

**SULIT**

---



First Semester Examination  
2019/2020 Academic Session

December 2019 / January 2020

**EAL337 – Pavement Engineering  
(Kejuruteraan Turapan)**

Duration : 3 hours  
(Masa : 3 jam)

---

Please check that this examination paper consists of **EIGHTEEN (18)** pages of printed material including appendix before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **LAPAN BELAS (18)** muka surat yang bercetak termasuk lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

**Instructions** : This paper contains **SIX (6)** questions. Answer **FIVE (5)** questions.

**Arahan** : Kertas ini mengandungi **ENAM (6)** soalan. Jawab **LIMA (5)** soalan.]

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

*[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah digunapakai.]*

...2/-

**SULIT**

- (1). (a). Skid Resistance Value (SRV) of pavement surface depends on microtexture and macrotexture of the aggregate used to prepare asphalt mix. The Portable Pendulum Skid Tester is used to determine the SRV of Aggregate Type 1 (SRV = 36) and Aggregate Type 2 (SRV = 52).

*Nilai rintangan kelincir (SRV) pada permukaan jalan raya bergantung kepada tekstur mikro dan tekstur makro agregat yang digunakan untuk menyediakan campuran asfalt. Penguji rintangan kelincir mudah alih digunakan untuk menentukan nilai SRV bagi Agregat Jenis 1 (SRV = 36) dan Agregat Jenis 2 (SRV = 52).*

As a quality manager for a local quarry, you need to persuade a local contractor (main client) on which aggregate type is more favourable for wearing course layer construction. Your explanation must include the following points:

- Provide one example of Aggregate Type 1 and Aggregate Type 2, respectively.
- Specify which type of aggregate is more suitable for wearing course layer.
- Describe the related aggregate test and how the test simulates what is happening in the field.

*Sebagai seorang pengurus kualiti di sebuah kuari tempatan, anda perlu meyakinkan kontraktor tempatan (pelanggan utama) tentang jenis agregat yang lebih sesuai digunakan untuk pembinaan lapisan penghaus. Perbincangan anda hendaklah membincangkan perkara berikut:*

- *Berikan contoh bagi agregat jenis 1 dan agregat jenis 2.*
- *Nyatakan agregat yang manakah lebih sesuai untuk digunakan sebagai lapisan penghaus.*

- *Jelaskan ujian agregat yang berkaitan dan bagaimana ujian ini mensimulasi apa yang berlaku di tapak.*

[5 marks/markah]

- (b). Quarry A produces crushed granite aggregate and the stockpiles are clustered based on the following sizes: 37.5 mm, 25.0 mm, 20.0 mm, 14.0 mm, 10.0 mm, and Quarry Dust. An aggregate sampling is randomly carried out and subjected to sieve analysis test to determine the proportions of coarse aggregate, fine aggregate, and filler. The sieve analysis result for Quarry Dust stockpile is summarized in **Table 1**.

*Kuari A menghasilkan agregat jenis granit terhancur dan timbunan agregat diasingkan mengikut saiz yang berikut: 37.5 mm, 25.0 mm, 20.0 mm, 14.0 mm, 10.0 mm, and debu kuari. Proses pensampelan agregat telah dibuat secara rawak dan ujian analisis ayak telah dijalankan untuk menentukan perkadaran bagi agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi. Keputusan bagi ujian analisis ayak untuk debu kuari telah dirumuskan di dalam **Jadual 1**.*

- (i). Differentiate the coarse aggregate, fine aggregate, and filler.

*Bezakan agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi.*

[3 marks/markah]

- (ii). Determine the percentages of aggregate retained on each sieve size based on the information in **Table 1**.

*Tentukan peratusan agregat yang tertahan pada setiap saiz ayak berdasarkan maklumat dalam **Jadual 1**.*

[3 marks/markah]

...4/-

(iii). Compute the combined percentage retained for:  
*Kirakan jumlah peratusan tertahan bagi:*

- coarse aggregate  
*agregat kasar*
  
- fine aggregate  
*agregat halus*
  
- filler  
*bahan pengisi*

[6 marks/markah]

(iv). If the total weight of the aggregate sample is 1,200 gram, determine the total weight for coarse aggregate, fine aggregate, and filler, respectively.

*Jika jumlah berat sampel ialah 1,200 gram, berapakah jumlah berat masing-masing bagi agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi.*

[3 marks/markah]

**Table 1/Jadual 1**

Sieve size/ Saiz Ayak (mm)	6.30	5.00	3.35	1.18	0.600	0.425	0.300	0.150	0.075	Pan/ Dulang
Average Passing/ Purata Melepasi (%)	100	98.1	88.5	59.1	45.0	28.4	27.1	17.0	9.1	0
Retained/ Tertahan (%)										

- (2). (a). One big drum of bitumen was ordered from an oil company. Upon its delivery, you decided to check for the bitumen purity and the amount of volatiles by conducting **TWO (2)** laboratory tests. Explain the laboratory test principles and test results interpretation that enables you to evaluate the delivered bitumen quality. Explain **ONE (1)** scenario how bitumen properties can be contaminated by making it softer than what it should be.

*Satu tong dram bitumen telah ditempah daripada sebuah syarikat minyak. Sejurus sampai, anda bercadang untuk menyemak ketulenan dan kandungan bahan meruap bitumen dengan menjalankan **DUA (2)** ujian makmal. Terangkan prinsip ujian dan interpretasi keputusan ujian untuk membolehkan anda menilai kualiti bitumen yang dibekalkan. Terangkan **SATU (1)** senario bagaimana ciri bitumen boleh dicemari dengan menjadikannya lebih lembut daripada yang sepatutnya.*

[6 marks/markah]

- (b). The penetration and softening points of two virgin and aged bitumen are shown in **Table 2**.

*Nilai penusukan dan titik lembut dua bitumen baru dan terusia ditunjukkan dalam **Jadual 2**.*

**Table 2/Jadual 2**

Bitumen Type/ Jenis Bitumen	Virgin/Baru		Short Term Aged/ Terusia Jangka Pendek	
	Penetration/ Penusukan (dmm)	Softening Point/ Titik Lembut (°C)	Penetration/ Penusukan (dmm)	Softening Point/ Titik Lembut (°C)
A	65	52	48	95
B	44	78	39	99

- (i). From these values, calculate the Penetration Index of each bitumen. Comment on the relative temperature susceptibility of the two bitumen. By comparing the penetration values, calculate the Aging Index of each bitumen. Comment on the relative aging susceptibility of the two bitumen.

*Daripada nilai ini, kira Indeks Penusukan setiap bitumen. Komen kecenderungan terpengaruh suhu kedua-dua bitumen. Dengan membandingkan nilai penusukan, kira Indeks Pengusiaan setiap bitumen. Komen kecenderungan terpengaruh usia kedua-dua bitumen.*

[6 marks/markah]

- (c). (i). Consider an asphalt pavement located on a sloped road section. Assuming both uphill and downhill sections are equally trafficked, which section (uphill or downhill) will experience more rutting or permanent deformation. Justify your answer.

*Pertimbangkan satu turapan asfalt yang terletak di atas seksyen jalan raya yang bercerun. Jika kedua-dua seksyen mendaki dan menuruni cerun terdedah kepada beban lalu lintas yang serupa, seksyen manakah (mendaki atau menuruni cerun) yang akan mengalami ubah bentuk kekal yang lebih besar? Berikan justifikasi jawapan anda.*

[4 marks/markah]

- (ii). You are a contractor doing paving works in hot and cold regions and also in regions subjected to huge variations in daily temperature. Suggest a binder type for paving works that is suitable for the specified conditions mentioned above. Justify your answer.

*Anda seorang kontraktor yang terlibat dengan kerja-kerja penurapan di kawasan panas dan sejuk serta kawasan yang terdedah kepada perubahan suhu harian yang ketara. Cadangkan satu jenis bahan pengikat untuk kerja penurapan yang sesuai berdasarkan keadaan dinyatakan di atas. Berikan justifikasi jawapan anda.*

[4 marks/markah]

- (3). (a). In the highway construction industry, a variety of asphalt mix types have been developed.

*Dalam industri pembinaan lebuhraya, pelbagai jenis campuran asfalt telah dibangunkan.*

- (i). The aggregate gradations corresponding to three asphalt mixes A, B and C are shown in **Figure 1**. Name the type of asphalt mix associated with each gradation. Justify your answer.

*Penggredan agregat tiga campuran asfalt A, B dan C ditunjukkan dalam **Rajah 1**. Namakan jenis campuran asfalt yang berkaitan dengan setiap penggredan. Berikan justifikasi jawapan anda.*

[3 marks/markah]

- (ii). Deduce which gradation corresponds to mix type that you would use to mitigate traffic noise. Explain **TWO (2)** other advantages when this mix type is used for flexible pavement wearing course.

*Nyatakan penggredan manakah yang boleh menghasilkan campuran yang boleh anda gunakan untuk menurunkan hingar lalu lintas. Terangkan **DUA (2)** kebaikan lain penggunaan campuran ini untuk lapisan penghausan turapan boleh lentur.*

[4 marks/markah]

...8/-

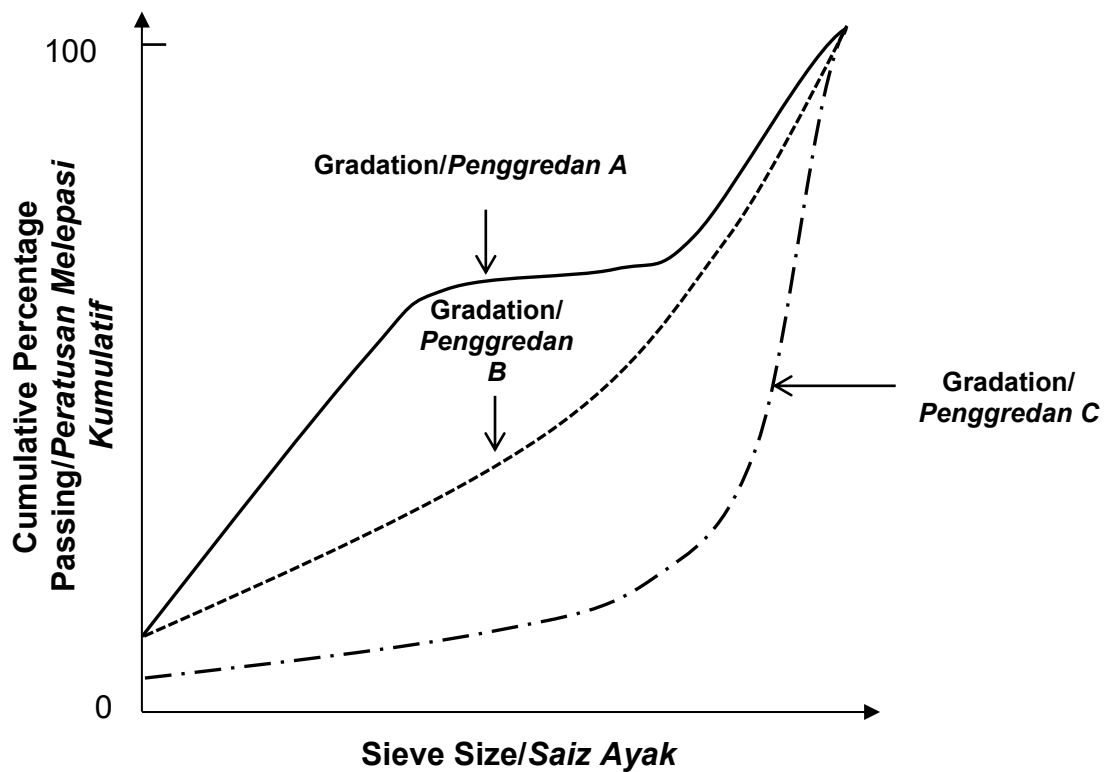


Figure 1/Rajah 1

- (b). Trial and error method is one of the approaches used to blend the aggregates at any local quarries. **Table 3** shows an example of aggregate blending process using trial and error method, incorporating 50% from stockpile #1 and 50% from stockpile #2.

*Kaedah percubaan dan ralat adalah salah satu daripada pendekatan yang digunakan di mana-mana kuari tempatan. **Jadual 3** menunjukkan contoh proses penggabungan agregat menggunakan kaedah percubaan dan ralat, yang menggunakan 50% daripada kumpulan #1 dan 50% daripada kumpulan #2.*



- (i). Recreate **Table 3** in your answer booklet and fill in the missing cells with newly blended aggregate proportions for all sieve sizes.

*Bina semula **Jadual 3** di dalam buku jawapan anda dan isikan ruang kosong dengan peratusan bagi agregat yang baru digabungkan untuk semua saiz ayak.*

[4 marks/markah]

- (ii). Based on the newly blended aggregate proportions, justify whether the aggregate gradation is suitable or not for asphalt mix production.

*Berdasarkan peratusan agregat yang baru digabungkan, terangkan sama ada peratusan agregat ini sesuai atau tidak digunakan untuk menghasilkan campuran asfalt.*

[2 marks/markah]

**Table 3/Jadual 3**

Material/ Bahan	Stockpile #1/ Kumpulan #1		Stockpile #2/ Kumpulan #2		Blend/ Campuran	Target/ Sasaran
Percentage/ Peratusan	50%		50%			
Sieve Size/ Saiz Ayak (mm)	% Passing/ Melepasi	% Stock/ Stok	% Passing/ Melepasi	% Stock/ Stok		
14.0	100	50	100	50	100	100
10.0	90	45	100			80 - 100
5.0	30	15	100	50		65 - 100
3.4	7	3.5	88			40 - 80
1.2	3	1.5	47			20 - 65
0.4	1	0.5	32	16		7 - 40
0.2	0	0	24		12	3 - 20
0.075	0	0	10	5		2 - 10

- (c). An alteration has been applied to the aggregate blending process by incorporating 30% from stockpile #1 and 70% from stockpile #2 as shown in **Table 4**.

*Pengubahsuaian telah dilakukan dalam proses gabungan agregat dengan mencampurkan 30% daripada kumpulan #1 dan 70% daripada kumpulan #2 seperti yang tertera dalam **Jadual 4**.*

**Table 4/Jadual 4**

Material/ Bahan	Stockpile #1/ Kumpulan #1		Stockpile #2/ Kumpulan #2		Blend/ Campuran	Target/ Sasaran
Percentage/ Peratusan	30%		70%			
Sieve Size/ Saiz Ayak (mm)	% Passing/ Melepassi	% Stock/ Stok	% Passing/ Melepassi	% Stock/ Stok		
14.0	100	30	100	70		100
10.0	90	27	100	70		80 - 100
5.0	30	9	100		79	65 - 100
3.4	7	2.1	88	61.6		40 - 80
1.2	3	0.9	47			20 - 65
0.4	1	0.3	32		22.7	7 - 40
0.2	0		24	16.8		3 - 20
0.075	0		10	7	7	2 - 10

- (i). Recreate and complete **Table 4** in your answer booklet based on the newly proposed blended aggregate proportions.

*Bina semula dan lengkapkan **Jadual 4** dalam buku jawapan berdasarkan peratusan gabungan agregat yang baru dicadangkan.*

[5 marks/markah]

- (ii). Compare the blended aggregate proportion in **Table 4** with the blended aggregate proportion in **Table 3**, explain which aggregate blend will produce a better asphalt mix.

...11/-

*Bandingkan peratusan gabungan agregat dalam **Jadual 4** dengan peratusan gabungan agregat dalam **Jadual 3**, terangkan gabungan agregat manakah akan menghasilkan campuran asfalt yang lebih baik.*

[2 marks/markah]

- (4). (a). With the aid of sketches, differentiate **TWO (2)** main characteristics of the Jointed Plain Concrete Pavement (JPCP) and the Continuously Reinforced Concrete Pavement (CRCP). Specify when would you use such designs.

*Dengan bantuan lakaran, bezakan **DUA (2)** ciri utama Turapan Konkrit Berpenyambung Biasa (JPCP) dan Turapan Konkrit Tetulang Berterusan (CRCP). Nyatakan bila anda perlu menggunakan reka bentuk tersebut.*

[7 marks/markah]

- (b). With the aid of sketches, explain **TWO (2)** differences between a tie bar and a dowel bar in a rigid pavement.

*Dengan bantuan lakaran, terangkan **DUA (2)** perbezaan antara bar pengikat dan bar penetap di dalam turapan tegar.*

[5 marks/markah]

- (c). **Table 5** shows the traffic composition survey conducted by the Highway Planning Unit (HPU). You are required to determine the traffic category for a 4-lane freeway (concession toll road, 2-lane for one way) with the average daily traffic for one way is approximately 4100 vehicles, of which 15% are commercial vehicles with an un-laden weight > 1.5 tons. **Refer to Appendix 1.**

**Jadual 5** menunjukkan kajian komposisi lalu lintas yang dijalankan oleh Unit Perancang Jalan (HPU). Anda dikehendaki menentukan kategori lalu lintas untuk lebuh raya 4-lorong (jalan tol konsesi, 2-lorong untuk satu arah) dengan trafik purata harian untuk satu arah adalah lebih kurang 4100 kenderaan, di mana 15% adalah kenderaan perdagangan dengan berat tanpa muatan > 1.5 tan. **Rujuk Lampiran 1.**

**Table 5/Jadual 5**

<b>HPU class designation/ Penetapan Kelas HPU</b>	<b>Composition (%) Komposisi (%)</b>
Cars and Taxis <i>Kereta dan Teksi</i>	75
Small trucks and vans (2 axles) <i>Trak kecil dan van (2 gandar)</i>	7
Large trucks (2 to 4 axles) <i>Trak besar (2 hingga 4 gandar)</i>	8
Articulated trucks (3 or more axles) <i>Trak pengangkut (3 atau lebih gandar)</i>	4
Buses (2 or 3 axles) <i>Bas (2 atau 3 gandar)</i>	3
Motorcycles <i>Motosikal</i>	3

Additional information:

Lane distribution factor,  $L = 0.9$

Terrain factor,  $T = 1.0$

Design traffic = 20 years

Total Growth Factor (TGF) = 31.42 (based on the annual growth rate (r): 4.5%)

*Maklumat tambahan:*

*Faktor pengagihan lorong,  $L = 0.9$*

*Faktor muka bumi,  $T = 1.0$*

*Reka bentuk lalu lintas = 20 tahun*

*Jumlah faktor pertumbuhan (TGF) = 31.42 (kadar peningkatan tahunan (r): 4.5%)*

[8 marks/markah]

...13/-

- (5). (a). The drum or continuous asphalt mixing plant is the most commonly used asphalt mix production in Malaysia.

*Loji campuran gelendong atau berterusan merupakan loji campuran yang paling kerap digunakan untuk penghasilan campuran asphalt di Malaysia.*

Specify **TWO (2)** differences between drum and batch asphalt mixing plants. Typically, asphalt mix produced by the drum mix is loaded directly into trucks located underneath a surge bin or silo. With the aid of sketches, describe the loading procedure that should be adopted to minimize mix segregation in the truck bed.

*Nyatakan **DUA (2)** perbezaan antara loji campuran gelendong dan kelompok. Lazimnya, campuran asphalt yang dihasilkan oleh gelendong dipunggah secara terus ke dalam trak yang berada di bawah silo. Berbantuan lakaran, terangkan kaedah pemuatan yang sepatutnyanya diterima pakai untuk meminimumkan pengasingan campuran di dalam trak.*

[7 marks/markah]

- (b). A durable pavement system mostly depends on a good asphalt mix design. **Table 6** summarises important attributes of compacted Marshall specimens with 4.5 to 6.5 % bitumen contents by weight of total mix at 0.5% increments. By using information in **Table 6**, plot the relationships for density and air void at specified bitumen contents in **Appendix 2**. Using the graphs provided in **Appendix 2**, determine percentages of bitumen content for the following cases. **Attach Appendix 2 with your answer script.**

*Sistem turapan yang tahan lasak bergantung kepada rekabentuk campuran asphalt yang baik. **Jadual 6** menunjukkan ciri-ciri penting sampel Marshall yang dipadatkan pada 4.5 sehingga 6.5% kandungan*

bitumen berdasarkan berat keseluruhan campuran dengan peningkatan sebanyak 0.5%. Dengan menggunakan maklumat dalam **Jadual 6**, plot hubungan untuk ketumpatan dan lompong udara pada kandungan bitumen yang telah dinyatakan dalam **Lampiran 2**. Menggunakan graf dalam **Lampiran 2**, tentukan peratusan bitumen untuk kes yang berikut. **Sertakan Lampiran 2 bersama skrip jawapan anda.**

**Table 6/Jadual 6**

Bitumen Content/ Kandungan Bitumen (%)	Bulk Density/ Ketumpatan Pukal (kg/m <sup>3</sup> )	Voids in Mix/ Lompong Udara di dalam campuran (%)	Voids filled with bitumen/ Lompong udara terisi dengan bitumen (%)	Stability/ Kestabilan (N)	Flow/ Aliran (mm)	Stiffness/ Kekakuan (N/mm)
4.5	2.307	6.61	60.42	8686	2.05	4572
5	2.318	5.50	67.20	11050	2.95	3947
5.5	2.325	4.57	73.10	11762	3.71	3168
6	2.317	4.10	76.90	10531	4.25	2592
6.5	2.310	3.74	79.60	9500	4.61	2063

- (i). Determine the percentage of bitumen content for density at peak of curve.

*Tentukan peratusan kandungan bitumen untuk ketumpatan pada puncak lengkungan.*

[3 marks/markah]

- (ii). Determine the percentage of bitumen content for stability at peak of curve.

*Tentukan peratusan kandungan bitumen untuk kestabilan pada puncak lengkungan.*

[1 mark/markah]

- (iii). Determine the percentage of bitumen content at 4% voids in mix.

*Tentukan peratusan bitumen pada 4% kandungan lompang udara dalam campuran.*

[3 marks/markah]

- (iv). Determine the percentage of bitumen content at 75% voids filled with bitumen.

*Tentukan peratusan kandungan bitumen pada 75% lompang udara di dalam campuran.*

[2 mark/markah]

- (v). Determine the percentage of bitumen content at 3 mm Flow.

*Tentukan peratusan kandungan bitumen pada 3 mm Aliran.*

[2 mark/markah]

- (vi). Calculate mean optimum bitumen content (%) based on your answer in question 5 (b) i to 5 (b) v.

*Kirakan kandungan bitumen optimum (%) berdasarkan jawapan bagi soalan 5 (b) i sehingga 5 (b) v.*

[2 marks/markah]

- (6). (a). Road maintenance can be divided into **THREE (3)** main categories. Explain the differences among them and identify the types of work undertaken for each category.

*Penyelenggaraan jalan raya boleh dibahagikan kepada **TIGA (3)** kategori. Huraikan perbezaan antara mereka dan kenal pasti jenis-jenis kerja yang dijalankan bagi setiap kategori.*

[6 marks/markah]

- (b). Based on your understanding and critical judgment, while a nation facing a severe economic recession, describe the type of maintenance or rehabilitation works that could and could not be neglected to ensure minimum acceptable serviceability of roads can be provided for the safety of road users.

*Berdasarkan pemahaman anda dan pertimbangan kritikal, ketika negara menghadapi kemelesetan ekonomi yang teruk, terangkan jenis kerja penyelenggaraan atau pemulihan yang boleh dan tidak boleh diabaikan untuk memastikan kadar minima kebolegunaan jalan dapat disediakan bagi keselamatan pengguna jalan raya.*

[6 marks/markah]

- (c). With the aid of sketches, specify **FOUR (4)** common types of distress on the flexible pavement in tropical countries, and explain the probable cause for these distresses to manifest.

*Dengan bantuan lakaran, nyatakan **EMPAT (4)** jenis kegagalan biasa pada turapan boleh lentur di negara beriklim tropika, dan terangkan punca yang boleh mengakibatkan kegagalan itu berlaku.*

[8 marks/markah]



## APPENDIX 1/LAMPIRAN 1

## Load Equivalence Factor (LEF)

Vehicle		Load Equivalence Factor (LEF)
HPU class designation	Class	
Cars and taxis	C	0
Small trucks and vans (2 axles)	CV1	0.1
Large trucks (2 to 4 axles)	CV2	4.0
Articulated trucks (3 or more axles)	CV3	4.4
Buses (2 or 3 axles)	CV4	1.8
Motorcycles	MC	0
Commercial traffic (mixed)	CV%	3.7

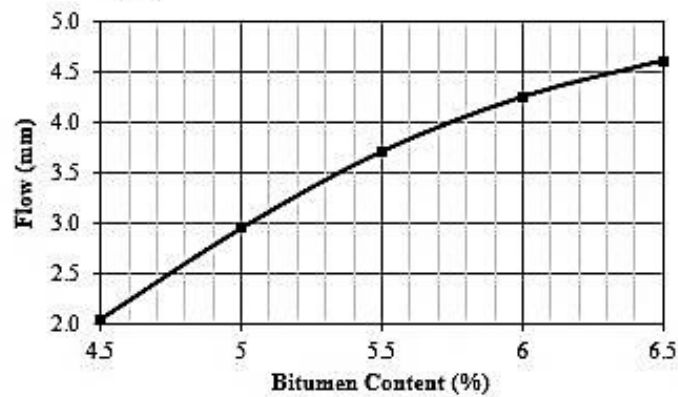
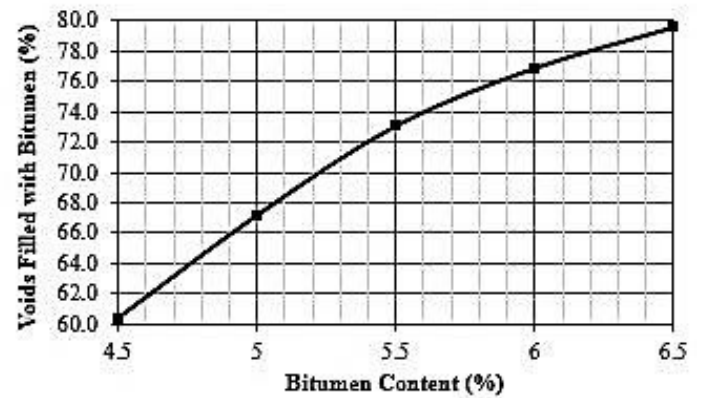
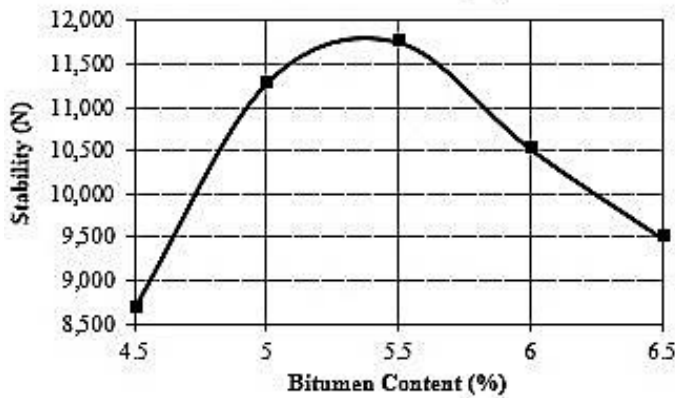
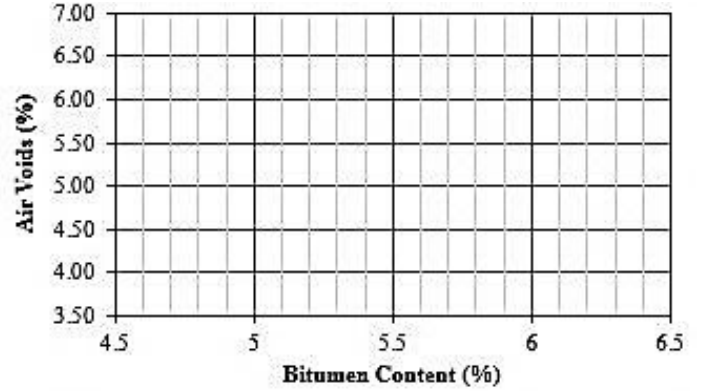
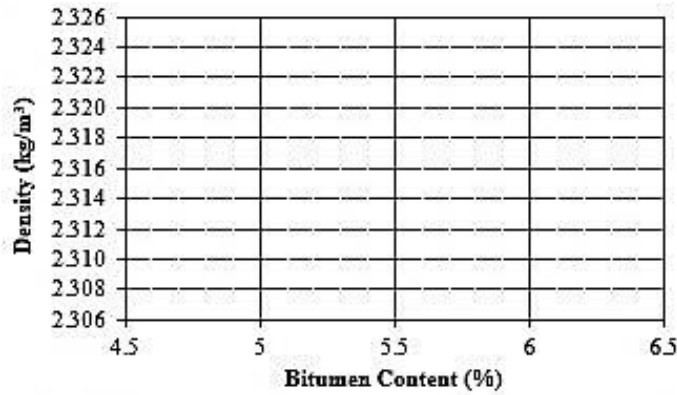
## Traffic Category

Traffic categories	Design Traffic (ESAL x 10 <sup>6</sup> )
T1	≤ 1.0
T2	1.1 to 2.0
T3	2.1 to 10.0
T4	10.1 to 30.0
T5	> 30

ANGKA GILIRAN/INDEX NO: \_\_\_\_\_

APPENDIX 2/LAMPIRAN 2

**Determination of optimum Binder Content (%)**



-oooOOooo-