

**SIFAT KEJURUTERAAN CAMPURAN ASFALT TAMBAH GETAH**

Oleh

**MOHD KAMIL BIN JAAFAR**

Disertasi ini dikemukakan kepada

**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

Sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat  
keperluan untuk ijazah dengan kepujian

**SARJANA MUDA KEJURUTERAAN (KEJURUTERAAN AWAM)**

Pusat Pengajian Kejuruteraan Awam  
Universiti Sains Malaysia

Mac 2006

## **PENGHARGAAN**

Syukur Alhamdulillah kerana dengan limpah rahmat kurnia dari-Nya dapat saya menyiapkan kajian projek tahun akhir ini dengan jayanya. Di sini saya ingin mengambil kesempatan ingin mengucapkan ribuan kasih kepada penyelia projek saya iaitu Profesor Madya Dr. Hj. Meor Othman Hamzah kerana banyak membantu serta membimbing saya dalam menyiapkan kajian ini. Banyak ilmu dan pengalaman yang saya perolehi daripada kajian yang saya jalankan ini. Tidak dilupakan juga kepada juruteknik makmal iaitu En Mohd Fouzi Ali, En Zulhairi Bin Ariffin dan En Abdullahi Ali Mohammed kerana banyak membantu saya dalam melakukan kajian di makmal. Terima kasih juga saya ucapkan kepada ibu bapa saya serta rakan-rakan seperjuangan kerana banyak memberikan sokongan dan bantuan kepada saya sepanjang saya menjalankan kajian ini. Sesungguhnya budi dan jasa anda sekalian amat saya hargai dan terima kasih sekali lagi saya ucapkan.

## ABSTRAK

Berbanding dengan di negara Barat, kajian serta penggunaan tentang bitumen tambah getah di Malaysia masih lagi belum meluas. Dalam kajian ini, kekuatan bahan pengikat akan mempengaruhi kekuatan campuran yang akan dihasilkan. Terdapat dua kaedah atau proses dalam menghasilkan bitumen tambah getah iaitu proses basah dan proses kering. Di dalam kajian ini, getah dan bitumen diadun melalui proses basah. Bitumen 80/100 digunakan manakala serbuk getah diperolehi dari tayar trak terpakai. Bitumen tambah getah yang dihasilkan diaplikasikan ke atas campuran asfalt berliang untuk melihat keberkesanannya. Di dalam kajian ini, peratusan kandungan serbuk getah yang digunakan adalah 15.25%, 18% dan 22%. Kesan ciri kejuruteraan ke atas campuran asfalt berliang diperolehi melalui ujian kebolehtelapan, ujian lelasan Cantabro, ujian kestabilan, ujian kebingkasan dan ujian tegangan tak langsung. Kajian ini menerangkan hasil yang diperolehi dari penghasilan bitumen tambah getah dan campuran asfalt berliang tambah getah. Daripada kepelbagaian tayar, prestasi bitumen tambah getah yang dihasilkan adalah lebih baik dari bitumen lazim yang selalu digunakan. Secara keseluruhannya, terdapat data hasil kajian yang boleh digunakan terutamanya bitumen tambah getah yang dihasilkan. Hasil ujian yang dijalankan ke atas bitumen tambah getah kebanyakannya mematuhi spesifikasi JKR dan AASHTO. Ini menunjukkan ia boleh diaplikasikan sebagai bahan campuran yang mampu menghasilkan turapan yang berkualiti.

## **ABSTRACT**

In Malaysia, the use of rubberised bitumen is still not widespread as in Western countries. Properties of the binder will manifest itself in the mix produced. There are two methods or process which can be used to produce rubberised bitumen namely the dry and wet process. In this study however, crumb rubber powder and bitumen are mixed using the wet process. Conventional bitumen 80/100 is used where as crumb rubber used is obtained from used truck tyres. The rubberised bitumen produced is applied to porous asphalt to determine its effectiveness. This study explains the outcome produced from rubberised bitumen and rubberised porous asphalt. It is found that rubberised bitumen produced exhibit better properties than the usual bitumen used. In this study, the amount of crumb rubber used is 15.25%, 18% and 22%. The engineering properties of the rubberised porous asphalt mixture is determined from a series of tests including, Cantabro, Marshall Stability, Resilience Modulus and Indirect Tensile Tests. On the whole, some of the data from the study of rubberised bitumen can be used. The results obtained from test conducted on rubberised bitumen mostly conforms to the JKR and AASHTO specifications. This shows that it can be applied as a mix to produce a good quality pavement.

## KANDUNGAN

	<b>Muka Surat</b>
PENGHARGAAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KANDUNGAN	v
SENARAI RAJAH	ix
SENARAI JADUAL	xi
SENARAI GAMBAR	xi
<b>BAB 1</b>	
<b>PENGENALAN</b>	
1.1 Pengenalan	1
1.2 Objektif	2
1.3 Skop Kajian	2
1.4 Kepentingan Kajian	3
<b>BAB 2</b>	
<b>KAJIAN LITERATUR</b>	
2.1 Pengenalan	5
2.2 Sejarah Penggunaan Bitumen Tambah Getah	6
2.3 Sejarah Penggunaan Bitumen Tambah Getah di Malaysia	7
2.4 Bitumen Tambah Getah	8
2.5 Kebaikan Penggunaan Bitumen Tambah Getah	9
2.6 Keburukan Bitumen Tambah Getah	13
<b>BAB 3</b>	
<b>METODOLOGI</b>	
3.1 Pengenalan	15
3.2 Penghasilan Bitumen Tambah Getah	17

3.3	Ujian Ke Atas Agregat	
3.3.1	Penggredan Agregat	19
3.3.2	Ujian Graviti Tentu dan Penyerapan Air	20
3.3.3	Ujian Lelasan Los Angeles	20
3.3.4	Ujian Penentuan Nilai Penghancuran Agregat	20
3.4	Ujian Ke Atas Bitumen Tambah Getah	
3.4.1	Ujian Penusukan Piawai	21
3.4.2	Ujian Cincin dan Bebola	21
3.4.3	Ujian Kemuluran	22
3.4.4	Ujian <i>Dynamic Shear Rheometer</i> (DSR)	22
3.5	Penentuan Kandungan Bitumen Tambah Getah	23
3.6	Penyediaan Sampel	24
3.7	Pemadatan Sampel	25
3.8	Penentuan Graviti Tentu Campuran	26
3.9	Ciri-ciri Asfalt Berliang Tambah Getah	
3.8.1	Ketumpatan	27
3.8.2	Keliangan	28
3.8.3	Kebolehtelapan	28
3.8.4	Kestabilan dan Aliran	29
3.8.5	Ujian Modulus Kebingkasan	30
3.8.6	Ujian Lelasan Cantabro	30
3.8.7	Ujian Tegangan Tak Langsung	31

## **BAB 4 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN**

4.1	Keputusan Ujian Agregat	
-----	-------------------------	--

4.1.1	Penggredan Agregat	33
4.1.2	Ujian Graviti Tentu dan Penyerapan Air	34
4.1.3	Ujian Lelasan Los Angeles	34
4.1.4	Ujian Penentu Nilai Penghancuran Agregat	34
4.2	Keputusan Ujian Ke Atas Bitumen	
4.2.1	Keputusan Ujian Penusukan Piawai, Ujian Cincin dan Bebola dan Ujian Kemuluran	35
4.2.2	Keputusan Ujian Dynamic Shear Rheometer (DSR)	36
4.3	Keputusan Penentuan Graviti Tentu Campuran	40
4.4	Keputusan Ujian Terhadap Ciri Asfalt Berliang Tambah Getah	
4.4.1	Ketumpatan	40
4.4.2	Keliangan	41
4.4.3	Kebolehtelapan	43
4.4.4	Kestabilan dan aliran	44
4.4.5	Modulus Kebingkasan	47
4.4.6	Ujian Lelasan Cantabro	48
4.4.7	Ujian Tegangan Tak Langsung	49
4.5	Peratusan Serbuk Getah Terbaik	
4.5.1	Peratusan Serbuk Getah Terbaik Berdasarkan Ujian Ke Atas Bitumen Tambah Getah	50

4.5.2	Peratusan Serbuk Getah Terbaik Berdasarkan Ujian Ke Sampel Asfalt Berliang Tambah Getah	51
-------	---	----

**BAB 5 KESIMPULAN DAN CADANGAN**

5.1	Kesimpulan	53
5.2	Cadangan Kajian Masa Hadapan	55

**RUJUKAN**

**LAMPIRAN A JADUAL KEPUTUSAN UJIAN**

**LAMPIRAN B GAMBAR**



## SENARAI RAJAH

	<b>Muka Surat</b>
Rajah 2.1 : Kesan Ke Atas Kelikatan oleh Asfalt Tambah Getah dan Asfalt Kawalan	10
Rajah 2.2 : Lengkungan Kelesuan yang Diperolehi Dari Keputusan Makmal Pada Suhu 10°C	11
Rajah 2.3 : Terikan Tegangan Melawan Kelesuan (Sampel Getah)	12
Rajah 2.4 : Terikan Tegangan Melawan Kelesuan (Sampel Kawalan)	12
Rajah 2.5 : Kos Penyelenggaraan Bagi Turapan Asfalt tambah Getah Dengan Turapan Tanpa Tambah Getah	13
Rajah 3.1 : Carta Alir Metodologi	16
Rajah 4.1 : Modulus Kompleks Ricih, $G^*$ (Pa) Melawan Peratusan Serbuk Getah	36
Rajah 4.2 : Sudut Fasa, $\delta$ Melawan Peratusan Serbuk Getah	37
Rajah 4.3 : Modulus Elastik, $G'$ (Pa) Melawan Peratusan Serbuk Getah	38
Rajah 4.4 : Modulus Kelikatan, $G''$ (Pa) Melawan Peratusan Serbuk Getah	38
Rajah 4.5 : Hubungan Antara $G^*/\sin \delta$ dan $G^*\sin \delta$ Melawan Peratusan Serbuk Getah.	39
Rajah 4.6 : Ketumpatan ( $\text{g/cm}^3$ ) Melawan Peratusan Serbuk Getah	41
Rajah 4.7 : Keliangan (%) Melawan Peratusan Serbuk Getah	42
Rajah 4.8 : Pekali Kebolehtelapan, $k$ (cm/s) Melawan Peratusan Kandungan Bitumen	43
Rajah 4.9 : Kestabilan (kN) Melawan Peratusan Serbuk Getah	45
Rajah 4.10: Aliran (mm) Melawan Peratusan Serbuk Getah	46

Rajah 4.11:	Kekuatan (kN/mm) Melawan Peratusan Serbuk Getah	47
Rajah 4.12:	Tegasan (MPa) Melawan Peratusan Serbuk Getah	48
Rajah 4.13:	Kehilangan Lelasan (%) Melawan Peratusan Serbuk Getah	49
Rajah 4.14:	Kekuatan Tegangan (kPa) Melawan Peratusan Serbuk Getah	50

## **SENARAI JADUAL**

	<b>Muka Surat</b>
Jadual 4.1 : Keputusan Analisis Penggredan	33
Jadual 4.2 : Keputusan Ujian Graviti Tentu	34
Jadual 4.3 : Nilai Lelasan Los Angeles dan Nilai Penghancuran Agregat	34
Jadual 4.4: Keputusan Ujian Ke Atas Bitumen Tambah Getah	35
Jadual 4.5: Keputusan Penentuan Graviti Tentu Campuran Tambah Getah	40
Jadual 4.6: Peratusan Serbuk Getah Terbaik Berdasarkan Ujian Ke Atas Bitumen	51
Jadual 4.7: Peratusan Serbuk Getah Terbaik Berdasarkan Ujian Ke Atas Sampel Asfalt Berliang Tambah Getah (Perbandingan Dilakukan Mengikut Peratusan Kandungan Bitumen Tambah Getah)	52

## **SENARAI GAMBAR**

Gambar 1 : Mesin Bancuhan Serbuk Getah Bersama Bitumen	17
--	----

# **BAB 1**

## **PENGENALAN**

### **1.1 Pengenalan**

Jalan raya dan lebuhraya memainkan peranan yang penting dalam kehidupan manusia. Pelbagai sektor menjadikan jalan raya dan lebuhraya sebagai daripada satu medan perhubungan yang penting. Ini mewujudkan jaringan jalan raya dan lebuhraya yang akan mempercepatkan lagi pergerakan dari satu tempat ke satu tempat yang lain. Hampir keseluruhan jalan raya di Malaysia telah diturap sama ada menggunakan turapan berbitumen ataupun turapan konkrit. Namun begitu reka bentuk turapan yang sedia ada masih lagi belum dapat memberikan prestasi yang memuaskan. Pelbagai kajian telah dijalankan oleh pihak yang bertanggungjawab untuk memperbaiki prestasi rekabentuk campuran yang sedia ada. Pada masa kini kajian yang dijalankan bukan sahaja menitikberatkan faktor struktur turapan tetapi juga mengambil kira faktor kebolehhidmatan dan ketahanan campuran supaya reka bentuk campuran yang dihasilkan dapat memberikan prestasi yang memuaskan. Kajian terhadap bahan campuran berbitumen merupakan antara salah satu kajian yang melibatkan prestasi turapan. Peranan yang perlu dimainkan oleh campuran banyak bergantung pada mutu dan ciri-ciri yang ada pada bahan campuran seperti agregat, bitumen dan bahan pengisi. Jadi kajian ini lebih menekankan penghasilan produk bitumen atau asfalt yang lebih berkualiti bagi menghasilkan bahan campuran yang lebih baik dan berkualiti. Dengan penyediaan kajian ini, maka ia dapat dibuat perbandingan dengan produk bitumen atau asfalt yang sedia ada berkenaan dengan keberkesanan, kebolehhidmatan, ketahanan dan kos pembuatannya.

## **1.2 Objektif**

Berikut merupakan objektif kajian ini di jalankan :

1. Mengkaji sifat kejuruteraan bitumen tambah getah.
2. Mengkaji sifat kejuruteraan campuran berbitumen tambah getah. Di dalam kajian ini, bitumen tambah getah diaplikasikan ke atas campuran asfalt berliang.
3. Membandingkan hasil keputusan mengikut penggunaan peratusan serbuk getah. Hasil keputusan yang diperolehi dibandingkan dengan standard yang digunapakai oleh JKR.

## **1.3 Skop Kajian**

Dalam kajian ini, bitumen 80/100 digunakan untuk dicampurkan bersama serbuk getah. Serbuk getah yang digunakan diperolehi daripada hasil pengisaran tayar trak terpakai. Jenis campuran yang akan dihasilkan ialah campuran asfalt berliang dengan menggunakan satu jenis penggredan agregat. Sebanyak tiga jenis peratusan kandungan serbuk getah digunakan di dalam kajian ini yang diadun bersama bitumen 80/100 untuk dijadikan bitumen tambah getah. Peratusan yang digunakan di dalam kajian ini adalah berdasarkan daripada peratusan jumlah berat iaitu 15.25%, 18% dan 22%. Manakala campuran asfalt berliang tambah getah pula menggunakan tiga peratusan kandungan bitumen tambah getah iaitu 5%, 6% dan 7%.

Di dalam kajian ini, bitumen 80/100 diadun terlebih dahulu bersama serbuk getah mengikut peratusan kandungan serbuk getah yang digunakan sebelum dijadikan sebagai bahan campuran asfalt berliang. Sebanyak 54 sampel dihasilkan pada keseluruhannya yang menggabungkan ketiga-tiga jenis peratusan serbuk getah dan

kandungan bitumen. Setiap peratusan serbuk getah menghasilkan 3 jenis peratusan kandungan bitumen tambah getah yang digunakan untuk proses pencampuran. Manakala setiap peratusan kandungan bitumen tambah getah akan menghasilkan 6 sampel. Di dalam kajian ini, ujian-ujian yang dijalankan merangkumi ujian ke atas agregat, ujian ke atas bitumen dan ujian ke atas sampel. Ujian yang dijalankan ke atas bitumen adalah seperti ujian penusukan piawai, ujian cincin dan bebola, ujian kemuluran dan ujian *Dynamic Shear Rheometer* (DSR). Manakala bagi ujian yang dijalankan ke atas sampel asphalt berliang tambah getah pula adalah ujian lelasan Cantabro, ujian kestabilan dan aliran, ujian kebolehtelapan, ujian tegangan tak langsung dan ujian modulus kebingkasan. Perbandingan hasil keputusan akan dibuat berdasarkan peratusan serbuk getah yang digunakan .

#### **1.4 Kepentingan Kajian**

Kajian ini bertujuan menghasilkan bitumen yang lebih tahan lasak untuk diaplikasikan ke dalam campuran yang akan menghasilkan satu turapan yang diharap dapat meningkatkan lagi ketahanan turapan dalam menanggung beban lalu lintas dan berupaya menahan faktor persekitaran seperti suhu dan cuaca yang menjadi faktor utama penyebab kegagalan. Selain itu, kajian ini juga akan memberikan satu alternatif baru terhadap penggunaan bahan terbuang iaitu tayar terpakai. Penggunaannya akan mengurangkan pencemaran alam sekitar disamping dapat menjimatkan tenaga dan sumber alam semulajadi kerana menggunakan bahan terbuang sebagai bahan utama penghasilannya. Disamping itu, penghasilan campuran getah akan menghasilkan turapan yang dapat mengurangkan kadar hingar di jalan raya dan ini merupakan antara faktor terpenting penghasilan bitumen terpinda getah. Oleh itu, satu kajian yang berterusan harus dilakukan untuk memastikan bahawa reka bentuk campuran

berbitumen ini sentiasa berada ditahap yang terbaik bagi menghasilkan turapan yang bermutu tinggi.

## **BAB 2**

### **KAJIAN PERSURATAN**

#### **2.1 Pengenalan**

Bitumen merupakan bahan yang mempunyai sifat elastik-likat. Selain daripada itu, bitumen amat sensitif terhadap perubahan cuaca dan juga tempoh pembebanan yang dikenakan ke atasnya. Antara masalah yang sering berlaku pada turapan jalan raya termasuklah masalah ubah bentuk kekal yang disebabkan pembebanan berulang, retak yang disebabkan kelesuan dan juga retak yang disebabkan oleh suhu yang tinggi (Navarro et al., 2002). Oleh itu satu inisiatif telah diambil untuk memperbaiki sifat bitumen yang sedia ada dengan menambahkan bitumen lazim dengan bahan tambah seperti polimer, sulfur, getah dan lain-lain yang dikenali sebagai bitumen terpinda. Peranan utama bitumen terpinda ini adalah untuk meningkatkan lagi kekukuhan serta kekuatan bitumen pada suhu tinggi bagi menghalang berlakunya ubah bentuk kekal serta lebih fleksibel pada suhu rendah untuk menghalang keretakan (Mahrez dan Karim, 2003). Serbuk getah yang diperolehi daripada tayar lama yang terpakai adalah antara bahan tambah yang digunakan untuk menghasilkan bitumen terpinda. Ia mudah diperolehi, tidak memerlukan peralatan bancuhan yang kompleks dan hanya memerlukan keperluan yang minimum di loji pembuatan bagi mengubahsuai asfalt adalah merupakan antara faktor pemilihan serbuk getah sebagai bahan tambah.

Didapati setiap tahun negara kita menghasilkan beribu-ribu tayar terbuang. Berdasarkan statistik pada bulan Disember 2005, sebanyak 32,046 tonne penggunaan domestik getah asli dicatatkan. Daripada jumlah tersebut, 12.5% daripadanya adalah digunakan untuk menghasilkan tayar dan tiub (JPM, 2006). Daripada perangkaan



tersebut sudah pasti penghasilan bahan buangan tayar dan tiub akan berlaku. Ini akan menambahkan lagi masalah terhadap pelupusan tayar dan tiub terbang. Pada tahun 2000 sahaja daripada 17,755,500 penghasilan tayar dan tiub, didapati 65-70% daripadanya telah menghasilkan bahan buangan yang terdapat di tapak pelupusan (JPM, 2006). Longgokan bahan buangan ini telah mengakibatkan pencemaran dan boleh menggalakkan pembiakan nyamuk. Oleh itu satu inisiatif telah diambil dengan menggunakan tayar terbang ini sebagai bahan tambah dalam pelbagai jenis aplikasi bitumen bagi mengatasi masalah longgokan tayar terbang dan dapat memperbaiki kualiti turapan jalan raya. Ia juga memberikan kebaikan dari segi penjanaan semula sumber asli.

## **2.2 Sejarah Penggunaan Bitumen Tambah Getah**

Bitumen tambah getah telah lama diperkenalkan di negara barat seperti Amerika Syarikat dan negara-negara Eropah. Perkembangan penggunaan bitumen tambah getah telah berlaku pada lewat 1930-an. Ia digunakan sebagai penutup sambungan, penampung dan membran (Caltrans, 2003). Namun begitu penggunaan bitumen tambah getah ini tidak diaplikasikan dalam turapan jalan raya sehingga pada tahun 1960. Ia mula digunakan sepenuhnya bagi turapan jalan raya bermula pada tahun berikutnya. Charles McDonald yang merupakan seorang Ketua Jurutera Bahan di Bandar Phoenix di Arizona, Amerika Syarikat adalah individu yang bertanggungjawab memulakan kajian penggunaan bitumen tambah getah untuk diaplikasikan ke atas turapan jalan raya. Hasil daripada kajian yang telah dijalankan, beliau berjaya menghasilkan bahan untuk turapan. Bahan yang dihasilkan itu mampu untuk bertahan lebih lama, mempunyai ketahanan lasakan yang tinggi serta kos menghasilkannya juga rendah. Beliau telah memperoleh kejayaan tersebut setelah

menggunakan kaedah cuba jaya dan rawatan permukaan turapan yang beliau perkenalkan telah diterima oleh pihak industri (Badaruddin, 1997). Sejak penemuan tersebut, penggunaan bitumen tambah getah telah memberikan manfaat dalam rekabentuk turapan dan pembinaan jalan raya. Hari ini ia kebiasaannya digunakan untuk turapan yang memerlukan ketahanan dan keupayaan yang tinggi.

### **2.3 Sejarah Penggunaan Bitumen Tambah Getah Di Malaysia**

Penggunaan bitumen tambah getah di Malaysia merupakan sesuatu yang baru secara relatifnya. Namun begitu terdapat laporan mengatakan bahawa teknologi ini telah digunakan di Malaysia sejak tahun 1940-an. Malangnya tiada rekod secara bertulis yang mencatatkan bukti penggunaannya. Didapati bukti yang boleh diterima menyatakan bahawa penggunaan bitumen tambah getah dalam pembinaan jalan raya di Malaysia telah bermula pada awal 1980-an. Walau bagaimanapun, penggunaan bitumen tambah getah pada ketika itu tidak dipantau serta tidak direkod secara bertulis dan ini merumitkan pihak berkuasa untuk memeriksa serta memastikan turapan yang dihasilkan sentiasa berada dalam keadaan baik. Jadi pada akhir tahun 1980-an, Jabatan Kerja Raya (JKR) telah mengambil inisiatif dengan memulakan pemantauan serta menulis laporan bagi setiap penggunaan bitumen tambah getah untuk pembinaan jalan raya. Percubaan kali pertama telah direkodkan dalam tahun 1988 untuk kerja pemulihan Jalan Vantooran di Klang. Dalam percubaan ini, bitumen tambah getah telah dihasilkan melalui proses basah (Sufian dan Mustafa, 1997).

Sehubungan itu, beberapa percubaan lapangan telah dilakukan di bawah kerjasama antara JKR dan Institut Penyelidikan Getah Malaysia (RRIM). Setiap percubaan yang dilakukan menggunakan pendekatan bentuk dan teknik yang berbeza dalam

percampuran antara getah dan bitumen. Kerajaan Malaysia juga telah mengenalpasti penggunaan getah sebagai salah satu fokus dalam perancangan pembangunan negara. Sekiranya penggunaan getah dijadikan sebagai bahan tambah bitumen dipersetujui maka ia boleh dijadikan sebagai satu polisi dalam pembinaan jalan raya (Sufian dan Mustafa, 1997). Namun begitu penggunaan bitumen tambah getah masih lagi dalam peringkat permulaan di Malaysia. Penggunaannya masih lagi memerlukan lebih banyak kajian serta pembangunan bagi memastikan kita mampu untuk menghasilkan bitumen tambah getah yang meyakinkan serta boleh digunakan dalam pembinaan turapan jalan raya di Malaysia.

#### **2.4 Bitumen Tambah Getah**

Dalam pembinaan turapan jalan raya, bitumen tambah getah diaplikasikan sebagai bahan pengikat untuk campuran. Ia digunakan untuk merawat permukaan turapan dan dijadikan sebagai campuran panas. Terdapat dua proses asas dalam menghasilkan campuran asfalt tambah getah iaitu proses percampuran basah dan proses percampuran kering. Di dalam proses percampuran basah, bitumen campur getah disediakan dengan membancuh terlebih dahulu bahan tambah getah bersama bitumen di dalam mesin bancuhan. Kemudian hasil dari bancuhan tersebut dicampurkan bersama agregat ketika proses percampuran asfalt dilakukan. Bagi proses percampuran kering pula, bahan tambah getah akan dicampurkan atau dibancuh bersama agregat sama ada sebelum bitumen dicampurkan bersama atau selepas agregat dicampur bersama bitumen (Katman et al, 2005). Dalam percampuran basah, serbuk getah dibancuh bersama bitumen pada suhu tinggi iaitu dalam lingkungan  $175^{\circ}\text{C} - 220^{\circ}\text{C}$ . Tempoh bancuhan mengambil masa dalam tempoh satu jam setengah atau dua jam dan kemudian disimpan sehingga hasil bancuhan itu digunakan untuk

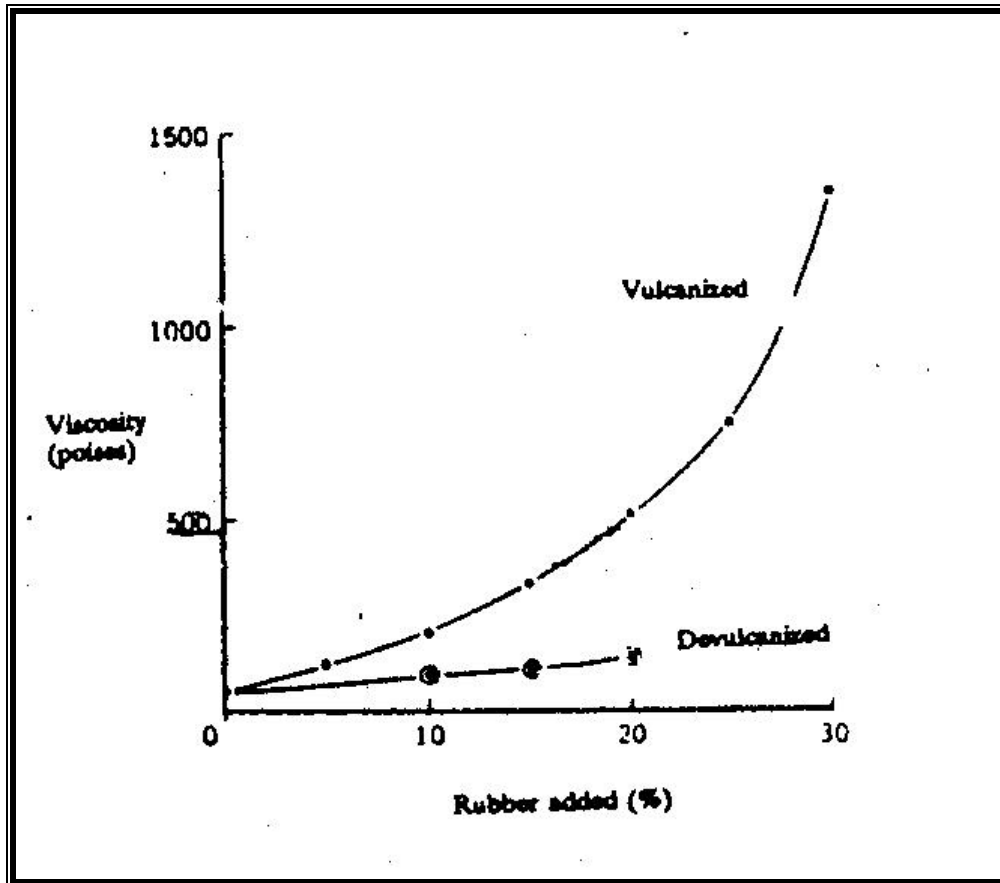
percampuran bersama agregat. Manakala bagi percampuran kering pula dilakukan pada suhu pertengahan. Untuk kaedah ini ia tidak dapat menghalang proses peretakan pada suhu rendah. Oleh itu, didapati penghasilan bitumen campur getah melalui proses percampuran basah adalah lebih baik berbanding proses percampuran kering. Melalui proses percampuran basah, ia akan menghasilkan pengikat yang mempunyai kekuatan yang tinggi terhadap keretakan dan juga ubah bentuk kekal (Navarro, 2004). Walau bagaimanapun, penggunaan serbuk getah yang berbeza dari segi saiz dan juga jenis kandungan yang terdapat didalam serbuk getah itu sendiri akan menghasilkan sifat bitumen terpinada yang berbeza (Abdullah dan Yeung, 1997). Oleh yang demikian, dalam kajian ini akan menggunakan proses pencampuran basah sebagai salah satu teknik penghasilan bitumen campur getah.

## **2.5 Kebaikan Penggunaan Bitumen Tambah Getah**

Selain daripada dapat mengurangkan kesan kemusnahan alam sekitar, pengenalan penggunaan bitumen tambah getah juga memberikan suatu manfaat atau perubahan terhadap pembinaan turapan jalan raya dimana penggunaannya dapat meningkatkan lagi ketahanan dan kekuatan turapan disamping dapat menghasilkan jalan raya yang lebih selamat dan selesa (Ista dan Choquet, 1992).

Penambahbaikan penggunaan bitumen tambah getah dirumuskan seperti berikut:

- Pertambahan kelikatan bitumen pada suhu tinggi. Pertambahan kelikatan pada bitumen akan dapat mengurangkan masalah perubahan ubah bentuk kekal. Ini dapat dibuktikan melalui Rajah 2.1 yang menunjukkan pencampuran bahan tambah getah dapat menambahkan lagi kelikatan berbanding dengan pengikat kawalan (Abdullah dan Yeung, 1997).

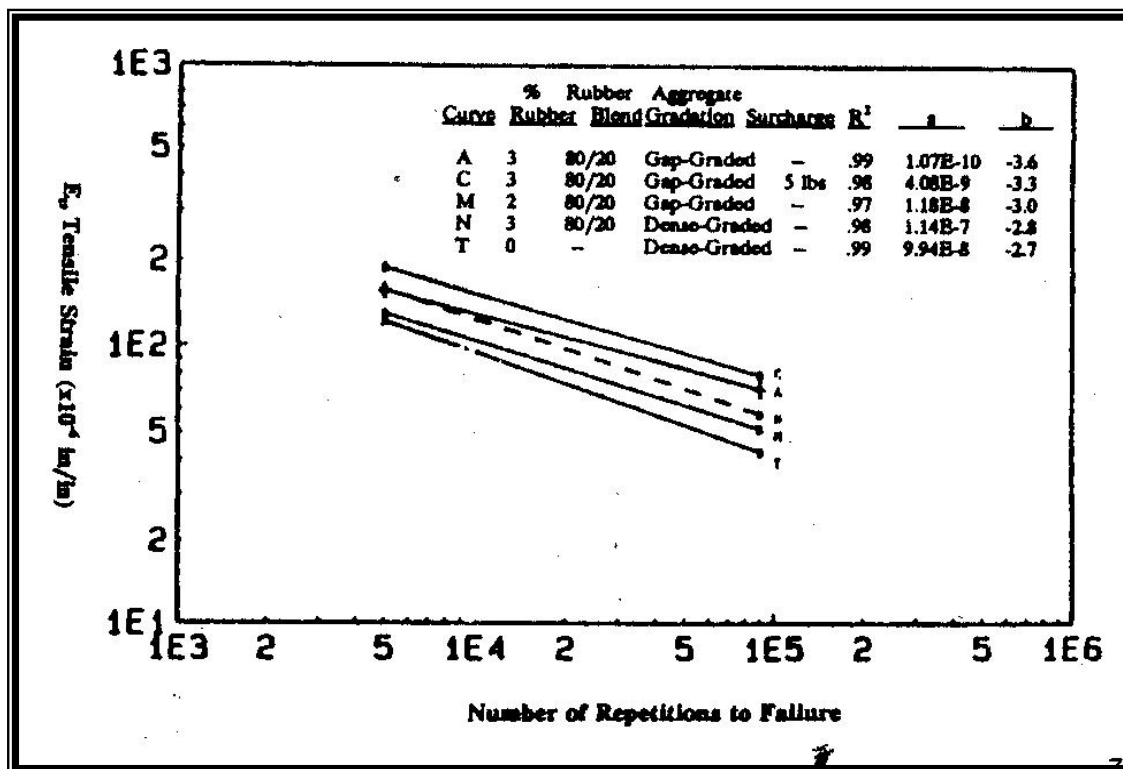


**Rajah 2.1: Kesan Ke Atas Kelikatan oleh Asfalt Tambah Getah dan Asfalt Kawalan (Abdullah dan Yeung, 1997)**

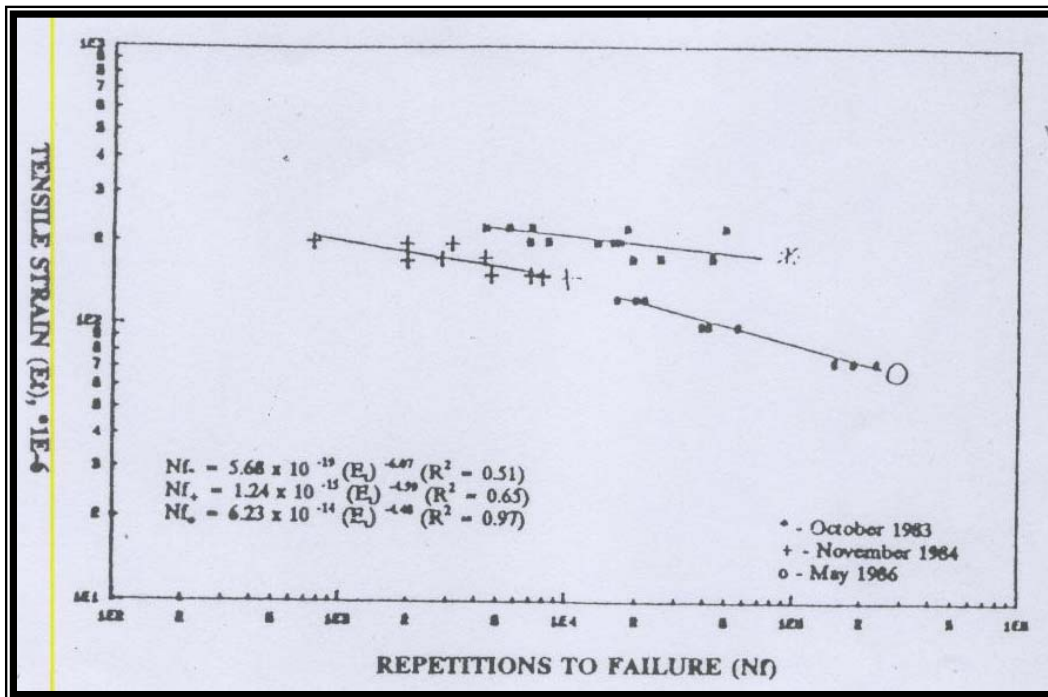
- Pencampuran bitumen dengan bahan tambah getah dapat mengurangkan proses pengoksidaan. Kadar pengoksidaan berjaya dikurangkan pada tahap 50% atau lebih dengan menggunakan pencampuran bahan tambah getah yang tinggi (Glover dan Davison, 2001). Dengan pengurangan proses pengoksidaan ini dapat meningkatkan lagi jangka hayat sesuatu turapan.
- Pertambahan partikel serbuk getah dalam campuran asfalt didapati dapat mengurangkan masalah kelesuan yang selalu terjadi pada turapan jalan raya. Masalah ini terjadi akibat pembebanan berulang. Ini dapat dibuktikan melalui Rajah 2.2, 2.3 dan 2.4 yang menunjukkan keputusan yang diperolehi di

makmal mengenai hubungan pengulangan kegagalan dengan kekuatan tegangan (Abdullah dan Yeung, 1997).

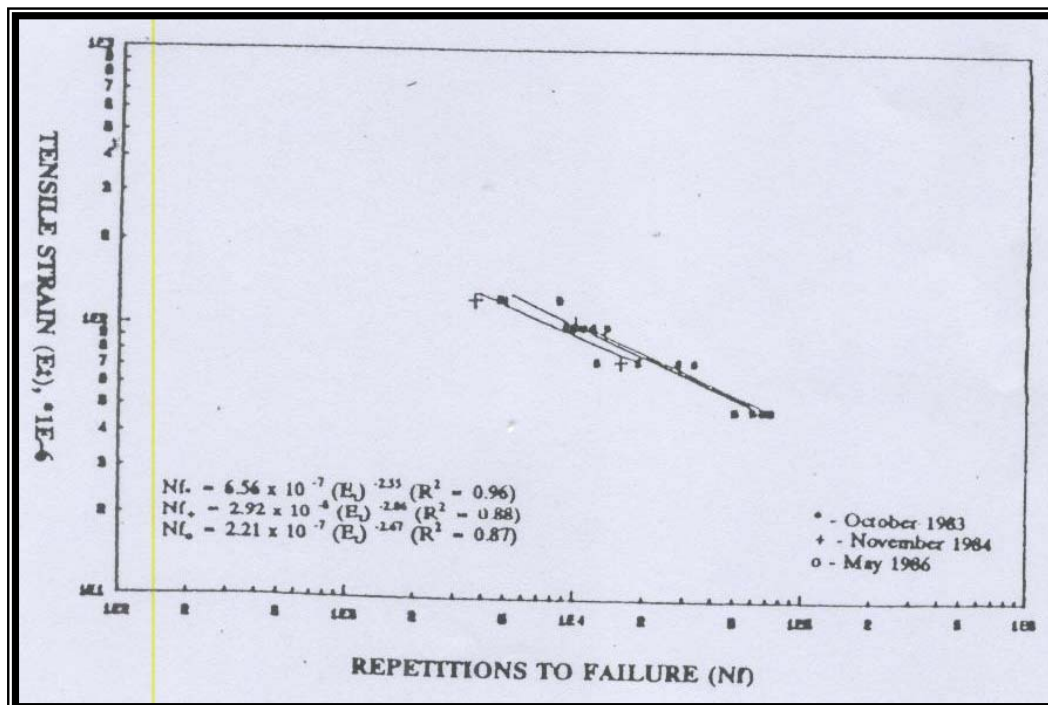
- Penggunaan bitumen tambah getah dalam turapan berjaya mengurangkan kadar hingar dimana didapati penggunaan asfalt tambah getah mempunyai keupayaan menyerap bunyi lebih baik berbanding konkrit asfalt (RPA, 2006). Berdasarkan kajian didapati penggunaan bitumen tambah getah terhadap turapan berjaya mengurangkan kadar hingar sehingga 5.7 dB. Pendengaran manusia hanya dapat menerima perbezaan tahap hingar dari 3 dB atau lebih (TxDOT, 2006).



Rajah 2.2: Lengkungan Kelesuan yang Diperolehi Dari Keputusan Makmal Pada Suhu 10°C (Abdullah dan Yeung, 1997)

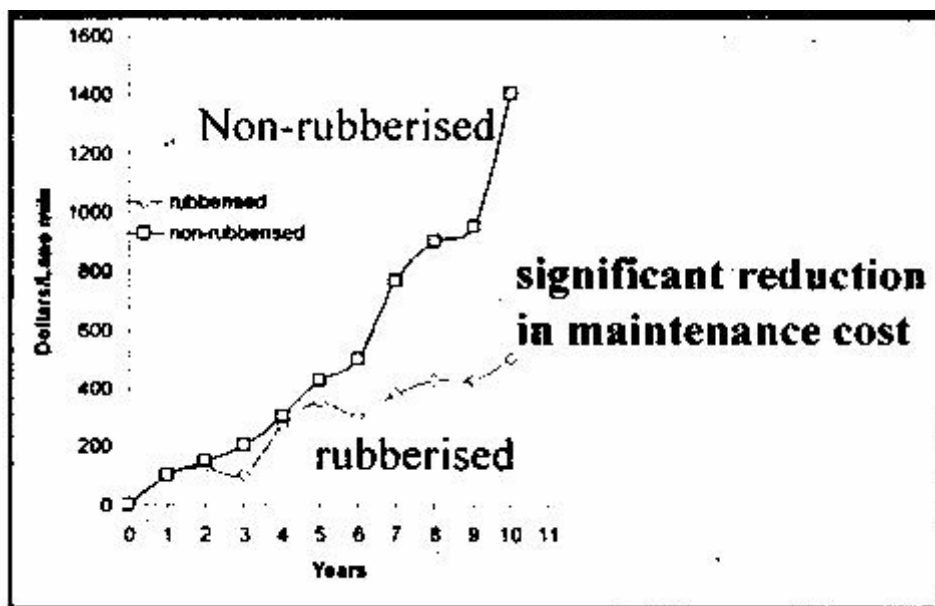


Rajah 2.3: Terikan Tegangan Melawan Kelesuan (Sampel Getah) (Abdullah dan Yeung, 1997)



Rajah 2.4: Terikan Tegangan Melawan Kelesuan (Sampel Kawalan) (Abdullah dan Yeung, 1997)

- Dengan peningkatan ketahanan dan kekuatan turapan hasil daripada penggunaan bitumen tambah getah, ia dapat mengurangkan kos penyelenggaraan jalan raya. Ini dapat dibuktikan melalui Rajah 2.5 yang menunjukkan perbezaan diantara penggunaan turapan yang tidak menggunakan bahan tambah getah dengan turapan yang menggunakan bahan tambah getah (Caltrans, 2003).



**Rajah 2.5: Kos Penyelenggaraan Bagi Turapan Asfalt tambah Getah Dengan Turapan Tanpa Tambah Getah (Ab. Malek,2006)**

## 2.6 Keburukan Bitumen Tambah Getah

Walaupun penggunaan bitumen tambah getah mempunyai kebaikan tetapi penggunaannya sebagai bahan pengikat dalam turapan jalan raya tidak boleh dijadikan sebagai penyelesaian terhadap keseluruhan masalah dalam turapan. Bahan tambah getah yang ingin digunakan perlu dipilih, direkabentuk dan diproses dengan baik bagi memastikan turapan yang dihasilkan sempurna dan berkualiti.



Kekurangan bitumen tambah getah dirumuskan seperti berikut : (Caltrans, 2003):

- Turapan asfalt tambah getah hanya boleh dilakukan pada cuaca yang baik dan ia tidak sesuai dilakukan ketika cuaca hujan.
- Turapan asfalt tambah getah juga tidak boleh dilakukan pada suhu sejuk atau pada suhu permukaan kurang daripada 13°C.
- Jarak dan masa di antara loji percampuran dengan tapak pembinaan juga perlu diambil kira. Masa yang diambil untuk sampai ke tapak pembinaan tidak boleh terlalu lama kerana suhu campuran perlu dikekalkan untuk proses turapan dan pepadatan. Sekiranya kerja turapan tertangguh lebih dari 48jam selepas asfalt tambah getah dibancuh, kemungkinan sebahagian daripadanya tidak dapat digunakan dan perlu dibuang.
- Dari segi kos penyediaan bitumen tambah getah dimana bagi suatu projek yang besar kos penyediaan mungkin berbaloi bagi pihak kontraktor tetapi ia tidak sesuai diaplikasikan untuk projek yang kecil kerana ia tidak dapat mendatangkan keuntungan kepada pihak kontraktor.
- Penggunaan asfalt tambah getah tidak sesuai digunakan untuk campuran-padat dan ia lebih sesuai digunakan untuk campuran asfalt berliang.

## **BAB 3**

### **METODOLOGI**

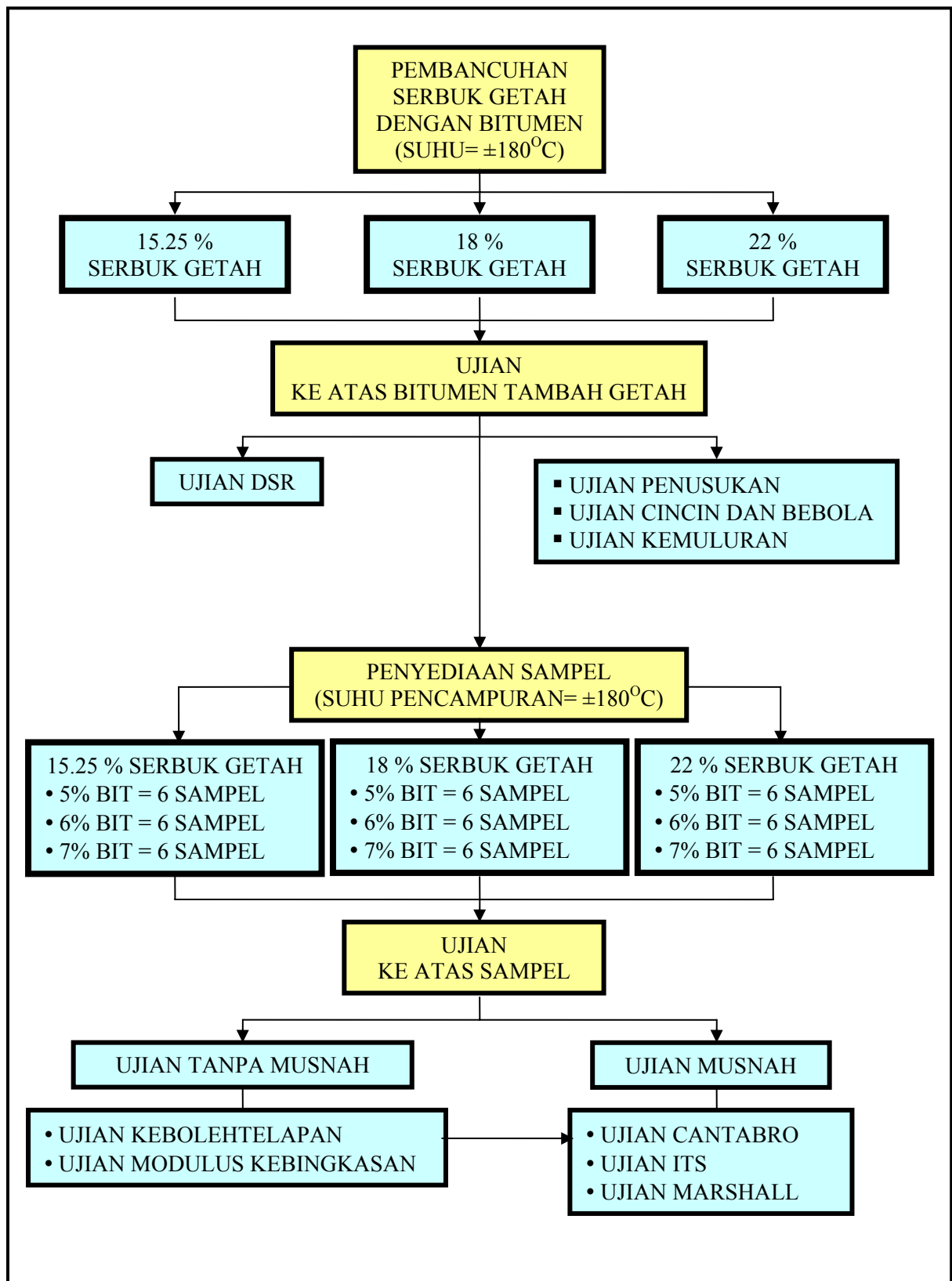
#### **3.1 Pengenalan**

Penyediaan bitumen tambah getah adalah berbeza dari penyediaan bitumen yang lain. Terdapat kaedah atau teknik yang khusus untuk menghasilkan bitumen tambah getah. Di dalam kajian ini, kaedah atau teknik proses basah digunakan. Di dalam proses basah bahan tambah getah atau serbuk getah akan dibancuh terlebih dahulu bersama bitumen dan kemudian selepas itu baru dicampur bersama agregat untuk menghasilkan campuran.

Agregat yang digunakan dalam turapan jalan raya biasanya dikelaskan kepada tiga kumpulan iaitu agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi. Agregat kasar adalah agregat yang dikelaskan sebagai agregat yang melepasi ayak yang bersaiz 26mm dan tertahan pada ayak saiz 2.36mm. Bagi agregat halus pula ialah agregat yang dikelaskan sebagai agregat yang melepasi ayak bersaiz 2.36mm dan tertahan pada ayak saiz 75 $\mu$ m manakala bahan pengisi pula adalah bahan yang melepasi ayak saiz 75 $\mu$ m. Agregat yang digunakan untuk turapan mesti kuat dan mampu untuk menahan beban hentakan dan beban mampatan. Selain daripada itu agregat juga boleh menahan kesan lelasan, penggilapan dan perubahan cuaca. Disamping itu juga agregat yang digunakan hendaklah mempunyai sifat afiniti terhadap bitumen.

Di dalam campuran asfalt tambah getah yang dihasilkan, bahan pengisi yang digunakan ialah debu kapur dan kapur hidrat. Fungsi bahan pengisi adalah untuk meningkatkan lagi ketegaran pengikat antara agregat-agregat dan juga mengisi

rongga-rongga kecil yang terdapat dalam campuran. Rajah 3.1 menunjukkan carta alir bagi kaedah metodologi yang digunakan dalam kajian ini .



**Rajah 3.1: Carta Alir Metodologi**

### 3.2 Penghasilan Bitumen Tambah Getah

Proses pencampuran antara bitumen dengan serbuk getah yang digunakan dalam kajian ini ialah dengan menggunakan proses pencampuran basah. Serbuk getah perlu dibancuh bersama bitumen sebelum hasil daripada bancuhan ini dicampur dengan agregat. Untuk proses pembancuhan, mesin bancuhan yang spesifik diguna untuk membancuh serbuk getah bersama bitumen.



**Gambar 1 : Mesin Bancuhan Serbuk Getah Bersama Bitumen**

Untuk proses pembancuhan ini, bitumen yang berbentuk separa pepejal terlebih dahulu ditimbang bersama bekas bancuhan dan jisim bitumen yang diperlukan untuk setiap bancuhan adalah sebanyak 1000 gram. Kemudian bitumen dipanaskan di dalam mesin bancuhan terlebih dahulu pada suhu  $180^{\circ}\text{C}$  untuk memastikan bitumen bertukar menjadi cecair sebelum dicampur dengan serbuk getah. Pada peringkat ini, bitumen hendaklah dipastikan keseluruhannya bertukar menjadi cecair kerana sekiranya masih lagi terdapat bitumen yang berbentuk separa pepejal ia pasti akan merumitkan proses

percampuran bersama serbuk getah. Setelah memastikan keseluruhan bitumen bertukar menjadi cecair, serbuk getah boleh dimasukkan ke dalam mesin pembancuhan dengan jisim yang telah ditetapkan mengikut peratusan yang hendak dikaji. Peratusan serbuk getah yang digunakan dalam kajian ini ialah 15.25%, 18% dan 22%. Pengiraan jisim serbuk getah yang digunakan adalah berdasarkan jumlah jisim yang digunakan.

Motor pemutar mesin bancuhan perlu dihidupkan terlebih dahulu sebelum memasukkan serbuk getah. Suhu ketika proses bancuhan dijalankan perlulah berada pada takat 180°C dan ia perlu dikekalkan sehingga ke akhir proses pembancuhan dengan kelajuan putaran ialah 3000 rpm. Serbuk getah hendaklah dimasukkan secara berperingkat-peringkat bagi memastikan hasil percampuran adalah sebati dan sekata. Kemudian setelah selesai serbuk getah dimasukkan ke dalam bekas bancuhan, bekas tersebut perlu ditutup bagi mengelakkan haba dan asap yang terbentuk bebas keluar ke udara dan tempoh masa diambil. Proses pembancuhan ini perlu dilakukan di tempat terbuka kerana asap yang dihasilkan amat berbahaya untuk dihidu sekiranya dibuat di tempat tertutup dan perlu disebarkan pada udara di kawasan yang terbuka.

Tempoh masa yang ditetapkan adalah berbeza bagi setiap peratusan serbuk getah yang digunakan dimana dalam tempoh tersebut campuran antara serbuk getah dan bitumen sudah sebati dan sekata. Sekiranya dibiarkan pada tempoh yang lebih lama lagi akan menyebabkan ikatan-ikatan molekul antara serbuk getah dan bitumen akan musnah disebabkan pendedahan terhadap suhu yang terlampau lama dan ini akan menyebabkan campuran yang dihasilkan rosak dan tidak boleh digunakan. Merujuk

kepada Jadual 3.1 merupakan tempoh masa pembancuhan bagi setiap peratusan serbuk getah yang digunakan dalam kajian ini.

Selepas selesai proses bancuhan dilakukan, bitumen tambah getah hendaklah dengan segera dipindahkan ke dalam bekas simpanan kerana sekiranya proses pemindahan ini lambat dilakukan, bitumen tambah getah yang dihasilkan akan mengeras dan ini akan menyukarkan sedikit proses pemindahan ke dalam bekas simpanan.

### **3.3 Ujian Ke Atas Agregat**

Agregat merupakan bahan penentuan kekuatan sesuatu campuran. Bagi mematuhi spesifikasi JKR, beberapa ujian agregat perlu dilakukan. Di antaranya adalah seperti berikut :

- 1) Penggredan agregat
- 2) Ujian graviti tentu dan penyerapan air
- 3) Ujian lelasan Los Angeles
- 4) Ujian penentuan nilai pecahan agregat.

#### **3.3.1 Penggredan Agregat**

Penggredan agregat dilakukan untuk menentukan saiz sebenar agregat yang akan digunakan untuk penyediaan sampel bancuhan campuran berbitumen. Penggredan juga bertujuan untuk menentukan kuantiti agregat yang berlainan saiz yang perlu digunakan untuk memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Di dalam kajian ini, sampel yang dihasilkan ialah asfalt berliang tambah getah dimana asfalt berliang merupakan bahan berisipadu udara tinggi yang telus air disebabkan lebih 85 peratus kandungan agregat yang terkandung dalam asfalt berliang adalah agregat kasar. Oleh itu, julat

saiz yang digunakan dalam kajian ialah 14-10 mm, 10-5 mm, 5-3.35mm, 3.35-0.425mm, 0.425-0.075mm dan bahan pengisi.

### **3.3.2 Ujian Graviti Tentu dan Penyerapan Air**

Ujian ini adalah ujian yang amat penting di mana tujuan ujian ini dijalankan adalah untuk menentukan sifat fizikal agregat yang diperlukan untuk penentuan ciri-ciri campuran seperti keliangan, lompong dalam agregat mineral dan lain-lain. Dalam penentuan graviti tentu ini, terdapat 3 jenis graviti tentu iaitu graviti tentu pukal (kering dalam ketuhar), graviti tentu pukal (agregat tepu – permukaan kering) dan graviti tentu ketara. Ujian dilakukan mengikut saiz yang telah ditetapkan dalam seksyen 3.2.1.

### **3.3.3 Ujian Lelasan Los Angeles**

Ujian ini direka bentuk untuk mengetahui betapa mudah atau sukarnya agregat akan hancur dan untuk menilai setakat mana butir-butir agregat akan hancur apabila mengalami pergeseran. Ujian ini dijalankan menurut prosedur ASTM C131 (ASTM, 1999).

### **3.3.4 Ujian Penentuan Nilai Penghancuran Agregat**

Ujian ini merupakan suatu ujian penentuan nilai ukuran terhadap ketahanan sesuatu agregat terhadap penghancuran di bawah tindakan beban mampatan yang bertindak secara perlahan-lahan. Ujian ini dilakukan menurut BS 812 : Part 110 : 1990 (BSI, 1990).

### **3.4 Ujian Ke Atas Bitumen Tambah Getah**

Dalam kajian ini, ujian bitumen berikut dilakukan ke atas bitumen tambah getah untuk menentukan kekonsistenan dan ciri bitumen :

- 1) Ujian penusukan piawai
- 2) Ujian titik lembut
- 3) Ujian kemuluran
- 4) Ujian *Dynamic Shear Rheometer* ( DSR )

#### **3.4.1 Ujian Penusukan Piawai**

Ujian penusukan piawai dilakukan untuk menentukan kekonsistenan bitumen ketika baru diterima dan setelah dipanaskan. Dalam ujian ini, sebatang jarum piawai yang membawa beban dibiarkan memasuki sampel bitumen tambah getah secara tegak. Jumlah berat jarum dan beban yang dikenakan ke atas sampel ialah 100 gram. Jarum dibiarkan menusuk selama 5 saat. Ujian ini dijalankan pada suhu 25°C. Bacaan penusukan dalam unit 1/10mm diambil sebagai nilai penusukan sesuatu sampel bitumen. Nilai penusukan yang tinggi menunjukkan bitumen itu lembut dan begitu juga sebaliknya. Ujian ini dijalankan menurut prosedur AASHTO T49 (AASHTO, 2001).

#### **3.4.2 Ujian Cincin dan Bebola**

Ujian ini bertujuan untuk menentukan titik lembut bitumen. Dalam ujian ini, bebola besi yang berjisim 3.5 gram diletakkan di atas sampel bitumen yang berada dalam cincin loyang. Ia diletakkan dalam bikar yang mengandungi air atau “glycerol”. Air digunakan apabila titik lembut bitumen pada 80°C atau kurang dari 80°C manakala “glycerol” digunakan apabila titik lembut bitumen melebihi 80°C. Suhu air dinaikkan



pada kadar 5°C per menit sehingga bebola bersama bitumen jatuh terkena pada plat bawah dan suhu air pada masa itu dicatatkan dan dikira sebagai suhu titik lembut bitumen. Ujian ini dijalankan menurut prosedur AASHTO T53-96 (AASHTO,2000).

### **3.4.3 Ujian Kemuluran**

Kemuluran boleh diukur melalui panjang sebelum putus apabila ia ditarik oleh mesin ujian kemuluran pada kadar tertentu. Ujian ini bertujuan memberi keyakinan bahwa bitumen di dalam turapan jalan yang telah siap dibina akan berada dalam keadaan mulur dan tidak rapuh. Ujian dijalankan menurut prosedur ASTM : D113 – 86 (ASTM, 1999).

### **3.4.4 Ujian *Dynamic Shear Rheometer* (DSR)**

Ujian Ricihan Dinamik Rheometer dilakukan untuk melihat kesan tempoh pembebanan dan suhu ke atas bitumen. Alat ini akan mengukur sifat reologi iaitu modulus ricihan kompleks dan sudut fasa pada suhu pertengahan hingga ke suhu tinggi. Dalam ujian ini bitumen di letakkan di antara dua plat. Satu plat adalah tetap dan satu lagi plat boleh berputar. Putaran yang dibuat akan menghasilkan satu kitaran dimana kelajuan putaran adalah 10 radian per saat. Putaran tersebut bersamaan dengan 1.59 Hz (putaran per saat). Untuk menjalankan ujian, penyediaan spesimen dijalankan terlebih dahulu dengan mengapit bitumen dengan menggunakan dua plat. Jarak di antara dua plat itu mesti 1 mm. Ini untuk memastikan spesimen yang akan digunakan untuk ujian ini mempunyai ketebalan 1 mm. Kemudian bitumen dikeluarkan dengan satu bentuk yang mempunyai diameter yang sama dengan diameter plat alat DSR. Ketebalan spesimen antara plat yang kekal dengan plat yang

berputar perlu dikawal agar dapat menghasilkan spesimen yang sempurna. Jarak antara dua plat ini boleh ditetapkan dahulu sebelum meletakkan spesimen.

Selepas spesimen diletakkan di plat kekal dan jarak spesimen diantara dua plat sudah diperolehi, maka injap air yang dikawal suhunya boleh dibuka untuk membenarkan air masuk ke dalam takungan yang mempunyai spesimen. Tujuan air ini dimasukkan adalah untuk menyediakan keadaan yang diperlukan oleh spesimen ketika ujian dijalankan. Suhu yang dikaji adalah pada suhu 76°C. Selepas mencapai suhu yang dikehendaki plat yang boleh berputar akan berputar pada kitaran yang telah ditetapkan. Kesemua proses ini dikawal oleh perisian yang berada di dalam komputer dimana mesin DSR dihubungkan dengan komputer. Segala parameter dan keputusan ujian juga dikawal oleh perisian ini. Selepas 10 kali putaran, tambahan 10 putaran lagi dikenakan untuk memperolehi data ujikaji. Perisian rheometer secara automatik mengira dan mengeluarkan nilai modulus ricihan kompleks,  $G^*$  dan sudut fasa,  $\delta$  dengan menggunakan hubungan antara tekanan dan terikan yang dikenakan. Ujian ini dijalankan menurut prosedur AASHTO Part 2B: P315-02 (AASHTO, 2002).

### **3.5 Penentuan Kandungan Bitumen Tambah Getah**

Campuran asphalt tambah getah dalam kajian ini menggunakan bitumen yang telah dibancuh dengan serbuk getah. Dalam kajian ini, terdapat tiga jenis peratusan kandungan bitumen yang akan dihasilkan untuk menjadi asphalt tambah getah iaitu 5%, 6% dan 7%. Jisim bitumen tambah getah yang digunakan adalah berdasarkan jumlah jisim yang digunakan.

### **3.6 Penyediaan Sampel**

Untuk menyediakan sampel, agregat yang terpilih di ayak mengikut julat saiz yang diperlukan oleh penggredan yang telah ditentukan dan dicampurkan mengikut setiap pecahan yang telah ditetapkan. Agregat yang telah dicampurkan tadi hendaklah diasingkan dan disimpan di dalam bekas yang berasingan. Kemudian agregat dipanaskan di dalam ketuhar pada suhu 150°C selama sekurang-kurangnya 4 jam. Bitumen tambah getah juga perlu dipanaskan pada suhu yang sama atau suhu ketika bancuhan iaitu 180°C selama lebih kurang 1 jam. Bekas acuan pepadatan dan alat-alat yang digunakan ketika pencampuran sampel nanti juga perlu dibersihkan dan dipanaskan pada suhu 180°C agar sampel yang dihasilkan sentiasa berada dalam julat suhu 180°C. Kemudian, agregat yang telah dipanaskan dimasukkan ke dalam mangkuk pencampur dan dibancuh tanpa bitumen selama 1 atau 2 minit. Kemudian bitumen tambah getah dimasukkan mengikut kadar yang telah ditetapkan. Peratusan bitumen tambah getah yang digunakan dalam kajian ini ialah 5%, 6% dan 7%. Kandungan bitumen yang dimasukkan merupakan peratusan daripada berat keseluruhan campuran.

Untuk memastikan keputusan yang diperolehi mempunyai kejituan yang tinggi, dua sampel akan dihasilkan bagi setiap peratusan bitumen tambah getah. Ini bermakna bagi setiap peratusan bitumen tambah getah akan mempunyai 18 sampel dan untuk kesemua sampel yang dihasilkan yang merangkumi 15.25%, 18% dan 22% serbuk getah adalah sebanyak 54 sampel yang perlu dihasilkan.