

UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA

BORANG PENGESAHAN
LAPORAN AKHIR PENYELIDIKAN

TAJUK PROJEK : Evaluation of Fundamental Properties of Compacted Mixes Used as Patching Materials for Low Volume Roads

Saya _____

CHE ROS BIN ISMAIL
(HURUF BESAR)

Mengaku membenarkan **Laporan Akhir Penyelidikan** ini disimpan di Perpustakaan Universiti Teknologi Malaysia dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut :

1. Laporan Akhir Penyelidikan ini adalah hakmilik Universiti Teknologi Malaysia.
2. Perpustakaan Universiti Teknologi Malaysia dibenarkan membuat salinan untuk tujuan rujukan sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat penjualan salinan Laporan Akhir Penyelidikan ini bagi kategori TIDAK TERHAD.
4. * Sila tandakan (/)

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau Kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972).

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh Organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan).

TIDAK
TERHAD



TANDATANGAN KETUA PENYELIDIK

CHE ROS BIN ISMAIL
Pensyarah
Fakulti Kejuruteraan Awam
Universiti Teknologi Malaysia

Nama & Cop Ketua Penyelidik

Tarikh : 15hb Disember 2005

CATATAN : * Jika Laporan Akhir Penyelidikan ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh laporan ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

**PENILAIAN SIFAT-SIFAT ASAS CAMPURAN TERPADAT YANG
DIGUNAKAN SEBAGAI BAHAN TAMPALAN BAGI JALAN BERISIPADU
RENDAH**

**(EVALUATION OF FUNDAMENTAL PROPERTIES OF COMPACTED MIXES
USED AS PATCHING MATERIALS FOR LOW VOLUME ROADS)**

Haji Che Ros Bin Ismail

NOMBOR VOT PENYELIDIKAN:

75188

**Jabatan Geoteknik dan Pengangkutan
Fakulti Kejuruteraan Awam
Universiti Teknologi Malaysia**

2005

PENGHARGAAN

Penulis ingin merakamkan jutaan terima kasih kepada Pusat Pengurusan Penyelidikan, Universiti Teknologi Malaysia dan kepada pihak Universiti Teknologi Malaysia sendiri kerana telah memberi peruntukan untuk menjalankan penyelidikan yang bertajuk “Penilaian Ciri-ciri Asas Campuran Terpadat yang Digunakan Sebagai Bahan Tampalan Jalan Berisipadu Rendah”. Tidak lupa juga kepada Infra Desa Johor yang telah banyak menyumbang dalam penyelidikan yang dijalankan dari segi bahan dan tenaga kerja yang diperlukan semasa kerja-kerja tapak dijalankan. Seterusnya kepada IKRAM Management Centre Sdn. Bhd. dan Selia Selenggara Sdn. Bhd. kerana telah menyumbang campuran sejuk untuk penyelidikan ini. Penghargaan juga ditujukan kepada Dr. Mohd Rosli Hainin, Dr. Abdul Aziz Chik, Norkhairulnisa dan Nordila yang turut sama menjayakan projek ini juga kepada semua juruteknik makmal jalanraya yang banyak membantu sepanjang kerja-kerja makmal dijalankan dan juga kepada sesiapa sahaja yang turut terlibat secara langsung atau tidak langsung, terima kasih diucapkan dan diharap anda semua sentiasa berada di bawah lindungan-Nya.

Harapan penulis, semoga kajian yang telah dijalankan ini mendapat keberkatan dari-Nya dan memberi manfaat serta pengetahuan kepada semua. Sekian, terima kasih.

ABSTRAK

Tampalan adalah salah satu kaedah penyelenggaraan yang dipraktik secara meluas di Malaysia terutama bagi jalan berisipadu rendah dan sederhana contohnya jalan kampung. Kaedah ini digunakan untuk membaik pulih kerosakan jalan seperti lelubang dan retak. Kegagalan turapan jalan kini menjadi beban kepada pihak yang bertanggungjawab kerana banyak wang telah dikeluarkan bagi menampal kawasan yang sama berulang kali. Tiada garis panduan yang khusus untuk kerja tampalan jalan terutama dari segi pemadatan dan campuran adalah punca kegagalan tampalan. Selain itu, pemilihan kaedah penyelenggaraan yang sesuai juga perlu dititikberatkan bagi memastikan jalan raya dapat diperbaiki dengan cara yang lebih efektif. Dalam kajian ini campuran panas dan sejuk digunakan sebagai bahan kajian. Campuran panas yang digunakan adalah ACW20 dan BMW14, manakala campuran sejuk pula ialah IKRAMIX dan SSMIX. Ujikaji makmal yang dijalankan terdiri daripada Pemadatan, Graviti Tentu Pukul, Kestabilan dan Aliran, Kebolehtelapan, Kekuatan Tegangan, Pengekstrakan Bitumen, dan Analisis Ayakan. Ujian-ujian ini dijalankan mengikut kehendak piawaian JKR/SPJ/1988. Melalui kajian ini didapati campuran panas lebih sesuai digunakan sebagai bahan tampalan jalan. Selain mempunyai nilai kebolehtelapan yang rendah dan tidak porous, ia juga mempunyai kekuatan tegangan yang tinggi.

ABSTRACT

Patching is one of the most common maintenance tasks carried out on low/medium volume roads in Malaysia. It is a technique of treating pavement distresses such as potholes and cracks. Failure of patched road is now becoming a burden to the responsible authority since a lot of money has been spent for repatching the same area of distresses. No appropriate guideline for patching works, mainly in terms of compaction effort and mixes is the reason for patching failure. Beside that, the selection of appropriate maintenance method also needs to be considered to ensure that the road can be repaired effectively. In this study, hot and cold mixes were used. The hot mixes used were ACW20 and BMW14, whilst cold mixes were IKRAMIX and SSMIX. The laboratory experiments conducted were Compaction, Bulk Specific Gravity, Stability and Flow, Permeability, Tensile Strength, Bitumen Extraction and Sieve Analysis. All tests were carried out according to standard requirement, JKR/SPJ/1988. From this study, it was found that hot mixes are most suitable to be used as road patching material. Besides having lower permeability and non-porous, they also have higher tensile strengths.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	JUDUL	i
	PENGHARGAAN	iii
	ABSTRAK	iv
	ABSTRACT	v
	KANDUNGAN	vi
	SENARAI JADUAL	ix
	SENARAI RAJAH	x
BAB I	Pengenalan	1
	1.1 Pendahuluan	1
	1.2 Pernyataan Masalah	2
	1.3 Matlamat dan Objektif Kajian	2
	1.4 Skop Kajian	3
	1.5 Kepentingan Kajian	3
BAB II	KAJIAN LITERATUR	4
	2.1 Pengenalan	4
	2.2 Tampalan	4
	2.3 Jenis-jenis Campuran Bagi Tampalan	5
	2.3.1 Campuran Panas	5
	2.3.2 Campuran Sejuk	7
	2.4 Jenis-jenis Kerosakan Jalan Raya yang Boleh Dibaik Pulih dengan Kaedah Tampalan	8
	2.5 Teknik Menampal Jalan	11

2.6	Ciri-ciri Tampalan yang Baik	14
III	METODOLOGI	15
3.1	Pengenalan	15
3.2	Pemadatan	16
3.3	Penentuan Graviti Tentu Pukal	18
3.4	Penentuan Kestabilan dan Aliran	19
3.5	Penentuan Kebolehtelapan	20
3.6	Rintangan Campuran Terhadap Kerosakan Rangsangan Lembapan	22
3.7	Ujian Kuantitatif Pengekstrakan Bitumen	23
3.8	Analisis Ayakan Agregat yang Telah Diekstrak	25
3.9	Menjalankan Ujian Skala Penuh Di Tapak	27
	3.9.1 Alat Radas/Peralatan	28
	3.9.2 Bilangan Pekerja	28
	3.9.3 Prosedur	28
IV	DATA DAN ANALISIS	30
4.1	Pendahuluan	30
4.2	Ujian Pemadatan	30
4.3	Penentuan Graviti Tentu Pukal, Kestabilan dan Aliran	31
4.4	Keputusan Ujian Kebolehtelapan	34
4.5	Kerosakan Rangsangan Lembapan	35
4.6	Pengekstrakan Bitumen	36
4.7	Garis Panduan Kerja Tampalan Jalan	37
4.8	Perbandingan Kos Kerja Tampalan Bagi Campuran Sejuk dan Panas	41
4.9	Analisis Data	41

V	KESIMPULAN DAN CADANGAN	43
	5.1 Kesimpulan	43
	5.2 Cadangan	44
RUJUKAN		46
LAMPIRAN		48

SENARAI JADUAL**m/s**

Jadual 2.1 : Teknik menampal jalan	11
Jadual 4.1 : Nilai kestabilan baki bagi campuran panas	33
Jadual 4.2 : Nilai kestabilan baki bagi campuran sejuk	33
Jadual 4.3 : Nilai kestabilan baki bagi campuran sejuk yang dipanaskan pada suhu 120°C	34
Jadual 4.4 : Nilai kebolehtelapan bagi setiap campuran	34
Jadual 4.5 : Nisbah kekuatan tegangan bagi setiap jenis campuran	35
Jadual 4.6 : Analisis kandungan bitumen	36
Jadual 4.7 : Ringkasan graf bagi garis panduan tampalan	40

SENARAI RAJAH**m/s**

Rajah 2.1 : Campuran sejuk (IKRAMIX)	7
Rajah 2.2 : Lelubang	8
Rajah 2.3 : Retak buaya	9
Rajah 2.4 : Pengikisan	9
Rajah 2.5 : Lekukan	10
Rajah 2.6 : Penyodokan	10
Rajah 2.7 : Perbezaan teknik penampalan yang betul dan salah	14
Rajah 3.1 : Carta aliran metodologi	16
Rajah 3.2 : Mesin pemadat automatik dan jek bagi mengeluarkan spesimen	17
Rajah 3.3 : Spesimen yang telah dipadatkan	18
Rajah 3.4 : Takung air bagi merendam spesimen sebelum melakukan ujian kestabilan dan aliran	20
Rajah 3.5 : Permeameter Makmal	21
Rajah 3.6 : Alat pengekstrakan	24
Rajah 3.7 : Mangkuk pengekstrakan	25
Rajah 3.8 : Alat ayakan	26
Rajah 3.9: Ujian skala penuh di tapak	29
Rajah 4.1 : Kegagalan spesimen IKRAMIX dan SSMIX ketika proses rendaman pada suhu 60°C	32
Rajah 4.2 : Batu-batu SSMIX yang hancur setelah dipadatkan	32
Rajah 4.3 : Kekukuhan campuran sejuk yang dipadatkan pada suhu 120°C (a) berbanding dengan spesimen yang dipadatkan pada suhu bilik (b)	36
Rajah 4.4 : Analisis ayakan bagi setiap jenis sampel	37
Rajah 4.5 : Bilangan larian pemadat melawan suhu bagi tahap pemadatan tertentu untuk pemadat plat	38
Rajah 4.6 : Bilangan larian pemadat melawan suhu bagi tahap pemadatan tertentu untuk pemadat dram	40

BAB I

PENGENALAN

1.1 Pendahuluan

Prestasi sebatang jalan raya sentiasa dipengaruhi oleh beberapa faktor terutamanya pertambahan lalu lintas dan alam sekitar. Dengan pertambahan lalu lintas yang tinggi dari masa ke masa, jalan raya terpaksa menanggung beban yang lebih besar dan mengakibatkan berlakunya kerosakan kepada permukaan dan struktur jalan. Oleh itu, untuk memastikan jalan raya sentiasa berada dalam keadaan baik dan terpelihara, jalan haruslah diselenggarakan secara berterusan oleh pihak yang bertanggungjawab. Kelewatan dan penangguhan aktiviti penyelenggaraan akan menyebabkan kadar kerosakan meningkat dan akan melibatkan kos baik pulih yang lebih besar. Pihak yang terbabit perlu memilih kaedah penyelenggaraan yang sesuai bagi memastikan jalan raya dapat diperbaiki dengan cara yang lebih efektif.

Terdapat pelbagai teknik pemulihan turapan yang diamalkan di Malaysia antaranya kaedah penstoran semula dan penurapan semula. Tampalan merupakan kaedah penstoran semula yang paling meluas digunakan di Malaysia pada masa kini dengan cara menggantikan permukaan yang rosak dengan campuran berbitumen yang sesuai bagi mengekalkan keadaan permukaan jalan (Jabatan Kerja Raya, 1992). Memandangkan kaedah ini agak popular di Malaysia, kajian haruslah dilakukan secara

berterusan bagi memastikan kerja tampalan dan bahan yang digunakan menepati kehendak yang ditetapkan.

1.2 Pernyataan Masalah

Tampalan merupakan kaedah penyelenggaraan jalan yang agak meluas penggunaannya di Malaysia terutamanya bagi jalan berisipadu rendah dan sederhana. Bahan yang digunakan untuk kerja tampalan juga boleh didapati dengan mudah di negara ini. Namun begitu, pihak yang terlibat dalam kerja-kerja penyelenggaraan jalan raya kini menghadapi masalah yang serius akibat kegagalan yang sering berlaku pada jalan yang baru ditampal. Banyak wang telah dihabiskan dengan menampal kawasan yang sama berulang-ulang kali sedangkan jalan yang telah ditampal sepatutnya dapat bertahan lebih lama.

Tiada garis panduan yang sempurna tentang teknik penampalan dan spesifikasi bagi campuran yang digunakan menjadi salah satu sebab kerja-kerja menampal jalan dilakukan tidak sempurna. Oleh itu, garis panduan tentang kerja penampalan yang betul dan campuran yang berkualiti mestilah disediakan bagi mengelak pengaliran keluar wang yang banyak disebabkan kerja-kerja penyelenggaraan yang tidak kekal lama.

1.3 Matlamat dan Objektif Kajian

Matlamat kajian ini adalah untuk mengkaji sifat-sifat asas campuran tampalan dan menyediakan garis panduan tampalan jalan. Dalam proses untuk mencapai matlamat ini objektif berikut perlu dicapai terlebih dahulu iaitu:

- i) menilai sifat-sifat asas campuran panas dan campuran sejuk;

- ii) membuat perbandingan kos antara penggunaan campuran panas dan campuran sejuk; dan
- iii) menghasilkan garis panduan untuk kerja tampalan jalan daripada ujian skala penuh di tapak bagi mendapatkan hubungan di antara suhu premix, jenis pematat yang digunakan, bilangan larian pematat dan tahap pemadatan premix.

1.4 Skop Kajian

Kajian ini memfokus kepada jenis-jenis campuran tampalan yang terdapat di pasaran yang biasa digunakan dalam kerja-kerja tampalan jalan berisipadu sederhana dan rendah. Ujian-ujian yang berkaitan dijalankan berdasarkan parameter kajian dan spesifikasi kerja di tapak.

1.5 Kepentingan Kajian

Berdasarkan hasil kajian yang dijalankan, kontraktor yang menjalankan kerja-kerja penyenggaraan jalan akan dapat memilih bahan yang akan digunakan berdasarkan ciri-ciri bahan dan kosnya. Sekiranya menggunakan campuran panas mereka dapat menentukan bilangan gelean yang diperlukan untuk memastikan pemadatan yang dilakukan mencapai tahap yang dikehendaki.

BAB II

KAJIAN LITERATUR

2.1 Pengenalan

Apabila turapan jalan menjangkau hayat reka bentuknya, ia akan terdedah kepada pelbagai jenis kegagalan dan kerosakan akibat beban kumulatif lalu lintas dan pelbagai faktor alam sekitar. Namun begitu, jalan raya yang baru dibina dengan baik juga boleh menghadapi masalah disebabkan faktor-faktor seperti reka bentuk turapan dan bahan yang digunakan.

Oleh itu, jalan raya hendaklah sentiasa dipantau dan diselenggara dari semasa ke semasa untuk menjamin keselesaan pemanduan dan keselamatan pengguna jalan raya. Teknik penyelenggaraan yang betul dan efektif harus dipraktikkan untuk mengekalkan ciri-ciri jalan raya yang baik.

2.2 Tampalan

Tampalan ialah kaedah di mana bahagian permukaan jalan yang rosak akan diganti dengan campuran berbitumen yang sesuai dan dipadatkan seperti keadaan asal.

Kaedah tampalan digunakan untuk membaik pulih kegagalan seperti lubang, retak, pengikisan, kerja-kerja korekan utiliti, dan sebagainya (Roberts *et.al*, 1994).

Tampalan boleh dibahagikan kepada dua iaitu tampalan untuk sebahagian kedalaman dan tampalan keseluruhan kedalaman. Tampalan sebahagian kedalaman melibatkan pembuangan lapisan turapan lama yang rosak dan diganti dengan turapan baru manakala tampalan keseluruhan kedalaman adalah bagi kerosakan yang melibatkan lapisan bawah seperti sub tapak jalan dan subgred. Oleh itu, lapisan jalan yang rosak akan dibuang hingga ke sub tapak atau subgred dan kemudiannya diganti dengan lapisan struktur jalan yang baru (Jabatan Kerja Raya, 1992).

2.3 Jenis-jenis Campuran Bagi Tampalan

Terdapat dua jenis campuran tampalan yang digunakan di Malaysia iaitu campuran panas dan campuran sejuk. Kebiasaannya campuran panas digunakan sebagai tampalan kekal manakala campuran sejuk untuk tampalan sementara. Campuran panas boleh didapati dari kuari-kuari yang menyediakan campuran panas bagi turapan jalan raya manakala campuran sejuk boleh didapati dari firma-firma yang menghasilkannya.

2.3.1 Campuran Panas

Di Malaysia, campuran panas lebih meluas digunakan berbanding campuran sejuk untuk kerja-kerja tampalan jalan. Campuran panas terdiri daripada bahan yang lazimnya digunakan untuk pembinaan jalan raya iaitu agregat dan bitumen. Campuran panas boleh didapati di kuari-kuari berhampiran dan campuran ini biasanya dihasilkan apabila diperlukan untuk tujuan tampalan. Campuran ini akan dimuatkan ke dalam lori dan dibawa ke tapak dalam keadaan panas. Suhu campuran pula hendaklah sentiasa

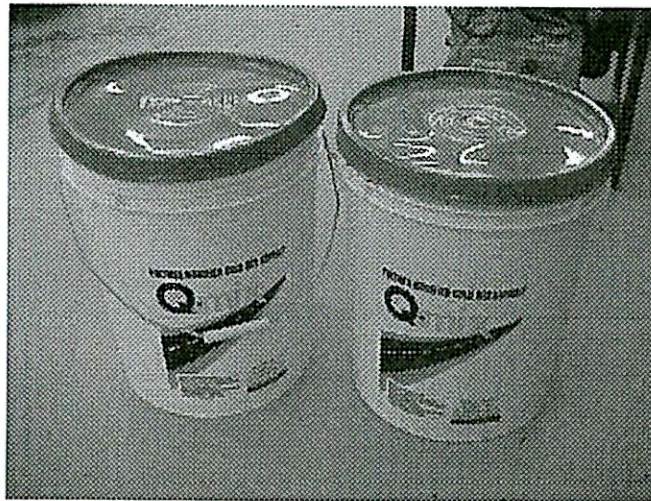
dijaga supaya kerja tampalan dapat dilakukan dengan sempurna. Campuran panas digunakan untuk kerja tampalan kekal dan ia melibatkan pekerja yang agak ramai. Tidak dinafikan juga ia adalah campuran yang sesuai terutamanya untuk kerja turapan jalan baru. Ini disebabkan pengeluarannya yang lebih teratur dan terkawal di mana ia telah direka bentuk, diproses dan dikeluarkan dari sebuah loji yang serba lengkap. Dengan itu segala sifat campuran yang diperlukan dapat dipantau sepanjang proses pengeluaran.

Walaupun campuran ini banyak menyumbang kepada sifat-sifat turapan yang baik, ia juga mempunyai kelemahannya tersendiri. Antaranya ialah :

- i) memerlukan perhatian yang lebih dan teliti berbanding campuran sejuk;
- ii) memerlukan suhu campuran pada 125°C semasa dihamparkan dan 110°C semasa dipadatkan (Asphalt Institute, 1988). Masalah yang wujud adalah cara untuk mengekalkan suhu bagi campuran yang dibuat di loji yang berjauhan dari tapak bina. Walaupun dibekalkan pemanas pada campuran semasa penghantaran, namun begitu langkah ini adalah tidak efektif memandangkan tempoh perjalanan yang tidak tetap dan dikhuatiri pula mutu campuran yang telah dipantau dari loji akan terjejas akibat daripada hentakan tayar di sepanjang jalan;
- iii) dari segi proses campuran panas, ia memerlukan banyak peringkat yang mana mengambil masa yang agak lama walaupun campuran yang diperlukan adalah agak sedikit; dan
- iv) pengeluaran campuran panas banyak menggunakan peralatan yang spesifik dan moden. Penggunaan alatan moden adalah antara faktor penyumbang kepada peningkatan kadar kos bagi sesuatu pengeluaran bahan turapan.

2.3.2 Campuran Sejuk

Bagi campuran sejuk pula, bitumen emulsi digunakan bagi mengganti bitumen biasa. Terdapat banyak perbezaan antara campuran sejuk dan campuran panas yang digunakan untuk menampal jalan. Campuran sejuk biasanya digunakan untuk kerja tampalan sementara atau kerja-kerja kecemasan dan kemudiannya akan digantikan dengan campuran panas untuk tampalan kekal. Campuran sejuk dikeluarkan oleh firma-firma yang menghasilkannya dan biasanya dijual di dalam beg, guni atau dram. Campuran sejuk boleh disimpan sehingga ia diperlukan untuk kerja-kerja tampalan. Biasanya, tempoh simpanan adalah antara 6-12 bulan dan tidak boleh lagi digunakan selepas beberapa tempoh waktu. Selain itu, hanya dua atau tiga pekerja sahaja yang diperlukan untuk menjalankan kerja-kerja penampalan jenis ini. Rajah 2.1 menunjukkan salah satu campuran sejuk yang terdapat di pasaran.



Rajah 2.1 : Campuran sejuk (IKRAMIX)

2.4 Jenis-jenis Kerosakan Jalan Raya Yang Boleh Di Baik Pulih dengan Kaedah Tampalan

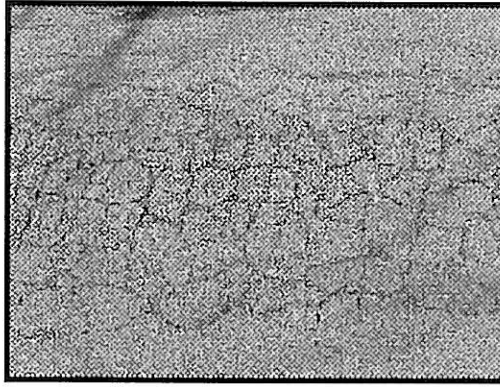
Terdapat pelbagai jenis kerosakan atau kegagalan permukaan jalan yang memerlukan kerja-kerja penyelenggaraan. Antara kegagalan jalan yang dapat dibaik pulih dengan kaedah tampalan ialah lelubang, retak, pengikisan, lekukan dan pentodokan (Jabatan Kerja Raya, 1997).

Lelubang ialah pembentukan lubang seperti mangkuk pada turapan jalan dan berpunca daripada kehilangan lapisan haus dan pengikat. Lelubang terbentuk apabila beban daripada lalu lintas memecahkan turapan dan membenarkan air memasuki turapan dan seterusnya mempercepatkan proses penyepaian (Jabatan Kerja Raya, 1992). Rajah 2.2 menunjukkan lelubang yang terbentuk pada permukaan jalan.



Rajah 2.2: Lelubang

Retak ialah rekahan yang berpunca daripada kegagalan patah pada permukaan turapan dan boleh berlaku dalam pelbagai bentuk contohnya seperti Rajah 2.3. Keretakan berlaku akibat faktor-faktor seperti tekanan daripada beban gandar, perubahan suhu dalam lapisan-lapisan jalan, serta kandungan lembapan yang berlebihan. Terdapat pelbagai jenis retak contohnya retak buaya, retak memanjang, retak melintang, retak blok dan retak pantulan (Roberts *et.al*, 1994).

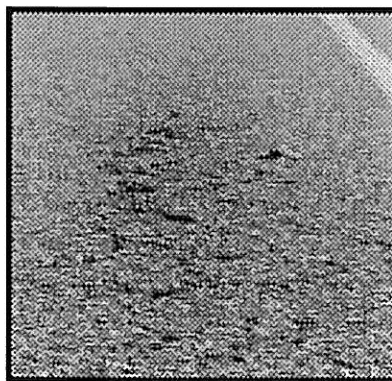


Rajah 2.3 : Retak buaya

Pengikisan pula ialah penyepaian permukaan turapan yang progresif melalui kehilangan pengikat (bitumen), agregat, atau kedua-duanya (Jabatan Kerja Raya, 1992).

Antara faktor yang menyebabkan berlakunya pengikisan ialah:

- i) kandungan debu yang berlebihan yang menyebabkan bitumen lebih banyak menyaluti debu daripada agregat; dan
- ii) proses pemadatan lapisan permukaan asfalt yang tidak sempurna menyebabkan agregat dengan mudah tercurungkil keluar daripada campuran seperti dalam Rajah 2.4.



Rajah 2.4: Pengikisan

Lekukan ialah kawasan di mana arasnya lebih rendah dari kawasan sekitarnya. Lekukan kecil hanya kelihatan apabila ia ditakungi oleh air hujan. Lekukan disebabkan oleh pegenapan subgred ataupun kerja-kerja pembinaan jalan yang kurang baik

(Jabatan Kerja Raya, 1997). Jenis kerosakan ini akan memberi kesan yang tidak selesa kepada pemanduan dan air yang sentiasa bertakung akan melemahkan turapan seterusnya membawa kepada kerosakan yang lebih besar. Rajah 2.5 menunjukkan lekukan yang berlaku pada jalan raya.



Rajah 2.5: Lekukan

Penyodokan ialah bonjolan pada permukaan jalan dan biasanya ia selari dengan arah lalu lintas atau penolakan lapisan permukaan secara mendatar dalam arah pergerakan lalu lintas (Jabatan Kerja Raya, 1992). Tindakan tolakan daripada tayar kenderaan terhadap turapan akan mengakibatkan pembentukan ombak-ombak pendek pada permukaan turapan. Penyodokan berpunca daripada ketidakstabilan campuran, kekurangan keupayaan melekat antara lapisan asphalt dengan lapisan di bawahnya dan akibat tindakan seperti membrek dan memecut pada kawasan persimpangan dan bulatan (Jabatan Kerja Raya, 1997). Rajah 2.6 menunjukkan contoh penyodokan.



Rajah 2.6: Penyodokan

2.5 Teknik Menampal Jalan

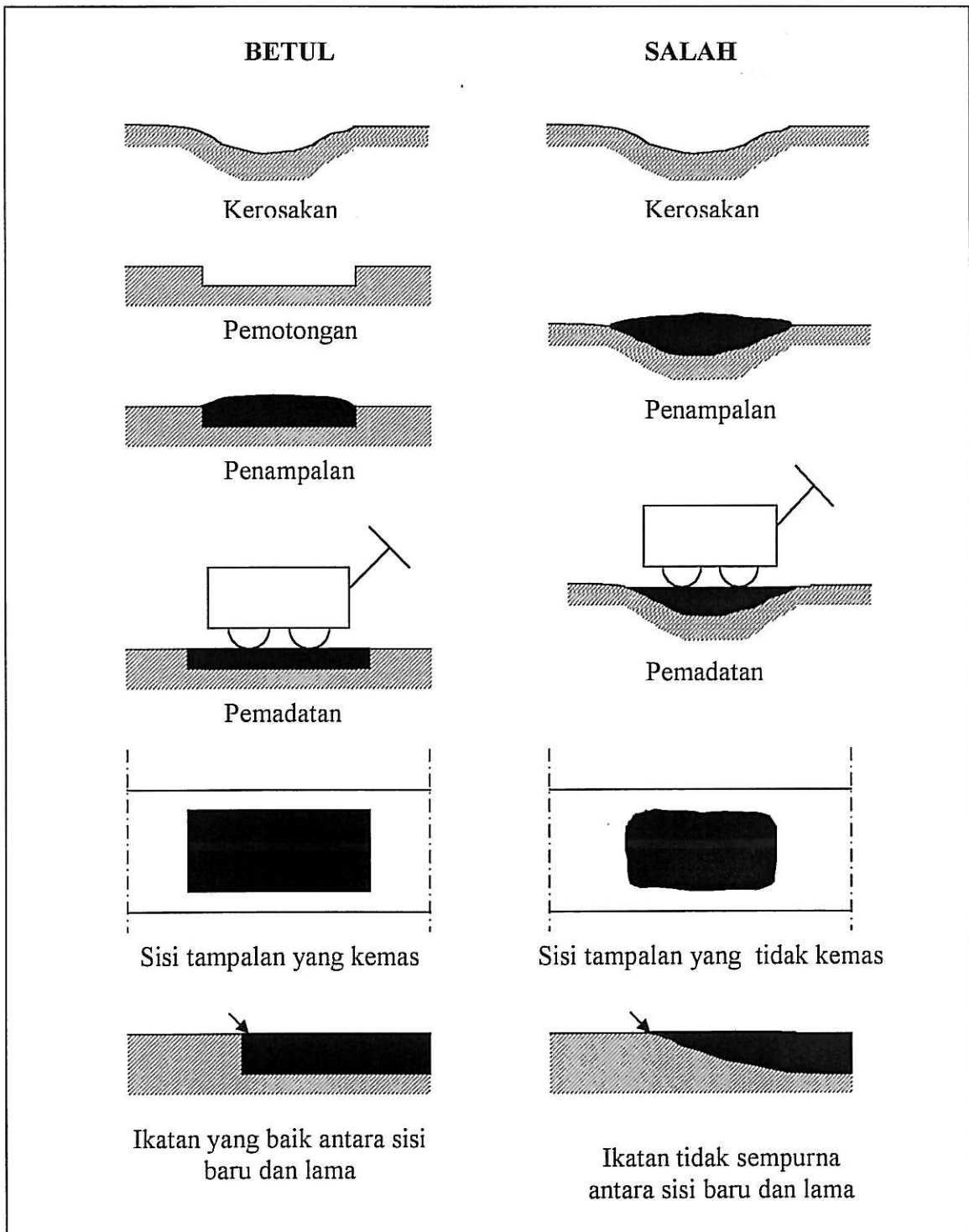
Walaupun kerja-kerja penampalan jalan tidak memerlukan jentera atau alat yang khas, namun teknik menampal jalan yang betul adalah penting bagi memastikan tampalan kekal lama. Ini kerana teknik menampal yang salah akan menyebabkan tampalan tersebut cepat mengalami kerosakan.

Teknik menampal jalan yang betul berdasarkan garis panduan yang disediakan oleh Jabatan Kerja Raya dan Institut Kerja Raya Malaysia diterangkan dalam Jadual 2.1 manakala Rajah 2.7 menunjukkan perbezaan teknik penampalan yang betul dan salah.

Jadual 2.1: Proses menampal jalan (JKR dan IKRAM, 1994)

Proses tampalan	Penerangan
1. Penandaan	Sempadan kawasan yang hendak ditampal dikenal pasti hendaklah ditanda dan biasanya garisan berbentuk segi empat adalah yang paling sesuai. Semua bahagian yang rosak hendaklah berada dalam sempadan garisan.
2. Pemotongan	Kawasan yang telah ditanda hendaklah dipotong dengan kemas dan bahagian yang rosak dikeluarkan menggunakan peralatan yang sesuai.
3. Pembersihan	Permukaan kawasan yang hendak ditampal hendaklah dibersihkan, dan dipastikan agar sentiasa kering. Penggunaan vakum udara adalah dicadangkan bagi tujuan ini.
4. Penyemburan salut jelujur	Lapisan bitumen nipis hendaklah disembur dengan seragam ke atas permukaan kawasan untuk menggalakkan lekatan antara lapisan lama dan baru. Salut jelujur yang boleh digunakan sama ada bitumen <i>cutback</i> , bitumen emulsi, atau <i>resin</i> sintetik. Salut jelujur tidak perlu disembur bagi campuran sejuk kerana ia boleh melembutkan campuran tersebut.

5. Penampalan	Campuran diisi ke dalam kawasan yang telah dibersihkan dan kerja dilakukan menggunakan penyodok secara manual.
6. Pemasangan	Bahagian tengah kawasan tampalan mestilah dipadatkan terlebih dahulu diikuti bahagian pinggir. Ini untuk menambah ikatan antara sambungan di kawasan pinggir tampalan.
7. Pembersihan dan penyemakan kawasan sambungan	Pembersihan sangat penting untuk memastikan kerja tampalan yang dijalankan lebih komprehensif. Sambungan yang memisahkan bahagian tampalan yang baru dibuat dan lapisan lama hendaklah dikedap dengan bahan berbitumen yang serupa dengan bahan kedap retakan (<i>crack sealants</i>).



Rajah 2.7: Perbezaan teknik penampalan yang betul dan salah (Adaptasi daripada JKR dan IKRAM, 1994)

2.6 Ciri-ciri Tampalan Yang Baik

Kebanyakan masalah kegagalan tampalan sering dikaitkan dengan teknik penampalan yang salah atau tidak sesuai. Namun begitu, kegagalan tampalan jalan juga berpunca daripada kurangnya ciri-ciri penting yang sepatutnya terdapat dalam setiap campuran tampalan (JKR dan IKRAM, 1994). Ciri-ciri campuran tampalan yang baik adalah seperti ditunjukkan dalam Jadual 2.2 di bawah.

Jadual 2.2: Ciri-ciri campuran tampalan yang baik

Ciri-ciri	Keterangan
Kestabilan	Campuran tampalan mestilah stabil selepas proses tampalan dilakukan untuk mengelakkan daripada ubah bentuk akibat beban trafik. Campuran yang tidak stabil akan menyebabkan lekukan (<i>dishing</i>) dan penyodokan (<i>shoving</i>) pada permukaan tampalan.
Lekatan	Ciri lekatan (<i>stickiness</i>) diperlukan untuk memastikan campuran dapat melekat dengan baik dengan bahagian sisi serta di lapisan bawah tampalan.
Rintangan terhadap tindakan air	Campuran hendaklah mempunyai rintangan terhadap air agar penanggalan (<i>stripping</i>) dan pengasingan (<i>separation</i>) bitumen daripada agregat tidak berlaku.
Tahan lasak	Ketahanan akan menghalang campuran daripada hancur (<i>disintegrate</i>) akibat beban trafik yang membawa kepada berlakunya pengikisan (<i>raveling</i>).
Kebolehkerjaan yang baik	Campuran tampalan mestilah cukup lembut dan mudah dilentur (<i>pliable</i>) terutamanya pada suhu yang agak rendah. Campuran yang keras akan susah untuk dipadatkan dan ini menyebabkan ia tidak kekal lama.
Kebolehsimpanan (<i>storageability</i>)	Campuran sejuk sepatutnya boleh disimpan sehingga ia sedia untuk digunakan, biasanya antara enam hingga ke 12 bulan.

BAB III

METODOLOGI

3.1 Pengenalan

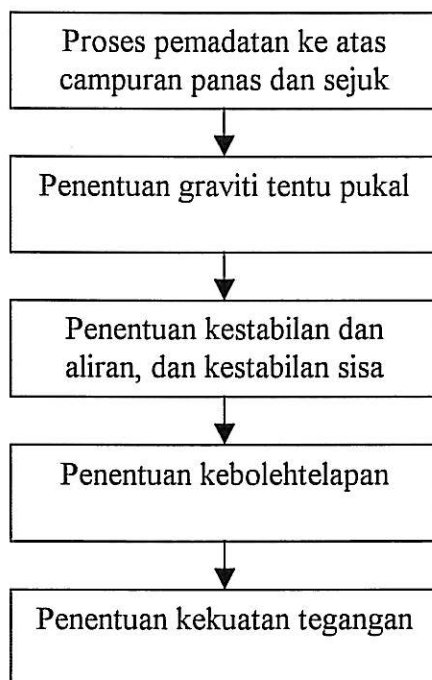
Bagi mencapai matlamat kajian, beberapa ujian dijalankan di makmal mengikut piawaian yang ditetapkan. Kajian ini dilakukan dengan menjalankan tiga ujian makmal yang memerlukan empat belas spesimen Marshall bagi melakukan ujian kestabilan dan aliran, ujian kebolehtelapan dan ujian kekuatan tegangan. Setiap ujian akan menggunakan jenis campuran yang berbeza iaitu campuran panas dan sejuk. Bagi campuran panas, ACW20 dan BMW14 digunakan yang mana kedua-duanya diambil dari loji Kuari Hanson di Kulai, Johor. Campuran sejuk diambil dari IKRAM Research Center Sdn. Bhd., Kajang, Selangor dan juga dari pembekal Selia Selenggara, Tampoi, Johor. Siri ujian yang sama akan dijalankan ke atas semua sampel bagi menentukan ciri-ciri masing-masing.

Bermula dengan ujian pemadatan, empat belas spesimen Marshall disediakan. Kesemua spesimen tersebut digunakan bagi menjalankan beberapa ujian berikut iaitu:

- (i) 6 spesimen untuk ujian kestabilan dan aliran (3 spesimen mengikut prosedur biasa dan 3 spesimen lagi akan direndam terlebih dahulu selama 48 jam);
- (ii) 2 spesimen untuk ujian kebolehtelapan; dan

(iii) 6 spesimen terakhir untuk ujian kekuatan tegangan.

Ringkasan metodologi bagi kajian ini ditunjukkan dalam Rajah 3.1 di bawah.



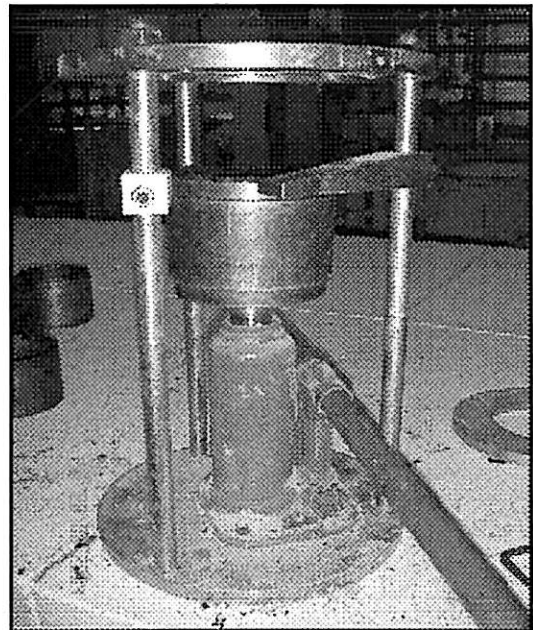
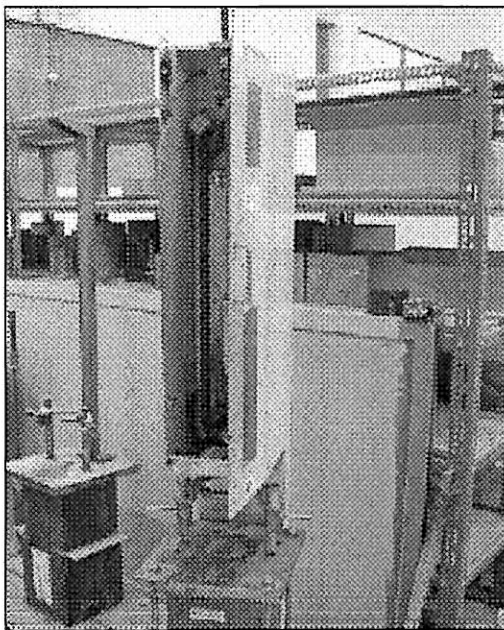
Rajah 3.1 : Carta aliran metodologi

3.2 Pemadatan

Sampel premix yang di ambil dari kuari akan dipanaskan pada suhu pemadatan yang diperlukan bagi menyediakan empat belas spesimen. Campuran yang telah dipanaskan dan mencapai suhu pemadatan yang diperlukan akan dimasukkan ke dalam acuan dan dipadatkan sebelum ujian-ujian seterusnya dijalankan. Ringkasan prosedur pemadatan bagi spesimen adalah seperti berikut (AASHTO T 245-82):

- i) acuan dan permukaan penukul dibersihkan dan panaskan sebelum acuan disapu dengan gris dan seterusnya kertas turas diletakkan ke atasnya;
- ii) campuran dimasukkan ke dalam acuan, ditusuk keliling dan tengah kemudian dipadatkan dengan 50 hentakan;

- iii) bahagian keliling campuran ditusuk sebanyak 15 kali dan bahagian tengah acuan 10 kali dengan spatula;
- iv) lakukan pemadatan dengan 50 bilangan hentakan jatuhan bebas daripada tapak acuan dengan menggunakan tukul pepadat. Rajah 3.2 menunjukkan mesin pepadat automatik yang digunakan untuk memadat spesimen;
- v) seterusnya acuan diterbalikkan dan pemadatan dilakukan pada permukaan bawah. Setelah selesai, spesimen yang telah sejuk dikeluarkan dari acuan; dan
- vi) spesimen ditinggalkan semalaman, kemudian ditimbang untuk dijalankan ujian seterusnya. Lampiran A menunjukkan prosedur ujian ini dijalankan.

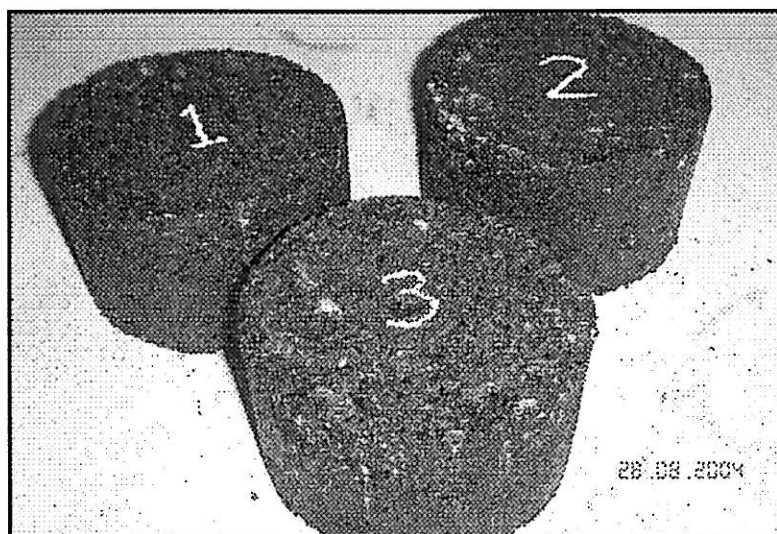


Rajah 3.2 : Mesin pepadat automatik dan jek bagi mengeluarkan spesimen

3.3 Penentuan Graviti Tentu Pukal

Ujikaji ini dijalankan untuk menentukan nilai graviti tentu pukal bagi spesimen campuran berbitumen. Kaedah ini boleh dilakukan ke atas spesimen yang mengandungi liang atau boleh menyerap lembapan kurang dua peratus daripada isipadunya. Nilai graviti tentu pukal ini boleh digunakan untuk mengira berat tentu campuran.

Spesimen yang telah dipadatkan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.3 akan disejukkan sebelum ujian ini dijalankan. Sampel mestilah dikendalikan secara berhati-hati bagi mengelakkan perubahan rupa bentuk dan retak. Spesimen juga mesti bebas daripada bendasing seperti tanah, kertas dan logam.



Rajah 3.3: Spesimen yang telah dipadatkan

Ringkasan proses kerja untuk menentukan graviti tentu adalah seperti berikut (AASHTO T 166-83):

- i) spesimen dikeringkan pada suhu bilik dan jisim di udara ditimbang;
- ii) spesimen direndam dalam air selama 3 – 5 minit dan jisim rendaman dicatatkan;

- iii) spesimen dikeluarkan dari bekas rendaman, permukaan spesimen dikeringkan dengan tuala lembap; dan
- iv) jisim kering permukaan ditimbang. Lampiran B menunjukkan prosedur ujian ini.

Nilai graviti tentu pukal dan nilai serapan air (berdasarkan jisim) boleh didapati dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Graviti Tentu Pukal} = \frac{A}{B - C}$$

dengan:

- A = Jisim spesimen dalam udara (g)
- B = Jisim kering permukaan spesimen dalam udara (g)
- C = Jisim spesimen dalam air (g)

3.4 Penentuan Kestabilan dan Aliran

Spesimen ini akan terlebih dahulu diambil bacaan ketebalan, berat kering, berat dalam air dan berat tepu. Ia bertujuan untuk mendapatkan nilai graviti tentu spesimen sebelum ujian selanjutnya dijalankan. Kemudian, ujian kestabilan dan aliran dijalankan. Ringkasann prosedur mengenai ujian kestabilan dan aliran adalah seperti berikut (AASHTO T 245-82):

- i) spesimen direndam (Rajah 3.4) pada suhu $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ selama 30 minit hingga 40 minit;
- iii) kemudian dikeluarkan dan diletak dalam kepala alat penguji, seterusnya dimasukkan pada alat pembebanan dan penunjuk meter kestabilan diputarakan kepada angka sifar manakala bacaan awal pada meter aliran dicatatkan;
- v) beban dikenakan ke atas sampel hingga gagal dan bacaan beban maksimum dan aliran dicatat;

- vi) beban maksimum yang mampu ditanggung oleh sampel merupakan nilai kestabilan dan bacaan pada meter aliran adalah nilai aliran yang dikehendaki dengan menolak bacaan awal sebelumnya.



Rajah 3.4: Takung air bagi merendam spesimen sebelum melakukan ujian kestabilan dan aliran

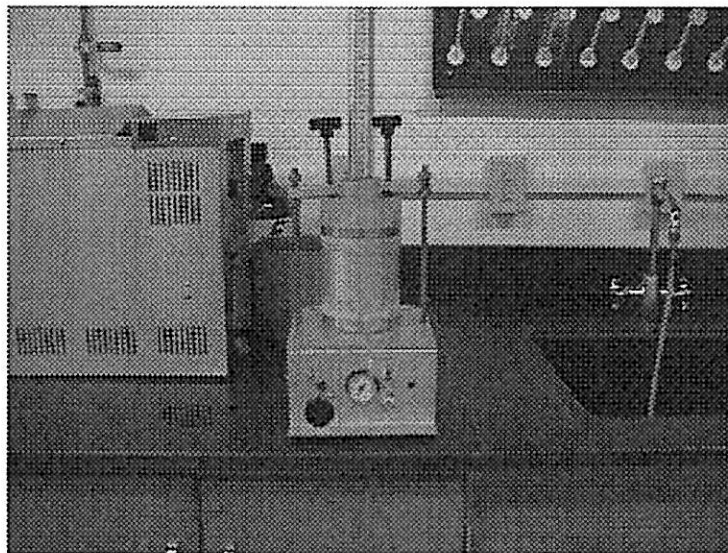
3.5 Penentuan Kebolehtelapan

Ujikaji kebolehtelapan akan dijalankan dengan menggunakan alat permeameter makmal. Alat ini direka bentuk menggunakan konsep prosedur turus menurun (ASTM PS 129-01) seperti dalam Rajah 3.5. Di dalam ujikaji ini, keempat-empat jenis spesimen iaitu ACW20, BMW14, IKRAMIX dan SSMIX akan diuji nilai kebolehtelapannya melalui air yang akan dialirkan ke atas spesimen dan seterusnya menembusi masuk ke dalamnya.

Berikut adalah prosedur bagi menjalankan ujian kebolehtelapan:

- i) semua spesimen perlu divakum terlebih dahulu;
- ii) spesimen diletakkan di atas tapak alat permeameter. Dengan menggunakan pam, vakum diaplikasi bagi mengeluarkan udara yang terperangkap;

- iii) dengan mengawal aliran pada injap terbuka, air diisi pada paip keluar sehingga melimpah pada bahagian tirus penapak;
- iv) semua sambungan pada alat permeameter diketatkan dengan kemas. Wayar sambungan dicabut dari bahagian vakum dan disambungkan ke bahagian tekanan pula. Tekanan dipam sehingga mencapai 14 ± 1 psi;
- v) air dimasukkan ke dalam silinder sehingga aliran mula mengalir ke tiub keluar, seterusnya goncang atau ketuk sedikit alat permeameter bagi mengeluarkan rongga udara yang terperangkap di dalamnya;
- vi) injap ditutup dan air diisi ke dalam silinder sehingga melebihi tanda h_1 dan air diisi sekali lagi di bahagian paip keluar sehingga melimpah;
- vii) seterusnya, injap dibuka dan masa dimulakan apabila air meniskus pada tanda h_1 . Air dibiarkan mengalir dan apabila air telah meniskus di h_2 , masa dihentikan dan injap ditutup; dan langkah (vi) – (vii) diulang bagi mendapat purata bacaan.



Rajah 3.5 : Permeameter Makmal

Setelah ujian kebolehtelapan dilakukan, nilai kebolehtelapan, k akan ditentukan dengan menggunakan persamaan di bawah:

$$k = (aL/At) \ln (h_1/h_2),$$

dengan:

- k = Pekali kebolehtelapan, cm/s;
a = Luas tiub manometer, cm²;
L = Ketebalan spesimen, cm;
A = Luas permukaan spesimen, cm²;
t = Purata masa aliran air di antara turus penurunan, s;
h1 = Bacaan turus pada masa t1, cm; dan
h2 = Bacaan turus pada masa t2, cm.

3.6 Rintangan Campuran Terhadap Kerosakan Rangsangan Lembapan

Ujian ini digunakan untuk menentukan kekuatan tegangan tidak langsung terhadap spesimen Marshall hasil daripada kesan ketepuan dan pertukaran kitaran suhu terhadap spesimen dalam makmal. Daripada keputusan yang bakal diperoleh, pengaruh jangka panjang penanggalan campuran bitumen boleh diramal. Berikut adalah prosedur yang diperlukan bagi menjalankan ujian kekuatan tegangan (AASHTO T283-85):

- i) tiga daripada spesimen campuran ujian akan diuji kering dan tiga lagi campuran akan melalui kitaran suhu. Spesimen yang kering akan disimpan pada suhu bilik sehingga diuji dan kemudiannya dibalut dengan plastik dan diletakkan dalam takung air pada suhu 25°C sekurang-kurangnya selama 2 jam;
- ii) selepas itu, spesimen diletakkan di antara dua plat bering mesin ujian dan proses pembebanan dilakukan ke atas spesimen sehingga retakan menegak berlaku, seterusnya kekuatan mampatan maksimum dicatat;
- iii) bagi tiga set yang seterusnya, spesimen perlu dimasukkan ke dalam vakum selama 5-10 minit, kemudian isipadu air yang diserap dikira bagi menentukan tahap ketepuan spesimen. Tahap ketepuan yang diperoleh perlulah dalam lingkungan 55%-80%;
- iv) selepas 16 jam, spesimen direndam pula di dalam takung air pada suhu 60°C dan kemudian selepas 24 jam semua spesimen akan melalui proses

rendaman sekali lagi selama dua jam di dalam takung air pada suhu 25°C. Prosedur berikutnya adalah sama seperti langkah-langkah spesimen yang diuji kering.

Apabila kedua-dua nilai kekuatan mampatan maksimum diperoleh, nilai nisbah kekuatan tegangan akan ditentukan melalui persamaan di bawah:

$$St = 2F / \pi LD$$

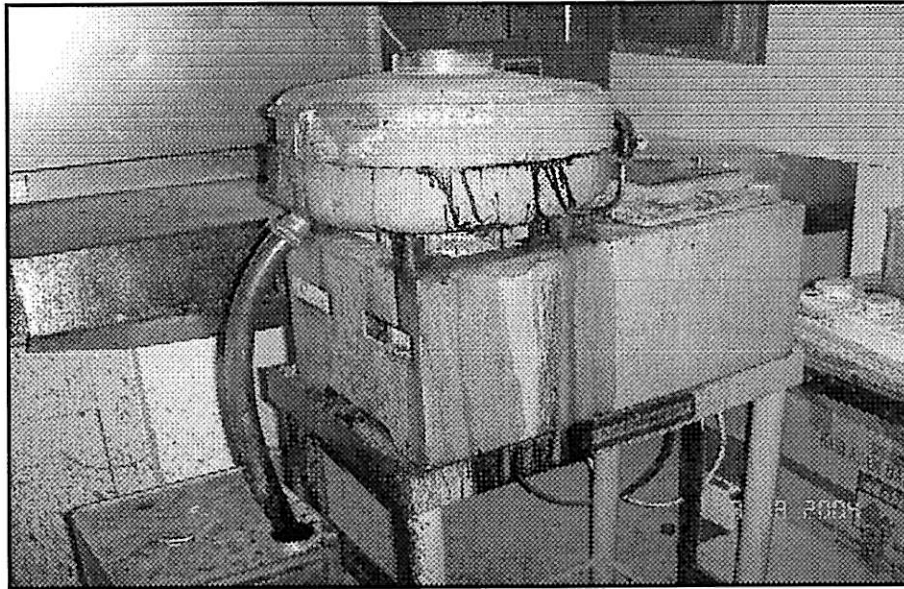
dengan :

- St = kekuatan tegangan (kPa)
- L = panjang spesimen (mm)
- D = diameter spesimen (mm)
- F = beban yang digunakan (N)

$$\text{Nisbah Kekuatan Tegangan (TSR)} = St_1 (\text{unconditioned}) / St_2 (\text{preconditioned})$$

3.7 Ujian Kuantitatif Pengekstrakan Bitumen

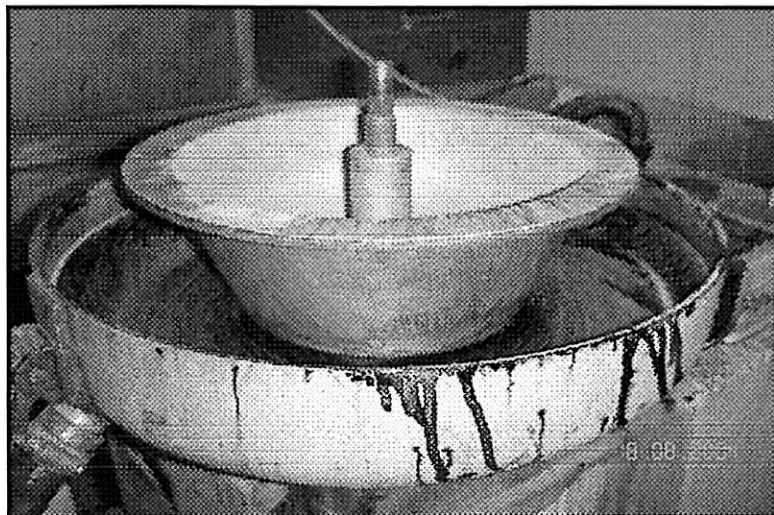
Ujian ini dijalankan bagi menentukan kandungan bitumen bagi campuran turapan panas dan sampel daripada turapan jalan raya. Tujuan ujian ini dijalankan adalah untuk memastikan kandungan bitumen dalam sesuatu campuran berbitumen menepati kehendak minimum spesifikasi yang digunakan. Agregat yang diperolehi melalui kaedah ini pula akan digunakan untuk ujian analisis ayakan menggunakan AASHTO T 30-84.



Rajah 3.6: Alat pengekstrakan

Prosedur yang perlu bagi menjalankan pengekstrakan ialah (AASHTO T 164-86):

- i) sampel dipanaskan sehingga mencapai suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ supaya ia lembut;
- ii) timbang berat sampel dan kertas turas dan masukkan sampel yang telah ditimbang ke dalam bekas pengekstrakan seperti Rajah 3.7;
- iii) kemudian masukkan $\pm 500\text{ml}$ bahan pelarut ke dalam bekas yang sama dan kertas turas diletakkan di bahagian atas bekas tersebut dan pasang penutupnya dengan kemas;
- iv) hidupkan suis dan biarkan sehingga bahan pelarut yang digunakan melarutkan bitumen dan mengalir keluar sepenuhnya;
- v) matikan suis langkah iii-vi diulang sekiranya masih ada kesan bitumen pada agregat;
- vi) apabila proses pengekstrakan selesai, masukkan bahan-bahan tersebut ke dalam ketuhar pada suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$; dan
- vii) setelah dikeluarkan dan disejukkan, timbang agregat dan kertas turas.



Rajah 3.7: Mangkuk pengekstrakan

Peratus kandungan bitumen dalam sampel premix dapat ditentukan melalui persamaan berikut:

$$\text{Peratus kandungan bitumen} = \frac{(A - C) + (D - B)}{A} \times 100 \%$$

dengan:

- A = Jisim asal premix (g)
- B = Jisim kertas turas sebelum pengekstrakan (g)
- C = Jisim agregat selepas pengekstrakan (g)
- D = Jisim kertas turas selepas pengekstrakan (g)

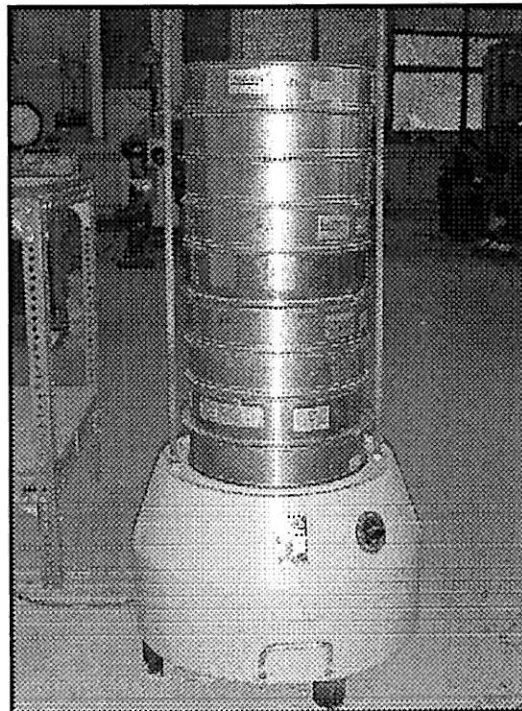
3.8 Analisis Ayakan Agregat Yang Telah Diekstrak

Kaedah ini digunakan untuk mendapatkan nilai penggredan agregat yang diekstrak dari campuran bitumen. Keputusan ujian yang diperolehi akan digunakan untuk menentukan pengagihan saiz agregat yang telah diekstrak samada memenuhi spesifikasi yang diperlukan dan juga untuk menyediakan maklumat-maklumat yang diperlukan untuk mengawal pengeluaran saiz agregat yang akan digunakan dalam

campuran bitumen. Sampel ujikaji pula hendaklah mengandungi keseluruhan sampel agregat yang telah diekstrak berdasarkan AASTHO T 164, Ujian Perjumlahan Agregat Terekstrak daripada campuran turapan bitumen.

Antara prosedur yang diperlukan adalah seperti berikut (AASHTO T 30-84):

- i) keringkan sampel pada suhu $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ dan timbang jisim sampel, kemudian susun alat ayakan mengikut saiz yang diperlukan seperti Rajah 3.8 dan masukkan agregat;
- ii) hidupkan suis penggetar dan biarkan agregat diayak sepenuhnya; dan
- iii) setelah selesai proses ayakan, timbang dan catat jisim agregat yang tertahan pada setiap saiz ayak;



Rajah 3.8: Alat ayakan

Langkah pengiraan yang diperlukan adalah seperti berikut:

- i) peratus agregat yang melepasi setiap saiz ayakan ditentukan (kepada 0.1 peratus terhampir);

- ii) graf peratus agregat melebihi setiap saiz melawan saiz ayakan diplot bersama-sama had penggredan seperti dalam Spesifikasi; dan
- ii) tentukan sama ada taburan saiz agregat dalam campuran tersebut mengikut spesifikasi yang telah ditetapkan.

3.9 Menjalankan Ujian Skala Penuh Di Tapak

Ujian skala penuh di tapak ini dijalankan untuk mendapatkan garis panduan tentang bilangan larian pematik (*roller passes*) yang diperlukan untuk suhu campuran tertentu bagi menghasilkan tahap pemadatan yang dikehendaki agar jalan yang telah ditampal dapat bertahan lebih lama. Bagi ujian ini, julat suhu yang akan digunakan dianggarkan melalui pemerhatian yang telah dibuat semasa kerja-kerja menampal jalan dilakukan di tapak.

Untuk ujian ini, satu kawasan jalan yang rosak akan ditampal dan dipadatkan pada suhu-suhu tertentu dengan menggunakan jumlah larian pematik yang berbeza-beza. Ini kerana, seperti yang diterangkan sebelum ini, bagi campuran panas, kerja menampal beberapa kawasan kerosakan akan dilakukan dengan menggunakan campuran yang sama dan biasanya campuran ini akan menjadi semakin sejuk apabila sampai kepada kerja-kerja penampalan yang seterusnya.

Jadi, ujian ini akan dijalankan untuk mengenal pasti sama ada tahap pemadatan yang diperlukan akan dicapai sekiranya jumlah larian pematik ditambahkan bagi suhu campuran yang lebih rendah. Bagi setiap suhu pemadatan, beberapa bilangan larian pematik akan dilakukan dan tahap pemadatan akan dikenal pasti. Dengan itu, jumlah larian pematik yang diperlukan untuk mendapat tahap pemadatan yang dikehendaki bagi setiap julat suhu akan dicapai. Prosedur ringkas ujian ini akan diterangkan pada seksyen yang berikutnya.

3.9.1 Alat Radas/Peralatan

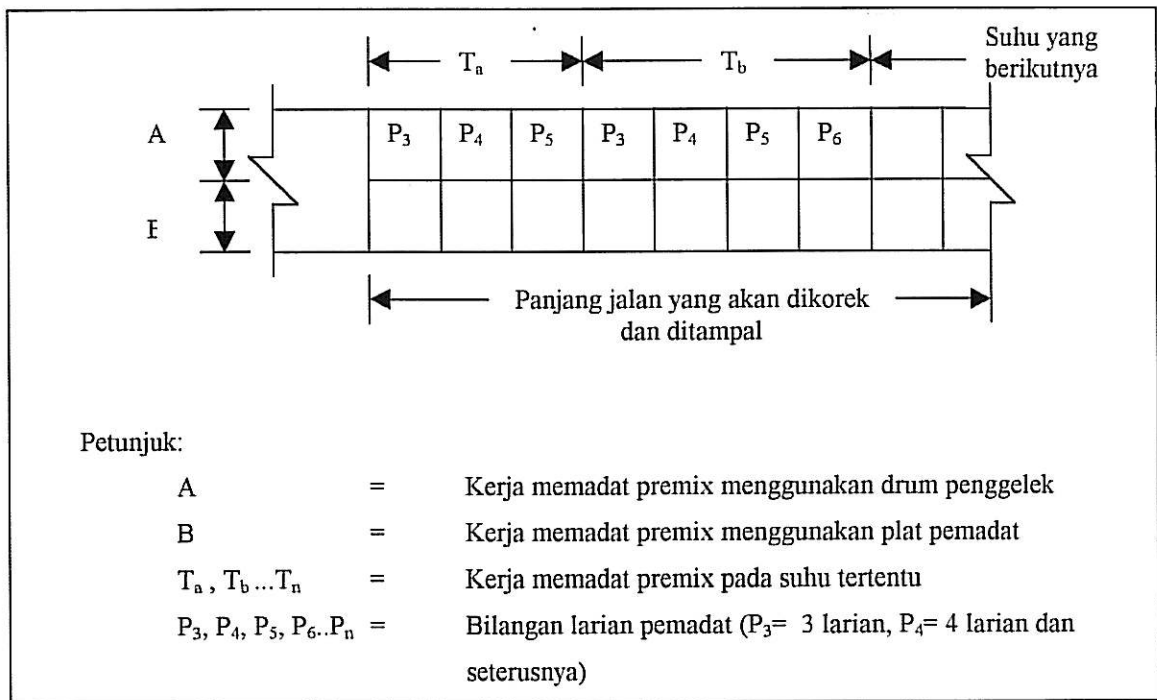
- i) Termometer;
- ii) Pemadat plat (*Plate Compactor*) seperti dalam Rajah 3.2;
- iii) Pemadat dram (*Drum Compactor*) seperti dalam Rajah 3.3;
- iv) Premix;
- v) Bitumen emulsi untuk salut perdana; dan
- vi) Peralatan merata dan membersihkan.

3.9.2 Bilangan Pekerja

Lebih kurang lima orang pekerja diperlukan untuk ujian ini. Dua orang pekerja diperlukan untuk meratakan premix, dua orang lagi untuk memadatkan premix dan seorang untuk memeriksa suhu.

3.9.3 Prosedur

- i) Jalan akan dikorek sepanjang beberapa meter dan dibahagikan kepada beberapa bahagian seperti contoh yang ditunjukkan dalam Rajah 3.4 di bawah.
- ii) Kerja pemadatan akan dilakukan serentak untuk bahagian A dan B. Namun bagi bahagian A, pemadatan dilakukan menggunakan pemadat dram manakala untuk bahagian B pemadat plat akan digunakan.
- iii) Kerja pemadatan akan dilakukan serentak untuk bahagian A dan B. Namun bagi bahagian A, pemadatan dilakukan menggunakan pemadat dram manakala untuk bahagian B pemadat plat akan digunakan.



Rajah 3.9: Ujian skala penuh di tapak

- ii) Kerja pemadatan akan dilakukan serentak untuk bahagian A dan B. Namun bagi bahagian A, pemadatan dilakukan menggunakan pemadat dram manakala untuk bahagian B pemadat plat akan digunakan.
- iii) Pada suhu premix tertentu contohnya T_a , beberapa set larian pemadat akan dilakukan untuk kerja pemadatan iaitu P_3, P_4 , dan P_5 .
- iv) Langkah di atas akan diulang untuk suhu premix T_b hingga seterusnya, T_n , (mengikut suhu yang telah ditetapkan) dengan larian pemadat akan ditambah mengikut bilangan yang dikehendaki.
- v) Setelah kerja tampalan selesai, sampel premix akan dibawa balik pada kuantiti yang secukupnya untuk diuji di makmal.
- vi) Selepas 24 jam, semua bahagian tampalan akan ditebuk (*core*) di beberapa tempat untuk diuji ketumpatannya di makmal.

Data daripada ujian makmal akan dianalisis untuk mendapatkan garis panduan tampalan yang dikehendaki.

BAB IV

DATA DAN ANALISIS

4.1 Pendahuluan

Dalam menentukan sifat-sifat asas campuran tampalan pada jalan yang berisipadu rendah dan sederhana, beberapa ujian perlu dilaksanakan. Nilai-nilai yang diperoleh hasil daripada ujian-ujian ini diguna bagi menentukan samada campuran sejuk atau campuran panas yang akan menyumbang hasil yang terbaik dalam tampalan jalan. Antara ujian-ujian tersebut ialah pemadatan, penentuan graviti tentu, kestabilan dan aliran, kebolehtelapan dan kekuatan tegangan. Oleh yang demikian, dalam bab ini akan dinyatakan nilai-nilai yang diperoleh hasil daripada ujian-ujian yang telah dijalankan serta analisis bagi keputusan tersebut.

4.2 Pemadatan

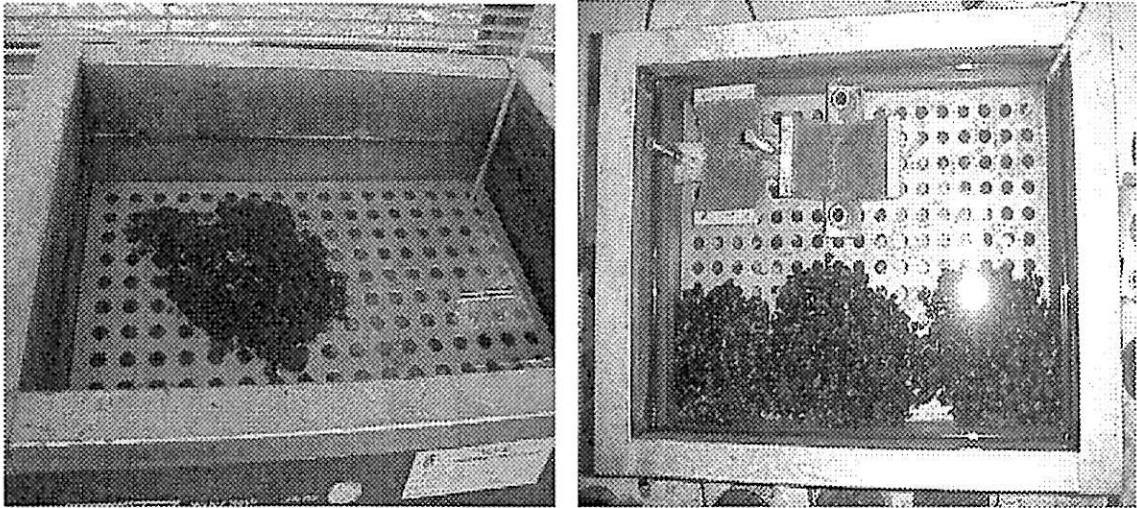
Proses pemadatan dijalankan dengan menggunakan pemadat automatik untuk menghasilkan empat belas spesimen Marshall bagi setiap jenis campuran iaitu ACW20, BMW14, IKRAMIX dan SSMIX (Selia Selenggara Mix).

4.3 Penentuan Graviti Tentu Pukal, Kestabilan dan Aliran

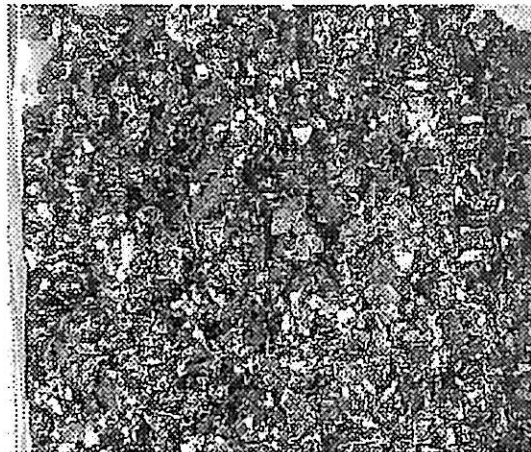
Bagi memulakan ujian kestabilan dan aliran, nilai graviti tentu pukal bagi setiap spesimen perlu diperolehi terlebih dahulu. Dalam ujian ini, tiga spesimen diuji mengikut prosedur biasa manakala tiga spesimen lagi direndam terlebih dahulu selama 48 jam.

Pada peringkat ini, semua ujian kestabilan dan aliran untuk campuran panas berjalan dengan lancar, tetapi bagi campuran sejuk terdapat sedikit kesulitan yang dihadapi yang mana spesimen langsung tidak menunjukkan ciri-ciri kekuatan yang perlu ada dalam campuran turapan. Hal ini terbukti apabila ujian kestabilan mengikut prosedur rendaman dijalankan, didapati spesimen yang dimasukkan dalam takung air pada suhu 60°C telah pecah dan hancur di dalamnya. Rajah 4.1 menunjukkan kegagalan kedua-dua jenis spesimen campuran sejuk di dalam takung air ketika direndam pada suhu 60°C. Hasil daripada kegagalan tersebut, satu inisiatif telah diambil bagi meneruskan ujian iaitu dengan memanaskan spesimen yang baru ke dalam ketuhar pada suhu 60°C juga. Namun begitu, nilai yang diperolehi tidak memenuhi spesifikasi yang ditetapkan.

Seterusnya, hasil saranan daripada pihak IKRAM, langkah terakhir yang diambil adalah dengan memanaskan kedua-dua campuran sejuk (IKRAMIX dan SSMIX) pada suhu 120°C dan kemudiannya dipadatkan pada suhu tersebut. Apabila ujian yang sama dijalankan pada semua spesimen, didapati semua spesimen kukuh dan tidak hancur ketika rendaman pada suhu 60°C dilakukan tetapi keputusan yang diperolehi masih lagi tidak memenuhi spesifikasi yang diperlukan walaupun nilainya lebih baik daripada spesimen yang tidak dipanaskan. Tambahan pula, semasa proses pemadatan dijalankan pada campuran sejuk SSMIX, didapati batu-batunya hancur. Ini bererti, SSMIX telah menunjukkan kualiti yang rendah pada awal ujian lagi. Rajah 4.2 menunjukkan batu-batu dalam campuran sejuk SSMIX yang pecah dan hancur setelah ujian pemadatan dilakukan ke atasnya.



Rajah 4.1 : Kegagalan spesimen IKRAMIX dan SSMIX ketika proses rendaman pada suhu 60°C



Rajah 4.2 : Batu-batu SSMIX yang hancur setelah dipadatkan

Jadual 4.1 hingga 4.3 menunjukkan kestabilan sisa yang diperoleh setelah ujian kestabilan dan aliran dijalankan pada setiap spesimen. Didapati nilai kestabilan sisa yang tertinggi adalah 116% pada campuran sejuk SSMIX, diikuti dengan IKRAMIX sebanyak 106%. Kedua-dua campuran sejuk mencatat bacaan melebihi 100% kerana nilai purata spesimen yang direndam melebihi nilai purata spesimen yang diuji secara normal. Ini mungkin kerana campuran sejuk lebih sesuai direndam dan memberikan nilai yang lebih tinggi daripada spesimen normal. Tetapi apabila kedua-dua campuran

sejuk berkenaan dipanaskan dan dipadatkan pada suhu 120°C, didapati purata kestabilan sisa campuran sejuk SSMIX memberi nilai yang lebih rendah iaitu, 65% tetapi berlainan pula bagi IKRAMIX yang mana nilai purata bagi spesimen rendaman masih tetap melebihi spesimen yang diuji secara normal dan ini menjadikan kestabilan sisanya tetap tinggi iaitu, 110%. Jika lebih banyak sampel digunakan keputusan yang lebih baik mungkin diperolehi. Bagi campuran panas pula, kedua-dua nilai purata spesimen yang diuji secara normal telah memberi nilai yang lebih tinggi daripada spesimen rendaman dan ini menjadikan nilai kestabilan sisa yang diperolehi bagi ACW20 74% dan BMW14 sebanyak 75%. Lampiran C menunjukkan nilai-nilai bagi graviti tentu pukal, kestabilan, aliran dan kekukuhan yang diperolehi bagi setiap ujian yang dijalankan.

Jadual 4.1 : Nilai kestabilan sisa bagi campuran panas

ACW20			BMW14		
Normal (kg)	Rendam (kg)	Kestabilan Sisa (%)	Normal (kg)	Rendam (kg)	Kestabilan Sisa (%)
1137.4	667.6	59	1363.0	844.3	62
1011.8	883.9	87	1016.5	849.0	84
1042.1	783.9	75	1163.0	925.8	80
1063.8	778.4	74	1180.8	873.0	75

Jadual 4.2 : Nilai kestabilan baki bagi campuran sejuk

IKRAMIX			SSMIX		
Normal (kg)	Rendam (kg)	Kestabilan Sisa (%)	Normal (kg)	Rendam (kg)	Kestabilan Sisa (%)
186.1	165.2	89	167.5	193.1	115
158.2	183.8	116	118.6	174.5	147
160.5	183.8	114	209.3	181.4	87
168.2	177.6	106	165.1	183.0	116

Jadual 4.3 : Nilai kestabilan baki bagi campuran sejuk yang dipanaskan pada suhu 120°C

IKRAMIX			SSMIX		
Normal (kg)	Rendam (kg)	Kestabilan Sisa (%)	Normal (kg)	Rendam (kg)	Kestabilan Sisa (%)
1276.3	421.0	33	756.0	418.7	55
630.4	523.4	83	511.7	423.3	83
495.4	1058.3	214	767.6	435.0	57
800.7	667.6	110	678.4	425.7	65

4.4 Keputusan Ujian Kebolehtelapan

Berdasarkan ujian yang telah dijalankan, didapati campuran sejuk SSMIX mempunyai nilai kebolehtelapan yang paling tinggi iaitu 110.14×10^{-3} cm/s, diikuti dengan IKRAMIX, BMW14 dan nilai yang terendah pada ACW20. Jadual 4.4 menunjukkan nilai kebolehtelapan yang diperolehi bagi setiap spesimen campuran yang diuji. Ketinggian nilai k bagi SSMIX mungkin disebabkan oleh keporosan spesimen menyebabkan air mengalir melalui spesimen dengan mudah. Selain itu, penggunaan agregat satu saiz juga menyumbang kepada keporosan spesimen dimana terdapat banyak rongga yang bersambungan dalam spesimen. Bagi IKRAMIX pula, nilainya tidaklah setinggi SSMIX iaitu hanya 7.28×10^{-3} cm/s. Manakala bagi campuran panas ACW20 dan BMW14, nilainya lebih kecil daripada campuran sejuk iaitu 3.99×10^{-3} cm/s dan 4.11×10^{-3} cm/s. Nilai kebolehtelapan maksimum yang disarankan bagi turapan ialah 1.25×10^{-3} cm/s pada kandungan lompong 8.5% (Maupin, 2000).

Jadual 4.4 : Nilai kebolehtelapan bagi setiap campuran

Jenis Campuran	Kebolehtelapan, k ($\times 10^{-3}$ cm/s)
SSMIX	110.14
IKRAMIX	7.28
ACW20	3.99
BMW14	4.11

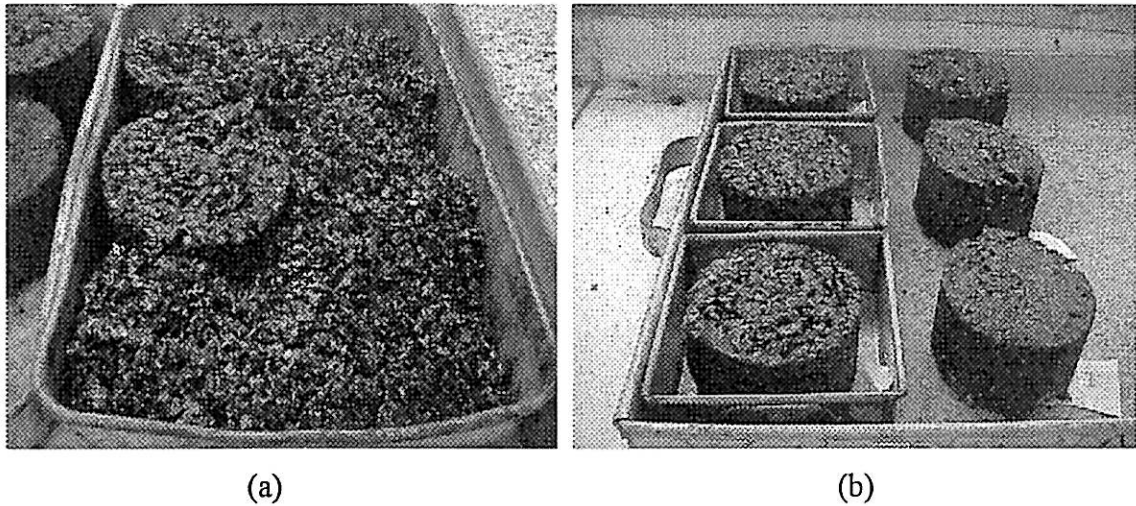
4.5 Kerosakan Rangsangan Lembapan

Prosedur ujian AASHTO T283-85 yang juga dikenali sebagai 'Modified Lottman Test' ini digunakan untuk mengukur kerosakan lembapan pada campuran panas berasfalt (HMA). Ujian ini akan memberi nilai nisbah kekuatan tegangan (TSR) untuk keempat-empat jenis campuran yang diuji. Seperti yang telah dimaklumkan pada awal bab, ujian kekuatan tegangan dilakukan dalam dua keadaan, iaitu keadaan kering dan keadaan kitaran suhu. Jadual 4.5 menunjukkan nilai-nilai nisbah kekuatan tegangan hasil ujian yang telah dijalankan. Didapati nisbah kekuatan tegangan yang tertinggi adalah 1.32 pada campuran IKRAMIX, manakala nisbah kekuatan tegangan yang terendah adalah 0.76 pada campuran SSMIX.

Jadual 4.5 : Nisbah kekuatan tegangan bagi setiap jenis campuran

ACW20		BMW14		IKRAMIX (120°C)		SSMIX (120°C)	
Kering (kPa)	Kitaran Suhu (kPa)	Kering (kPa)	Kitaran Suhu (kPa)	Kering (kPa)	Kitaran Suhu (kPa)	Kering (kPa)	Kitaran Suhu (kPa)
St ₁ =5.83	St ₂ = 6.13	St ₁ = 7.46	St ₂ = 7.65	St ₁ = 2.48	St ₂ = 3.24	St ₁ = 5.49	St ₂ = 4.16
TSR = 1.05		TSR = 1.03		TSR = 1.31		TSR = 0.76	

Nilai nisbah kekuatan tegangan (TSR) minimum yang disarankan bagi kaedah ini adalah 0.80 (AASHTO, 2001). Daripada keputusan yang diperolehi, didapati semua campuran memenuhi saranan tersebut kecuali campuran SSMIX. Ketinggian nilai TSR pada campuran sejuk IKRAMIX mungkin disebabkan proses pemadatan yang dilakukan pada suhu 120°C yang menjadikan spesimen lebih kukuh dan padat. Ini dibuktikan dengan keteguhan spesimen tersebut yang tidak hancur setelah melalui mana-mana ujian yang dijalankan ke atasnya. Rajah 4.4 menunjukkan perbandingan keadaan spesimen sebelum dipanaskan dengan spesimen yang telah dipadatkan pada suhu 120°C yang masih lagi kukuh dan tidak hancur setelah ujian dilakukan ke atas spesimen. Bagaimanapun, keadaan ini berbeza pada campuran sejuk SSMIX yang mana nilai TSRnya adalah yang terendah. Ia mungkin disebabkan oleh daya ikatan yang terdapat dalam spesimen SSMIX terlalu lemah dan tidak berupaya untuk menahan daya yang bertindak ke atasnya ketika ujian dijalankan.



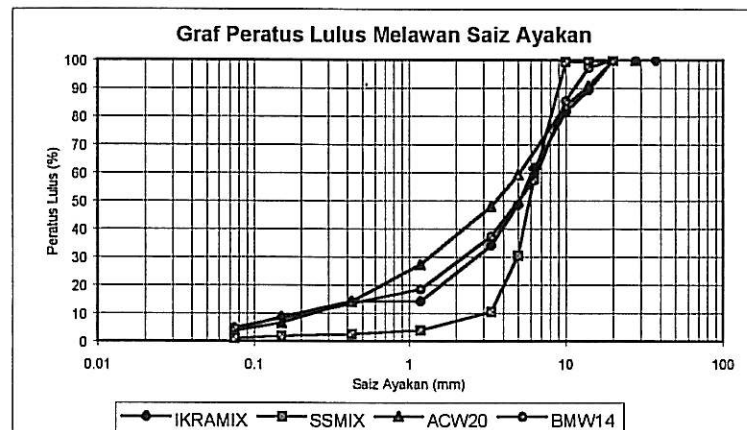
Rajah 4.3 : Campuran sejuk (a) dipadatkan pada suhu bilik (b) dipadatkan pada suhu 120°C

4.6 Pengekstrakan Bitumen

Semua sampel premix yang diambil akan melalui ujian pengekstrakan bitumen bagi menentukan kandungan bitumen dan penggedaran agregat. Jadual 4.6 menunjukkan analisis keputusan pengekstrakan bitumen, manakala Rajah 4.4 menunjukkan analisis ayakan bagi setiap jenis sampel.

Jadual 4.6 : Analisis kandungan bitumen

Jenis Premix	Kandungan Bitumen	Spesifikasi
ACW20	4.97	4.5 - 6.5%
BMW14	4.98	4.5 - 5.5%
IKRAMIX	6.83	-
SSMIX	6.82	-



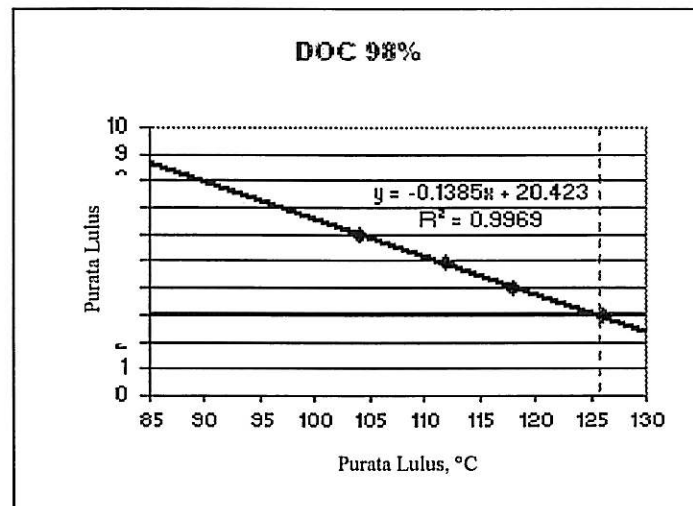
Rajah 4.4 : Analisis ayakan bagi setiap jenis sampel

Hasil daripada penggredan tersebut, didapati ACW20, BMW14 dan IKRAMIX adalah campuran yang bergred tumpat, manakala SSMIX pula terdiri daripada campuran bergred tunggal. Lampiran F2 menunjukkan data ujian pengestrakan bitumen, keputusan ujian analisis ayakan dan graf analisis ayakan bagi setiap jenis campuran.

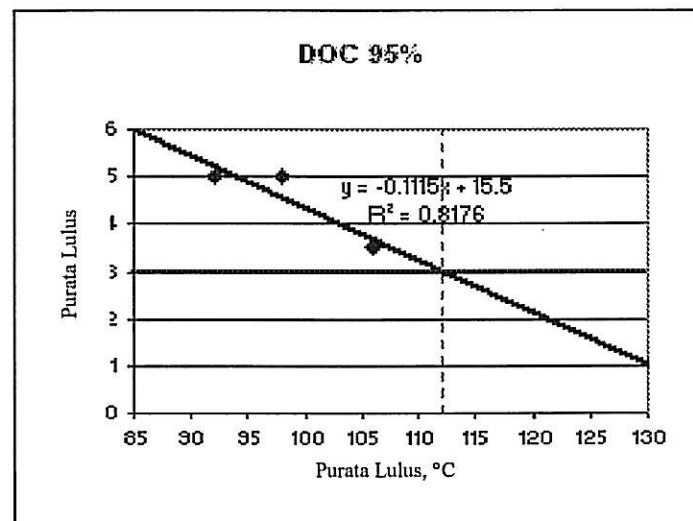
4.7 Garis Panduan Kerja Tampalan Jalan

Beberapa graf telah disediakan berdasarkan ujian-ujian tapak yang telah dilakukan untuk mengenal pasti bilangan larian pematik yang diperlukan bagi mendapatkan tahap pemadatan yang dikehendaki pada suhu-suhu tertentu. Graf-graf ini disediakan bagi tahap pemadatan 98% dan 95% untuk dua jenis pematik yang berbeza. Tahap pemadatan 98% diperlukan bagi lapisan haus manakala tahap pemadatan 95% bagi lapisan pengikat. Jenis campuran yang digunakan bagi ujian tapak ialah BMW20.

Rajah 4.5 menunjukkan graf-graf tahap pemadatan bagi pematik plat manakala Rajah 4.6 menunjukkan graf-graf bagi pematik dram.



Rajah 4.5 (a): Tahap pemadatan 98%

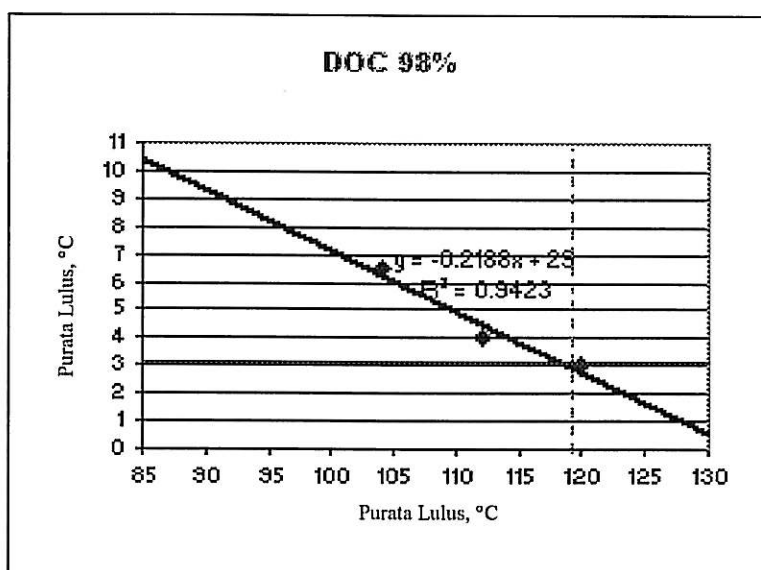


Rajah 4.5 (b): Tahap pemadatan 95%

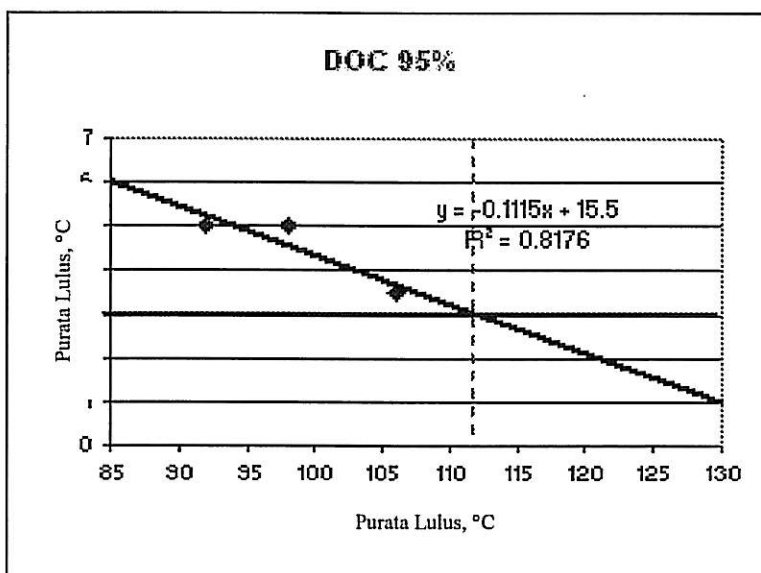
Rajah 4.5: Bilangan larian pematat melawan suhu bagi tahap pemadatan tertentu untuk pematat plat

Berdasarkan graf, bilangan minimum larian pematat bagi suhu tinggi yang melebihi garis putus-putus adalah tiga larian. Bagi suhu yang lebih rendah daripada

garis tersebut pula, bilangan larian yang diperlukan boleh diunjur terus daripada graf tersebut.



Rajah 4.6 (a): Tahap pemadatan 98%



Rajah 4.6 (b): Tahap pemadatan 95%

Rajah 4.6: Bilangan larian pemadat melawan suhu bagi tahap pemadatan tertentu untuk pemadat dram

Jadual 4.7 menunjukkan ringkasan data yang diperolehi daripada graf bagi dua jenis pematik yang digunakan iaitu pematik plat dan pematik dram. Suhu minimum yang dicadangkan bagi garis panduan ini adalah 90°C. Ini kerana, pada suhu kurang daripada 90°C, tiada peningkatan dilihat dari segi tahap pemadatan walaupun bilangan larian pematik ditambah.

Jadual 4.7 : Ringkasan graf bagi garis panduan tampalan

Suhu °C	Bilangan larian pematik			
	Pematik plat		Pematik dram	
	Tahap pemadatan, %		Tahap pemadatan, %	
	98	95	98	95
>125	3	3	3	3
120	4	3	3	3
115	4.5	3	4	3
110	5	3.5	5	3.5
105	6	4	6	4
100	6.5	4.5	7	4.5
95	7.5	5	8	5
90	8	5.5	9	5.5

Pematik menggunakan 50 hentakan telah dilakukan seperti yang disarankan untuk jalan JKR 01-JKR 04 iaitu jalan yang berisipadu rendah dan sederhana. Lampiran G1 hingga Lampiran G6 menunjukkan tahap pemadatan bagi kedua jenis pematik, graf yang terhasil, dan ringkasan garis panduan tampalan bagi 50 hentakan dan proses kerja bagi ujian skala penuh di tapak.

4.8 Perbandingan Kos Kerja Tampalan Bagi Campuran Sejuk Dan Panas

Kos bagi setiap kerja tampalan dikira berdasarkan luas (setiap meter persegi) tampalan. Bagi campuran panas, anggaran kos tampalan adalah RM7.60/m² manakala bagi campuran sejuk pula dianggarkan sebanyak RM 149.52/m² bagi SSMIX dan RM 264.22/m² bagi IKRAMIX. Berdasarkan anggaran harga yang diperoleh, ini jelas menunjukkan penggunaan bahan tampalan campuran sejuk memerlukan kos yang tinggi berbanding campuran panas. Ketinggian kos IKRAMIX mungkin disebabkan campurannya menggunakan bitumen terubahsuai polimer (polymer modified bitumen). Lampiran H menunjukkan kiraan harga setiap 1 m² bagi ketiga-tiga campuran.

4.9 Analisis Data

Daripada ujian kestabilan dan aliran, didapati campuran sejuk yang dipadatkan pada suhu 120°C telah memberi kekuatan yang lebih tinggi berbanding campuran sejuk yang dipadatkan pada suhu bilik. Ia boleh dilihat melalui nilai kestabilan baki campuran sejuk terutamanya pada SSMIX yang telah memberi nilai yang ketara apabila spesimen dipadatkan pada suhu 120°C. Walaupun spesimen IKRAMIX tidak menunjukkan nilai kestabilan baki yang baik, namun kedua-dua campuran sejuk adalah lebih kukuh dan spesimennya tidak hancur ketika ujian dijalankan ke atasnya. Bagi campuran panas, kedua-dua spesimen BMW14 dan ACW20 mempunyai nilai kestabilan baki yang baik selaras dengan kekuatan yang diperoleh.

Seterusnya, dalam ujian kebolehtelapan pula, didapati masa yang diperlukan oleh air untuk mengalir melalui spesimen adalah terlalu singkat berbanding dengan spesimen campuran panas. Ini menunjukkan campuran sejuk yang diuji terlalu porous dan mempunyai lompang udara yang tinggi serta nilai kebolehtelapannya juga jauh lebih tinggi berbanding dengan campuran panas. Ini terbukti dengan ketinggian nilai k pada SSMIX iaitu 110.14×10^{-3} cm/s. Manakala bagi ujian kekuatan tegangan pula, nilai

yang diperoleh bagi setiap spesimen menunjukkan hasil yang baik dan memenuhi spesifikasi yang diperlukan iaitu melebihi 0.70. Ini mungkin disebabkan oleh kekuatan setiap spesimen campuran panas dan campuran sejuk yang telah dipadatkan pada suhu 120°C. Bagi ujian pengekstrakan bitumen pula, kedua-dua campuran panas ACW20 dan BMW14 berada dalam lingkungan kandungan bitumen optimum iaitu memenuhi spesifikasi yang ditetapkan oleh JKR/SPJ/1988. Manakala untuk campuran sejuk pula, tiada spesifikasi yang tetap bagi campuran ini dan hasil dari pengekstrakan tersebut kedua-dua campuran memberi nilai yang sama iaitu 6.8%.

Daripada ujian di tapak yang dijalankan, beberapa graf dapat dihasilkan sebagai panduan untuk kerja-kerja tampalan. Berdasarkan graf-graf tersebut, didapati bilangan larian pematat yang lebih banyak diperlukan untuk mendapatkan tahap pemadatan yang sama pada suhu yang lebih rendah. Oleh itu, untuk mengurangkan bilangan larian pematat, premix yang digunakan hendaklah sentiasa berada pada suhu yang lebih tinggi. Bagi suhu premix yang tinggi, bilangan larian pematat minimum dihadkan sebagai tiga larian. Ini bertujuan untuk mengawal kerja-kerja pemadatan bagi menghasilkan tampalan yang lebih berkualiti. Suhu minimum campuran panas yang dicadangkan adalah 90°C. Ini kerana pada suhu kurang 90°C, tiada peningkatan dilihat dari segi tahap pemadatan walaupun bilangan larian pematat ditambah.

Premix yang digunakan untuk ujian di tapak dan kerja-kerja tampalan adalah dari jenis BMW20. Ujian makmal menunjukkan bahawa premix yang digunakan mengikut spesifikasi yang digunakan. Namun begitu, bagi penggredan agregat dan kandungan bitumen, masing-masing hanya mencapai nilai minimum spesifikasi. Kandungan bitumen yang terlalu tinggi akan mengurangkan kandungan lompong dalam lapisan dan menyebabkan lelehan. Oleh itu, untuk mendapatkan struktur lapisan yang lebih stabil, kandungan bitumen yang optimum hendaklah dicapai (Roberts *et.al*, 1994).

BAB V

KESIMPULAN DAN CADANGAN

5.1 Kesimpulan

Daripada analisis yang telah dijalankan ke atas kedua-dua jenis campuran panas dan sejuk ini, dapat disimpulkan bahawa terdapat perbezaan yang ketara dari segi sifat-sifatnya. Segala maklumat yang diperolehi dalam setiap ujian yang telah dijalankan, dapat digunakan dalam mereka bentuk campuran sama ada panas atau pun sejuk yang lebih berkualiti dan berpotensi dalam menyumbang kepada kekuatan tampalan jalan.

Sifat-sifat campuran yang dapat dilihat di sini ialah campuran sejuk berupaya menahan kesan negatif air terhadapnya. Ini berdasarkan kepada ketinggian nilai kestabilan pada spesimen yang direndam dan seterusnya memberikan nilai kestabilan sisa yang tinggi. Bagaimanapun, bagi ACW20 dan BMW14 pula, turut memberi nilai kestabilan baki yang mantap dan tidak mempunyai sebarang masalah ketika ujian dijalankan. Ini menunjukkan campuran panas dan campuran sejuk berupaya mengurangkan kesan sodokan dan kesan tayar akibat pembebanan trafik selaras dengan tujuan ujian kestabilan dijalankan.

Apabila dilihat dari aspek kebolehtelapan pula, didapati nilai k bagi campuran panas lebih baik berbanding campuran sejuk yang terlalu porus. Ini jelas menunjukkan

campuran sejuk tidak sesuai digunakan untuk kerja-kerja yang kekal kerana membenarkan air mengalir ke tapak jalan. Seterusnya, dalam ujian kekuatan tegangan, semua spesimen melepasi nilai nisbah kekuatan tegangan iaitu 0.80. Namun begitu, jika dilihat dari nilai kekuatan tegangan yang dihasilkan bagi setiap spesimen, campuran panas lebih kuat daripada campuran sejuk dan nilainya juga memenuhi spesifikasi yang ditetapkan.

Oleh yang demikian, dapat disimpulkan di sini bahawa campuran panas lebih sesuai digunakan sebagai bahan tampalan jalan. Selain mempunyai kestabilan yang tinggi (berupaya mengurangkan kesan sodokan dan kesan tayar akibat pembebanan trafik), ia juga mempunyai nilai kebolehtelapan yang rendah dan tidak poros (dapat melindungi lapisan di bawahnya) serta mempunyai kekuatan tegangan yang tinggi. Dengan menggunakan nilai bilangan larian pepadat yang kecil, masa pemadatan juga boleh dikurangkan dan ini akan memudahkan lagi proses tampalan pada jalan berkenaan. Suhu minimum campuran panas yang dicadangkan pula adalah 90°C kerana pada suhu kurang 90°C, tiada peningkatan dilihat dari segi tahap pemadatan walaupun bilangan larian pepadat ditambah.

5.2 Cadangan

Tampalan yang dilakukan menggunakan campuran sejuk tidak dapat kekal lama dan memerlukan tampalan semula. Oleh itu, pendekatan yang sesuai hendaklah diambil bagi memastikan kaedah penyelenggaraan jalan yang dilakukan lebih efektif dan dapat bertahan lebih lama. Berikut adalah cadangan-cadangan yang boleh diberi perhatian agar kaedah penyelenggaraan khususnya tampalan dapat diperbaiki dan dipertingkatkan dari masa ke masa:

- (i) untuk mendapatkan tampalan yang baik, pihak kontraktor harus mempraktikkan teknik tampalan yang telah disyorkan oleh JKR;

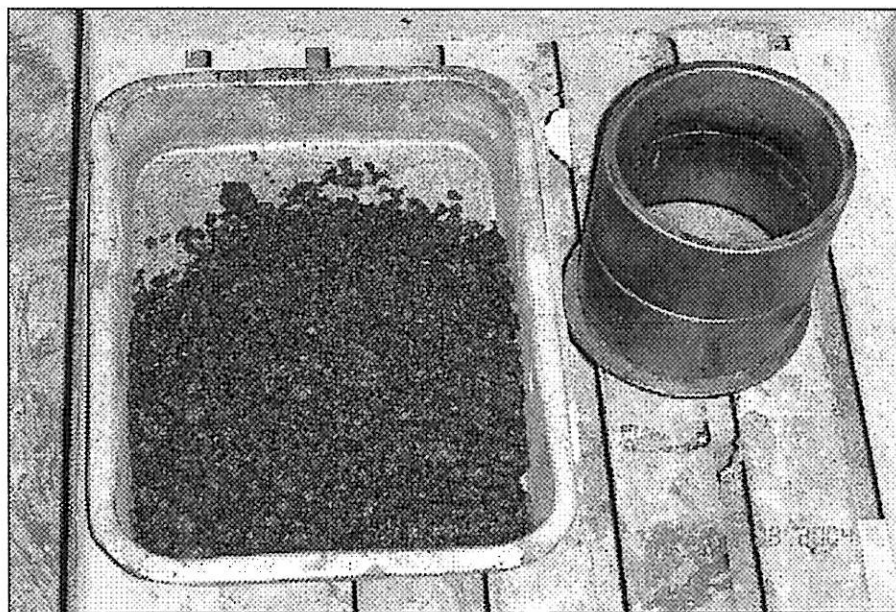
- (ii) kawalan suhu premix perlu diberi perhatian sekiranya campuran panas digunakan sebagai bahan tampalan;
- (iii) campuran sejuk hanya boleh digunakan sebagai tampalan kecemasan sahaja dan tidak boleh digunakan untuk tampalan kekal kerana kualitinya lebih rendah berbanding campuran panas; dan
- (iv) mencari alternatif bagi tampalan campuran panas seperti tampalan secara suntikan semburan kerana ia lebih tahan lama dan lebih selamat digunakan kerana memerlukan peralatan dan bilangan pekerja yang kurang.

RUJUKAN

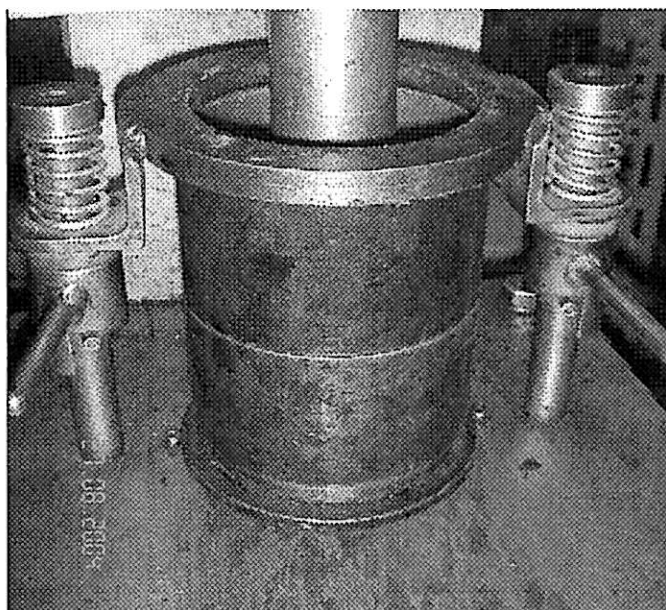
- American Society for Testing and Materials (1994). *Annual Books of ASTM, Standards American Society for Testing and Materials*. Philadelphia.
- Asphalt Institute (1988). *Principles of Construction of Hot-Mix Asphalt Pavement*. United States of America: Asphalt Institute.
- Jabatan Kerja Raya Malaysia (1997). *A Guide for District Engineers Staff On Pavement Maintenance*. Jabatan Kerja Raya Malaysia, Kuala Lumpur. JKR 20400-0071-97.
- Jabatan Kerja Raya (1992). *A Guide to Visual Assessment of Flexible Pavement Surface Conditions*. Kuala Lumpur: IKRAM
- Jabatan Kerja Raya dan Institut Kerja Raya Malaysia (1994). *Interim Guide to Evaluation of Flexible Road Pavements*. Kuala Lumpur. JKR 20709-0315-94.
- Maupin, G. W. Jr. (2000). *Investigation of Test Methods, Pavements and Laboratory Design Related to Asphalt Permeability.. 79th Annual Meeting of the Transportation Research Board*.
- Roberts, F. L., Kandhal, P. S., Brown, E. R., Lee, D. Y., and Kennedy, T. W. (1994). *Hot Mix Asphalt Materials, Design and Construction*. 1st Edition. Lanham, Maryland. NAPA Education Foundation.

- The American Association of State Highway and Transportation Officials (1986).
Standard Method Test for Resistance of Compacted Bituminous Mixture to Moisture Induced Damage. Washington D. C. T 283-85.
- The American Association of State Highway and Transportation Officials (1986).
Standard Method Test for Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus. Washington D. C. T 245-82.
- The American Association of State Highway and Transportation Officials (1986).
Standard Method Test for Bulk Specific Gravity of Compacted Bituminous Mixtures Using Saturated Surface-Dry Specimens. Washington D. C. T 166-83.
- The American Association of State Highway and Transportation Officials (1986).
Standard Method Test for Mechanical Analysis of Extracted Aggregate. Washington D. C. T 30-84.
- The American Association of State Highway and Transportation Officials (1986).
Standard Method Test for Quantitative Extraction of Bitumen from Bituminous Paving Mixtures. Washington D. C. T 164-86.
- The American Association of State Highway and Transportation Officials (2001).
Standard Specification for Superpave Volumetric Mix Design. Washington D. C. MP2-01.

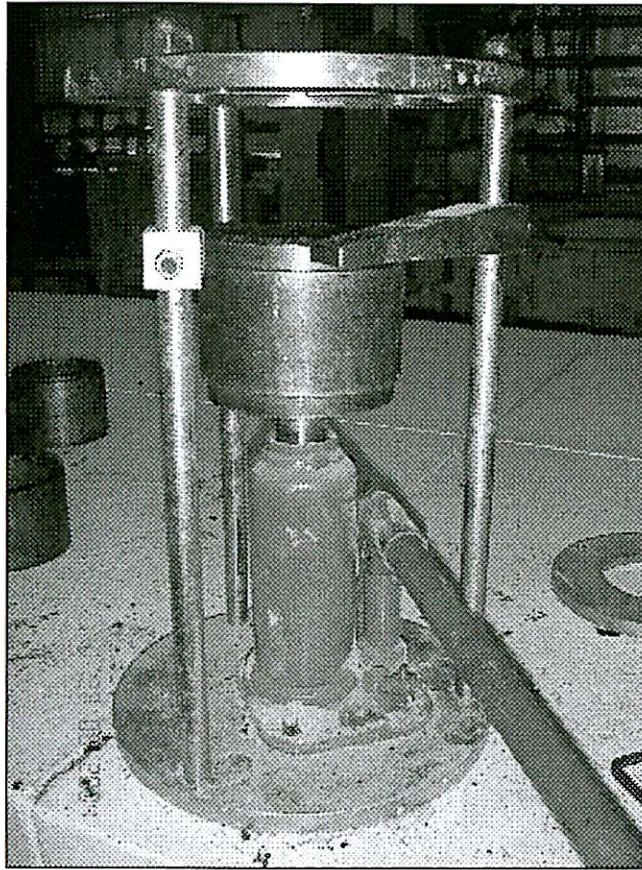
LAMPIRAN A
Pemadatan Sampel



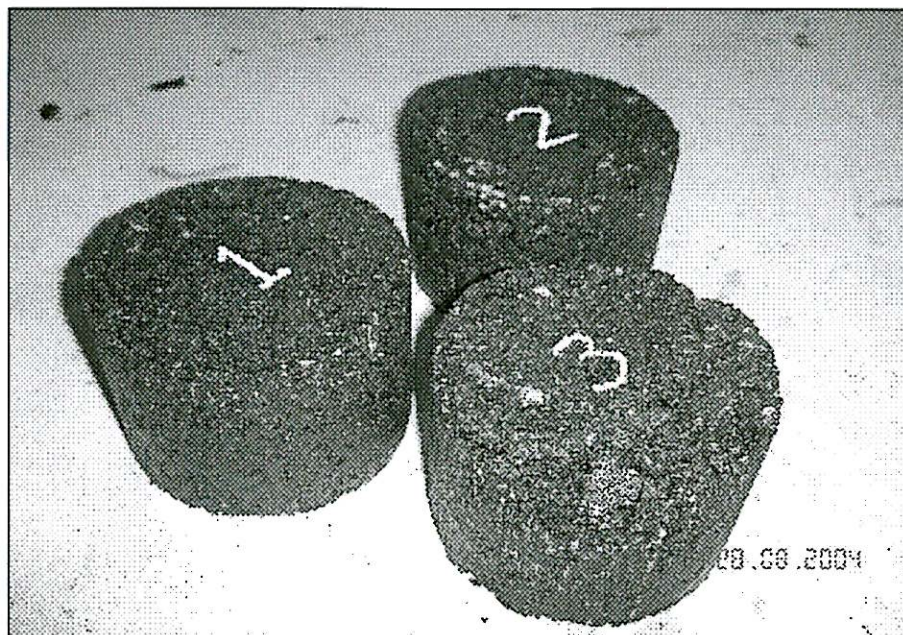
Mol dan premix dipanaskan di dalam oven



Premix dipadatkan menggunakan mesin pematik otomatis



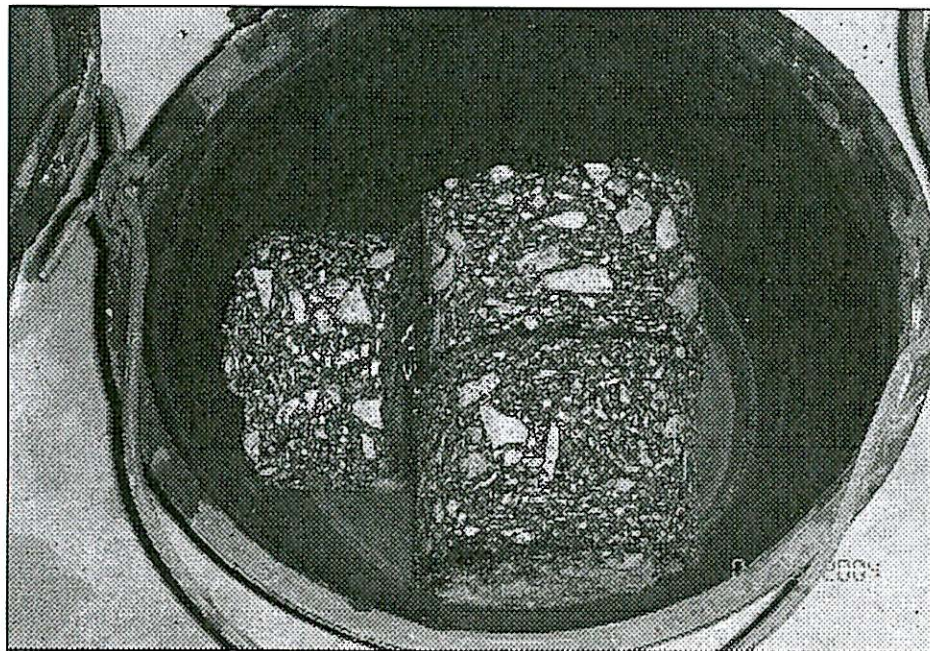
Spesimen dikeluarkan dengan jek



Spesimen yang telah dipadatkan

LAMPIRAN B**Ujian Graviti Tentu Pukal**

Sampel kering ditimbang



Sampel direndam selama 3-5 menit



Sampel ditimbang di dalam air

LAMPIRAN C

Bulk Specific Gravity, Stability, Flow and Stiffness

HOT MIX***ACW20 (Standard)***

No	Mass in air A, (g)	Mass surf. dry B, (g)	Mass in water C, (g)	Bulk S. G. A/(B-C)	Stability (kg)	Flow (mm)	Stiffness (kg/mm)
1	1173.1	1183.4	670.6	2.288	1137.4	3.80	299.3
2	1187.8	1198.3	679.7	2.290	1011.8	4.00	253.0
3	1170.0	1181.9	678.8	2.326	1042.1	4.50	231.6
Average				2.301	1063.8	4.1	261.3

ACW20 (Residual Marshall)

No	Mass in air A, (g)	Mass surf. dry B, (g)	Mass in water C, (g)	Bulk S. G. A/(B-C)	Stability (kg)	Flow (mm)	Stiffness (kg/mm)
4	1185.2	1199.1	680.8	2.287	667.6	4.68	142.6
5	1195.0	1205.0	688.8	2.315	883.9	4.22	209.5
6	1179.3	1186.1	672.6	2.297	783.9	2.79	281.0
Average				2.299	778.4	3.90	211.0

ACW20 (Residual Stability)

No.	Stability (Normal) (kg)	Stability (Residual) (kg)	Residual Stability (%)
1	1137.4	756.0	66.0
2	1011.8	883.9	87.4
3	1042.1	783.9	75.2
Average	1063.8	807.6	76.2

BMW14 (Standard)

No	Mass in air A, (g)	Mass surf. dry B, (g)	Mass in water C, (g)	Bulk S. G. A/(B-C)	Stability (kg)	Flow (mm)	Stiffness (kg/mm)
1	1173.7	1193.1	648.3	2.154	1363.0	7.56	180.3
2	1159.3	1182.9	637.5	2.126	1016.5	4.33	234.7
3	1182.1	1204.8	653.8	2.145	1163.0	3.46	336.1
Average				2.142	1180.8	5.1	250.4

BMW14 (Residual Marshall)

No	Mass in air A, (g)	Mass surf. dry B, (g)	Mass in water C, (g)	Bulk S. G. A/(B-C)	Stability (kg)	Flow (mm)	Stiffness (kg/mm)
4	1212.6	1235.8	673.6	2.157	844.3	2.98	283.3
5	1180.2	1198.4	646.0	2.136	849.0	2.83	300.0
6	1169.2	1185.9	645.9	2.165	925.8	4.08	226.9
Average				2.153	873.0	3.3	270.1

BMW14 (Residual Stability)

No.	Stability (Normal) (kg)	Stability (Residual) (kg)	Residual Stability (%)
1	1363.0	844.3	61.95
2	1016.5	849.0	83.53
3	1163.0	925.8	79.60
Average	1180.8	873.0	75.02

COLD MIX***IKRAMIX (Standard)***

No	Mass in air A, (g)	Mass surf. dry B, (g)	Mass in water C, (g)	Bulk S. G. A/(B-C)	Stability (kg)	Flow (mm)	Stiffness (kg/mm)
1	997.2	1020.0	556.9	2.153	186.1	20.88	8.9
2	998.9	1023.6	561.6	2.162	158.2	6.43	24.6
3	996.9	1013.9	541.1	2.109	160.5	10.53	15.2
Average				2.141	168.2	12.6	16.3

IKRAMIX (Residual Marshall)

No	Mass in air A, (g)	Mass surf. dry B, (g)	Mass in water C, (g)	Bulk S. G. A/(B-C)	Stability (kg)	Flow (mm)	Stiffness (kg/mm)
4	998.7	1020.3	556.0	2.151	165.2	11.90	13.9
5	998.9	1021.1	557.0	2.152	183.8	6.47	28.4
6	1000.5	1020.7	562.6	2.184	183.8	6.47	28.4
Average				2.162	177.6	8.3	23.6

IKRAMIX (Residual Stability)

No.	Stability (Normal) (kg)	Stability (Residual) (kg)	Residual Stability (%)
1	186.1	165.2	88.75
2	158.2	183.8	116.17
3	160.5	183.8	114.49
Average	168.2	177.6	106.47

IKRAMIX (Standard)-120 °C

No	Mass in air A, (g)	Mass surf. dry B, (g)	Mass in water C, (g)	Bulk S. G. A/(B-C)	Stability (kg)	Flow (mm)	Stiffness (kg/mm)
1	996.2	1005.4	565.6	2.265	1276.3	5.01	254.8
2	993.8	1004.9	568.1	2.275	630.4	7.15	88.2
3	996.2	1005.3	565.0	2.263	495.4	5.44	91.1
Average				2.268	800.7	5.9	144.7

IKRAMIX (Residual Marshall)-120 °C

No	Mass in air A, (g)	Mass surf. dry B, (g)	Mass in water C, (g)	Bulk S. G. A/(B-C)	Stability (kg)	Flow (mm)	Stiffness (kg/mm)
4	994.3	1004.1	563.4	2.256	421.0	4.07	103.4
5	993.4	1006.8	564.2	2.244	523.4	6.60	79.3
6	993.3	1003.7	561.0	2.244	1058.3	6.03	175.5
Average				2.248	667.6	5.6	119.4

IKRAMIX (Residual Stability) -120 °C

No.	Stability (Normal) (kg)	Stability (Residual) (kg)	Residual Stability (%)
1	1276.3	421.0	32.99
2	630.4	523.4	83.03
3	495.4	1058.3	213.61
Average	800.7	667.6	109.88

SS MIX (Standard)

No	Mass in air A, (g)	Mass surf. dry B, (g)	Mass in water C, (g)	Bulk S. G. A/(B-C)	Stability (kg)	Flow (mm)	Stiffness (kg/mm)
1	799.9	834.3	451.9	2.092	167.5	17.24	9.7
2	792.5	823.5	447.0	2.105	118.6	11.00	10.8
3	799.8	831.1	454.6	2.124	209.3	12.78	16.4
Average				2.107	165.1	13.7	12.3

SS MIX (Residual Marshall)

No	Mass in air A, (g)	Mass surf. dry B, (g)	Mass in water C, (g)	Bulk S. G. A/(B-C)	Stability (kg)	Flow (mm)	Stiffness (kg/mm)
4	797.2	828.6	454.1	2.129	193.1	11.07	17.4
5	798.2	831.5	455.2	2.121	174.5	10.37	16.8
6	799.7	828.9	455.1	2.139	181.4	9.35	19.4
Average				2.130	183.0	10.3	17.9

SS MIX (Residual Stability)

No.	Stability (Normal) (kg)	Stability (Residual) (kg)	Residual Stability (%)
1	167.5	193.1	115.28
2	118.6	174.5	147.05
3	209.3	181.4	86.67
Average	165.1	183.0	116.33

SS MIX (Standard)-120 °C

No	Mass in air A, (g)	Mass surf. dry B, (g)	Mass in water C, (g)	Bulk S. G. A/(B-C)	Stability (kg)	Flow (mm)	Stiffness (kg/mm)
1	888.4	914.7	499.0	2.137	756.0	5.69	132.9
2	889.3	915.0	498.1	2.133	511.7	4.81	106.4
3	886.3	911.2	496.7	2.138	767.6	4.97	154.4
Average				2.136	678.4	5.2	131.2

SS MIX (Residual Marshall)-120 °C

No	Mass in air A, (g)	Mass surf. dry B, (g)	Mass in water C, (g)	Bulk S. G. A/(B-C)	Stability (kg)	Flow (mm)	Stiffness (kg/mm)
4	881.3	908.1	494.6	2.131	418.7	4.05	103.4
5	888.0	912.2	498.3	2.145	423.3	4.28	98.9
6	881.3	907.1	495.6	2.142	435.0	6.43	67.6
Average				2.139	425.7	4.9	90.0

SS MIX (Residual Stability))-120 °C

No.	Stability (Normal) (kg)	Stability (Residual) (kg)	Residual Stability (%)
1	756.0	418.7	55.38
2	511.7	423.3	82.73
3	767.6	435.0	56.67
Average	678.4	425.7	64.93

LAMPIRAN D

Pekali kebolehtelapan bagi keempat-empat jenis campuran.

Jenis Spesimen	No. Spesimen	h1 (cm)	h2 (cm)	h1/h2	ln(h1/h2)	t (s)	kebolehtelapan, k (x 10 ⁻³ cm/s)	Purata, k (x 10 ⁻³ cm/s)	Purata Keseluruhan (x 10 ⁻³ cm/s)
IKRAMIX	Q1	50.0	45.0	1.111	0.1054	12.96	4.66	4.64	7.28
		50.0	45.0	1.111	0.1054	13.02	4.64		
		50.0	45.0	1.111	0.1054	13.08	4.62		
	Q2	50.0	45.0	1.111	0.1054	5.60	10.04	9.91	
		50.0	45.0	1.111	0.1054	5.67	9.92		
		50.0	45.0	1.111	0.1054	5.75	9.78		
SS MIX	S1	50.0	45.0	1.111	0.1054	0.53	111.97	114.90	110.14
		50.0	45.0	1.111	0.1054	0.51	116.36		
		50.0	45.0	1.111	0.1054	0.51	116.36		
	S2	50.0	45.0	1.111	0.1054	0.57	104.11	105.37	
		50.0	45.0	1.111	0.1054	0.57	104.11		
		50.0	45.0	1.111	0.1054	0.55	107.90		
ACW20	A1	50.0	45.0	1.111	0.1054	17.77	3.87	3.95	3.99
		50.0	45.0	1.111	0.1054	17.19	4.00		
		50.0	45.0	1.111	0.1054	17.30	3.97		
	A2	50.0	45.0	1.111	0.1054	17.66	3.95	4.02	
		50.0	45.0	1.111	0.1054	16.89	4.13		
		50.0	45.0	1.111	0.1054	17.48	3.99		
BMW14	B1	50.0	45.0	1.111	0.1054	17.12	4.14	4.26	4.11
		50.0	45.0	1.111	0.1054	16.40	4.32		
		50.0	45.0	1.111	0.1054	16.38	4.32		
	B2	50.0	45.0	1.111	0.1054	17.71	3.94	3.96	
		50.0	45.0	1.111	0.1054	17.76	3.93		
		50.0	45.0	1.111	0.1054	17.42	4.00		

LAMPIRAN E1

Tensile Strength Test (ACW20)

Tensile Strength Formula :

$$St = 2F / \pi LD$$

Where :

- St = tensile strength (kPa)
 L = the specimen length (mm)
 D = the specimen diameter (mm)
 F = applied force (N)

Unconditioned subset for ACW20 with 50 compactions (St₁)a) Sample A9

F = 62.60 N

L = 68 mm

D = 102 mm

St₁ = 2(62.60)/(π x 68 x 102)

= 5.75 kPa

b) Sample A10

F = 63.54 N

L = 67 mm

D = 102 mm

St₁ = 2(63.54)/(π x 67 x 102)

= 5.92 kPa

c) Sample A11

F = 63.31 N

L = 68 mm

D = 102 mm

St₁ = 2(63.31)/(π x 68 x 102)

= 5.81 kPa

Average St₁ = **5.83 kPa**

*Conditioned subset for ACW20 with 50 compactions (St₁)*d) Sample A12

$$F = 76.35 \text{ N}$$

$$L = 66 \text{ mm}$$

$$D = 101 \text{ mm}$$

$$St_1 = 2(76.35)/(\pi \times 66 \times 101)$$

$$= 7.29 \text{ kPa}$$

e) Sample A13

$$F = 61.88 \text{ N}$$

$$L = 65 \text{ mm}$$

$$D = 101 \text{ mm}$$

$$St_1 = 2(61.88)/(\pi \times 65 \times 101)$$

$$= 6.00 \text{ kPa}$$

f) Sample A14

$$F = 53.35 \text{ N}$$

$$L = 66 \text{ mm}$$

$$D = 101 \text{ mm}$$

$$St_1 = 2(53.35)/(\pi \times 66 \times 101)$$

$$= 5.10 \text{ kPa}$$

Average $St_2 = 6.13 \text{ kPa}$ **Tensile Strength Ratio (TSR)**

$$\text{TSR} = St_2 / St_1$$

$$= 6.13 / 5.83$$

$$= 1.05$$

Tensile Strength Test (BMW14)

Tensile Strength Formula :

$$St = 2F / \pi LD$$

Where :

- St = tensile strength (kPa)
 L = the specimen length (mm)
 D = the specimen diameter (mm)
 F = applied force (N)

Unconditioned subset for BMW14 with 50 compactions (St₁)a) Sample B9

F = 81.80 N

L = 70 mm

D = 102 mm

St₁ = 2(81.80)/(π x 70 x 102)

= 7.29 kPa

b) Sample B10

F = 82.99 N

L = 69 mm

D = 102 mm

St₁ = 2(82.99)/(π x 69 x 102)

= 7.51 kPa

c) Sample B11

F = 85.12 N

L = 70 mm

D = 102 mm

St₁ = 2(85.12)/(π x 70 x 102)

= 7.59 kPa

Average St₁ = 7.46 kPa

*Conditioned subset for BMW14 with 50 compactions (St_1)*d) Sample B12

$$F = 88.34 \text{ N}$$

$$L = 68 \text{ mm}$$

$$D = 101 \text{ mm}$$

$$St_1 = 2(88.34)/(\pi \times 68 \times 101)$$

$$= 8.19 \text{ kPa}$$

e) Sample B13

$$F = 80.03 \text{ N}$$

$$L = 67 \text{ mm}$$

$$D = 101 \text{ mm}$$

$$St_1 = 2(80.03)/(\pi \times 67 \times 101)$$

$$= 7.53 \text{ kPa}$$

f) Sample B14

$$F = 77.94 \text{ N}$$

$$L = 68 \text{ mm}$$

$$D = 101 \text{ mm}$$

$$St_1 = 2(77.94)/(\pi \times 68 \times 101)$$

$$= 7.22 \text{ kPa}$$

Average $St_2 = 7.65 \text{ kPa}$ **Tensile Strength Ratio (TSR)**

$$\text{TSR} = St_2 / St_1$$

$$= 7.65 / 7.46$$

$$= 1.03$$

Tensile Strength Test (IKRAMIX) - 120°C

Tensile Strength Formula :

$$St = 2F / \pi LD$$

Where :

St = tensile strength (kPa)

L = the specimen length (mm)

D = the specimen diameter (mm)

F = applied force (N)

Unconditioned subset for IKRAMIX-120°C with 50 compactions (St₁)

a) Sample Q9

$$F = 22.52 \text{ N}$$

$$L = 56 \text{ mm}$$

$$D = 102 \text{ mm}$$

$$St_1 = 2(22.52)/(\pi \times 56 \times 102)$$

$$= 2.51 \text{ kPa}$$

b) Sample Q10

$$F = 17.78 \text{ N}$$

$$L = 56 \text{ mm}$$

$$D = 101 \text{ mm}$$

$$St_1 = 2(17.78)/(\pi \times 56 \times 101)$$

$$= 2.00 \text{ kPa}$$

c) Sample Q11

$$F = 26.08 \text{ N}$$

$$L = 56 \text{ mm}$$

$$D = 101 \text{ mm}$$

$$St_1 = 2(26.08)/(\pi \times 56 \times 101)$$

$$= 2.94 \text{ kPa}$$

Average St₁ = **2.48 kPa**

Conditioned subset for IKRAMIX-120 °C with 50 compactions (St_1)d) Sample Q12

$$F = 36.28 \text{ N}$$

$$L = 57 \text{ mm}$$

$$D = 101 \text{ mm}$$

$$St_1 = 2(36.28)/(\pi \times 58 \times 101)$$

$$= 4.01 \text{ kPa}$$

e) Sample Q13

$$F = 34.85 \text{ N}$$

$$L = 57 \text{ mm}$$

$$D = 101 \text{ mm}$$

$$St_1 = 2(34.85)/(\pi \times 57 \times 101)$$

$$= 3.85 \text{ kPa}$$

d) Sample Q14

$$F = 16.60 \text{ N}$$

$$L = 56 \text{ mm}$$

$$D = 101 \text{ mm}$$

$$St_1 = 2(16.60)/(\pi \times 56 \times 101)$$

$$= 1.87 \text{ kPa}$$

Average $St_2 = 3.24 \text{ kPa}$ **Tensile Strength Ratio (TSR)**

$$\text{TSR} = St_2 / St_1$$

$$= 3.24 / 2.48$$

$$= 1.31$$

Tensile Strength Test (SS MIX) - 120°C

Tensile Strength Formula :

$$St = 2F / \pi LD$$

Where :

- St = tensile strength (kPa)
 L = the specimen length (mm)
 D = the specimen diameter (mm)
 F = applied force (N)

Unconditioned subset for SS MIX-120 °C with 50 compactions (St₁)

a) Sample S9

$$F = 55.72 \text{ N}$$

$$L = 57 \text{ mm}$$

$$D = 101 \text{ mm}$$

$$St_1 = 2(55.72)/(\pi \times 57 \times 101)$$

$$= 6.16 \text{ kPa}$$

b) Sample S10

$$F = 48.61 \text{ N}$$

$$L = 57 \text{ mm}$$

$$D = 102 \text{ mm}$$

$$St_1 = 2(48.61)/(\pi \times 57 \times 102)$$

$$= 5.32 \text{ kPa}$$

c) Sample S11

$$F = 45.05 \text{ N}$$

$$L = 57 \text{ mm}$$

$$D = 101 \text{ mm}$$

$$St_1 = 2(45.05)/(\pi \times 57 \times 101)$$

$$= 1.08 \text{ kPa}$$

Average St₁ = 5.49 kPa

Conditioned subset for SS MIX-120 °C with 50 compactions (St₁)

d) Sample S12

$$F = 36.04 \text{ N}$$

$$L = 58 \text{ mm}$$

$$D = 101 \text{ mm}$$

$$St_1 = 2(36.04)/(\pi \times 58 \times 101)$$

$$= 3.92 \text{ kPa}$$

e) Sample S13

$$F = 36.28 \text{ N}$$

$$L = 56 \text{ mm}$$

$$D = 102 \text{ mm}$$

$$St_1 = 2(36.28)/(\pi \times 56 \times 102)$$

$$= 4.04 \text{ kPa}$$

f) Sample S14

$$F = 40.78 \text{ N}$$

$$L = 57 \text{ mm}$$

$$D = 101 \text{ mm}$$

$$St_1 = 2(40.78)/(\pi \times 57 \times 101)$$

$$= 4.51 \text{ kPa}$$

$$\text{Average } St_2 = 4.16 \text{ kPa}$$

Tensile Strength Ratio (TSR)

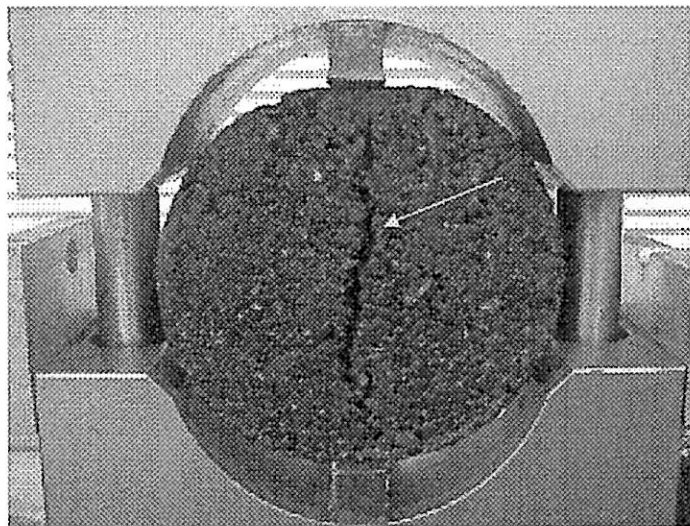
$$\text{TSR} = St_2 / St_1$$

$$= 4.16 / 5.49$$

$$= 0.76$$

LAMPIRAN E2**Ujian Kekuatan Tegangan**

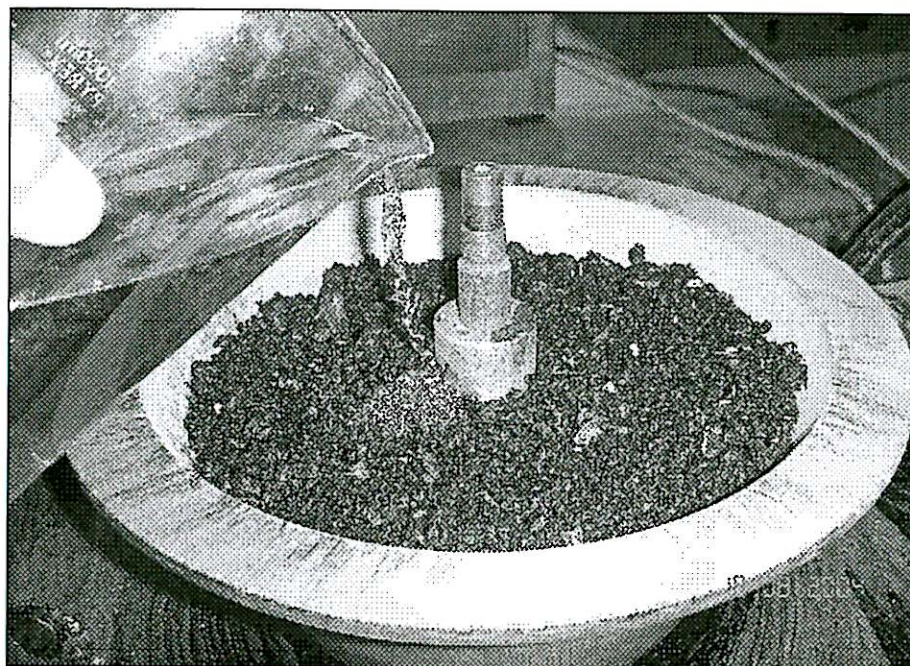
Proses rendaman pada suhu 25°C



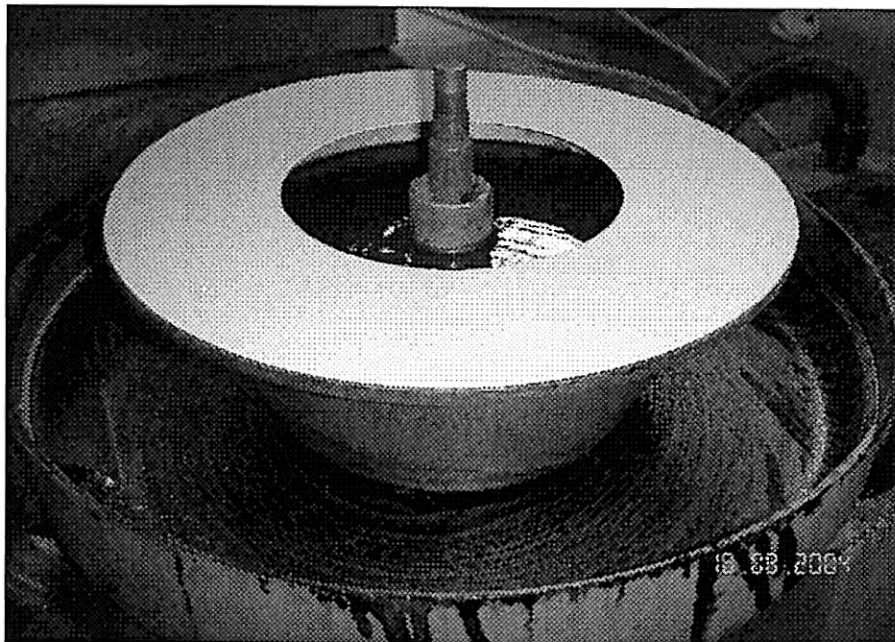
Retakan menegak yang berlaku pada spesimen

LAMPIRAN F**Ujian Pengekstrakan Bitumen**

Bitumen dimasukkan ke dalam bekas pengekstrakan



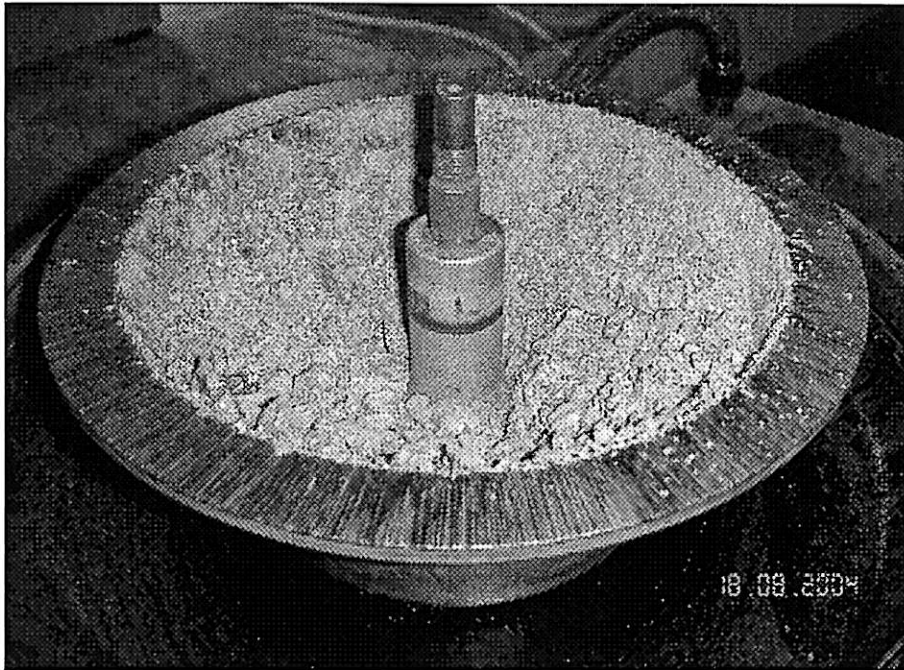
Bahan pelarut dimasukkan



Kertas turas diletakkan



Radas ditutup dan suis dihidupkan



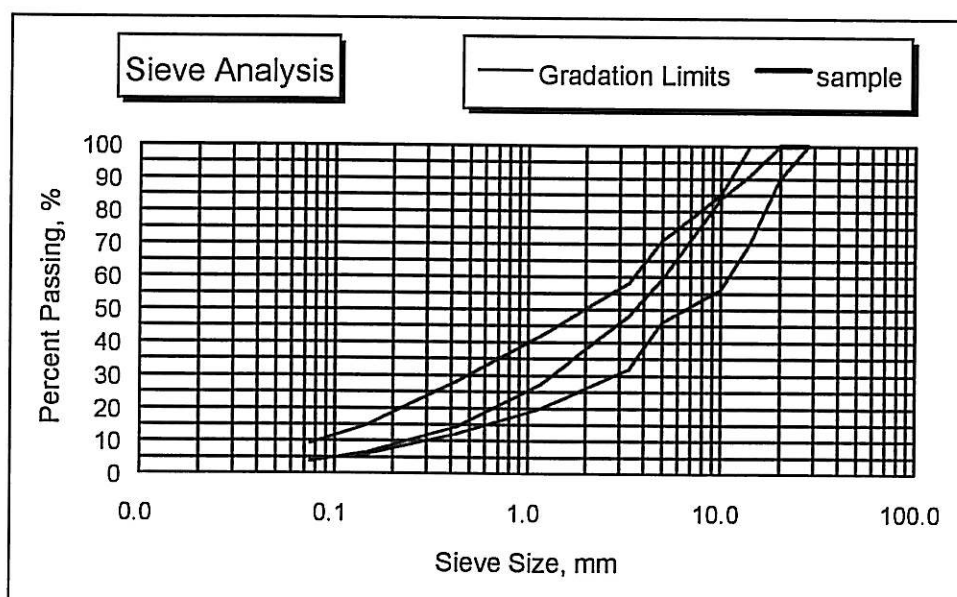
Agregat selepas pengestrakan

LAMPIRAN F2

Material : ACW20
 Source : Hanson Quarry, Kulai
 Date : 1/7/2005

Sample	ACW20
Weight of sample, w1 (g)	1180.0
Weight of filter paper, w2 (g)	13.6
Weight of filter paper + filler, w3 (g)	15.3
Weight of sample extracted, w4 (g)	1119.6
Bitumen content, $\{[w1-(w3+w4-w2)]/w1\} \times 100$	4.97

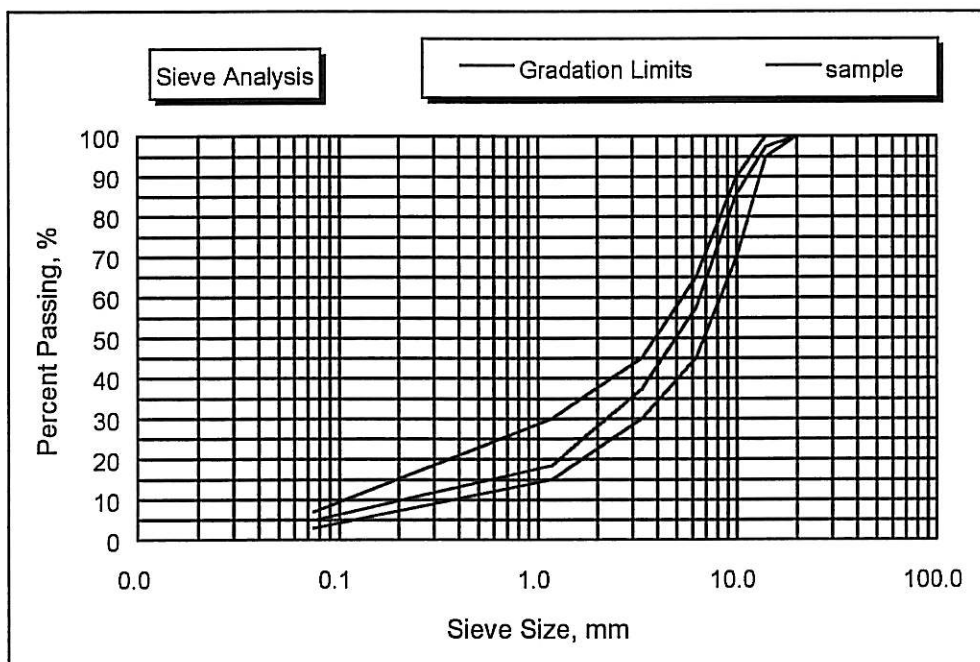
sieve size (mm)	mass retained (g)	mass passing (g)	percent passing (%)	ACW20 Gradation Limits
28.0	0.0	1115.0	100.0	100 - 100
20.0	0.0	1115.0	100.0	90 - 100
14.0	102.4	1012.6	90.8	70 - 100
10.0	77.1	935.5	83.9	56 - 85
5.0	275.2	660.3	59.2	46 - 71
3.35	125.3	535.0	48.0	32 - 58
1.18	230.5	304.5	27.3	20 - 42
0.425	147.1	157.4	14.1	12 - 28
0.15	83.5	73.9	6.6	6 - 15
0.075	32.9	41.0	3.7	4 - 9
PAN	41.0			
TOTAL	1115.0			



Material : BMW14
 Source : Hanson Quarry, Kulai
 Date : 1/7/2005

Sample	BMW14
Weight of sample, w1 (g)	1122.5
Weight of filter paper, w2 (g)	13.9
Weight of filter paper + filler, w3 (g)	15.3
Weight of sample extracted, w4 (g)	1065.2
Bitumen content, $\{(w1-(w3+w4-w2))/w1\} \times 100$	4.98

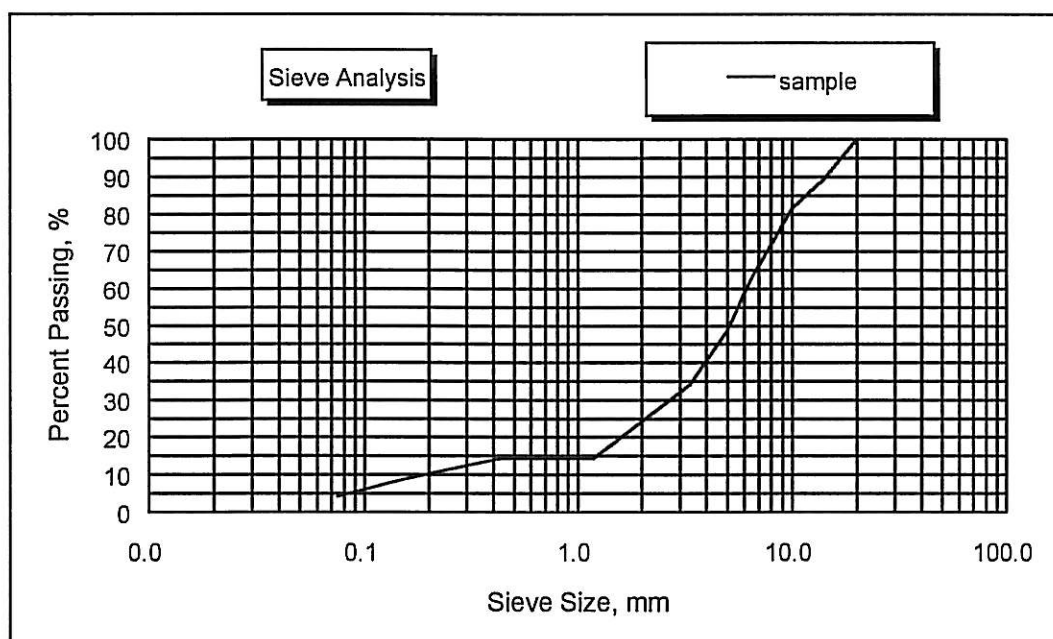
sieve size (mm)	mass retained (g)	mass passing (g)	percent passing (%)	BMW14 Gradation Limits
20.0	0.0	1066.6	100.0	100 - 100
14.0	28.7	1037.9	97.3	95 - 100
10.0	125.2	912.7	85.6	70 - 90
6.3	300.0	612.7	57.4	45 - 65
3.35	215.2	397.5	37.3	30 - 45
1.180	200.2	197.3	18.5	15 - 30
0.075	145.2	52.1	4.9	3 - 7
PAN	52.1			
TOTAL	1066.6			



Material : IKRAMIX
 Source : IRC Sdn Bhd, Kajang
 Date : 1/7/2005

Sample	QMIX
Weight of sample, w1 (g)	1196.3
Weight of filter paper, w2 (g)	13.5
Weight of filter paper + filler, w3 (g)	14.1
Weight of sample extracted, w4 (g)	1114.0
Bitumen content, $\{(w1-(w3+w4-w2))/w1\} \times 100$	6.83

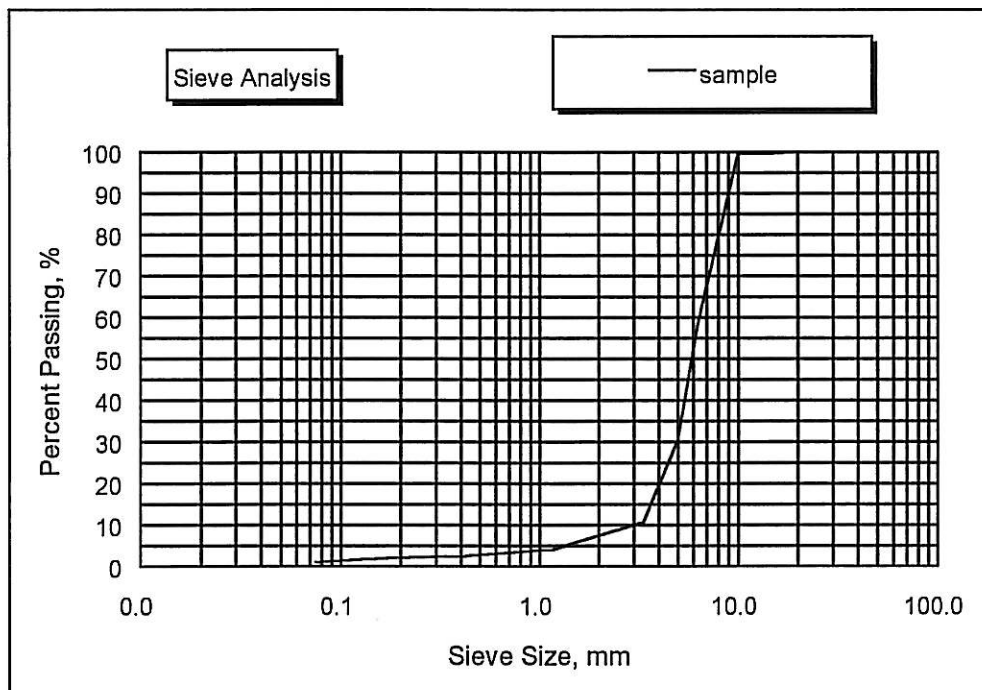
sieve size (mm)	mass retained (g)	mass passing (g)	percent passing (%)
37.5	0.0	968.9	100.0
28.0	0.0	968.9	100.0
20.0	0.0	968.9	100.0
14.0	103.1	865.8	89.4
10.0	75.6	790.2	81.6
6.3	192.4	597.8	61.7
5.0	126.5	471.3	48.6
3.35	140.0	331.3	34.2
1.18	193.5	137.8	14.2
0.425	0.4	137.4	14.2
0.15	53.5	83.9	8.7
0.075	44.4	39.5	4.1
PAN	39.5		
TOTAL	968.9		

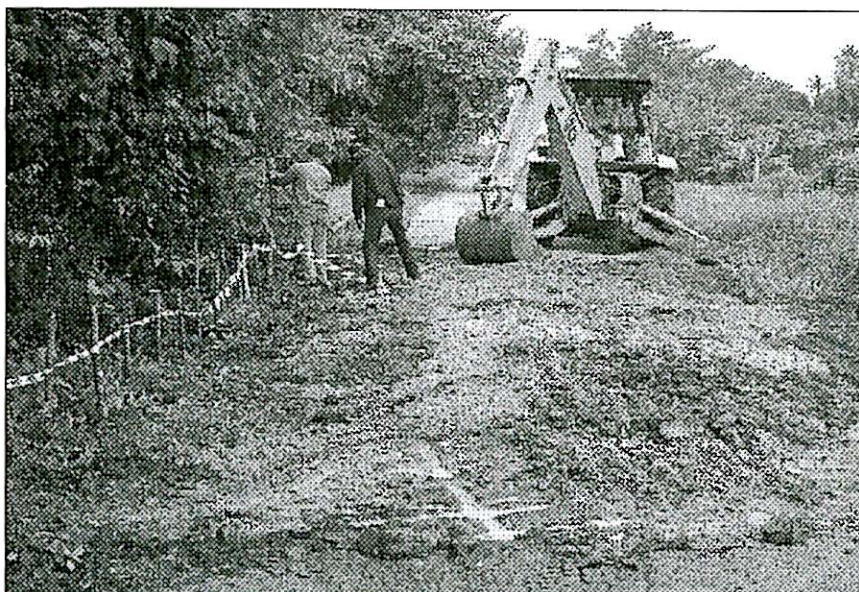


Material : SSMIX
 Source : Selia Selenggara, Tampoi
 Date : 1/7/2005

Sample	SSMIX
Weight of sample, w1 (g)	1180.5
Weight of filter paper, w2 (g)	13.6
Weight of filter paper + filler, w3 (g)	14.1
Weight of sample extracted, w4 (g)	1099.5
Bitumen content, $\{[w1-(w3+w4-w2)]/w1\} \times 100$	6.82

sieve size (mm)	mass retained (g)	mass passing (g)	percent passing (%)
20.0	0.0	1100.7	100.0
14.0	6.3	1094.4	99.4
10.0	0.0	1094.4	99.4
6.3	455.1	639.3	58.1
5.0	304.7	334.6	30.4
3.35	218.6	116.0	10.5
1.18	71.8	44.2	4.0
0.425	16.9	27.3	2.5
0.15	6.7	20.6	1.9
0.075	11.2	9.4	0.9
PAN	9.4		
TOTAL	1100.7		

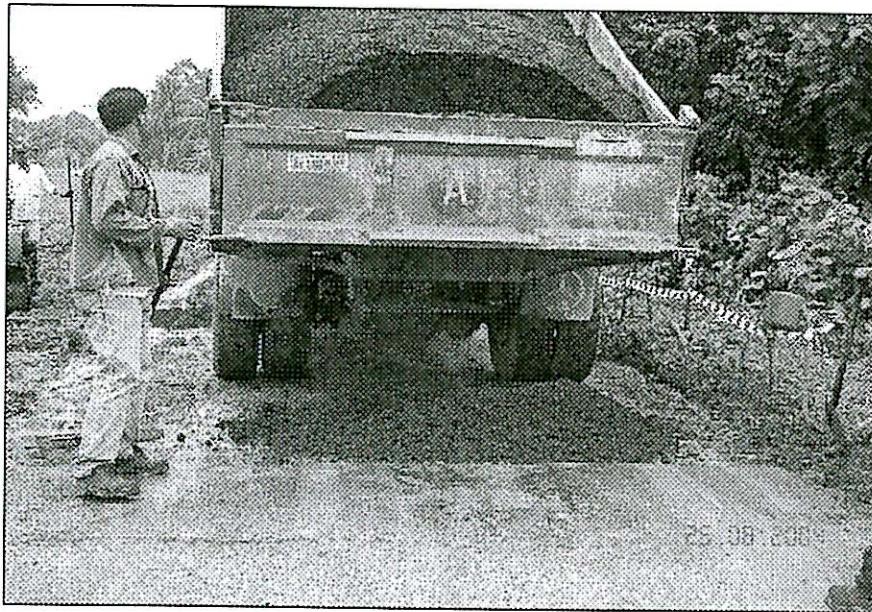


LAMPIRAN G1**Proses kerja bagi ujian skala penuh di tapak**

Kawasan jalan yang rosak dikorek



Menyembur salut perdana



Premix dihampar



Kerja pemadatan menggunakan pematat plat



Kerja pemadatan menggunakan pemadat dram



Kerja pemadatan dilakukan serentak

LAMPIRAN G2

Degree of Compaction
(50 blows)

Roller Type

: Plate compactor

Lab Density

: 2.194

Patch No.	Temp	Passes	Bulk Specific Gravity	DOC = Dc/Ds (%)
1	130	3	2.178	99.3
2	130	4	2.181	99.4
3	129	5	2.189	99.8
Avg	130			
4	126	3	2.163	98.6
5	125	4	2.172	99.0
6	125	5	2.171	99.0
7	124	6	2.174	99.1
Avg	125			
8	120	3	2.161	98.5
9	118	4	2.166	98.7
10	118	5	2.168	98.8
11	118	6	2.171	99.0
12	117	7	2.170	98.9
Avg	118			
13	114	3	2.158	98.4
14	112	4	2.163	98.6
15	112	5	2.167	98.8
16	111	6	2.166	98.7
17	110	7	2.164	98.6
Avg	112			
18	106	3	2.136	97.4
19	105	4	2.136	97.4
20	105	5	2.142	97.6
21	104	6	2.146	97.8
22	104	7	2.147	97.9
Avg	105			
23	100	3	2.132	97.2
24	100	4	2.132	97.2
25	98	5	2.134	97.3
26	96	6	2.131	97.1
27	96	7	2.136	97.4
Avg	98			
28	95	3	2.113	96.3
29	94	4	2.116	96.4
30	93	5	2.122	96.7
31	90	6	2.118	96.5
32	90	7	2.114	96.4
Avg	92			
33	88	3	2.061	93.9
34	86	4	2.063	94.0
35	84	5	2.064	94.1
36	84	6	2.061	93.9
37	84	7	2.063	94.0
Avg	85			

LAMPIRAN G3

Degree of Compaction
(50 blows)

Roller Type : Drum compactor

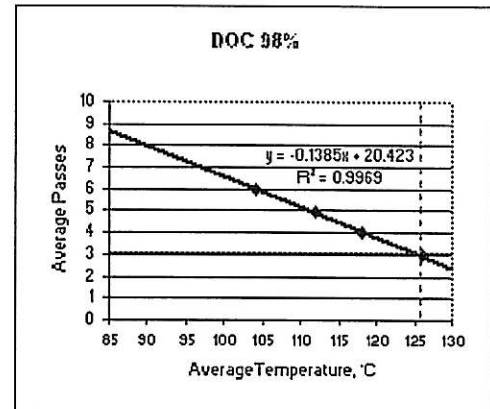
Lab Density : 2.194

Patch No.	Temp	Passes	Bulk Specific Gravity	DOC = Dc/Ds (%)
1	130	3	2.185	99.6
2	130	4	2.192	99.9
3	129	5	2.193	100.0
Avg	130			
4	126	3	2.174	99.1
5	125	4	2.181	99.4
6	124	5	2.182	99.5
7	124	6	2.184	99.5
Avg	125			
8	120	3	2.164	98.6
9	118	4	2.171	99.0
10	118	5	2.173	99.0
11	118	6	2.178	99.3
12	117	7	2.180	99.4
Avg	118			
13	114	3	2.150	98.0
14	112	4	2.155	98.2
15	112	5	2.145	97.8
16	111	6	2.156	98.3
17	110	7	2.152	98.1
Avg	112			
18	106	3	2.134	97.3
19	105	4	2.133	97.2
20	105	5	2.137	97.4
21	104	6	2.139	97.5
22	104	7	2.140	97.5
Avg	105			
23	100	3	2.120	96.6
24	100	4	2.127	96.9
25	98	5	2.129	97.0
26	96	6	2.124	96.8
27	96	7	2.127	96.9
Avg	98			
28	95	3	2.114	96.4
29	94	4	2.119	96.6
30	93	5	2.118	96.5
31	90	6	2.121	96.7
32	90	7	2.120	96.6
Avg	92			
33	88	3	2.031	92.6
34	86	4	2.035	92.8
35	84	5	2.043	93.1
36	84	6	2.042	93.1
37	84	7	2.037	92.8
Avg	85			

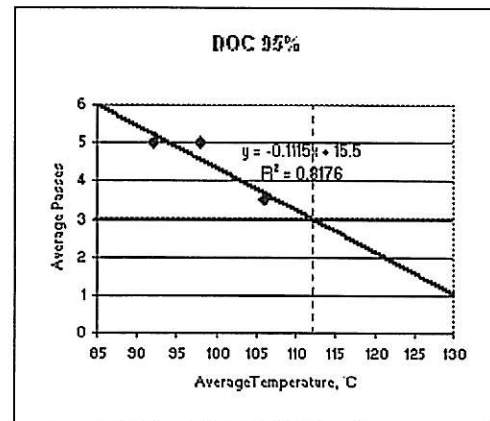
LAMPIRAN G4

Graph: Degree of Compaction for Plate Compactor (50 blows)

DOC 98%			
Passes	Avg Passes	Temp	Avg Temp
3	3	126	126
3	5	120	118
4		118	
5		118	
7		117	
3	5	112	112
4		112	
5		112	
6		110	
7		105	
5	6	105	104
6		104	
7		104	



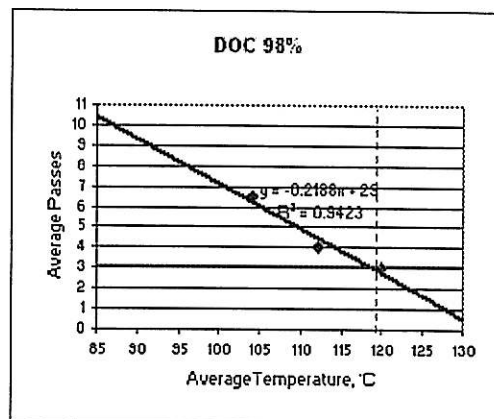
DOC 95%			
Passes	Avg Passes	Temp	Avg Temp
3	3.5	106	106
4		105	
3	5	100	98
4		100	
5		98	
6		96	
7	5	96	92
3		95	
4		94	
5		92	
6		92	
7	90		



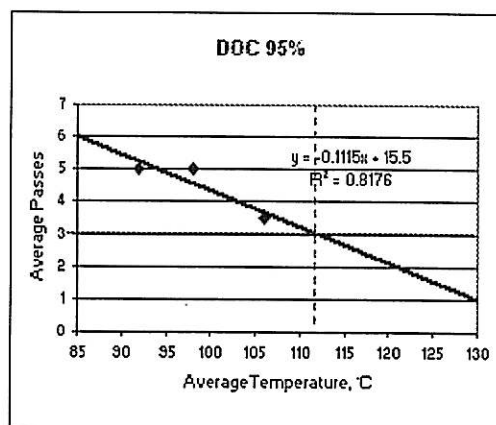
LAMPIRAN G5

Graph: Degree of Compaction for Drum Compactor (50 blows)

DOC 98%			
Passes	Avg Passes	Temp	Avg Temp
3	3	120	120
3		114	
4	5	112	112
5		112	
6		111	
7		110	
6	6.5	104	104
7		104	



DOC 95%			
Passes	Avg Passes	Temp	Avg Temp
3	3.5	106	106
4		105	
3	5	100	98
4		100	
5		98	
6		96	
7	5	96	92
3		95	
4		94	
5		93	
6		90	
7	90		



LAMPIRAN G6

**Ringkasan graf bagi garis panduan tampalan menggunakan
50 hentakan pepadat**

Suhu °C	Bilangan larian pepadat			
	Pepadat plat		Pepadat dram	
	Tahap pepadatan, %		Tahap pepadatan, %	
	98	95	98	95
>125	3	3	3	3
120	4	3	3	3
115	4.5	3	4	3
110	5	3.5	5	3.5
105	6	4	6	4
100	6.5	4.5	7	4.5
95	7.5	5	8	5
90	8	5.5	9	5.5

LAMPIRAN H

1. Hot Mix

1 tonne premix	=	1000 kg
1000 kg	=	RM76.00
Density	≈	2.30 ton/m ³
1 m ²	=	2.30 ton/m ³ x 0.05m ³
	=	0.115 ton
1 m ²	=	0.115 ton x RM 76/ ton
∴ 1m ²	=	RM8.74 / m²

2. Cold Mix

a) IKRAMIX 120C°

Density	=	2.268 tan/m ³
1 m ²	=	2.268 tan/m ³ x 0.05 m ³ (for 50mm thickness)
	=	0.1134 tan
	=	113.4 kg
30 kg (1 bag)	=	RM 70.00
1 kg	=	RM 2.33
∴ 1 m ²	=	RM 264.22

b) SSMIX 120C°

$$\begin{aligned} \text{Density} &= 2.136 \text{ tan/m}^3 \\ 1 \text{ m}^2 &= 2.268 \text{ tan/m}^3 \times 0.05 \text{ m}^3 \\ &= 0.1068 \text{ tan} \\ &= 106.8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 50 \text{ kg (1 bag)} &= \text{RM } 70.00 \\ 1 \text{ kg} &= \text{RM } 1.40 \\ \therefore 1 \text{ m}^2 &= \text{RM } 149.52 \end{aligned}$$