

Lateks sebagai Bahan Tambah kepada Konkrit Asfalt

Riza Atiq O.K. Rahmat,
Amiruddin Ismail dan Yeong Tuck Wai

ABSTRAK

Mencampurkan sedikit lateks ke dalam bitumen untuk pembinaan permukaan jalan raya didapati menambahkan usia dan kekuatan permukaan jalan raya. Campuran lateks sebanyak 6% ke dalam bitumen adalah kandungan optimum untuk menambahkan usia bitumen. Walau bagaimanapun campuran ini didapati sangat likat sehingga mengurangkan kebolehkerjaan. Kajian ini membandingkan sifat-sifat asfalt konkrit yang menggunakan campuran bitumen dengan 6% lateks dari berat bitumen dengan bitumen asli dan bitumen dengan campuran 3% lateks. Kandungan lateks 3% dipilih kerana Dewan Bandaraya Kuala Lumpur dan Jabatan Kerja Raya menetapkan kandungan lateks 3% untuk turapan konkrit asfalt. Spesimen-spesimen Marshall telah disediakan bagi ketiga-tiga jenis campuran bitumen tersebut dan diuji serta dianalisis. Berdasarkan ujian kestabilan Marshall. Kesemua jenis bitumen didapati lulus. Campuran bitumen lateks 3% meningkatkan kestabilan Marshall daripada 7.73 kN kepada 13.30 kN tetapi kandungan bitumen optimum telah bertambah daripada 5.05% kepada 5.14% berbanding dengan bitumen asli. Campuran bitumen lateks 6% pula telah meningkatkan kestabilan Marshall kepada 12.17% dan menurunkan kandungan bitumen optimum kepada 4.95%.

ABSTRAK

Mixing a small quantity of latex into bitumen in the road surface construction was found to increase its age and strengths. It was found by mixing 6% latex into bitumen to be the optimum content to increase its age. However, this mixture was too viscous and to the extend of reducing its workability. In this study, the characteristics of concrete asphalt using 6% latex by weight of the bitumen were compared with the natural bitumen and with the bitumen mixture comprising of 3% latex. The 3% latex was chosen because Kuala Lumpur City Hall and Public Works Department have fixed a 3% latex content in asphalt concrete pavement. Marshall specimens were prepared for the three types of bitumen mixture and were tested and analysed. All these specimens passed the Marshall stability tests. The 3% bitumen latex mixture has increased the Marshall stability from 7.73 kN to 13.30 kN but has increased the optimum bitumen content from 5.05% to 5.14% when compared to the natural bitumen. Nonetheless, the 6% bitumen latex mixture has increased the Marshall stability to 12.17% and has reduced its bitumen optimum content to 4.95%.

PENGENALAN

Kebanyakan jalan raya di Malaysia diturap dengan menggunakan bitumen. Daripada 58,000 km jalan-jalan awam, 74% adalah diturap dengan bitumen (Jabatan Kerja Raya 1994). Kos pembinaan dan penyelenggaraan yang murah menyebab bitumen menjadi pilihan utama.

Mengikut kajian di Arizona, Amerika Syarikat (McDonald 1981), pada akhir tahun 1920-an jalan raya yang diturap dengan asfalt mudah mengeras dan merekah akibat cuaca panas. Tambahan sedikit lateks telah banyak mengurangkan masalah ini. Lay (1990) pula mendapati dengan mencampurkan sedikit lateks kepada bitumen menjadikan bitumen lebih tahan terhadap suhu kerana lateks mempunyai ketahanan terhadap suhu.

Di Malaysia, Dewan Bandaraya Kuala Lumpur dan Jabatan Kerja Raya lazimnya menetapkan campuran 3% lateks ke dalam bitumen untuk kontrak-kontrak penurapan jalan konkrit asfalt. Campuran ini didapati telah menambah ketahanlasakan turapan jalan sebanyak dua kali ganda dan ketahanan kepada pengelunjan sebanyak enam kali ganda (Institute Kerja Raya Malaysia 1993).

Campuran lateks sebanyak 6% ke dalam bitumen telah menambahkan ketahanan bitumen. Walau bagaimanapun campuran ini didapati mengurangkan kebolehkerjaan bitumen (Yeong 1996).

Kajian ini akan menumpukan perhatian kepada sifat-sifat asfalt konkrit apabila asfalt lateks digunakan sebagai pengikat. Perbandingan akan dilakukan antara kandungan lateks 3% dan kandungan 6% dengan bitumen asli.

LATAR BELAKANG

Lateks tiruan styrene-butadiene telah digunakan di Amerika Syarikat sebagai bahan tambahan kepada asfalt konkrit semenjak 30 tahun lalu. Campuran getah tiruan ini telah didapati memperbaiki sifat struktur dan ikatan turapan bitumen (Button 1992). Tambahan 3% hingga 7% getah tiruan styrene-butadiene ke dalam bitumen telah menambahkan ikatan, agregat, menambahkan kekenyalan dan ketahanan terhadap ubah bentuk terutama pada suhu yang tinggi (Atkinson 1990).

Di Malaysia, penyelidikan campuran lateks kepada konkrit asfalt telah dilakukan oleh Institut Kerja Raya Malaysia (IKRAM) dan Institut Penyelidikan Getah Malaysia (Lay 1990). Getah asli dalam bentuk lateks (cecair), sekrap dan getah guna semula telah dicampurkan kepada bitumen yang digunakan dalam konkrit asfalt. IKRAM telah membina sebuah tangki penggaul di Kuari Sungai Long, Ulu Langat untuk mencampurkan getah kepada bitumen. Turapan konkrit asfalt dengan campuran lebih kurang 3% lateks telah dibuat untuk pemerhatian di jalan Klang-Banting dan jalan Ipoh-Lumut pada tahun 1993. Didapati turapan ini lebih tahan terhadap suhu dan mempunyai suhu titik lembut yang lebih tinggi daripada konkrit asfalt tanpa lateks.

Kaedah Kajian

Penyediaan Bahan

Bahan asas kajian ini ialah bitumen, lateks dan agregat. Bitumen yang digunakan ialah yang biasa digunakan dalam pembinaan jalan raya di Malaysia, iaitu yang bergred 80/100. Bitumen gred ini berada dalam bentuk pepejal dalam keadaan biasa dan ia perlu dipanaskan sehingga suhu 110°C untuk mencampurkannya dengan lateks.

Lateks pula adalah yang asli yang telah diawet dengan amonia. Lateks ini dibekalkan dalam tong dan ia mengandungi gumpalan-gumpalan getah beku. Oleh itu ia perlu ditapis untuk mendapatkan lateks yang cair. Lateks yang telah ditapis ini kemudian dipanaskan sehingga suhu 60°C untuk mengurangkan kelikatannya sebelum ia dicampurkan kepada bitumen.

Alat pembancuh dengan kelajuan pengacau boleh diubah beserta plat pemanas digunakan untuk mencampurkan lateks ke dalam bitumen panas. Suhu bitumen semasa dikacau ditetapkan pada 110°C. Apabila lateks dicampurkan, amonia akan meluap menyebabkan bau hangit.

Dua campuran telah dihasilkan, iaitu yang mengandungi 3% lateks mengikut berat dan yang mengandungi 6% lateks. Kedua-dua campuran ini dan juga bitumen asli kemudiannya dipanaskan pada suhu 150°C selama satu jam sebelum ia dicampurkan dengan agregat.

Agregat yang digunakan ialah batu granit dengan taburan mengikut spesifikasi Jabatan Kerja Raya ACW 20 seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 1. Agregat ini akan digunakan untuk menyediakan spesimen Marshall. Setiap jenis campuran bitumen iaitu 3% lateks, 6% lateks dan bitumen asli telah disediakan satu set spesimen Marshall. Setiap set spesimen Marshall akan memerlukan 18 spesimen yang beratnya 1200 g setiap satu. Pada mulanya agregat ini perlu dipanaskan kepada suhu 180°C selama satu jam sebelum dicampurkan dengan bitumen. Semua spesimen ini kemudiannya dikenakan ujian kestabilan Marshall dan aliran mengikut kaedah yang diberi dalam MS-2 (Asphalt Institute 1979).

JADUAL 1. Taburan agregat mengikut spesifikasi JKR

Saiz Ayak	Peratus Telus (%)	Purata Telus (%)	Peratus Tahan (%)	Jisim Pada Setiap Ayak (g)
25 mm	100	100	0	0
19 mm	80 - 98	89	11	132
12.5 mm	56 - 80	68	21	252
9.5 mm	43 - 68	55.5	12.5	150
4.75 mm	30 - 40	35	20.5	246
2.36 mm	14 - 40	27	8	96
1.18 mm	8 - 32	20	7	84
600 μm	5 - 24	14.5	5.5	66
300 μm	2 - 16	9	5.5	66
150 μm	0 - 10	5	4	48
75 μm	0 - 3	1.5	3.5	42
Pengisi	0	0	1.5	18
Jumlah			100	1200

Sumber: Spesifikasi Jabatan Kerja Raya (ACW20)

UJIAN-UJIAN YANG DIJALANKAN

Ujian yang paling penting dalam kajian ini ialah ujian kestabilan Marshall dan aliran yang dilakukan mengikut kaedah MS-2, Asphalt Institute (Asphalt Institute 1979). Di samping itu beberapa ujian lagi dijalankan seperti berikut:

1. Graviti tentu agregat kasar mengikut kaedah ASTM C127.
2. Graviti tentu agregat halus mengikut kaedah ASTM C128.
3. Graviti tentu Bitumen mengikut kaedah ASTM D70.
4. Graviti tentu pukal mengikut kaedah ASTM D2726.
5. Graviti tentu teori maksimum dan ketumpatan mengikut kaedah ASTM D2041.

Hasil ujian-ujian di atas akan digunakan untuk menentukan analisis lompong mengikut kaedah ASTM D3203

PENYEDIAAN SPESIMEN MARSHALL

Tiga set spesimen Marshall telah disediakan masing-masing untuk bitumen asli, bitumen dengan 3% lateks dan bitumen dengan 6% lateks. Bagi setiap jenis campuran bitumen disediakan spesimen konkrit asfalt dengan kandungan bitumen 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% dan 6.5% mengikut berat. Tiga spesimen perlu disediakan untuk setiap jenis konkrit asfalt untuk mendapatkan keputusan yang meyakinkan. Ini bermakna 54 spesimen Marshall telah disediakan untuk diuji.

Penyedian spesimen Marshall adalah mengikut ASTM D1559 dan MS2 (Asphalt Institute 1979). Secara ringkas penyediaan spesimen itu adalah seperti berikut:

1. Agregat dengan taburan ACW20 seperti yang diberikan dalam Jadual 1 dengan jisim 1200 g disediakan. Sejumlah 18 spesimen disediakan untuk setiap jenis bitumen yang diuji.
2. Agregat dipanaskan pada suhu 180°C selama tidak kurang dari satu jam untuk mengeringkannya.
3. Bitumen dipanaskan pada suhu 150°C selama tidak lebih daripada satu jam.
4. Acuan pemanasan, pengacau dan mangkuk juga dipanaskan sehingga suhu tidak kurang daripada 60°C.
5. Bitumen yang dipanaskan itu dituangkan ke dalam agregat berjisim 1200 g mengikut kandungan yang diperlukan, iaitu 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6%, 6.5% mengikut berat. Campuran ini dikacau dan dibancuh selama 1 - 3 minit.
6. Seluruh campuran panas dituang ke dalam acuan. Kertas turas kemudian diletakkan di kedua-dua hujung acuan. Campuran yang telah dimasukkan ke dalam acuan itu seterusnya dicucuk dengan kuat menggunakan spatula panas sebanyak 15 kali di tepi dan 10 kali di tengah.
7. Campuran yang telah dipadatkan dengan spatula itu dipadatkan lagi dengan 75 kali pukulan pada setiap permukaan. Pemanasan ini dianggap sama dengan daya pemanasan untuk turapan kegunaan lasak.
8. Ketinggian setiap spesimen diukur. Ketinggian yang tidak seragam akan "diseragamkan" dengan menggunakan pekali korelasi seperti yang diberikan dalam Asphalt Institute MS-2.

KEPUTUSAN KAJIAN

KEPUTUSAN KESTABILAN MARSHALL

Kestabilan Marshall yang mencukupi adalah diperlukan untuk memastikan turapan jalan raya dapat menahan beban trafik. Kestabilan Marshall yang maksimum dipilih untuk menentukan kandungan asfalt optimum. Dalam kajian ini, hasil ujian-ujian Marshall kepada semua spesimen adalah diberikan dalam Jadual 2. Dapat dilihat bahawa kestabilan Marshall maksimum yang paling tinggi ialah pada sampel yang mengandungi 3% lateks (13.3 kN) manakala yang paling kecil ialah pada sampel bitumen asli (7.73 kN). Walau bagaimanapun ketiga-tiga jenis bitumen mempunyai kestabilan yang melebihi kestabilan minimum 3.336 kN bagi trafik berat seperti yang diberikan dalam Jadual 3.

JADUAL 2. Kestabilan Marshall dan aliran campuran bitumen (MS-2)

Jenis Bitumen	Kandungan Asfalt mengikut jisim bahankuhan (%)	Kestabilan Marshall (kN)	Aliran (mm)
Bitumen Asli	4.31	6.501	2.767
	4.76	6.423	2.793
	5.21	8.372	2.910
	5.66	7.442	3.453
	6.10	7.453	4.117
Asfalt Lateks 3%	4.31	8.215	2.933
	4.76	12.008	2.937
	5.21	13.274	3.110
	5.66	10.610	3.627
	6.10	6.722	5.653
Asfalt Lateks 6%	4.31	11.282	2.773
	4.76	11.366	2.917
	5.21	12.526	3.257
	5.66	11.305	3.750
	6.10	9.421	3.957

JADUAL 3. Kriteria reka bentuk campuran Marshall

Trafik	Berat		Sederhana		Ringan	
Pemadatan (Pukulan sebelah)	75		50		35	
Sifat Ujian	Min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.
Kestabilan (kN)	3.336	-	2.224	-	2.224	-
Aliran (mm)	2	4	2	4.5	2	5
Lompang Udara (%)	3	5	3	5	3	5

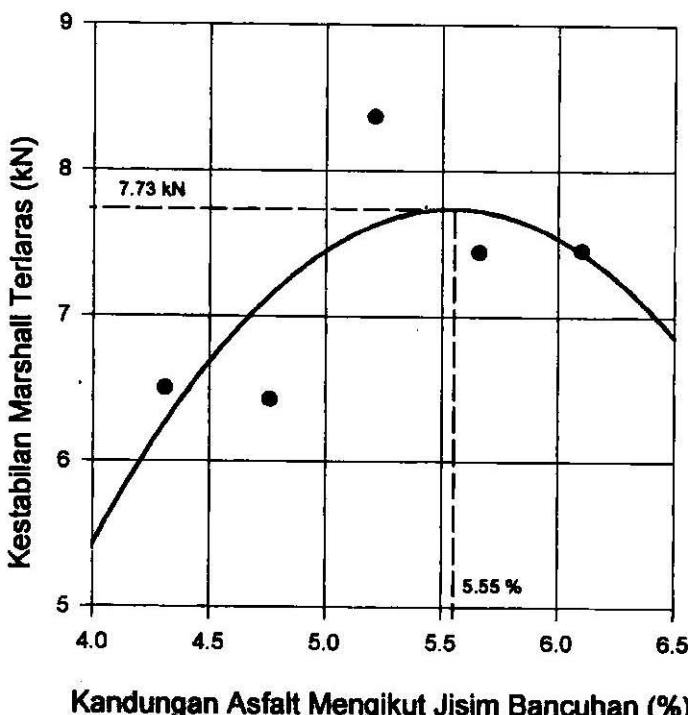
Sumber: Asphalt Institute MS-2

Lengkung kestabilan Marshall yang ditunjukkan dalam Rajah 1, 2 dan 3 masing-masing mempunyai puncak yang jelas. Bitumen yang sedikit tidak mencukupi untuk memberikan ikatan yang kuat kepada agregat manakala bitumen yang banyak menyebabkan agregat terpisah oleh bitumen sehingga tiada geseran di antara agregat. Kestabilan Marshall mencapai tahap maksimum ketika kandungan bitumen mencapai tahap di mana bitumen tersebut mencukupi untuk memberikan ikatan yang kuat dan dalam masa yang sama ia tidak memisahkan hubungan antara agregat.

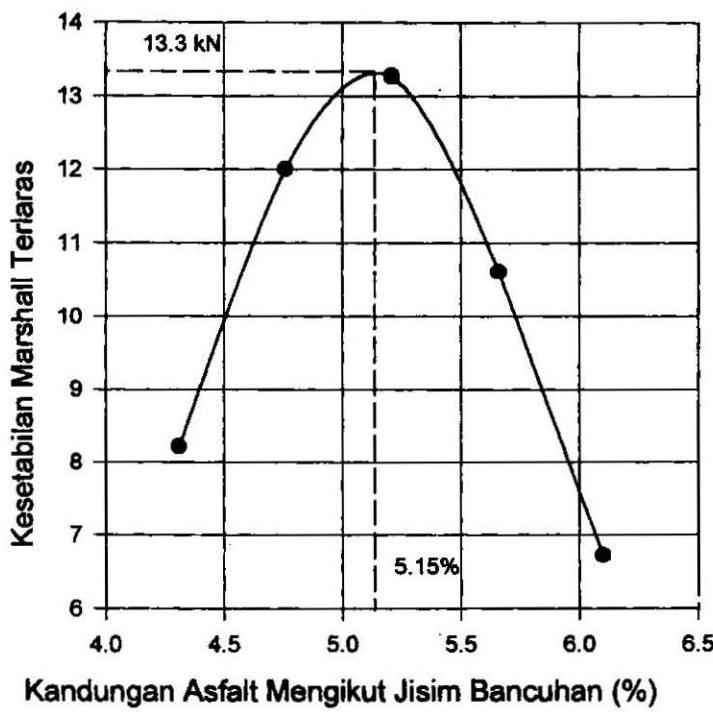
Dapat dilihat dari Rajah 1, 2 dan 3, kandungan bitumen ketika kestabilan Marshall maksimum ialah pada spesimen bitumen asli ialah 5.55% manakala spesimen bitumen lateks 3% ialah 5.15% dan spesimen bitumen lateks 6% ialah 5.02%. Ini menunjukkan kandungan bitumen dapat dikurangkan dengan mencampurkan sedikit lateks untuk mencapai kestabilan maksimum.

KEPUTUSAN ANALISIS GRAVITI PUKAL

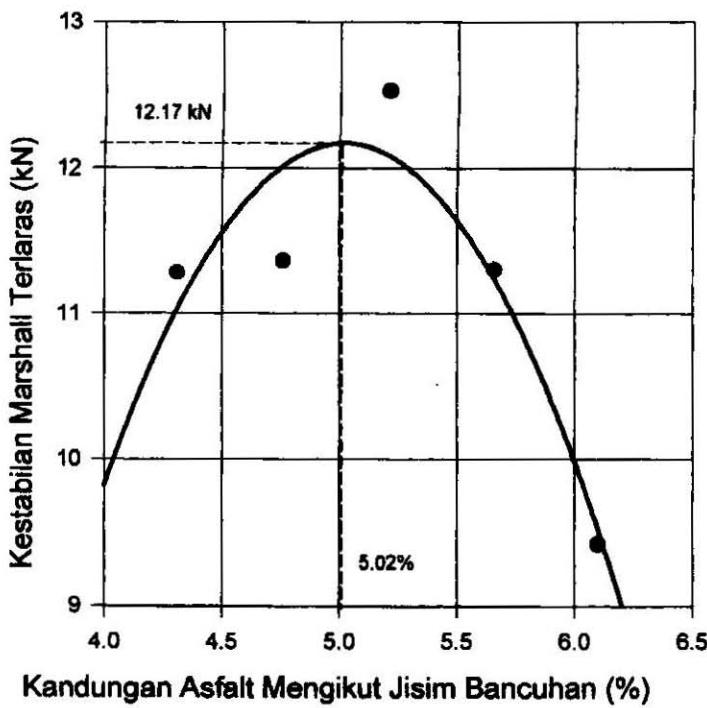
Kandungan asfalt ketika ketumpatan maksimum adalah salah satu daripada kriteria untuk mendapatkan kandungan asfalt optimum. Keputusan analisis graviti pukal adalah diberikan dalam Jadual 4 dan diplotkan dalam Rajah 4, 5 dan 6 yang memberikan graviti pukal 2.368, 2.368 dan 2.351 bagi sampel menggunakan bitumen asli, lateks 3% dan lateks 6%.



RAJAH 1. Kestabilan Marshall spesimen menggunakan bitumen asli



RAJAH 2. Kestabilan Marshall spesimen menggunakan asfalt lateks 3%

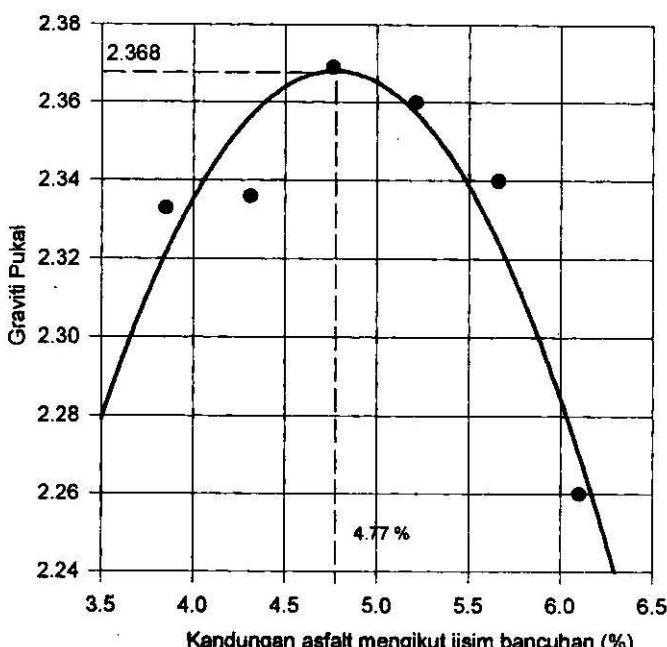


RAJAH 3. Kestabilan Marshall spesimen menggunakan asfalt lateks 6%

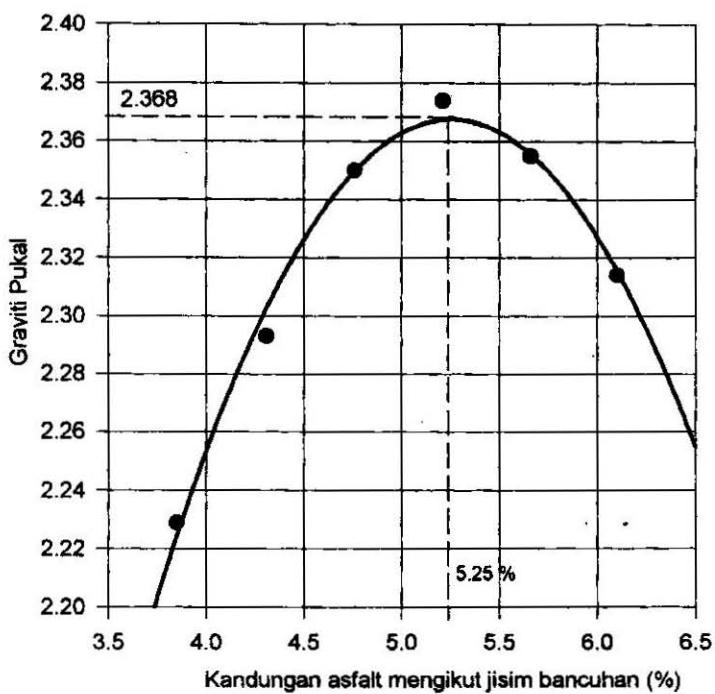
JADUAL 4. Graviti tentu teori maksimum campuran bitumen dan analisis lompang (ASTM D2041)

Jenis Bitumen	Kandungan Asfalt Mengikut Berat Agregat (%)	Kandungan Asfalt Mengikut Berat Campuran (%)	Graviti Tentu Pukal	Lompang Udara	VMA (%)
Bitumen Asli	4.0	3.85	2.333	6.27	14.49
	4.5	4.31	2.336	5.51	14.79
	5.0	4.76	2.369	3.54	14.00
	5.5	5.21	2.360	3.27	14.73
	6.0	5.66	2.340	3.47	15.85
	6.5	6.10	2.360	2.02	15.53
Bitumen Lateks 3%	4.0	3.85	2.229	6.38	14.64
	4.5	4.31	2.293	7.19	16.36
	5.0	4.76	2.350	4.25	14.69
	5.5	5.21	2.374	2.63	14.22
	6.0	5.66	2.355	2.77	15.31
	6.5	6.10	2.314	3.85	17.17
Bitumen Lateks 6%	4.0	3.85	2.321	6.65	14.93
	4.5	4.31	2.336	5.39	14.79
	5.0	4.76	2.350	4.19	14.69
	5.5	5.21	2.344	3.79	15.31
	6.0	5.66	2.346	3.07	15.64
	6.5	6.10	2.301	4.31	17.64

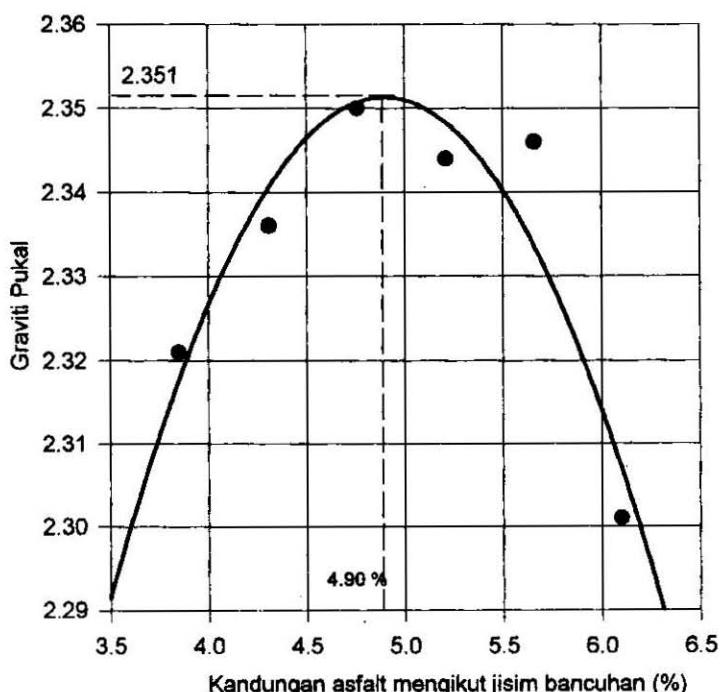
Note: VMA (Void in Mineral Aggregate) = Lompang dalam Agregat Galian



RAJAH 4. Graviti tentu pukal spesimen menggunakan bitumen asli



RAJAH 5. Graviti tentu pukal spesimen menggunakan asfalt lateks 3%



RAJAH 6. Graviti tentu pukal spesimen menggunakan asfalt lateks 6%

KEPUTUSAN ANALISIS LOMPANG

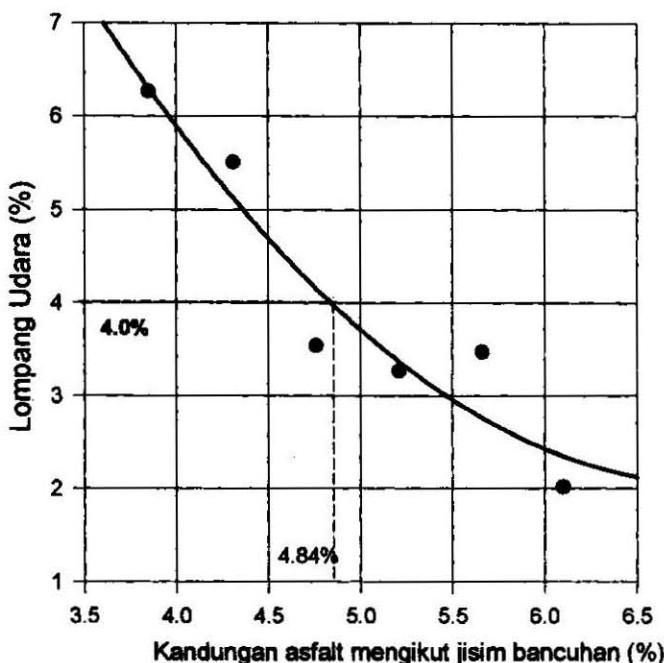
Lompang yang sangat sedikit akan menyebabkan bitumen pada turapan konkrit asfalt meleleh (*bleeding*) apabila menerima beban trafik. Akibatnya permukaan jalan raya akan menjadi licin dan membahayakan pengguna jalan raya. Sebaliknya lompang yang sangat besar akan menyebabkan turapan jalan raya menglum atau mempunyai bekas roda (*rutting*) apabila menerima beban trafik. Lompang udara yang optimum seperti yang diberikan dalam Jadual 3 ialah di antara 3% hingga 5%.

Kandungan asfalt untuk memberikan lompang udara 4% yang diperolehi dari Rajah 7, 8 dan 9 ialah 4.84%, 5.01% dan 4.95% bagi bitumen asli, asfalt lateks 3% dan asfalt lateks 6%.

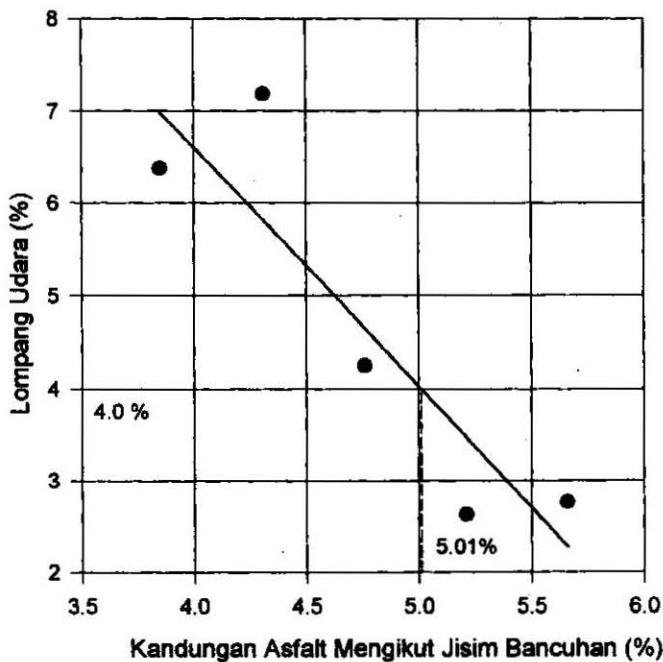
PENENTUAN KANDUNGAN ASFALT OPTIMUM

Kandungan asfalt optimum untuk campuran bitumen ditentukan mengikut kriteria berikut:

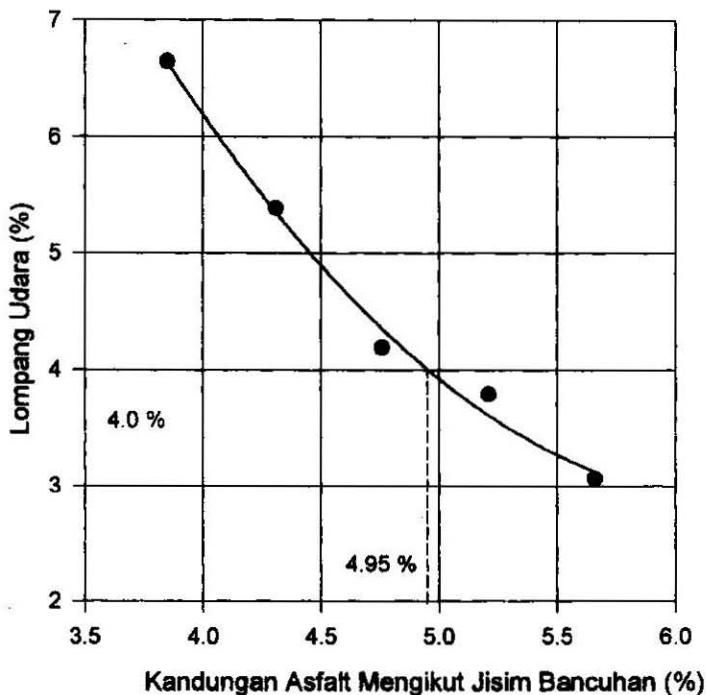
1. Kestabilan Marshall maksimum
2. Graviti tentu pukal atau berat unit maksimum
3. Lompang udara 4% (median untuk campuran permukaan kelas trafik berat)



RAJAH 7. Lompang Udara spesimen menggunakan bitumen asli



RAJAH 8. Lompang udara spesimen menggunakan asfalt lateks 3%



RAJAH 9. Lompang udara spesimen menggunakan asfalt lateks 6%

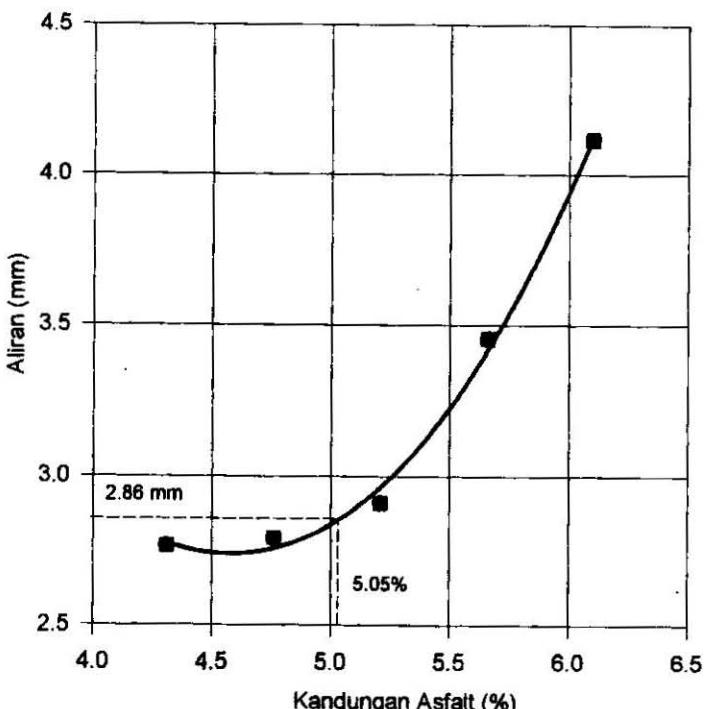
Kandungan asfalt optimum untuk campuran merupakan purata untuk tiga kriteria ini seperti yang diberikan dalam Jadual 5.

JADUAL 5. Penentuan kandungan asfalt optimum

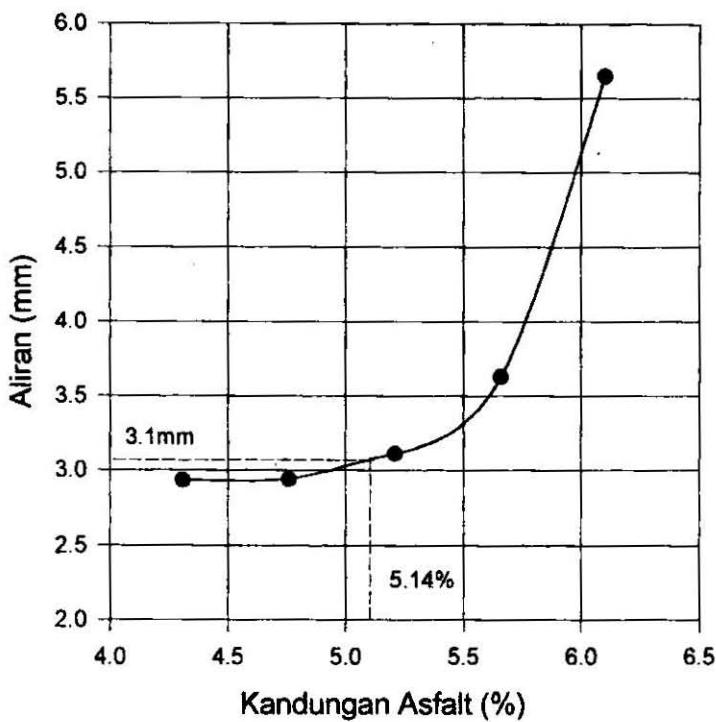
Kriteria	Bitumen Asli	Asfalt Lateks 3%	Asfalt Lateks 6%
Kestabilan Marshall	5.55	5.15	5.02
Graviti tentu pukal	4.77	5.25	4.90
Lompang Udara	4.84	5.01	4.95
Purata	5.05	5.14	4.95

KEPUTUSAN ALIRAN

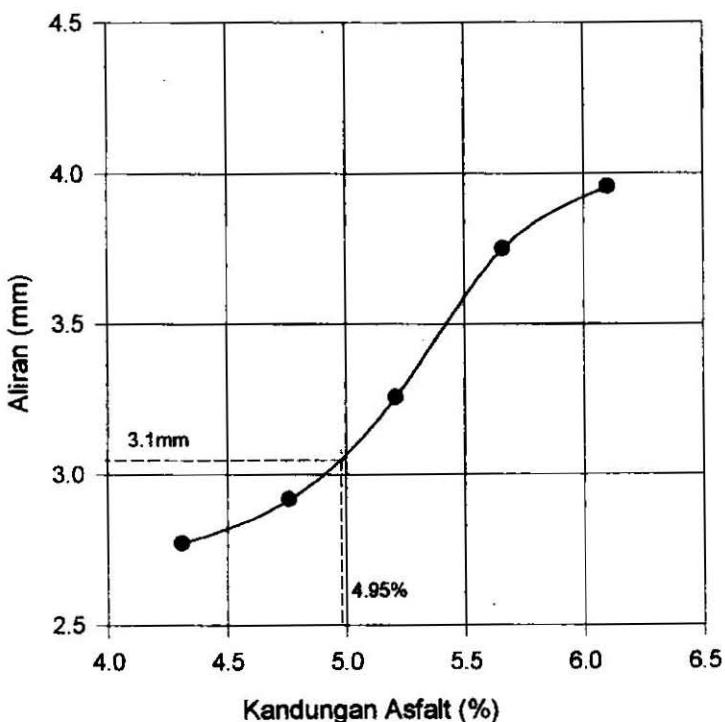
Aliran adalah merupakan perubahan bentuk spesimen Marshall apabila dikenakan beban. Nilai aliran adalah perubahan bentuk spesimen ketika kestabilan Marshall maksimum dicapai. Lengkung aliran bagi ketiga-tiga set sampel adalah ditunjukkan dalam Rajah 10, 11 dan 12. Nilai aliran bertambah dengan perlahan pada kandungan bitumen sedikit dan bertambah dengan cepat pada kandungan bitumen tinggi. Ketika kandungan asfalt optimum, bitumen asli memberikan aliran yang rendah (2.86 mm) manakala bitumen



RAJAH 10. Aliran spesimen menggunakan bitumen asli



RAJAH 11. Aliran spesimen menggunakan asfalt lateks 3%

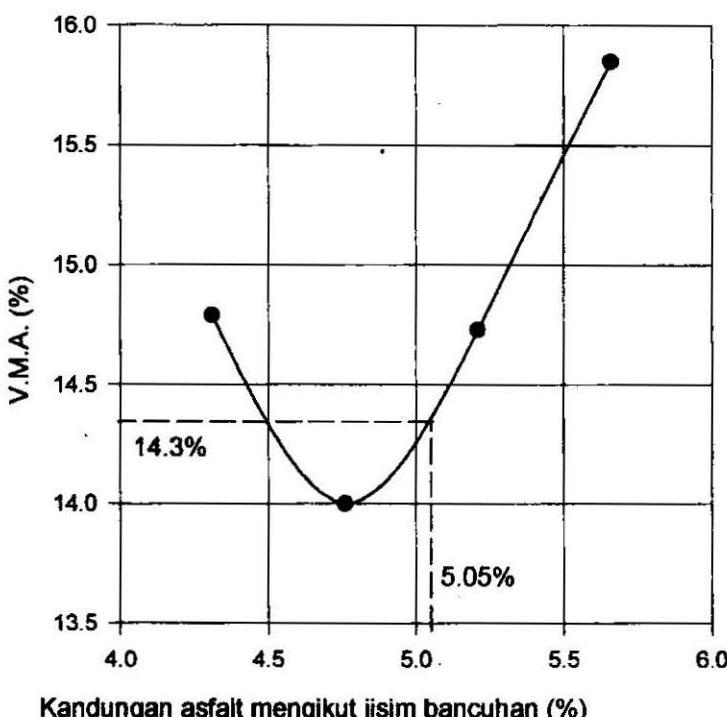


RAJAH 12. Aliran spesimen menggunakan asfalt lateks 6%

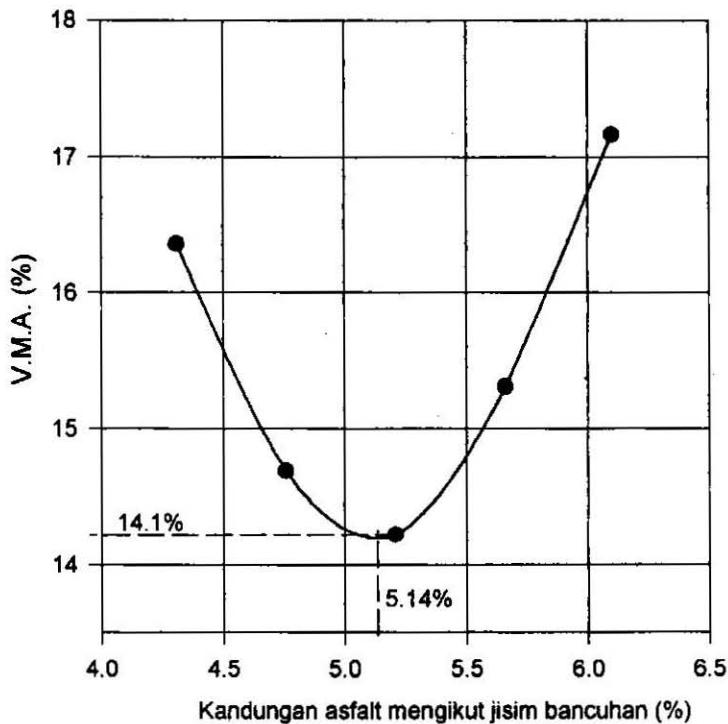
lateks 3% dan 6% memberikan aliran 3.1 mm. Ketiga-tiga nilai aliran ini berada dalam had yang dibenarkan seperti yang diberikan dalam Jadual 3. Bagi reka bentuk turapan jalan raya yang dilalui lalu lintas berat, nilai aliran yang dibenarkan ialah di antara 2 mm dan 4 mm. Ini bermakna ketiga-tiga jenis campuran konkrit asfalt memberikan aliran yang baik.

KEPUTUSAN LOMPANG DALAM AGREGAT GALIAN (VMA)

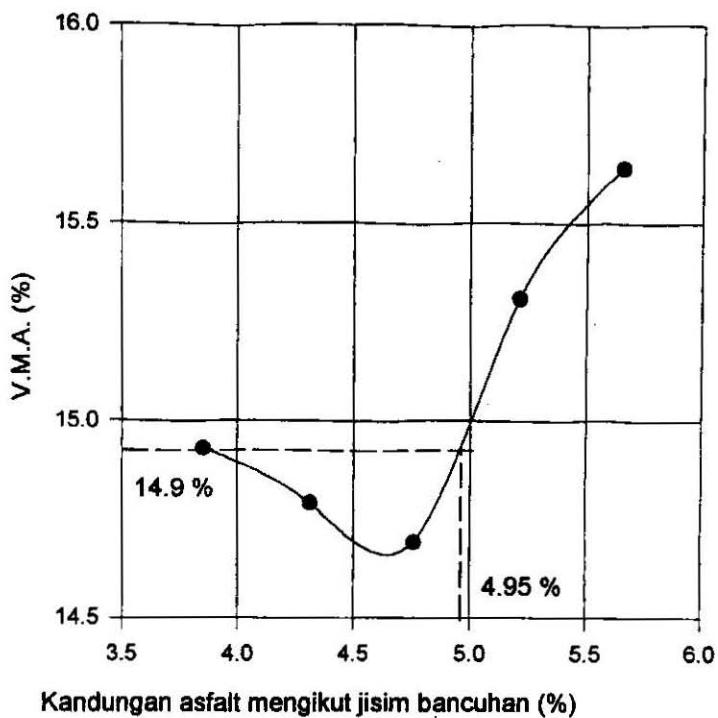
Lompang dalam agregat galian (VMA) pula seperti yang diberikan dalam ASTM Designation E11 tidak boleh kurang daripada 14%. Hasil analisis lompang dan ketumpatan bagi kajian ini adalah diberikan dalam Jadual 4. Dari segi lompang ini (Void in Mineral Aggregate - VMA), kesemua spesimen mempunyai lompang yang melebihi 14% seperti yang diberikan dalam Jadual 4. Oleh itu semua spesimen melebihi aras minimum yang ditetapkan dalam ASTM Designation E 11. Rajah 13 hingga 15 pula menunjukkan ketika kandungan bitumen optimum, spesimen bitumen lateks 3% mempunyai lompang dalam agregat galian yang paling kecil, iaitu 14.1% manakala spesimen bitumen lateks 6% mempunyai lompang dalam agregat 14.9%.



RAJAH 13. VMA (Voids in Mineral Aggregate) spesimen menggunakan bitumen asli



RAJAH 14. VMA (Voids in Mineral Aggregate) spesimen menggunakan asfalt lateks 3%



RAJAH 15. VMA (Voids in Mineral Aggregate) spesimen menggunakan asfalt lateks 6%

KESIMPULAN

Hasil-hasil ujian dan analisis di atas boleh diringkaskan seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 6. Ujian-ujian ini menunjukkan, spesimen bitumen lateks 3% telah memberikan kestabilan Marshall yang paling tinggi, iaitu 13.3 kN dan kandungan asfalt yang paling tinggi, iaitu 5.14%. Analisis lompong dalam agregat galian pula telah menunjukkan kesemua jenis campuran bitumen telah melebihi aras minimum 14% yang telah ditetapkan. Kandungan lateks 6% juga memberikan kestabilan Marshall yang baik (12.17 kN) berbanding dengan bitumen asli (7.73 kN) di samping ia telah dapat mengurangkan kandungan asfalt optimum daripada 5.05% kepada 4.95%. Oleh itu bolehlah diputuskan, walaupun kandungan lateks 3% telah banyak memperbaiki sifat-sifat permukaan jalan raya dan ia telah diamalkan oleh penguasa jalan raya, kandungan lateks 6% juga telah menunjukkan kebolehan yang hampir sama di makmal. Tambahan pula dalam kajian yang terdahulu menunjukkan kandungan ini adalah kandungan yang optimum dari segi memperlakukan proses pengusiaan asfalt. Bagi memastikan kandungan lateks yang paling sesuai dalam keadaan sebenar, dicadangkan supaya dipilih jalan raya tertentu dan diturap dengan bitumen lateks 3% dan 6% dan juga kandungan-kandungan lateks yang lain seperti 4% dan 5% untuk diperhatikan.

JADUAL 6. Hasil ujian spesimen konkrit asfalt dengan tambahan lateks

	Bitumen Asli	Bitumen Lateks 3%	Bitumen Lateks 6%
Kestabilan Marshall	7.73 kN	13.3 kN	12.17 kN
Graviti tentu maksumum	2.368	2.368	2.351
Kandungan asfalt optimum*	5.05%	5.14%	4.95%
Aliran	2.86 mm	3.1 mm	3.1 mm
VMA	14.3%	14.1%	14.9%

*Nota: * Kandungan asfalt mengikut jisim bawahan (%)*

PERHARGAAN

Penghargaan yang tidak terhingga diberikan kepada Universiti Kebangsaan Malaysia atas pembiayaan kajian ini, Dr Shakor R Badaruddin yang banyak menyumbangkan buah fikiran dan juruteknik-juruteknik makmal yang banyak menolong ketika ujian-ujian dijalankan.

RUJUKAN

- Asphalt Institute. 1979. *Mix Design Methods for Asphalt Concrete and other Hot-mix Types*. Manual Series No.2 (MS-2), Third Edition. Maryland: College Park.
- Atkinson, Ken. 1990. *Highway Maintenance Handbook*. London: Thomas Telford Ltd.,
- Button, J.W. 1992. *Summary of Asphalt Additive Performance at Selected Sites*. *Transportation Research Record*, No. 1342, hlm. 92-100.

- Institut Kerja Raya Malaysia. 1993. *Laporan Kemajuan Program Penyelidikan dan Pembangunan di Bawah Mekanisma IRPA tahun 1991-1992*. Kajang.
- Jabatan Kerja Raya. 1994. *Malaysian Roads: General Information*. Road Branch, Public Works Department, Kuala Lumpur:
- Lay, M.G. 1990. *Planning and Pavements. Handbook of Road Technology*. Second Edition, Volume 1. Gordon & Breach Science Publishers. New York.
- McDonald, Charles H. 1981. Recollection of Early Asphalt-Rubber History, *National Seminar on Asphalt-Rubber*, ms 23-30.
- Yeong, T.W. 1996. Kajian Sifat Asfalt-Lateks, Tesis Sarjana, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi.

Riza Atiq O.K. Rahmat dan Amiruddin Ismail
Jabatan Kejuruteraan Awam dan Struktur
Fakulti Kejuruteraan
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi, Selangor D.E.
Malaysia

Yeong Tuck Wai
Kor Jurutera Konsultant
Suite 4.07, Wisma Metro
Jalan Semenyih
43000 Kajang, Selangor D.E.
Malaysia