

**PERBANDINGAN CIRI KONKRIT ASFALT YANG DIHASILKAN MELALUI  
PROSES BASAH DAN PROSES KERING**

By

**Busra Bahron**

Thesis submitted to

**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

To fulfill the requirement of graduation

**BACHELOR DEGREE IN CIVIL ENGINEERING**



## PENGHARGAAN

Alhamdulillah, syukur saya ke hadrat Illahi kerana dengan limpah kurnianya dapat saya menyiapkan laporan projek tahun air ini. Setinggi-tinggi penghargaan diucapkan kepada Prof. Madya Dr. Meor Othman Hamzah yang telah banyak memberikan bimbingan dan bantuan untuk menjayakan projek tahun akhir ini. Beliau bukan sahaja memberi nasihat dan penerangan dari segi teori, malah menyumbangkan cadangan dalam rekabentuk campuran. Selain itu, sikap beliau yang sentiasa positif terhadap projek ini merangsang keinginan pelajar untuk menghasilkan projek yang baik.

Penghargaan dan ucapan terima kasih juga ingin saya tujukan kepada Encik Abdullahi Ali Mohamed dan juga Encik Hardiman yang telah banyak memberi bimbingan dan dorongan dalam memastikan projek tahun akhir ini berjalan lancar. Segala tunjuk ajar amatlah dihargai.

Tidak lupa juga ribuan terima kasih diucapkan kepada juruteknik makmal lebuh raya iaitu Encik Zulhairi bin Ariffin dan Encik Fauzi bin Ali yang telah banyak menghulurkan bantuan semasa ujian makmal dijalankan.

Akhir sekali, penghargaan juga ditujukan kepada kedua ibu bapa yang telah memberikan sokongan moral dan bantuan kewangan dalam memastikan projek ini berjalan lancar. Terima kasih juga kepada rakan-rakan seperjuangan yang bersama-sama berusaha dalam melengkapkan projek tahun akhir ini.

## ABSTRAK

Pelbagai jenis bahan berbitumen telah digunakan dalam pembinaan jalan dan lebuh raya. Bahan berbitumen seperti konkrit asphalt direkabentuk untuk jangka hayat yang panjang dan berupaya memainkan peranan yang diharapkan pada sesuatu turapan bermutu tinggi. Namun begitu, akibat daripada pembebanan yang berulang ulang, proses penuaan daripada perubahan suhu yang tidak menentu dan juga dari sinaran ultraviolet, konkrit asphalt cenderung untuk mengalami kegagalan. Sehubungan dengan itu, kajian telah dilakukan dengan mencampurkan bahan tambah seperti bahan getah ke dalam campuran konkrit asphalt bagi meningkatkan mutu turapan. Kajian ini adalah bertujuan untuk membangunkan konkrit asphalt campuran getah dengan bahan tambah craabit secara proses basah. Perbandingan dilakukan antara dua proses utama konkrit asphalt campuran getah iaitu proses basah dan proses kering. Berdasarkan keputusan hasil daripada kajian yang dijalankan, jelas membuktikan keupayaan proses basah dalam menghasilkan konkrit asphalt campuran getah adalah lebih baik berbanding proses kering dengan mengambil kira kelebihan ciri fizikal dan daripada ujikaji yang telah dijalankan. Konkrit asphalt campuran getah secara proses basah berpotensi lebih baik dalam merintang ubah bentuk kekal dan juga merintang masalah keretakan berbanding dengan proses kering. Perbezaan antara nilai optimum modulus kebingkasan proses basah dan kering adalah sebanyak 42% dengan nilai untuk proses basah adalah lebih tinggi. Begitu juga dengan nilai kestabilan, pada mana perbezaan antara keduanya adalah 33%. Nilai kestabilan campuran proses basah sekali lagi sentiasa lebih tinggi daripada proses kering.

## ABSTRACT

A variety of mix type have been used in road and highway design. Pavement materials such as asphalt concrete normally has design life for about 10 years and capable to play its role as a high quality pavement. However, because of repeated loading, effects of ageing due to temperature changes and ultraviolet, the design life can be shortened. To mitigate this, researches have been done by adding crumb rubber into bitumen or asphalt concrete mixture to increase the quality of the mix. Scrap tire rubber can be incorporated into asphalt paving mixes using two different methods referred to as the wet process and the dry process. This research attempts to compare performance of mix between these two methods. From the laboratory result, it can be concluded that the wet process method is better in order to produced high performance asphaltic mix. This asphalt modified bitumen using wet process, have better potential in resisting the permanent deformation and also solving the problem of cracking compared to dry process. The different between these two processes, in resilient modulus parameter is 42%. The value of wet process is always higher than the dry process. It is same with the stability value where the wet process value is higher than the dry process. The different percent between these processes are 33%.

# KANDUNGAN

Muka Surat

<b>PENGHARGAAN</b>		i
<b>ABSTRAK</b>		ii
<b>ABSTRACT</b>		iii
<b>KANDUNGAN</b>		iv
<b>SENARAI RAJAH</b>		viii
<b>SENARAI JADUAL</b>		xi
<b>BAB 1</b>	<b>Pengenalan</b>	1
	1.1	PENDAHULUAN 1
	1.1.1	Permasalahan yang Berlaku 2
	1.2	OBJEKTIF 4
	1.3	SKOP KAJIAN 5
<b>BAB 2</b>	<b>Sorotan Literatur</b>	6
	2.1	Pengenalan 6
	2.1.1	Kekonsistenan Campuran Konkrit 7
		Asfalt dan Bahan Getah
	2.2	KONKRIT ASFALT CAMPURAN GETAH 8
	2.2.1	Kelebihan Penggunaan Konkrit Asfalt 8
		Campuran Getah

2.2.2	Kaedah Bancuhan Asfalt Konkrit Campuran Getah	12
2.2.2.1	Proses Kering	12
2.2.2.2	Proses Basah	
2.2.3	Isu-isu berkaitan Konkrit Asfalt Campuran Getah	14
<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI</b>	17
3.1	BAHAN DAN CIRI-CIRI	17
3.1.1	Aggregat	17
3.1.1.1	Aggregat Kasar	17
3.1.1.2	Aggregat Halus	18
3.1.1.3	Penggredan Aggregat	18
3.1.2	Bahan Pengisi	20
3.1.3	Pengikat	20
3.1.3.1	Penentuan berat bitumen dalam spesimen	21
3.1.3.2	Pengiraan bahan pengikat yang diperlukan dalam ujikaji	22
3.1.4	Bahan Tambah CRABit	22
3.2	PENYEDIAAN BAHAN	23
3.2.1	Penyediaan Campuran Kelompok	25
3.2.2	Pemadatan	26
3.3	CIRI FIZIKAL SPESIMEN	27
3.3.1	Isipadu Spesimen	28

3.3.2	Graviti tentu pukal specimen	28
3.3.3	Berat Unit Spesimen	29
3.3.4	Graviti tentu maksimum Teori Spesimen	29
3.3.5	Peratus Isipadu Bitumen Spesimen	30
3.3.6	Penentuan Peratus Lompang Spesimen	30
3.3.6.1	Penentuan Peratus Lompang Dalam Aggregat Galian	31
3.3.6.2	Penentuan peratus lompang terisi bitumen	31
3.3.7	Kandungan Bitumen Optimum	32
3.4	UJIAN-UJIAN KE ATAS SPESIMEN	33
3.4.1	Modulus Kebinglasan	33
3.4.2	Kestabilan	35
<b>BAB 4</b>	<b>KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN</b>	36
4.1	BERAT UNIT	36
4.2	LOMPANG DALAM SPESIMEN	39
4.2.1	Peratus lompang dalam campuran	39
4.2.2	Lompang dalam aggregat galian (VMA)	43
4.3	ALIRAN	46
4.4	MODULUS KEBINGKASAN	49
4.5	KESTABILAN SPESIMEN	54
4.6	KANDUNGAN BITUMEN OPTIMUM	58
4.7	PEMILIHAN PROSES TERBAIK UNTUK CAMPURAN KONKRIT ASFALT CAMPURAN GETAH	59



<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>	61
5.1	KESIMPULAN	61
5.2	CADANGAN KAJIAN MASA HADAPAN	63

## SENARAI RAJAH

	Muka Surat
Rajah 4.1 (a) Berat unit lawan kandungan bitumen untuk CR I 1%	37
Rajah 4.1 (b) Berat unit lawan kandungan bitumen untuk CR I 3%	37
Rajah 4.1 (c) Berat unit lawan kandungan bitumen untuk CR II 1%	38
Rajah 4.1 (d) Berat unit lawan kandungan bitumen untuk CR II 3%	38
Rajah 4.2 (a) Lompang Udara Campuran lawan kandungan bitumen untuk CR I 1%	41
Rajah 4.2 (b) Lompang Udara Campuran lawan kandungan bitumen untuk CR I 3%	41
Rajah 4.2 (c) Lompang Udara Campuran lawan kandungan bitumen untuk CR II 1%	42
Rajah 4.2 (d) Lompang Udara Campuran lawan kandungan bitumen untuk CR II 3%	42
Rajah 4.2 (e) Lompang dalam agregat galian (VMA) lawan kandungan bitumen untuk CR I 1%	44
Rajah 4.2 (f) Lompang dalam agregat galian (VMA) lawan kandungan bitumen untuk CR I 3%	44

Rajah 4.2 (g) Lompang dalam agregat galian (VMA) lawan kandungan bitumen untuk CR II 1%	45
Rajah 4.2 (h) Lompang dalam agregat galian (VMA) lawan kandungan bitumen untuk CR II 3%	45
Rajah 4.3 (a) Aliran lawan kandungan bitumen untuk CR I 1%	47
Rajah 4.3 (b) Aliran lawan kandungan bitumen untuk CR I 3%	47
Rajah 4.3 (c) Aliran lawan kandungan bitumen untuk CR II 1%	48
Rajah 4.3 (d) Aliran lawan kandungan bitumen untuk CR II 3%	48
Rajah 4.4 (a) Modulus Kembang-kempasan Spesimen lawan kandungan Bitumen untuk CR I 1%	52
Rajah 4.4 (b) Modulus Kembang-kempasan Spesimen lawan kandungan Bitumen untuk CR I 3%	52
Rajah 4.4 (c) Modulus Kembang-kempasan Spesimen lawan kandungan Bitumen untuk CR II 1%	53
Rajah 4.4 (d) Modulus Kembang-kempasan Spesimen lawan kandungan Bitumen untuk CR II 3%	53
Rajah 4.5 (a) Kestabilan lawan kandungan bitumen untuk CR I 1%	56
Rajah 4.5 (b) Kestabilan lawan kandungan bitumen untuk CR I 3%	56

Rajah 4.5 (c) Kestabilan lawan kandungan bitumen untuk CR II 1%	57
Rajah 4.5 (d) Kestabilan lawan kandungan bitumen untuk CR I 1%	57

## SENARAI JADUAL

		Muka Surat
Jadual 3.1	Pecahan agregat berdasarkan had penggedan JKR	19
Jadual 3.2	Kandungan bitumen dalam konkrit asphalt campuran getah dengan bahan tambah CRABit	21
Jadual 3.3	Kandungan CRABit dalam konkrit asphalt campuran getah dengan bahan tambah CRABit	23
Jadual 3.4	Bilangan Spesimen untuk setiap jenis campuran	24
Jadual 4.1	Penentuan kandungan bitumen optimum	58

# **RUJUKAN**

## **RUJUKAN**

AASHTO, 1978. AASHTO Highway Subcommittee on Bridge and Structures. Proceeding of manual on foundation investigation, USA.

Amirkhanian, S.N. 2001. Utilization of Crumb Rubber in Asphaltic Concrete Mixture, South Carolina's Experience, Department of Civil Engineering Clemson University, Clemson.

ASTM D8-97, 1999. Terminology Relating to Material for Roads and Pavements. Annual books of ASTM Standard, Volume 4.03.

ASTM D1188-96, 1999. Test Method for Bulk Gravity and Density of Compacted Bituminous Mixtures using Coated Samples. Annual books of ASTM Standard, Volume 4.03.

ASTM D1559-89, 1999. Test Method to Plastic Flow of Bituminous Mixtures using Marshall Apparatus. Annual books of ASTM Standard, Volume 4.03.

ASTM D2041-95, 1999. Theoretical maximum Specific Gravity and Density of Bituminous Paving Mixtures. Annual books of ASTM Standard, Volume 4.03.

Badaruddin, S.R. 1997. An Overview of Rubberized Bitumen in Road Construction and Other Civil Engineering Applications. Conference on The Use of Rubberized

Bitumen in the road Construction, REAAA(Malaysian Chapter), Institution of Highways and Transportation (Malaysian Branch), Institution of Engineers Malaysia.

Hugo, F. and Nachenius, R., 1989. Some Properties of bitumen-rubber asphalt and binders. Proceeding of Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 58, pp. 303-336.

JKR, 1988. Standard Specification for Road Work. Penerbitan Jabatan Kerja Raya Malaysia.

Karim, M.R., Hamzah, M.O., Hassan Asri., 1991. Pengenalan Pembinaan Jalan Raya Berbitumen. Dewan Bahasa dan Pustaka.

Lay, M.G., 1990. Handbook of Road Technology. Volume 1, Planning and Pavement. Gordon and Breach Science Publishers

Mustafa, M.S., Sufian, H.Z., 1997. An Overview of Rubberized Bitumen in Road Construction and Other Civil Engineering Applications. Conference on The Use of Rubberized Bitumen in the road Construction, REAAA(Malaysian Chapter), Institution of Highways and Transportation (Malaysian Branch), Institution of Engineers Malaysia.

Robert, F.L., Kandhal, P.S., Brown, E.R., Lee, D.Y. and Kennedy, T.W., 1991. Hot mix Asphalt Materials, Mixture Design, and Construction. Proceeding of NAPA Education Foundation, Lanham, Maryland, pp. 227-244.



Robert, F.L., Kandhal, P.S., Brown, E.R., and Dunning, R.L., 1989. Investigation and Evaluation of Ground Tire Rubber in Hot mix Asphalt. Proceeding of National Center for Asphalt Technology, No 89-3, pp.109-151.

Robert, F.L., Kandhal, P.S., Brown, E.R., and Dunning, R.L., 1989. Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design, and Construction. National Center for Asphalt Technology Auburn University Alabama.

<http://www.rubberpavements.org/library/spray-based/crumb.html>

[http://www.kochirefineries.com/krl\\_nrmb.html](http://www.kochirefineries.com/krl_nrmb.html)

<http://www.highwaysmaintenance.com/rubtext.htm>

<http://www.tarrc.co.uk/pages/nrhispart1.htm>

# **BAB 1**

## **PENGENALAN**

### **1.1 PENDAHULUAN**

Jalan raya merupakan salah satu cara perhubungan yang terpenting dalam kehidupan manusia. Jalan raya yang baik mampu memberikan keselesaan kepada pengguna. Perkhidmatan jalan raya yang baik hanya mampu dicapai sekiranya keadaan fizikal jalan raya adalah baik. Sejak turapan berbitumen dicipta, ia telah digunakan secara meluas untuk menyediakan perjalanan yang selesa dan selamat kepada pengguna. Terdapat pelbagai jenis turapan berbitumen yang lazimnya digunakan di Malaysia. Antaranya adalah konkrit asphalt, asphalt berliang dan juga turapan konkrit.

Dalam pembinaan jalan raya, kualiti turapan jalan raya sentiasa diutamakan untuk mengurangkan kos penyenggaraan dan sekaligus meningkatkan tahap perkhidmatan. Turapan jalan raya yang dibina selalunya mempunyai jangka hayat yg panjang iaitu 10 tahun. Namun begitu atas faktor-faktor kelemahan yang ada pada kandungan turapan itu sendiri dan juga atas faktor persekitaran, kegagalan turapan cenderung untuk berlaku.

Antara kegagalan yang sering berlaku adalah masalah ubah bentuk akibat kestabilan yang rendah, masalah retakan akibat kelenturan yang rendah serta penyepaian, pelucutan dan juga pengkawahahan yang berlaku akibat ketahananlasakan yang rendah terhadap daya lelasan lalulintas. Masalah-masalah yang dihadapi ini memberikan

tahap perkhidmatan turapan yang rendah serta mewujudkan ketidakselesaian kepada pengguna.

Oleh sebab itu, pelbagai teknik telah diperkenalkan untuk menghasilkan pelbagai jenis turapan yang berbeza dan mampu mengatasi masalah-masalah ini. Antaranya adalah asfalt campuran getah, asfalt berliang, asfalt campuran polimer, asfalt bancuhan panas dan sebagainya. Namun begitu, kajian yang dijalankan ini adalah tertumpu kepada asfalt campuran getah dengan bahan tambah CRABit. Kajian yang dijalankan ini lebih tertumpu kepada perbandingan antara campuran konkrit asfalt secara campuran kering dan juga campuran basah.

### **1.1.1 Permasalahan yang Berlaku**

Di Malaysia, bitumen dengan gred penusukan 80/100 digunakan dengan titik lembut antara 42 - 50°C. Namun begitu, suhu turapan jalan raya adalah di antara 20°C pada siang harinya dan boleh meningkat sehingga 60°C pada waktu tengah hari. Bitumen yang mempunyai sifat bahan elastik yang likat, menunjukkan sifat kelikatan pada suhu yang tinggi dan menyebabkan berlakunya rayapan dan ubah bentuk kekal pada campuran asfalt. (Mustafa dan Sufian, 1997)

Dengan pembebanan jangka panjang dan juga suhu yang tinggi, campuran asfalt berkelakuan sama seperti keadaan asfalt pada suhu yang tinggi. Ini menyebabkan berlakunya kegagalan seperti retak atau 'cracking' dan juga 'rutting'. Retak seperti retak buaya berlaku disebabkan oleh pembebanan yang berulang kali untuk satu

jangka masa yang panjang. Kelesuan ataupun 'fatigue' berlaku akibat pendedahan terhadap suhu yang tidak menentu dan akhirnya menyebabkan retak.

Proses penuaan ataupun 'ageing' berlaku akibat daripada suhu jalan raya yang tinggi dan kesan dari sinaran ultra ungu. (Lay, 1990). Pengoksidaan bitumen menyebabkan bitumen mengalami penyahoksigenan. Bitumen menjadi rapuh dan ini menyumbang ke arah kegagalan turapan. Apabila bitumen menjadi rapuh penyepaian bitumen berlaku, bitumen akan terpecah-pecah kepada bahagian-bahagian yang kecil ataupun hancur.

Ini menimbulkan masalah kepada turapan konkrit asphalt dengan jangka hayat turapan berkurangan dan juga keberkesanan perkhidmatannya tidak mencapai standard yang telah ditetapkan. Masalah ini perlu dipandang serius kerana secara tidak langsung ia bukan sahaja mendatangkan masalah dari segi perkhidmatan malah menimbulkan masalah kos penyenggaraan yang tinggi.

Maka, teknik konkrit asphalt campuran getah dengan bahan tambah CRABit diperkenalkan bertujuan untuk meningkatkan kebolehtahanlasakan terhadap suhu, melambatkan proses penuaan turapan dan membenarkan pengikat tetap efektif untuk jangka masa yang lebih lama.

## 1.2 OBJEKTIF

Terdapat beberapa objektif dalam menjalankan kajian ini iaitu:

- i) Mengenalpasti perbezaan prestasi konkrit asphalt campuran getah dengan bahan tambah CRABit yang disediakan melalui dua cara iaitu proses kering dan proses basah.
- ii) Menentukan cara terbaik untuk proses campuran konkrit asphalt campuran getah sama ada proses kering atau proses basah berdasarkan keputusan ujian makmal.
- iii) Membandingkan prestasi konkrit asphalt campuran getah dengan bahan tambah CRABit yang dicampur secara proses kering dan proses basah dari segi ciri fizikal dan mekanik seperti keliangan lompong dalam aggegat mineral (VMA), graviti tentu campuran, kestabilan dan juga modulus kebingkasan.

### **1.3 SKOP KAJIAN**

Dalam menjalankan kajian ini, ujikaji makmal dijalankan melibatkan konkrit asphalt campuran getah dengan bahan tambah iaitu CRABit. CRABit ialah sejenis bahan getah yang dicampurkan dengan bitumen dengan nilai penusukan 80/100. Dua jenis CRABit yang digunakan adalah CRI dan juga CRII. Serbuk getah yang digunakan sebagai bahan tambah ini dinamakan 'CRABit' oleh Abdullahi. Spesimen disediakan dengan kandungan bitumen sebanyak 5.5%, 6.0%, 6.5%, 7.0% dan juga 7.5%.

Kandungan CR I dan CR II yang digunakan adalah sebanyak 1% dan juga 3% daripada berat keseluruhan campuran. Penggredan agregat ACW14 digunakan dalam pencampuran ini. Perbezaan di antara campuran konkrit asphalt yang disediakan secara basah dan kering dikenal pasti dengan menjalankan ujikaji makmal. Skop kajian meliputi perbezaan sifat kestabilan dan juga modulus kebingkasan.

## **BAB 2**

### **SOROTAN LITERATUR**

#### **2.1 PENGENALAN**

Bahan getah yang menghasilkan CRABit didapati daripada tayar kenderaan penumpang dan juga tayar trak. Getah adalah satu bahan yang homogenus. Dua jenis campuran getah yang utama adalah campuran karkas dan juga campuran apungan. Campuran karkas adalah kurang sifat kekakuan dan juga mengandungi kurang kandungan karbon hitam berbanding campuran apungan. Berdasarkan prospek kejuruteraan, bahan getah mempunyai beberapa sifat thermo-mekanik yang istimewa dan juga mempunyai sifat kimia fizikal yang baik (Badaruddin, 1997).

Selain daripada penggunaan getah dalam kehidupan seharian seperti tayar kenderaan dan sebagainya, getah kini dikitar semula untuk dijadikan bahan tambah dalam penyediaan turapan jalan raya. Salah satu faktor lain yang penting dalam penggunaan getah adalah komposisi kimia getah itu sendiri. Tiga jenis getah yang biasa digunakan adalah:

- i) poliisoprene
- ii) polibutadiene
- iii) styren-butadien copolymers (SBR)

### **2.1.1 Kekonsistenan Campuran Konkrit Asphalt dan Bahan Getah**

Terdapat beberapa faktor penting yang mempengaruhi kekonsistenan campuran asphalt dan bahan getah iaitu:

- i) Kandungan getah
- ii) Saiz getah (penggredan)
- iii) Kelikatan sebenar asphalt
- iv) Keadaan tindak balas (suhu dan masa)
- v) Suhu campuran asphalt dan bahan getah selepas tindakbalas

Faktor-faktor inilah yang menentukan tahap kekonsistenan campuran tersebut (Badarudin, 1997).

Saiz untuk setiap getah digredkan mengikut saiz yang bersesuaian. Saiz terkecil mampu mencapai sehingga 0.2 mm dan ke bawah. Penggredan yang selalunya digunakan dalam turapan adalah di antara 20 mm sehingga ke 0.5 mm. Bahan getah adalah ringan dan tahan lama. Ia dapat bertahan dalam persekitaran biasa untuk satu jangka masa yang panjang.

Idea untuk menggunakan bahan getah dalam turapan konkrit asphalt adalah kerana keupayaannya dalam mengurangkan hingar adalah berdasarkan kepada fakta bahawa getah pukal mempunyai keupayaan menyerap bunyi yang lebih baik berbanding blok atau papak konkrit. Kini, bahan getah dijadikan dalam bentuk-bentuk granul kecil atau halus dan longgar yang mampu meningkatkan lagi keupayaan menyerap bunyi kerana mempunyai peratus kandungan liang-liang udara yang tinggi.



Dengan peratus kandungan liang udara yang tinggi keupayaan menyerap menjadi lebih baik berbanding dengan getah pukal yang tidak mempunyai liang udara. Namun, apa yang dipentingkan bahan getah adalah bahan yang dikitar semula. Penggunaan bahan getah yang dikitar semula menyumbang ke arah mengurangkan pencemaran disebabkan pembakaran tayar-tayar buruk ataupun pembuangan tayar yang tidak berguna. (<http://www.rubberpavements.org/library/spray-based/crumb.html>)

## **2.2 KONKRIT ASFALT CAMPURAN GETAH**

Konkrit asfalt campuran getah dengan bahan tambah CRABit merupakan satu kajian terpenting yang dibangunkan. Kajian ini bertujuan untuk menghasilkan kaedah baru turapan jalan yang diharapkan dapat menghasilkan ciri kebolehlenturan yang tinggi pada suhu yang rendah untuk mengurangkan retakan. Kajian ini juga diharapkan dapat menghasilkan ciri kestabilan yang lebih baik pada suhu tinggi dan pada keadaan pembebanan berlebihan bagi merintang kerosakan bentuk (Mustafa dan Sufian, 1997).

CRABit yang digunakan merupakan bahan tambah yang terhasil daripada cebisan getah daripada tayar kenderaan lama. Berdasarkan kajian yang telah dilakukan sebelum ini, penambahan cebisan getah dalam konkrit asfalt mampu melambatkan proses penuaan turapan. Malah, penambahan cebisan getah juga meningkatkan titik lembut campuran pada mana potensi untuk berlakunya penjujukan akan berkurangan. Ini membolehkan turapan lebih efektif dan tahan lebih lama (Mustafa dan Sufian, 1997).

Dengan jumlah pembuangan tayar yang melebihi beribu-ribu tan setiap tahun, penggunaan semula tayar melalui proses kitar semula merupakan satu langkah bijak yang telah diambil oleh kerajaan. Penggunaan tayar yang diproses menjadi serbuk getah amatlah berguna sebagai bahan tambah dalam pelbagai jenis turapan jalan raya seperti konkrit asphalt campuran getah. Ia bukan sahaja mengurangkan masalah pembuangan tayar yang berlebihan, malah ia juga memberikan satu prospek baru terhadap sumber gantian.

Individu terawal yang bertanggungjawab menjalankan kajian terhadap penggunaan bahan getah sebagai bahan tambah dalam turapan adalah Charles McDonald. Beliau yang bertugas sebagai Ketua Jurutera Bahan di Phoenix, Arizona berminat dalam mencari bahan yang tahan lama, dan tidak terlalu mahal untuk meningkatkan mutu turapan. Penemuan beliau kini telah diterima dan telah banyak kajian - kajian susulan yang dijalankan bagi memastikan penghasilan turapan yang lebih baik (Badaruddin, 1997).

### **2.2.1 Kelebihan Penggunaan Konkrit Asphalt Campuran Getah**

Penambahan serbuk getah sebagai bahan tambah dalam industri turapan kini semakin meluas kerana ia memberikan kelebihan kepada bahan pengikat dan juga turapan. Berbanding dengan sifat konkrit asphalt yang biasa, konkrit asphalt campuran getah mampu meningkatkan keupayaan turapan dalam memberikan perkhidmatan yang lebih baik. Penambahan serbuk getah pada asphalt meningkatkan kekonsistenan bahan pengikat dan menurunkan suhu kerapuhan (Pilat et. al., 2000).

Penambahan serbuk getah juga mengurangkan nilai indeks penusukan jika dibandingkan dengan konkrit asfalt biasa. Nilai indeks penusukan yang semakin berkurangan menunjukkan konkrit asfalt campuran getah adalah lebih likat dan kuat. Lebih likat sesuatu bahan, kerintangan terhadap aliran adalah lebih baik. Ciri elastik asfalt campuran getah yang baik menunjukkan rintangan turapan yang tinggi terhadap kesan retakan pada suhu yang rendah.

Dengan penambahan serbuk getah, nilai titik lembut turut meningkat. Peningkatan nilai titik lembut mengurangkan kecenderungan berlakunya penjujukan ke atas turapan terutamanya pada suhu yang tinggi. Pada suhu yang tinggi, turapan cenderung untuk mengalami penjujukan dan ini mengurangkan tahap kerintangan turapan terhadap ubah bentuk kekal. Bukan itu sahaja, dengan adanya bahan tambah ini proses penuaan turapan dilambatkan (Samsuri dan Fong, 1997).

Ini dapat meningkatkan usia turapan dan tahap kebolekhidmatannya akan bertambah. Serbuk getah berperanan melambatkan proses pengoksidaan bitumen. Pengoksidaan bitumen akan menyebabkan penyepaian agregat berlaku dan ini sekaligus menyebabkan berlakunya keretakan ataupun pengeluman pada turapan.

Lazimnya turapan konkrit asfalt campuran getah meningkatkan nilai aliran Marshall tetapi mengurangkan kestabilan Marshall. Bagi mengatasi masalah ini, VMA perlu ditingkatkan sedikit dan menyebabkan kandungan asfalt optimum bertambah. Di samping itu, penambahan granul getah kepada bancuhan asfalt telah meningkatkan hayat kelesuan dan mengurangkan ubah bentuk kekal (Robert et. al., 1989).

Di samping kelebihan-kelebihan yang dinyatakan di atas, penambahan serbuk getah dalam campuran konkrit asfalt juga mampu meningkatkan sifat kelenturan turapan pada suhu yang rendah. Sifat kelenturan ini membenarkan pemanjangan berlaku tanpa menyebabkan keretakan.

Granul getah mempunyai sifat kelekatan yang tinggi dengan agregat melalui satu pergerakan permukaan komponen aktif yang perlahan. Sifat kerekatan ini meningkatkan ketahananlasakan dan juga meningkatkan kekuatan turapan dalam keadaan basah. Jelas menunjukkan bahawa penambahan bahan getah dalam campuran turapan mampu meningkatkan ketahanan dan kestabilan turapan untuk tahan lebih lama dan memberikan perkhidmatan yang lebih baik dan selesa kepada pengguna.

Sebenarnya, pemilihan jenis bahan tambah yang ingin digunakan adalah bergantung kepada kandungan campuran bitumen yang diubahsuai bersesuaian dengan matlamat turapan yang ingin dicapai. Faktor kos juga turut dititikberatkan dalam pemilihan bahan tambah. Kos pengubahsuaian yang minimum diharapkan dapat dicapai. Lantaran itu, bahan tambah daripada getah dipilih dalam pengubahsuaian campuran turapan berbanding dengan bahan tambah polimer. Terdapat beberapa faktor yang menyumbang ke arah kos pengeluaran yang rendah: (Mustafa dan Sufian, 1997)

- i) Bahan tambah getah yang sedia ada di pasaran
- ii) Penggunaan peralatan campuran yang tidak terlalu kompleks ataupun mudah
- iii) Keperluan pengubahsuaian pengeluaran asfalt yang minimum

## **2.2.2 Kaedah Bancuhan Asfalt Konkrit Campuran Getah**

Terdapat dua kaedah dalam menghasilkan turapan asfalt campuran getah iaitu proses basah dan juga proses kering. Kedua-dua proses ini mempunyai perbezaan sama ada proses pencampuran mahupun sifat-sifat fizikal dan mekanikal yang ditunjukkan. Walaupun kedua-dua proses pencampuran adalah berbeza namun begitu kedua-duanya adalah masih lagi sebagai bahan tambah dalam campuran konkrit asfalt tergelek panas (<http://www.rma.org/scraptire.html>).

### **2.2.2.1 Proses Kering**

Pada umumnya, proses kering dibangunkan sekitar awal tahun 1980 sehingga awal 1990 untuk menghasilkan campuran asfalt tergelek panas bagi penggedan terbuka. Konsep ini menggunakan kedua-dua agregat kasar dan juga agregat halus untuk disesuaikan dengan penggedan agregat bagi meningkatkan sifat bitumen terpinde. Proses kering dapat digunakan dalam campuran asfalt tergelek panas untuk penggedan terbuka, penggedan padat dan juga penggedan had (<http://www.rubberpavements.org/library/spray-based/crumb.html>)

Ia tidak dapat digunakan untuk campuran perebakan sejuk dan juga untuk permukaan penutup. Dalam proses kering, granul atau serbuk getah digunakan sebagai bahan tambah untuk sebahagian daripada agregat halus (selalunya 1 hingga 3 peratus daripada jumlah berat keseluruhan campuran). Saiz granul getah yang ditambahkan adalah 2.0 mm sehingga 4.2 mm.

Granul getah dicampurkan bersama-sama agregat sebelum penambahan bitumen. Kemudian setelah agregat dan serbuk getah bercampur bitumen akan dicampurkan dan penggaulan ketiga-tiga bahan ini akan dilakukan. Cara pencampuran inilah yang memberikan perbezaan antara proses kering dan juga proses basah (<http://www.rma.org/scraptire.html>).

Terdapat beberapa kebaikan dalam pencampuran konkrit asfalt campuran getah secara proses kering iaitu:

- i) Kos penghasilan yang rendah
- ii) Tidak menghadapi masalah penyebaran cebisan getah yang tidak seragam dalam asfalt seperti yang dihadapi oleh proses basah
- iii) Kebolehkerjaan yang lebih tinggi
- iv) Suhu bancuhan yang lebih rendah diperlukan berdasarkan nilai kelikatan asfalt biasa yang lebih rendah berbanding asfalt campuran getah.
- v) Ubahsuai ke atas radas penghasilan spesimen tidak diperlukan
- vi) Masa yang lebih panjang diperolehi untuk proses pemadatan berbanding dengan proses basah

Namun begitu, proses kering mempunyai modulus elastik yang lebih tinggi berbanding proses basah. Ini menunjukkan campuran proses kering lebih cenderung mengalami retakan (Hugo dan Nachenius, 1989). Oleh sebab itu, proses basah lebih popular dan lebih meluas digunakan.

### **2.2.2.2 Proses basah**

Proses basah merupakan satu proses yang kini sering digunakan dalam konkrit asfalt campuran getah. Dalam proses basah, granul atau serbuk getah bertindak sebagai pengubahsuai simen asfalt berbanding dengan proses kering, granul getah bertindak sebagai sebahagian daripada bahan dalam agregat halus. Selain digunakan dalam pencampuran konkrit asfalt tergelek panas untuk ketiga-tiga jenis penggedran, proses basah juga boleh digunakan dalam pembuatan permukaan penutup (chip seals) dan juga asfalt perebakan sejuk.

Walaupun proses kering mempunyai beberapa kebaikan namun begitu, proses basah lebih digemari kerana keupayaannya untuk menghasilkan campuran turapan yang lebih baik. Ini terbukti kerana keupayaan turapan ini dalam mengalami masalah keretakan kerana nilai modulus kebingkasan yang rendah. Bukan itu sahaja, malah melalui proses basah turapan mempunyai sifat ketahanan lasakan ataupun kemampuan untuk bertahan dalam sebarang perubahan suhu (Hugo dan Nachenius, 1989).

Ini amat penting untuk memberikan keboleherjaan yang lebih baik dan juga sifat ketahanan terhadap sebarang perubahan suhu bagi memberikan perkhidmatan yang terbaik kepada pengguna. Oleh sebab itu, kajian yang dijalankan ini lebih tertumpu kepada proses basah.

### **2.2.3 Isu-isu Berkaitan Dengan Konkrit Asfalt Campuran Getah**

Kajian konkrit asfalt campuran getah kini semakin giat dan meluas dijalankan. Beberapa projek percubaan telah dijalankan sekitar tahun 1993-1996. Pada tahun 1993 percubaan telah dijalankan di Rembau, Tampin Negeri Sembilan. Percubaan

turapan Laluan 1 ini adalah sepanjang 1 km. Percubaan kedua adalah di Sungai Buloh sepanjang 4 km meliputi turapan konkrit asphalt campuran getah dan juga campuran kawalan (Mustafa dan Sufian, 1997).

Pelbagai penyelidikan dijalankan dalam usaha membangunkan konkrit asphalt campuran getah ini. Penyelidikan terperinci yang dijalankan adalah meliputi faktor spesifikasi rekabentuk, faktor pembinaan di tapak dan kawalan, isu prestasi turapan, isu kitar semula, isu alam sekitar dan lain-lain isu yang melibatkan penggunaan getah. Berikut merupakan bidang penyelidikan yang diberi penekanan dalam membangunkan konkrit asphalt campuran getah: (Robert et. al., 1989)

i) Faktor Spesifikasi rekabentuk:

- Jenis dan saiz getah tayar yang sesuai digunakan dalam asphalt bancuhan panas.
- Kuantiti getah yang perlu dalam bancuhan
- Sifat ubahan pada simen asphalt campuran getah
- Perubahan dalam prosedur rekabentuk bancuhan
- Kaedah makmal untk mencampurkan getah ke dalam simen asphalt
- Perubahan spesifikasi dalam pembinaan turapan

ii) Faktor pembinaan di tapak dan kawalan

- Kaedah tapak untuk mencampurkan getah dalam simen asphalt
- Kesan penggunaan asphalt campuran getah dalam operasi pembinaan



iii) Isu Prestasi Turapan

- Kesan penggunaan asfalt campuran getah dalam prestasi dan jangka hayat turapan ubahan

iv) Isu kitar Semula

- Keupayaan kitar semula turapan lama yang mengandungi getah
- Keberkesanan penggunaan bahan getah sebagai sumber baru untuk memperbaharui turapan lama
- Jangkaan masalah yang akan timbul dalam penggunaan getah sebagai agen kitar semula

## **BAB 3**

### **METODOLOGI**

#### **3.1 BAHAN DAN CIRI-CIRI**

Dalam menyediakan konkrit asfalt campuran getah dengan bahan tambah melalui proses basah beberapa, bahan penting diperlukan. Bahan-bahan tersebut adalah agregat, bitumen, dan campuran cebisan getah. Bahan-bahan ini merupakan komponen yang paling penting dalam menghasilkan turapan yang berkualiti dan tahan lasak.

##### **3.1.1 Agregat**

Agregat adalah bahan seperti batu hancur, jermang, kelikir, pasir atau seumpamanya yang apabila diikat oleh sesuatu bahan pengikat seperti bitumen atau simen, akan menjadi satu bahagian utama dalam bahan konkrit, konkrit asfalt dan seumpamanya. Ini bermakna sebarang bahan keras sama ada semula jadi atau tiruan boleh disebut dan dikelaskan sebagai agregat. Agregat yang digunakan dalam bancuhan berbitumen turapan ini terbahagi kepada dua iaitu:

##### **3.1.1.1 Agregat kasar**

Agregat kasar boleh ditakrifkan sebagai agregat yang melepasi ayak bersaiz 28 mm dan tertahan pada ayak bersaiz ayak 3.36 mm. Fungsi utama agregat kasar adalah untuk memberikan kestabilan dengan wujudnya saling mengunci antara agregat tersebut dan juga rintangan geserannya terhadap anjakan.

### **3.1.1.2 Agregat Halus**

Agregat halus boleh ditakrifkan sebagai agregat yang melepasi saiz 3.36mm dan tertahan pada ayak bersaiz 0.0075 mm. Agregat halus berfungsi untuk mengurangkan rongga di dalam campuran. Selain itu, agregat halus juga berperanan dalam menambahkan kestabilan bancuhan berasfalt melalui zarah-zarah yang saling mengunci.

### **3.1.2 Penggredan Agregat**

Dalam campuran konkrit asfalt campuran getah dengan bahan tambah CRABit ini, campuran padat digunakan di mana komposisi agregat halus adalah lebih tinggi berbanding agregat kasar. Penggredan agregat adalah mengikut had penggredan JKR ACW 14. Agregat yang digunakan dalam kajian di bekalkan oleh Kuad Quarry Sdn.Bhd. yang terletak di Pulau Pinang. Agregat ini melalui satu proses pengayakan agregat bagi mendapatkan saiz agregat yang diperlukan. Alat yang digunakan adalah mesin pengayak agregat. Saiz maksimum dalam campuran padat ini adalah 14 mm.

Campuran gred halus ataupun campuran padat yang digunakan adalah lebih stabil berbanding campuran gred kasar. Kandungan asfalt di dalam bancuhan gred halus perlulah dibuat dengan teliti bagi mengelakkan kandungan asfalt yang berlebihan. Kandungan asfalt yang berlebihan menimbulkan masalah penjujukan dan kegelinciran. Bancuhan gred halus adalah lebih tahan lasak daripada bancuhan gred kasar oleh sebab kandungan asfalt yang rendah dan isi padu rongga udara yang lebih tinggi.

Ini menyebabkan berlakunya kebolehtelapan air, kegagalan, pengerasan asphalt, dan akhirnya menyebabkan retak. Oleh sebab itu, dalam campuran konkrit asphalt campuran getah dengan bahan tambah craabit ini, penggredan agregat gred tumpat ataupun campuran padat telah dipilih supaya kestabilan dan ketahananlasakan yang tinggi dapat dicapai dan dikekalkan.

Terdapat tiga cara untuk mengungkapkan penggredan sesuatu agregat. Pertama ialah dengan cara peratus individu yang tertahan pada setiap ayak, kedua ialah dengan cara peratus bertokok yang bertahan pada setiap ayak, dan ketiga pula ialah dengan cara jumlah peratus yang melepasi ayak. Dalam ujikaji ini, penggredan jenis ketiga yang digunakan. Jadual 3.1 menunjukkan kuantiti agregat yang diperlukan mengikut saiz yang telah ditetapkan.

**Jadual 3.1 Pecahan agregat berdasarkan had penggredan JKR**

Saiz Ayak (mm)	ACW14	% melepasi	% tertahan	% agregat (g)	Kumulatif
20	100	100	-	-	-
14	80-95	87.5	12.5	150	150
10	68-90	79	8.5	102	252
5	52-72	62	17	204	456
3.35	45-62	53.5	8.5	102	558
1.18	30-45	37.5	16	192	750
0.425	17-30	23.5	14	168	918
0.150	7-16	11.5	12	144	1062
0.075	4-10	7	4.5	54	1116
OPC				84	1200

### **3.1.2 Bahan Pengisi**

Selain agregat kasar dan agregat halus, salah satu bahan penting dalam campuran turapan berbitumen adalah bahan pengisi. Bahan pengisi adalah bahan serbuk halus yang digunakan dalam bancuhan asfalt turapan jalan yang kebanyakannya melebihi ayak bersaiz 0.0075 mm. Antara bahan yang sering digunakan sebagai pengisi adalah serbuk batu kapur, kapur terhidrat, dan simen Portland. Fungsi utama pengisi di dalam bancuhan berasfalt adalah untuk mengeraskan lapisan asfalt pada permukaan agregat dan bertindak mengisi rongga yang masih ada.

Dalam kajian yang dijalankan ini, bahan pengisi yang digunakan adalah Simen Portland ataupun Ordinary Portland Cement, OPC. Bahan pengisi haruslah mempunyai sifat kebersihan, keaslian, kehalusan dan afiniti terhadap asfalt. Bahan pengisi diperlukan bagi mengukuhkan lagi pengikat serta dapat mengisi segala ruang-ruang kosong di celah-celah agregat yang tertinggal.

### **3.1.3 Pengikat**

Selain daripada agregat dan bahan pengisi, satu lagi komponen penting dalam penyediaan konkrit asfalt campuran getah dengan bahan tambah craabit adalah bahan pengikat. Bahan pengikat ini adalah bahan berbitumen bertujuan untuk mengikat agregat bersama-sama dengan komponen lain untuk menghasilkan kekuatan dan kestabilan kepada campuran.

Menurut piawaian ASTM D-8 bitumen merupakan suatu campuran hidrokarbon yang semula jadi atau yang pirogenus (yang dihasilkan melalui proses haba) atau keduanya sekali. Bitumen turut dikenali sebagai simen asphalt. Bitumen berwarna hitam atau coklat hitam dan larut sepenuhnya di dalam karbon disulfida selain daripada bahan pelarut lain seperti petrol dan minyak. Ia tidak mudah terbakar melainkan jika suhunya mencecah nilai 300 °C. Bitumen akan melembut perlahan-lahan sekiranya ditindaki haba.

### 3.1.3.1 Penentuan berat bitumen dalam spesimen

Bahan pengikat yang digunakan adalah bitumen dengan nilai penusukan 80/100. bitumen yang digunakan ini terlebih dahulu melalui beberapa peringkat ujian bagi memastikan bitumen selamat dan sesuai digunakan. Berat campuran adalah 1200 g. Jadual 3.2 menunjukkan berat bitumen dalam campuran ini mengikut peratus kandungan bitumen.

**Jadual 3.2 Kandungan bitumen dalam konkrit asphalt campuran getah dengan bahan tambah CRABit**

Kandungan Bitumen (%)	Berat bitumen (g)
5.5	69.84
6.0	76.60
6.5	83.40
7.0	90.32
7.5	97.30

### 3.1.3.2 Pengiraan bahan pengikat yang diperlukan dalam ujikaji

$$\text{Bahan pengikat (binder Content)} = \frac{\text{B.C} = \% \text{ B.C}}{100 - \% \text{ B.C}} \times \text{jisim campuran}$$

### 3.1.4 Bahan tambah CRABit

Dalam kajian ini, bahan tambah CRABit iaitu daripada cebisan getah ataupun serbuk getah merupakan satu komponen yang amat penting. Kajian ini juga dijalankan bagi mengetahui sifat fizikal dan mekanikal campuran konkrit asphalt campuran getah apabila dicampurkan bahan tambah serbuk getah ini melalui dua proses utama iaitu proses basah dan kering. Namun begitu, dalam kajian ini proses basah lebih ditekankan. Terdapat dua jenis craabit yang digunakan dalam kajian ini iaitu CRABit I dan juga CRABit II.

Kandungan bagi kedua-dua CRABit adalah sebanyak 1% dan juga 3% daripada berat keseluruhan sampel. Dua jenis CRABit digunakan iaitu CRABit I dan CRABit II. Perbezaan antara keduanya adalah dari segi kandungan bahan getah di dalamnya. CRABit I mengandungi 30% bahan getah dan juga bahan tambah, manakala CRABit II mengandungi 50% bahan getah dan juga bahan tambah lain. Dalam kajian ini CRABit I dinamakan CR I manakala CRABit II ditulis sebagai CR II. Pengiraan bagi berat craabit yang digunakan adalah:

$$\% \text{ cebisan getah} = \frac{\text{cebisian getah} \times 100}{1200 + \text{bahan pengikat (g)} + \text{cebisian getah (g)}}$$

**Jadual 3.3 Kandungan CRABit dalam konkrit asphalt campuran getah dengan bahan tambah CRABit**

Jenis CRABit	Kandungan CRABit (%)	Berat CRABit (g)
CRABit I (CR I)	1	15
	3	45
CRABit II (CR II)	1	15
	3	45

### **3.2 PENYEDIAAN BAHAN**

#### **3.2.1 Pencampuran Bitumen dengan Bahan Tambah CRABit**

Dalam ujikaji ini, bitumen dicampur dengan bahan tambah iaitu craabit mengikut peratus yang telah ditetapkan sebelum melalui proses pencampuran bersama agregat. Cebisan getah ataupun CRABit ini ditambah ke dalam bitumen. Terdapat dua campuran CRABit ini iaitu campuran CRABit I dengan kuantiti sebanyak 1% daripada jumlah berat agregat dan pengisi iaitu 15 g berbanding berat agregat dan pengisi sebanyak 1200 g.

Campuran kedua adalah CRABit I dengan kuantiti sebanyak 3% ataupun 45 g daripada berat keseluruhan agregat dan pengisi seperti sebelumnya. Campuran seterusnya adalah menggunakan jenis CRABit II dengan kuantiti yang sama sebanyak 1% dan 3%. Setiap satu campuran mewakili 10 spesimen.



**Jadual 3.4 Bilangan spesimen untuk setiap jenis campuran**

Jenis CRABit	Kandungan CRABit (%)	Gred Bitumen Penusukan	Bilangan Spesimen
CR I	1	80/100	10
	3	80/100	10
CR II	1	80/100	10
	3	80/100	10

Keseluruhan ujikaji ini memerlukan 40 spesimen bagi mendapatkan keputusan yang jitu. Cebisan getah yang dicampur terlebih dahulu bersama bahan pengikat iaitu bitumen inilah yang membezakan antara proses campuran secara kering ataupun campuran secara basah. Dalam proses campuran secara kering, cebisan getah tidak dicampurkan terlebih dahulu sebaliknya dicampurkan ketika pencampuran dilakukan bersama-sama agregat dan juga bahan pengikat.

Namun begitu, dalam proses campuran basah, cebisan getah dicampur terlebih dahulu bersama bahan pengikat sebelum proses pencampuran dijalankan bersama-sama dengan agregat. Proses campuran secara basah dijalankan dalam kajian ini. Ini bagi mencari perbezaan antara bancuhan konkrit asphalt campuran getah dengan bahan tambah craabit secara proses basah berbanding proses kering bagi elemen-elemen tertentu selaras dengan objektif kajian yang dijalankan.

Proses mencampur CRABit bersama-sama bitumen dengan nilai penusukan 80/100 dijalankan. Sebelum dicampur, bitumen 80/100 dipanaskan di dalam ketuhar selama lebih kurang 2 jam bagi membolehkan bitumen menjadi cair. Pada masa yang sama kandungan CRABit I dan CRABit II ditimbang dengan berat masing-masing