendix before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **LIMA BELAS (15)** muka surat bercetak termasuk lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

Instructions: Answer **FIVE (5)** questions only. All questions carry the same marks.

*[Arahan: Jawab **LIMA (5)** soalan sahaja. 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) Explain briefly the importance of site investigation and the work procedure involved in site investigation.

[7 marks/markah]

Terangkan secara ringkas kepentingan penyiasatan tapak dan prosedur kerja yang terlibat dalam penyiasatan tapak.

- (b) Explain briefly **FIVE (5)** types of typical surface water drainage commonly used in Malaysia.

[5 marks/markah]

Terangkan secara ringkas LIMA (5) jenis penyaliran air permukaan yang lazim digunakan di Malaysia.

- (c) With the aid of sketches, explain the sources of sub-surface water and the methods used to control the sub-surface water.

[8 marks/markah]

Berbantuan lakaran, terangkan sumber air bawah permukaan dan cara-cara yang digunakan untuk mengawal air bawah permukaan.

2. (a) You intend to open up a new quarry to produce crushed granite aggregates for a major Jabatan Kerja Raya (JKR) funded road construction project located nearby. Since this is a new quarry, you are required to convince JKR that the aggregates produced by your quarry meets the JKR specifications. Name **FIVE (5)** aggregate tests that you will carry out to ensure acceptance of the aggregates produced by JKR. Reason out the purpose, test concept and simulative nature of the tests that you propose. Rank the tests in their order of importance and cite your reasons for saying so?

[12 marks/markah]

Anda berhasrat untuk membuka sebuah kuari menghasilkan agregat granit terhancur untuk kegunaan sebuah projek jalan raya yang dibiayai oleh Jabatan Kerja Raya Malaysia (JKR). Memandangkan kuari anda baru dibuka, anda perlu meyakinkan pihak JKR bahawa agregat yang dihasilkan mematuhi kehendak spesifikasi JKR. Namakan LIMA (5) ujian agregat yang akan anda lakukan untuk memastikan penerimaan agregat yang dihasilkan. Sebutkan tujuan, konsep ujian dan simulasi ujian agregat yang anda cadangkan. Buat ranking ujian menurut kepentingan dan nyatakan alasan.

- (b) The prevalent binder type used for asphalt mix is bitumen. Bitumen serves as a good binding agent and provides waterproofing. To bind aggregate particles, the bitumen must coat each aggregate particle and requires significant reduction in viscosity. The conventional method used to reduce bitumen viscosity is by means of heating to elevated temperatures. The heating process consumes a lot of energy that escalates the price of asphalt mixes and their products. Name and describe in detail TWO (2) bitumen-based products that have been developed to reduce bitumen viscosity so that asphalt cement can be applied, either as binder in mixes or as tack coat or prime coat, at low temperatures.

[8 marks/markah]

Jenis bahan pengikat yang paling lumrah digunakan dalam bancuhan asphalt ialah bitumen. Bitumen menjadi agen pengikat yang baik dan boleh mengkalis air. Untuk mengikat zarah agregat, bitumen mesti menyaluti setiap zarah agregat dan memerlukan penurunan kelikatan yang ketara. Kaedah lazim yang digunakan untuk menurunkan kelikatan bitumen ialah dengan memanaskannya ke suhu tinggi. Proses pemanasan memakan input tenaga yang sangat ketara lalu meningkatkan kos bitumen dan hasilnya. Namakan dan terangkan secara terperinci DUA (2) produk berasaskan bitumen yang telah dibangunkan untuk menurunkan kelikatan bitumen supaya bitumen boleh diaplikasikan, sama ada sebagai pengikat dalam campuran atau salut perdana atau salut jelujur, pada suhu yang rendah.

3. (a) Bitumen is a visco-elastic material and hence its response to an applied load depends on temperature and time of loading. Discuss these two parameters in the following bitumen tests:

- Penetration test
- Ring and ball test

[4 marks/markah]

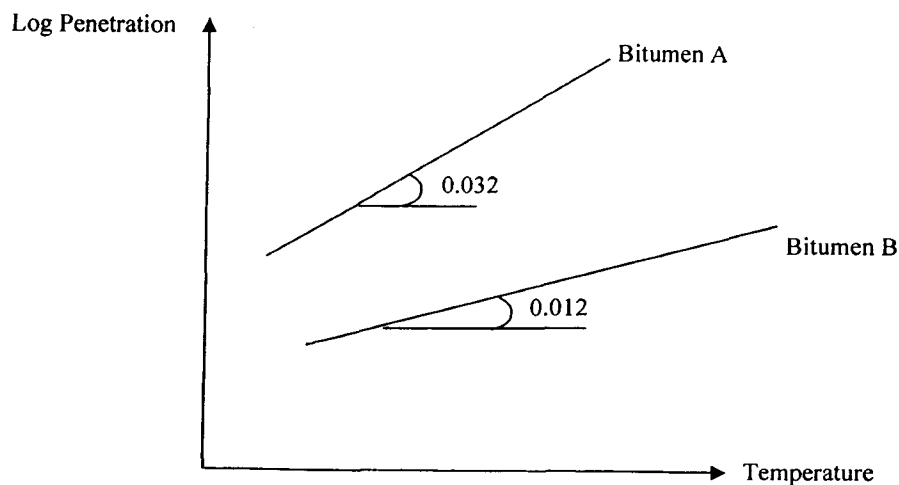
Bitumen adalah bahan elastik-likat dan oleh itu tindakbalasnya terhadap sesuatu tindakan beban bergantung pada suhu dan tempoh pembebanan. Bincangkan dua parameter tersebut di atas dalam ujian bitumen berikut:

- *Ujian penusukan*
- *Ujian cincin dan bebola*

- (b) Bitumen A and B were tested for penetration at different temperatures. The linear relationship between logarithmic of penetration versus temperature is shown in Figure 1. Calculate:

1. Calculate:

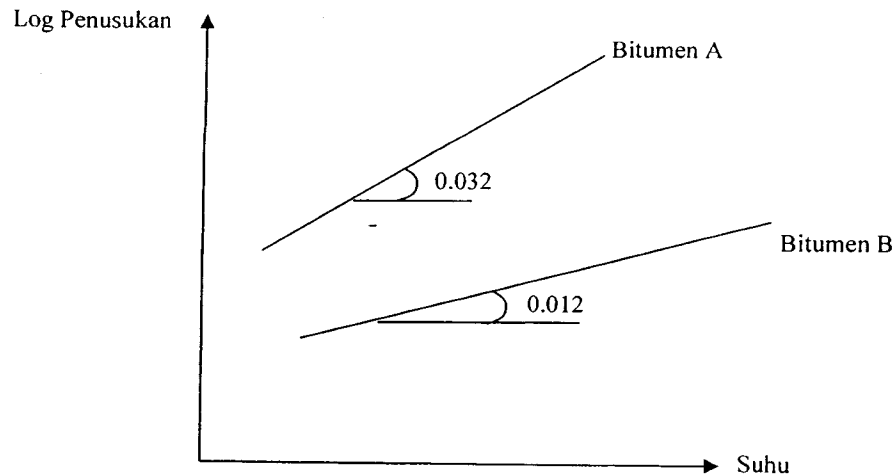
- the Penetration Index of both Bitumen A and B and compare their temperature susceptibilities.
- the penetration grade of Bitumen A and B.



[6 marks/markah]

Nilai penusukan bitumen A dan B diuji pada pelbagai suhu. Kehubungan lurus di antara logaritma penusukan lawan suhu ditunjukkan dalam Rajah 1. Kira:

- Indeks penusukan kedua-dua Bitumen A dan B dan bandingkan pengaruh suhu masing-masing.
- Gred penusukan bitumen A and B



- (c) The aggregate gradations of TWO (2) stockpiles to be used in preparing asphalt mixes is shown in Table-1. Using the trial and error method, combine the TWO (2) aggregates so that the resultant blend meets the gradation limits, if possible the median gradation, specified in the last column of Table 1.

Table 1

Sieve Size (mm)	Cumulative Percentage Passing		
	Aggregate A	Aggregate B	Spesification Limits
20	100	100	100
14	82	100	95 – 83
10	42	95	72 – 58
5.0	16	75	50 – 30
3.35	0	59	35 – 14
1.18	0	32	20 – 6
0.075	0	12	7 – 3

[6 marks/markah]

Penggredan agregat dari DUA (2) timbunan stok yang ditunjukkan dalam Jadual 1 akan digunakan untuk menghasilkan campuran asphalt. Menggunakan kaedah cuba-jaya, gabungkan dua agregat ini supaya adunan yang terhasil mematuhi had penggredan agregat, kalau boleh penggredan median, seperti yang dinyatakan di dalam lajur akhir Jadual 1.

Jadual 1

Saiz ayak (mm)	Peratusan Melepassi		
	Agregat A	Agregat B	Had Spesifikasi
20	100	100	100
14	82	100	95 – 83
10	42	95	72 – 58
5.0	16	75	50 – 30
3.35	0	59	35 – 14
1.18	0	32	20 – 6
0.075	0	12	7 – 3

- (d) In a mixture design, the bitumen content is optimized to produce a mixture that possesses all desirable properties. Suggest **TWO (2)** desirable mix properties. Explain the importance and how those properties affect the integrity of a pavement structure.

[4 marks/markah]

Dalam reka bentuk campuran, kandungan bitumen dioptimumkan untuk mendapatkan satu campuran yang mempunyai semua ciri yang dikehendaki. Cadangkan DUA (2) ciri campuran yang dikehendaki. Terangkan kepentingan dan bagaimana setiap ciri tersebut mempengaruhi keutuhan struktur turapan.

4. (a) **TWO (2)** modes of compaction can be used to compact and produce Marshall specimens in the laboratory. Name the modes and how they differ. Explain how one mode of compaction simulates the action of the field roller compactor. Use sketches to illustrate your answer.

[4 marks/markah]

DUA (2) mod pepadatan boleh digunakan untuk memadat campuran asfalt di makmal. Namakan mod pepadatan tersebut dan bezakan keduanya. Terangkan bagaimana satu mod mensimulasi tindakan penggelek di tapak. Gunakan lakaran untuk menjelaskan lagi jawapan anda.

- (b) Asphalt mixes are typically produced by the batch or drum mixing plants. Draw sketches to illustrate the components in both mixing plants. With the aid of sketches, describe the differences between batch and drum mixing plants.

[6 marks/markah]

Lazimnya campuran asfalt dihasilkan oleh loji campuran kelompok atau gelendong. Buat lakaran untuk menunjukkan komponen yang terdapat dalam setiap loji. Berbantuan lakaran, terangkan perbezaan operasi loji campuran kelompok dan gelendong.

- (c) Asphalt mixtures produced by the quarry must be transported to the site, spread and then compacted by rollers. Tack coat or prime coat is spread prior to spreading of the bound mixture. Assuming that you are paving asphaltic concrete for the wearing course, explain briefly the adverse effects on the pavement surfacing if the following takes place:

- application of tack coat is not uniform, some too little while excessive elsewhere
- at the start of rolling, the mix temperature is 90°C
- the paver screed does not receive a constant supply of asphaltic concrete and has to make frequent stops while waiting for the next mix delivery
- the paver hopper wings are not regularly folded
- a lot of handcasting is done and the coarse aggregates that surface up are not discarded
- in the first roller pass, a very heavy vibratory steel roller is used
- when the asphalt is being compacted, blue smoke can be seen rising from the mix
- the vibratory roller moves at a very high speed

[10 marks/markah]

Campuran asphalt yang dihasilkan di kuari mesti diangkut ke tapak lalu direbak sebelum dipadat oleh jentera penggelek. Salut perdana atau salut jelujur diaplikasi sebelum campuran asphalt direbak. Katakan anda memadat campuran konkrit asphalt untuk lapisan penghausan, terangkan secara ringkas kesan negatif ke atas permukaan turapan sekiranya perkara berikut berlaku:

- *aplikasi salut jelujur tidak sekata, ada tempat terlalu sedikit dan ada tempat yang berlebihan*
- *suhu pada permulaan pepadatan ialah 90°C*
- *skrid penurap tidak mendapat campuran konkrit asphalt yang malar dan perlu berhenti seketika sementara menunggu campuran asphalt*
- *dinding hopper penurap tidak dilipat secara berkala*
- *terlalu banyak kerja tangan dilakukan dan agregat kasar yang timbul tidak disingkirkan*
- *pada gelesan pertama, penggelek bertayar keluli bergetar yang sangat berat digunakan*
- *ketika asphalt dipadat, asap biru kelihatan keluar dari campuran*
- *penggelek bergetar bergerak pada kelajuan yang sangat tinggi*

5. (a) Concrete pavement can be constructed either by slip form paver or fixed form paver. With the aid of sketches, describe the similarities and differences between the two construction types.

[8 marks/markah]

Turapan konkrit boleh dibina sama ada menggunakan penurap acuan tetap atau penurap acuan gelungsur. Berbantuan lakaran, terangkan persamaan dan perbezaan di antara dua jenis kaedah binaan.

- (b) Mud pumping is an occasional problem with jointed concrete pavement. It is often described as movement of material underneath the slab or ejection of material from underneath the slab as a result of water pressure. Water that accumulates underneath a concrete pavement slab will pressurize when the slab deflects under load. What damage can the pressurized water do to the concrete pavement? What are the possible causes of mud pumping and describe the repair techniques to be undertaken for maintenance purposes.

[6 marks/markah]

Masalah pengepaman lumpur boleh berlaku pada turapan konkrit bersambungan. Fenomena ini berlaku apabila bahan yang berada di bawah papak terpancut keluar sebagai akibat tekanan air. Tekanan air yang terletak di bawah papak konkrit akan meningkat apabila papak konkrit terpesong di bawah tindakan beban. Apakah kemusnahan yang boleh dilakukan oleh air tersebut ke atas turapan konkrit? Apakah faktor yang menyebabkan fenomena pengepaman lumpur berlaku dan terangkan teknik penyenggaraan yang perlu dilakukan.

- (c) Explain briefly the meaning of “failure criteria” in flexible pavement and sketch a graph that shows the failure criteria on a road that has two lanes per direction.

[3 marks/markah]

Terangkan secara ringkas maksud “kriteria kegagalan” dalam turapan boleh lentur dan lakarkan graf yang menunjukkan kriteria kegagalan pada sebatang jalan yang mempunyai dua lorong sehala.

- (d) Traffic signs can be divided into **THREE (3)** classifications. Explain and sketch the shape of traffic signs for each classification.

[3 marks/markah]

*Fungsi papan tanda lalu lintas boleh dibahagikan kepada **TIGA (3)** klasifikasi. Terangkan dan lakarkan bentuk papan tanda lalu lintas bagi setiap klasifikasi tersebut.*

- 6 (a) With the aid of sketches, explain the differences in terms of load distribution on a flexible pavement as compared to rigid pavement.

[4 marks/markah]

Berbantuan lakaran, terangkan perbezaan dari segi pengagihan beban oleh turapan boleh lentur berbanding dengan turapan tegar.

- (b) Explain briefly the meaning of “load transfer” in rigid pavement and state the methods to achieve load transfer across transverse joints/cracks.

[6 marks/markah]

Terangkan secara ringkas maksud “pemindahan beban” dalam turapan tegar dan nyatakan cara-cara untuk memindahkan beban melintasi sambungan/ retakan melintang.

- (c) The estimated average daily traffic for a R05 highway which will be built across a rolling terrain is 10,100 vehicles for bothways. If the traffic growth rate is 5.5%, percentage of commercial vehicle is 16% and the value of California Bearing Ratio of the subgrade soil is 7.5%, calculate the followings:

- (i) Initial annual commercial traffic for one direction, V_0
- (ii) Total number of commercial vehicles for one direction at the end of design period, V_c
- (iii) Total equivalent standard axles, ESA

Subsequently, by using the values obtained from part (a), (b) and (c) above, design the flexible pavement for a typical design life period based on the JKR methodology. Refer and use the tables and chat given in the Appendix. State clearly all assumptions made.

[10 marks/markah]

Jangka purata lalu lintas harian sebatang lebuh raya berhierarki R05 yang akan dibina merentasi kawasan beralun adalah 10,100 kenderaan pada kedua-dua arah. Sekiranya kadar pertumbuhan lalu lintas ialah 5.5%, peratus kenderaan perdagangan ialah 16% dan nilai Nisbah Galas California tanah subgred ialah 7.5%, tentukan yang berikut:

- (i) Bilangan kenderaan berat setahun sehala, V_0*
- (ii) Jumlah bertokok kenderaan berat satu hala pada akhir hayat rekabentuk, V_c*
- (iii) Jumlah bertokok gandar piawai, ESA*

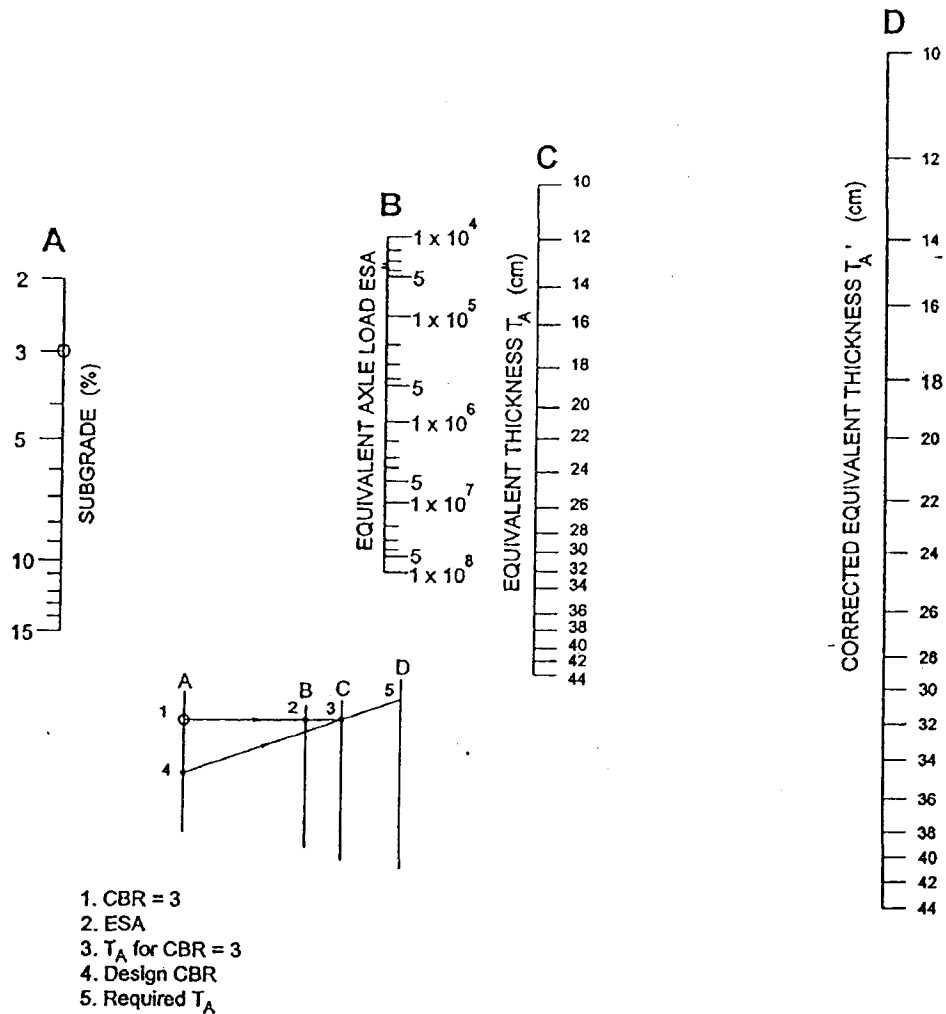
Seterusnya, dengan menggunakan nilai-nilai yang diperolehi daripada bahagian (a), (b) dan (c) di atas, reka bentuk sebuah turapan boleh lentur untuk jangka hayat lazim menurut tatacara JKR. Rujuk dan gunakan jadual dan carta yang diberikan dalam Lampiran. Nyatakan dengan jelas semua andaian yang dibuat.

- 000000000 -

APPENDIX

Use this Appendix for question 6(c).

Lampiran ini hendaklah digunakan semasa menjawab soalan 6(c).



APPENDIX

Garis Panduan Pemilihan Setaraan. [*Guide for Equivalence Factor*].

(Sumber : Jabatan Kerja Raya Malaysia, *Arah Teknik (Jalan) 5/85*.

Manual on Pavement Design. Dengan Izin Jabatan Kerja Raya Malaysia).

Peratusan Kenderaan Berat (<i>Percentage of selected goods vehicles</i>)	0 -15%		16 – 50%	51 – 100%
Jenis Jalan Raya (<i>Type of road</i>)	Tempatan (<i>Local</i>)	Utama (<i>Trunk</i>)		
Faktor Setaraan (<i>Equivalence factor</i>)	1.2	2.0	3.0	3.7

Muatan Jaman Maksimum dalam Keadaan Unggul [*ideal Hourly Capacity*]

(Sumber : Jabatan Kerja Raya Malaysia, *Arahan Teknik (Jakan) 5/85*.

Manual on Pavement Design. Dengan Izin Jabatan Kerja Raya Malaysia)

Jenis Jalan Raya (<i>Road Tpe</i>)	Unit Kereta Penumpang Sejam (<i>Passenger Vehicle Units per hour</i>)
Berbilang lorong (<i>Multilane</i>)	2000 tiap-tiap lorong (<i>2000 per lane</i>)
2 lorong [dua hala] <i>2 lanes [bothways]</i>	2000 untuk kedua-dua arah (<i>2000 total for bothways</i>)
3 lorong [dua hala] <i>3 lanes [bothways]</i>	4000 untuk kedua-dua arah (<i>2000 total for bothways</i>)

Faktor Pengurangan Jalan Raya [*Carriageway Roadway Reduction Factor*]

(Sumber : Jabatan Kerja Raya Malaysia, *Arahan Teknik*

(Jalan) 5/85.

Manual on Pavement Design. Dengan izin Jabatan Kerja Raya Malaysia).

Lebar Lebuhraya (m) <i>[Carriageway Width]</i>	Lebar Bahu Jalan (m) <i>[Shoulder width]</i>			
	2.00	1.50	1.25	1.00
7.5	1.00	0.97	0.94	0.90
7.0	0.88	0.86	0.83	0.79
6.0	0.81	0.78	0.76	0.73
5.0	0.72	0.70	0.67	0.64

Faktor Pengurangan Lalu Lintas [*Traffic Reduction Factor*](Sumber : Jabatan Kerja Raya Malaysia, *Arahan Teknik (Jalan) 5/85*.

Manual on Pavement Design. Dengan Izin Jabatan Kerja Raya Malaysia)

Jenis Rupa Bumi [<i>Type of Terrain</i>]	Rumus Faktor Pengurang [<i>Factor</i>]
Datar [Flat]	$T = 100/(100 + P_c)$
Beralun [Rolling]	$T = 100/(100 + 2P_c)$
Berbukit [Mountainous]	$T = 100/(100 + 5 P_c)$

Ketebalan Lapisan Piawai dan Pembinaan [*Minimum Layer Thickness*](Sumber : Jabatan Kerja Raya Malaysia, *Arahan Teknik (Jalan) 5/85*. Manual on

Pavement Design. Dengan izin Jabatan Kerja Raya Malaysia.

Jenis Lapisan [<i>Type of layer</i>]	Ketebalan Minimum (m) [<i>Minimum thickness</i>]	
Lapisan Penghausan [<i>Wearing course</i>]	4	
Lapisan pengikat [<i>Binder course</i>]	5	
Tapak [<i>Base course</i>]	Berbitumen [<i>Bituminous</i>]	5
	Campuran basah [<i>Wet mix</i>]	10
	Dirawat simen [<i>Cement treated</i>]	10
Subtapak [<i>Subbase course</i>]	Berbutir [<i>Granular</i>]	10
	Sirawat simen [<i>Cement treated</i>]	15

Ketebalan Minimum Lapisan Berbitumen [*Minimum thickness of bituminous layer*]

(Sumber : Jabatan Kerja Raya Malaysia. Arahan Teknik (Jalan) 5/85. Manual on Pavement Design. Dengan Izin Jabatan Kerja Raya Malaysia

T_A	Tebal Keseluruhan Minimum Lapisan berbitumen (cm) [<i>Total thickness of bituminous layer</i>]
<17.5	5.0
17.5 – 22.5	10.00
23.0 – 29.5	15.00
>30.0	17.5