

**KESAN CUACA DAN PROSES PENUAAN TERHADAP CAMPURAN  
BERBITUMEN**

**NIK MUNA MUNIRAH BT. NIK MOHD DIN**

Laporan projek ini dikemukakan  
sebagai sebahagian daripada syarat  
penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Awam

Fakulti Kejuruteraan Awam  
Universiti Teknologi Malaysia

APRIL, 2007

“Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya”

Tandatangan : .....

Nama penulis : Nik Muna Munirah Bt. Nik Mohd Din

Tarikh : April, 2007

*Khas buat  
Ibu dan bapa yang telah banyak berkorban,  
serta keluarga yang amat dikasihi, dan rakan seperjuangan,  
terima kasih atas segalanya*

## PENGHARGAAN

### *Dengan Nama Allah Yang Maha Pemurah Lagi Maha Penyayang...*

Alhamdulillah, bersyukur saya ke hadrat Allah s.w.t dengan restu dan izin-Nya kajian ini berjalan lancar sepanjang tempoh yang telah ditetapkan tanpa sebarang masalah yang berpanjangan.

Semestinya usaha ini tidak sempurna tanpa tunjuk ajar serta dorongan yang diberikan sepanjang pelaksanaan hingga ke akhir projek ini. oleh penyelia, PM. Dr. Othman Che Puan, terima kasih saya ucapkan. Sekalungan penghargaan juga kepada pembantu-pembantu teknik Makmal Jalan Raya Encik Suhaimi, Encik Azman dan Encik Rahman, yang banyak memberi tunjuk ajar semasa saya menjalankan kerja-kerja makmal. Tidak dilupakan rakan-rakan seperjuangan yang sentiasa memberi sokongan moral, terutama Anwar, Atiqah, Iwani dan Mohd. Nor. Terima kasih di atas segala-galanya. Terima kasih juga kepada semua yang membantu secara langsung atau tidak langsung.

Ucapan jutaan terima kasih kepada Dekan FKA, PM. Ir. Dr. Hasanan dan pensyarah-pensyarah jalan raya dan lalu lintas UTM, terutama Encik Che Ros bin Ismail dan Dr. Rosli Hainin, di atas tunjuk ajar dan memberikan bahan pengajaran yang banyak berguna untuk projek ini.

Paling teristimewa buat kedua ibubapa saya yang sentiasa memberi semangat dan dorongan yang tidak pernah putus sejak saya di bangku sekolah.

*Semoga Allah membalas jasa bakti kalian...*

## ABSTRAK

Bitumen adalah sejenis bahan pengikat yang digunakan dalam pembinaan lapisan turapan anjal jalan raya. Ianya campurkan dengan batu baur dan bahan pengisi mengikut nisbah yang tertentu bagi menghasilkan satu struktur turapan jalan raya yang lasak dan boleh lentur. Campuran berbitumen yang tidak direka bentuk dengan sempurna boleh menyebabkan kegagalan struktur jalan pramatang. Terdapat pelbagai faktor yang mempengaruhi kegagalan turapan jalan raya. Walau bagaimanapun, kajian ini hanya melibatkan penilaian kesan cuaca dan proses penuaan terhadap campuran berbitumen berdasarkan ciri-ciri mekanikal. Faktor utama berlakunya proses penuaan adalah pengoksidaan dan perubahan suhu persekitaran. Sebanyak lima belas sampel ACW20 telah disediakan, didedahkan terhadap cuaca dan diuji pada pelbagai tempoh pendedahan. Tiga daripada sampel tersebut tidak didedahkan terhadap cuaca dan kekal sebagai sampel kawalan. Kesan cuaca dinilai berdasarkan ujian aliran dan kestabilan Marshall ke atas sampel-sampel mengikut tempoh pendedahan yang ditetapkan. Berdasarkan kepada keputusan, kestabilan campuran menurun mengikut tempoh pendedahan. Kesan cuaca dan proses penuaan juga menyebabkan aliran campuran meningkat. Kekukuhan campuran meningkat di mana nilainya bergantung kepada nilai kestabilan dan aliran. Lompang dalam campuran (VTM) berkurangan kerana ruang antara agregat diisi oleh bitumen yang menyebabkan peningkatan terhadap lompang terisi bitumen (VFB). Graviti tentu campuran pula semakin meningkat apabila didedahkan semakin lama terhadap cuaca. Sampel gagal memenuhi ciri-ciri Marshall yang telah ditetapkan oleh JKR seawal bulan pertama sehingga bulan ke lima pendedahan.

## ABSTRACT

Bitumen is a type of binder which is used in the construction of road pavements. It combines with aggregates and filler according to proportions to form a strong and durable flexible pavement. A correct mix design is one of the most important factors to build a stable and durable pavement. There are many factors affecting the failure of bituminous mixture. However, this study was carried out to evaluate the effects of weather on bituminous mixture in terms of mechanical properties. Fifteen samples of ACW20 were prepared, exposed to weather and tested at various periods of exposure. A fresh sample is used as a control sample. The effects of weather were evaluated based on the Marshall stability and flow test on the samples based on the appropriate time duration. The aspects considered are the mechanical properties of the mixes. The result shows that stability of the mix decreases with time. The aging and weather also cause the flow characteristics of the mix to increase. Void in mixture (VTM) is decreased because the space between aggregate have been filled by bitumen that increased the void filled bitumen (VFB). Specific gravity characteristic increased meanwhile stiffness decreases as a result of weather and aging process. The mix failed to meet the Marshall properties set by the JKR standard from the first month to the fifth month weather exposure.

## KANDUNGAN

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
	<b>HALAMAN JUDUL</b>	<b>i</b>
	<b>HALAMAN PENGAKUAN</b>	<b>ii</b>
	<b>DEDIKASI</b>	<b>iii</b>
	<b>PENGHARGAAN</b>	<b>iv</b>
	<b>ABSTRAK</b>	<b>v</b>
	<b>ABSTRACT</b>	<b>vi</b>
	<b>KANDUNGAN</b>	<b>vii</b>
	<b>SENARAI JADUAL</b>	<b>xi</b>
	<b>SENARAI RAJAH</b>	<b>xii</b>
	<b>SENARAI SIMBOL</b>	<b>xii</b>
	<b>SENARAI LAMPIRAN</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I</b>	<b>Pengenalan</b>	
	1.1 Pengenalan	1
	1.2 Kenyataan Masalah	2
	1.3 Matlamat dan Objektif	3
	1.4 Skop Kajian	4
	1.5 Kepentingan Kajian	4

**BAB II      KAJIAN LITERATUR**

2.1	Pengenalan	5
2.2	Rekabentuk Campuran Berbitumen	5
2.3	Fungsi-Fungsi Lapisan Turapan Berbitumen	7
2.4	Faktor-faktor Kegagalan Turapan Berbitumen	8
	2.4.1 Ketidakstabilan	8
	2.4.2 Penyepaian	9
	2.4.3 Patah	10
2.5	Kesan-kesan Cuaca Terhadap Turapan Berbitumen	11
	2.5.1 Oksigen	11
	2.5.2 Haba	14
	2.5.3 Air	14
	2.5.4 Pengoksidaan Atmosfera	15
2.6	Bitumen	16
	2.6.1 Sifat-Sifat Bitumen	18
	2.6.1.1 Kekonsistenan	18
	2.6.1.2 Ketahananlasakan dan rintangan terhadap Luluhawa	19
	2.6.1.3 Kadar Pengawetan	21
	2.6.1.4 Rintangan Terhadap Air	22
	2.6.1.5 Pengerasan Usia	23
	2.6.1.6 Rintangan Kelesuan	23
	2.6.2 Jenis-Jenis Bitumen	
	2.6.2.1 Bitumen Penusukan	24
	2.6.2.2 Cutback	25
	2.6.2.3 Emulsi	25
2.7	Agregat	26
2.8	Bahan Pengisi	27
2.9	Lapisan Haus	28

**BAB III      METODOLOGI**

3.1	Pengenalan	29
3.2	Penyediaan Bahan	31
3.2.1	Agregat	31
3.2.2	Bitumen	32
3.2.3	Bahan Pengisi	33
3.3	Ujian Makmal	33
3.3.1	Analisis Ayakan	33
3.3.2	Ujian Graviti Tentu Pukul Agregat	34
3.3.3	Ujian Marshall	35
3.3.3.1	Rekabentuk Campuran Marshall	35
3.3.3.2	Penyediaan Sampel Marshall	35
3.3.3.3	Prosedur Rekabentuk Marshall	36
3.3.3.4	Analisis Data	40
3.3.3.5	Spesifikasi Marshall	43

**BAB IV      KEPUTUSAN DAN ANALISIS**

4.1	Pengenalan	45
4.2	Analisis Ayakan dan Campuran Agregat	45
4.3	Graviti Tentu Agregat	47
4.3.1	Graviti Tentu Pukul Agregat Kasar dan Agregat Halus	48
4.4	Analisis Ciri-ciri Marshall	49
4.4.1	Analisis Kestabilan	52
4.4.2	Analisis Kestabilan	53
4.4.3	Analisis Kekukuhan	53

4.4.3	Analisis Graviti Tentu	54
4.4.4	Analisis Lompang Dalam Campuran dan Lompang Terisi Bitumen	54
4.5	Penilaian Prestasi Campuran	55

#### **BAB IV KESIMPULAN DAN CADANGAN**

5.1	Pengenalan	56
5.2	Ringkasan Hasil Kajian	57
5.3	Faktor-faktor Mempengaruhi Hasil Kajian	58
5.4	Cadangan Masa Hadapan	59
5.5	Penutup	60

<b>RUJUKAN</b>	61
----------------	----

<b>LAMPIRAN A – E</b>	63 – 76
-----------------------	---------

**SENARAI JADUAL**

<b>NO. JADUAL</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
2.1	Perbezaan istilah bitumen	16
2.2	Spesifikasi campuran konkrit berasfalt	28
3.1	Peratus Kandungan Agregat Mengikut Saiz Ayakan bagi Campuran ACW 20 (JKR/SPJ/1988)	32
3.2	Peratus kandungan bitumen dalam reka bentuk campuran (JKR/SPJ/1988)	32
3.3	Penggunaan bahan dan jisim yang sesuai untuk diayak (BS 1377: Part 2: 1990	34
3.4	Spesifikasi yang ditetapkan bagi campuran konkrit berasfalt (JKR/SPJ/1988)	44
4.1	Jisim berdasarkan peratus bahan campuran lazim ACW 20	47
4.2	Ringkasan nilai graviti tentu yang digunakan dalam campuran Marshall	48
4.3	Ringkasan keputusan Marshall bagi sampel normal	50

**SENARAI RAJAH**

<b>NO. RAJAH</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
2.1	Proses pengoksidaan bitumen oleh oksigen	13
2.2	Konsep Penuaan	13
3.1	Carta perlaksanaan projek	30
3.2	Penyediaan Agregat mengikut saiz pengreddan ACW20	31
3.3	Campuran agregat untuk spesimen ACW20	37
3.4	Proses mengawal suhu	38
3.5	Proses menggoreng campuran ACW20	38
3.6	Sampel yang telah siap	38
3.7	Proses Pematatan Sampel	39
3.8	Spesimen direndam pada suhu $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ sebelum diuji	41
3.9	Ujian Aliran dan Kestabilan	41
4.1	Lengkung reka bentuk campuran ACW 20 yang terhasil dari kaedah cuba-ralat	46
4.2	Spesimen yang telah menjalani ujian aliran dan kestabilan.	49
4.3	Ciri-ciri Marshall bagi campuran lazim ACW 20	51

**SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN**

<b>AASHTO</b>	-	<b>American Association of State Highway and Transportation Officials</b>
<b>ACW</b>	-	<b>Asphaltic Concrete Wearing Course</b>
<b>F</b>	-	<b>Aliran</b>
<b>JKR</b>	-	<b>Jabatan Kerja Raya</b>
<b>S</b>	-	<b>Kestabilan</b>
<b>SG</b>	-	<b>Graviti Tentu</b>
<b>SGbit</b>	-	<b>Graviti Tentu Bitumen</b>
<b>S/F</b>	-	<b>Kekukuhan</b>
<b>UTM</b>	-	<b>Universiti Teknologi Malaysia</b>
<b>VTM</b>	-	<b>Lompang Udara Campuran</b>
<b>VFB</b>	-	<b>Lompang Terisi Bitumen</b>

## SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	TAJUK	MUKA SURAT
A 1	Rajah penggetar mekanikal yang akan digunakan untuk melakukan analisis ayakan	63
A 2	Rajah acuan spesimen	63
A 3	Rajah peralatan untuk menggoreng sampel ACW20	64
A 4	Rajah alat pemadat automatik	64
A 5	Rajah proses menanggalkan acuan menggunakan Jek	65
A 6	Rajah mesin ujian aliran dan kestabilan Marshall	65
A 7	Rajah sampel yang telah siap	66
A 8	Rajah pendedahan sampel terhadap cuaca	66
B 1	Jadual keputusan penentuan penggredan untuk campuran ACW 20	67
B 2	Graf keputusan analisis ayakan untuk ACW 20	70
C 1	Jadual reka bentuk campuran ACW 20	71
C 2	Graf keputusan kaedah cuba-ralat campuran ACW 20	72
D 1	Jadual analisis graviti tentu terhadap agregat	73
E 1	Jadual keputusan Ujian Kestabilan dan Aliran bagi campuran ACW 20	74
E 2	Jadual keputusan Ujian Marshall bagi campuran ACW 20	75

## **BAB I**

### **PENGENALAN**

#### **1.1 Pendahuluan**

Dalam urutan untuk membina jalan yang efisien, banyak kajian telah dilakukan bagi memperolehi campuran yang mempunyai kekuatan yang baik dan jangka hayat yang panjang. Ini adalah untuk memastikan jalan berada pada kestabilan, ketahanan, kekerasan dan kekuatan yang di harapkan untuk menampung bebanan lalu lintas dan sekaligus meminimakan kerosakan pada permukaan jalan

Antara kriteria penting yang harus di titikberatkan dalam pembinaan jalan raya ialah reka bentuk. Jalan raya yang direka bentuk harus mampu menanggung beban lalu lintas yang akan dikenakan. Bitumen merupakan salah satu bahan asas yang digunakan dalam pembinaan jalan raya. Ia digunakan sebagai bahan perekat kepada butir-butir agregat di dalam lapisan jalan raya. Agregat pula akan menanggung beban lalu lintas dan menyalurkan beban tersebut ke lapisan yang di bawah. Lapisan nipis bitumen ini menyaluti permukaan batu baur dan mengikatnya bersama-sama untuk menghasilkan satu struktur permukaan jalan raya. Terdapat

pelbagai jenis bitumen dan agregat yang digunakan dan ia membolehkan pelbagai jenis turapan jalan di reka bentuk.

Turapan berbitumen juga mempunyai kelemahan-kelemahan yang perlu diperbaiki agar dapat memastikan jangka hayat penggunaannya adalah panjang tidak memerlukan kos pembaikan yang tinggi. Antara kelemahan bahan pengikat agregat iaitu bitumen adalah ketidakstabilan, penyepaian, kegagalan patah dan kehilangan rintangan gelincir (Edwards dan Huen, 1967). Lapisan pengikatnya mestilah dapat menanggung lapisan haus dan membantu melindungi struktur jalan. Turapan juga mestilah dapat menghalang air dari memasuki lapisan bawah yang boleh menyebabkan lapisan subgred menjadi lemah.

Selain itu, antara kriteria penting yang mesti ada pada turapan jalan raya yang dibina adalah lapisan permukaannya mestilah bebas dari segala kegagalan atau kerosakan jalan raya. Jalan raya sering mengalami kegagalan dan kecacatan pada permukaannya seperti retakan, ubahbentuk permukaan, kecacatan permukaan, pengkawahan dan kecacatan pinggir. Jalan raya haruslah berupaya memberikan perkhidmatan yang baik serta kuat dan lasak pada sepanjang hayat reka bentuknya di samping dapat menahan sebarang perubahan cuaca, dimana di negara kita keadaan cuaca adalah panas dan lembap sepanjang tahun. Kegagalan dan kecacatan ini berpunca daripada faktor cuaca, kesan penggunaan kenderaan dan usia jalan. Ini penting agar kualiti jalan raya meningkat selaras dengan jangka hayat yang diharapkan serta dapat menanggung beban lalu lintas yang tinggi berikutan meningkatnya penggunaan kenderaan komersil di jalan raya.

## **1.2 Kenyataan Masalah**

Campuran berbitumen yang tidak direka bentuk dengan sempurna boleh menyebabkan kegagalan struktur jalan pra-matang. Sebagai lapisan permukaan jalan raya, turapan berbitumen yang dibina mestilah bebas dari segala kegagalan atau kerosakan jalan raya. Sesuatu turapan berbitumen perlulah mempunyai ketahananlasakan yang tinggi kerana lapisan ini merupakan satu lapisan yang penting

untuk menanggung segala beban yang dikenakan. Faktor sampingan yang perlu dinilai ialah kesan cuaca dan proses penuaan.

Turapan berbitumen perlu mempunyai ketahananlasakan terhadap perubahan cuaca yang sering berlaku di Malaysia yang mempengaruhi usia lapisan permukaan jalan. Ia perlu terus melekat pada agregat untuk mencapai tahap ketahananlasakan yang tinggi. Kegagalan yang sering berlaku pada turapan berbitumen adalah disebabkan oleh hilangnya keupayaan rekatan antara bitumen dan agregat.. Terdapat beberapa kesan cuaca yang mempengaruhi penurunan mutu bitumen. Kesan–kesan cuaca yang dapat diperhatikan adalah kesan bitumen terhadap pengaruh oksigen, haba, air dan pengoksidaan atmosfera.

Campuran lazim bagi turapan berbitumen terdiri daripada bitumen, agregat dan pengisi. Bitumen lebih berfungsi sebagai agen pengikat bagi semua bahan tersebut. Oleh itu sifat-sifat bitumen dari segi kegunaannya dalam turapan jalan iaitu kekonsistenan, ketahananlasakan terhadap rintangan luluhawa, kadar pengawetan dan rintangan terhadap air perlulah diambil perhatian. Perhatian di dalam hal ini mungkin akan meningkatkan kualiti campuran dan seterusnya mengurangkan kos penyelenggaraan jalan secara keseluruhan.

### **1.3 Matlamat dan Objektif**

Matlamat kajian ini ialah untuk menilai kesan cuaca dan proses penuaan terhadap campuran berbitumen. Bagi mencapai matlamat ini, kajian dijalankan berdasarkan objektif berikut:

- a) Merekabentuk dan menyediakan sampel campuran lazim berbitumen.
- b) Menguji ciri-ciri Marshall sampel campuran lazim berbitumen berdasarkan usia sampel.

#### **1.4 Skop kajian**

Kajian yang dijalankan melibatkan ujian di makmal dengan menggunakan peralatan dan kemudahan yang disediakan di Makmal Jalanraya. Skop kajian ini hanya tertumpu pada campuran bergred ACW20, dan penyediaan sampel adalah mengikut kaedah Marshall. Bitumen dan agregat yang digunakan juga diperolehi daripada Makmal Jalanraya. Ujian Marshall dijalankan ke atas campuran lazim berbitumen pada kandungan bitumen optimum yang diperolehi daripada kajian lepas.

#### **1.5 Kepentingan Kajian**

Hasil daripada kajian ini akan memberikan gambaran tentang proses penuaan campuran berbitumen dengan pengaruh cuaca terhadap ciri-ciri Marshall berdasarkan tempoh pendedahan yang ditetapkan. Kajian terhadap kesan cuaca ke atas campuran berbitumen adalah penting kerana ia merupakan salah satu faktor utama yang menyebabkan penurunan mutu bitumen. Berdasarkan kepada keputusan yang diperolehi, suatu hubungan perubahan nilai parameter-parameter Marshall iaitu kestabilan, aliran, kekerasan, lompong dalam udara dan lompong terisi bitumen, terhadap tempoh pendedahan akan dibuat.

Daripada keputusan kajian, langkah-langkah kawalan yang sepatutnya boleh dicadangkan bagi mengelakkan atau melambatkan proses penuaan bitumen terhadap campuran konkrit asphalt secara fizikal mahupun kekuatan dalaman pada masa akan datang. Diharapkan supaya kajian-kajian yang selanjutnya akan dilakukan dan tahap penurunan mutu bitumen akibat penuaan dengan pengaruh cuaca dapat diketahui. Hal ini adalah perlu bagi mengelakkan kerosakan dan kecacatan pada permukaan jalan bagi menghasilkan struktur jalan yang lebih sempurna dengan penyelenggaraan yang minimum.