

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination  
2015/2016 Academic Session

June 2016

**EAL432 – Advanced Transportation And Highway Engineering**  
*[Kejuruteraan Lebuhraya Dan Pengangkutan Lanjutan]*

Duration : 3 hours  
*[Masa : 3 jam]*

---

Please check that this examination paper consists of **THIRTEEN (13)** pages of printed material before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **TIGA BELAS (13)** muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

**Instructions** : This paper contains **FIVE (5)** questions. Answer **FOUR (4)** questions.

**Arahan** : Kertas ini mengandungi **LIMA (5)** soalan. Jawab **EMPAT (4)** 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] Describe the Four Stage Transportation Demand Model. Please highlight the required inputs and outputs for each stage, and how they are important for transportation planning.

*Terangkan Model Permintaan Pengangkutan Empat Peringkat. Anda perlu nyatakan keperluan input dan output untuk setiap peringkat, dan mengapa mereka penting untuk perancangan pengangkutan.*

[5 marks/markah]

- [b] As part of the New Penang Transport Master Plan, a new rail system will be introduced to connect the major areas on the Penang Island. As it is a privatization model, a developer has been appointed to be the main partner for the development of the rail system, and was offered to redevelop the current USM campus in Minden. As part of the redevelopment, USM will get additional space to double the number of present students, while maintaining the current number of staff.

However, as the redevelopment is a major effort, the current Minden Campus will stop operating temporarily and will be relocated to the Engineering Campus and the IPPT Campus in Bertam. As the Chief Engineer for USM, you have been asked to come up with a preliminary plan to ensure that:

*Pelan Induk Pengangkutan Pulau Pinang yang baharu akan membawa sebuah sistem rel yang akan menghubungkan kawasan-kawasan kritikal di bahagian pulau. Memandangkan ini adalah sebuah model penswastaan, sebuah pemaju telah dilantik sebagai rakan niaga untuk pembangunan sistem rel ini. Sebahagian dari terma penswastaan, syarikat ini telah ditawarkan untuk membangun semula kampus USM di Minden. USM akan menerima ruang baharu yang bakal menempatkan ruang dan kemudahan untuk dua kali ganda bilangan pelajar semasa dan untuk bilangan staf yang sama.*

*Walaupun bagaimanapun, memandangkan usaha ini adalah besar dan kompleks, Kampus Minden akan berhenti beroperasi dan akan dipindahkan buat sementara waktu ke Kampus Kejuruteraan dan Kampus IPPT di Bertam. Sebagai Ketua Jurutera di USM, anda perlu menyediakan pelan awal untuk memastikan:*

- [i] The Engineering Campus and the IPPT campus can cater for the influx of population from the main campus.

*Kampus Kejuruteraan dan Kampus IPPT boleh menampung perpindahan dari kampus induk ini.*

- [ii] The design of the new re-developed campus in Minden will ensure smooth mobility for both students and staff in the campus, as well as ensuring that the surrounding areas are not affected seriously.

*Rekabentuk kampus baharu di Minden yang diubahsuai akan memastikan pergerakan (mobiliti) yang licin untuk para pelajar dan staf di dalam kampus, termasuk memastikan kawasan di sekeliling kampus tidak mengalami kesan negatif yang serius.*

As the chief engineer, please prepare a preliminary report explaining what you need to do to accommodate the plan and the two outcomes stated above. You need to demonstrate that what you have learned at USM, especially in the course EAL432 are applicable and useful for this task.

*Sebagai Ketua Jurutera, sediakan sebuah laporan awal menerangkan perkara yang anda perlu ambil kira untuk melaksanakan pelan ini sambil memastikan kedua-dua hasil yang dinyatakan di atas boleh tercapai. Anda perlu tunjukkan bahawa semua yang anda telah pelajari di USM, terutamanya melalui kursus EAL432 boleh digunakan dan sesuai untuk keperluan projek ini.*

[20 marks/markah]

2. [a] Given the following trip matrix, you are to estimate the modal split for this area.

*Menggunakan matriks perjalanan berikut, anda dikehendaki menganggarkan pemisahan ragaman untuk kawasan ini.*

Trips/hour(veh/hour) <i>Perjalanan/jam (kenderaan/jam)</i>	USM	Komtar	Penang Airport	Free Trade Zone
USM	600	70	100	150
Komtar	400	100	400	760
Penang Airport	500	600	200	800
Free Trade Zone	450	660	990	860

A team has calibrated the Multinomial Logit Model and has found that the following model is the best model.

*Sebuah pasukan telah menentukur model Multinomial Logit dan mendapati model yang terbaik adalah seperti berikut.*

$C_n$	Dummy for Car/ <i>Dummy untuk kereta</i>	Dummy for Bus/ <i>Dummy untuk bas</i>	Dummy for Rail/ <i>Dummy untuk rel</i>	In vehicle time (hour)/ <i>Masa dalam kenderaan (jam)</i>	Out of Vehicle time (hour)/ <i>Masa luar kenderaan (jam)</i>	Out of pocket costs (RM)/ <i>Kos wang (RM)</i>	Average Income/ <i>Purata pendapatan</i>	Veh ownership/ <i>Pemilikan kenderaan</i>
Car/ <i>Kereta</i>	1			$IVT_{car}$	$OVT_{car}$	$OOP_{car}$	RM/day	Numbers owned/ <i>Bilangan dimiliki</i>
Bus/ <i>Bas</i>		1		$IVT_{bus}$	$OVT_{bus}$	$OOP_{bus}$	RM/day	Numbers owned/ <i>Bilangan dimiliki</i>
Rail/ <i>Rel</i>			1	$IVT_{rail}$	$OVT_{rail}$	$OOP_{rail}$	RM/day	Numbers owned/ <i>Bilangan dimiliki</i>
Motorcycle/ <i>Motorsikal</i>				$IVT_{mc}$	$OVT_{mc}$	$OOP_{mc}$	RM/day	Numbers owned/ <i>Bilangan dimiliki</i>

You are the chief transportation planner and will need to ensure that you have enough information to estimate the modal split for this study.

*Anda merupakan ketua perancang pengangkutan dan perlu menentukan semua maklumat yang diperlukan mencukupi untuk menganggar pemisahan ragaman untuk kajian ini.*

- [i] Express the appropriate Multinomial Logit Model for this task, and describe in detail, the information you require to execute the modal split modeling.

*Tunjukkan formula model Multinomial Logit yang sesuai, dan perincian maklumat yang diperlukan untuk anda laksanakan pemodelan pemisahan ragaman.*

[8 marks/markah]

- [ii] Describe the importance of modal split modeling in transportation demand modeling.

*Terangkan kepentingan model pemisahan ragaman dalam pemodelan permintaan pengangkutan.*

[4 marks/markah]

- [b] Before the travel forecasting study, the transportation planner needs to define the characteristics of the survey area. With the aid of appropriate sketches, define the terms used for the survey study as stated below.

*Maklumat-maklumat seperti ciri-ciri demografik dan sistem pengangkutan bagi kawasan tinjauan adalah diperlukan sebelum kajian ramalan permintaan perjalanan. Dengan bantuan gambar rajah yang sesuai, perihalkan istilah-istilah yang digunakan di dalam ramalan permintaan perjalanan seperti di bawah ini.*

- [i] Urban growth boundary  
*Sempadan pertumbuhan Bandar*

[ii] Zones

*Zon*

[iii] Links

*Jaringan*

[iv] Nodes

*Nod*

[4 marks/markah]

- [c] Referring to the O-D trip matrix in **Table 1**, assign the total volume for each path for five nodes in one area by using the all-or-nothing assignment technique. Refer to **Figure 1** to determine the minimum path tree based on the vehicles travel time between the nodes.

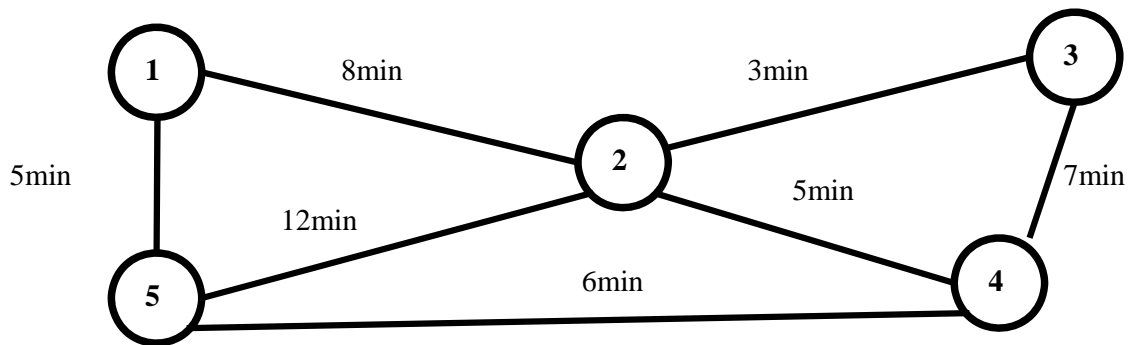
*Dengan merujuk kepada matriks asalan-destinasi seperti yang ditunjukkan di dalam **Jadual 1**, tentukan jumlah kenderaan bagi setiap laluan di 5 nod di dalam sebuah kawasan menggunakan kaedah semua-atau-tiada. Rujuk **Rajah 1** bagi mendapatkan laluan minimum berdasarkan minit perjalanan kenderaan di antara nod-nod tersebut.*

[9 marks/markah]

**Table 1 / Jadual 1**

Origin-destination between zones / *Asalan-destinasi di antara zon*

Zone/ <i>Zon</i>	1	2	3	4	5
1	0	100	100	200	150
2	400	0	200	100	500
3	200	100	0	100	150
4	250	150	300	0	400
5	200	100	5	350	0



**Figure 1 / Rajah 1**

Travel time between nodes / Masa perjalanan di antara nod

3. [a] Trip assignment modeling is the last stage of the Four Stage Demand Model. There are several methods in order to resolve the trip assignment for certain selected routes including the all-or-nothing method. Explain why all-or-nothing is labelled as the unrealistic trip assignment method.

*Permodelan umpukan perjalanan merupakan langkah terakhir dalam Model Permintaan Empat Peringkat. Terdapat pelbagai kaedah untuk menyelesaikan umpukan perjalanan bagi sesuatu laluan yang telah dipilih termasuklah kaedah umpukan semua atau tiada. Terangkan mengapa kaedah umpukan semua atau tiada dilabelkan sebagai kaedah umpukan perjalanan yang tidak realistik.*

[5 marks/markah]

- [b] Three zones in an origin-destination survey in Parit Buntar have number of productions and attractions as shown in **Table 2**. **Table 3** shows the information for travel time versus the friction factor. The travel time between the zones can be seen in **Table 4**. Assuming socioeconomic adjustment factor,  $K_{ij} = 1$ , estimate the trip distributions between the zones using the gravity model.

*Tiga zon yang terlibat dengan kajian asalan-destinasi di Parit Buntar, mempunyai kadar pengeluaran dan tarikan seperti di dalam **Jadual 2**. **Jadual 3** pula menunjukkan maklumat masa perjalanan bagi setiap zon melawan faktor geseran.*

...8/-

Manakala, masa perjalanan di antara zon-zon boleh dirujuk pada **Jadual 4**. Dengan menganggap faktor penyesuaian ekonomi,  $K_{ij} = 1$ , anggarkan pengagihan perjalanan di antara zon-zon menggunakan model graviti.

[20 marks/markah]

**Table 2 / Jadual 2**Production and Attraction for three zones / *Pengeluaran dan Tarikan bagi tiga zon*

Zone/ Zon	Production/ Pengeluaran	Attraction/ Tarikan
1	500	400
2	600	800
3	200	228

**Table 3 / Jadual 3**Friction factor versus travel time/*Faktor geseran melawan masa perjalanan*

$F_{ij}$	Travel Time/ <i>Masa perjalanan</i> (minutes/minit)
80	10
60	15
40	20

**Table 4 / Jadual 4**Travel time for three zones/*Masa perjalanan untuk tiga zon*

Zone distribution/ Pengagihan zon	Travel Time/ <i>Masa perjalanan</i> (minutes/minit)
1 – 2	10
2 – 3	15
3 - 1	20

4. [a] A highway passes through different topography (flat, rolling and mountainous) and area types (urban and rural) which necessitate adjustment to be made on the design speed. Justify how the change in design speed can be carried out.

*Sebatang lebuh raya merentasi pelbagai topografi (datar, guling dan berbukit-bukau) dan kawasan (bandar dan luar bandar) yang memerlukan pengubahsuaian laju reka bentuk. Berikan justifikasi bagaimanakah kaedah pertukaran laju reka bentuk boleh dilaksanakan.*

[5 marks/markah]

- [b] Provision of sufficient overtaking sight distance is essential to maintain road capacity. However, it is not economical to satisfy overtaking sight distance requirement throughout an entire road length. Explain what could be done to ensure road capacity remains high by ensuring faster moving vehicles have ample opportunity to overtake slower moving vehicles throughout the entire road alignment.

*Penyediaan jarak penglihatan memotong yang mencukupi adalah penting untuk menjamin ketinggian muatan jalan raya. Walau bagaimanapun, atas faktor ekonomi, jarak penglihatan memotong tidak dapat disediakan di sepanjang lebuh raya. Terangkan apakah yang boleh dilakukan untuk menjamin muatan lebuh raya kekal tinggi dengan memastikan kenderaan yang bergerak deras mempunyai kesempatan yang mencukupi untuk memotong kenderaan yang bergerak lebih perlahan disepanjang penjajaran lebuh raya.*

[6 marks/markah]

- [c] With the aid of a sketch, draw a typical broken back curve that is sometimes used in the horizontal alignment. Based on the dynamics driving along such curve, analyse problems that may arise if this curve type is used on open highways. Make another sketch to illustrate **TWO (2)** options that can be used to realign this curve type.

*Berbantukan lakaran, lukis lengkung putus balik yang kadangkala digunakan didalam penjajaran datar. Berdasarkan dinamika memandu di atas lengkung ini, analisis masalah yang mungkin timbul jika lengkung ini digunakan di atas lebuhraya terbuka. Berbantukan satu lagi lakaran, tunjukkan DUA (2) alternatif yang boleh diambil guna untuk menjajar semula lengkung ini.*

[6 marks/markah]

- [d] Design a vertical curve to connect two tangent slopes 3% uphill and 1:110 downhill to satisfy sight distance requirements. Assume road hierarchy is R5 traversing a rolling topography. The design speed is 100 km/hr and stopping sight distance equals 205 m. State other assumptions, if any.

*Reka bentuk sebuah lengkung menegak untuk menghubungkan dua cerun tangen 3% mendaki bukit dan 1:110 menuruni bukit untuk memenuhi keperluan jarak penglihatan. Andaikan hierarki jalan R5 merentasi topografi datar. Laju reka bentuk ialah 100 km/j, manakala jarak penglihatan berhenti ialah 205 m. Nyatakan andaian lain, jika ada.*

[8 marks/markah]

5. [a] [i] In a vertical alignment, state the design criteria of a straight road.

*Di dalam penjajaran datar, nyatakan kriteria reka bentuk jalan lurus.*

- [ii] Sometimes, the designer has no option but to design a long stretch of road on a steep slope. Explain the adverse consequences of such a design in terms of road capacity. As a designer how would you mitigate this problem?

*Kadangkala, pereka bentuk tiada pilihan melainkan merekabentuk jalan bercerun yang agak panjang. Terangkan kesan buruk reka bentuk sedemikian rupa ke atas muatan jalan. Sebagai pereka bentuk, bagaimanakah cara untuk mengatasi masalah ini.*

[5 marks/markah]

[b] You are required to design a road cross section on a high 8 meter embankment. Assume the road is a single carriageway and its hierarchy is R5. Sketch a typical dimensioned cross section by showing the following elements, if any:

- travelled lanes including road shoulder
- camber or cross slopes
- pavement layers
- marginal strip
- central divider
- rail barrier
- drainage system
- slopes and berm

*Anda dikehendaki mereka bentuk keratan rentas jalan di atas tambakan setinggi 8 m. Andaikan jalan raya mempunyai dua lorong kedua-dua hala dan hierarki jalan R5. Lakarkan keratan rentas berdimensi dengan menunjukkan elemen berikut, jika ada:*

- *lorong kenderaan termasuk bahu jalan*
- *kamber atau cerun lintang*
- *lapisan turapan*
- *jalur jidar*
- *pembahagi tengah*
- *rel adang*
- *sistem penyaliran*
- *cerun atau berm*

[7 marks/markah]

- [c] [i] Traffic islands serve primarily to promote road safety by giving guidance to drivers. State **TWO (2)** factors that are considered in the design of traffic islands.

*Pulau lalu lintas berperanan utama untuk meningkatkan keselamatan jalan dengan memberikan panduan kepada pemandu. Nyatakan DUA (2) faktor yang diambil kira dalam reka bentuk pulau lalu lintas.*

- [ii] With the aid of sketches, explain how traffic islands can be used to serve the following functions:

*Berbantuan lakaran, terangkan bagaimanakah pulau lalu lintas boleh digunakan untuk menjalankan fungsi berikut:*

- To reduce the intersection area, hence limiting vehicle wander and reducing potential area of conflict.

*Untuk mengurangkan luas persimpangan, seterusnya mengurangkan rayauan kenderaan dan mengurangkan potensi luas kawasan konflik.*

- Protect vehicles intending to turn right by creating a refuge lane.

*Melindungi kenderaan yang ingin pusing kanan dengan menyediakan lorong pelindung.*

[7 marks/markah]

- [d] [i] **Figure 2** shows a toll expressway hierarchy R6 meeting a rural road hierarchy R5 to create a grade separated intersection. Sketch a typical interchange and show all design elements. Approximate dimensions are not necessary.

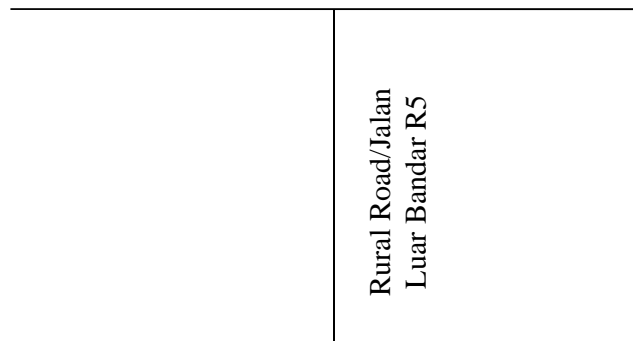
*Rajah 2 menunjukkan lebuhraya tol hierarki R6 bertemu dengan jalan hierarki R5 pada suatu persimpangan bertingkat. Lakarkan persimpangan bertingkat lazim dan tunjukkan semua unsur reka bentuk. Dimensi persilangan tidak diperlukan.*

- [ii] Consider the case when the traffic volume on the rural road intending to turn right onto the expressway becomes very heavy so as to significantly reduce the capacity of the interchange. To mitigate the problem, this interchange requires upgrading. Sketch the form of the upgraded interchange to incorporate a directional ramp.

*Pertimbangkan suatu kes apabila isipadu lalu lintas di atas jalan raya R5 yang ingin memusing ke kanan meningkat dengan sangat ketara lalu menurunkan muatan persilangan. Sebagai jalan penyelesaian, persimpangan bertingkat ini perlu di naiktaraf. Lakarkan bentuk persilangan bertingkat untuk mengambil kira sebuah tanjakan berarah.*

[6 marks/markah]

Expressway/Lebu Raya Ekspres R6



**Figure 2 / Rajah 2**

-oooOOOooo-