

**PENGGUNAAN KACA BUANGAN SEBAGAI AGREGAT HALUS DALAM
TURAPAN ASFALT**

KHAIRUL NIZAM BIN MOHD YUNUS

Laporan projek ini dikemukakan sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat penganugerahan Ijazah Sarjana Kejuruteraan (Awam – Pengangkutan & Jalan Raya)

**Fakulti Kejuruteraan Awam
Universiti Teknologi Malaysia**

OKTOBER, 2004

Secangkir Kata

Untuk-Mu Ya Allah,

KeredhaanMu..... KesyukuranKu.....

Untuk Ayahanda & Bonda Tercinta,

Limpahan pengorbanan dan kasih sayangmu..... Sanjunganku.....

Untuk Kekanda-Kekanda Dihormati,

Nasihat dan sokonganmu Semangatku.....

Untuk Adinda-Adinda Dikasih,

Moga Kejayaanku..... Menjadi Inspirasimu.....

Untuk Tunang Tersayang,

Kesetian dan kesabaranmu..... Kekuatanku.....

Nasib Kita Harus Ku Bela

Penghargaan

*B*ismillahirrahmanirrahim. Assalamualaikum wm. wb.,

Terlebih dahulu saya merakamkan setinggi-tinggi kesyukuran kepada Allah Subhanahuwataala kerana hanya dengan izin-Nya saya dapat menyiapkan Projek Sarjana ini. Selawat dan salam diucapkan kepada junjungan besar baginda Rasullullah s.a.w yang telah membawa risalah kebenaran kepada manusia. Bertolak kepada arahan kitabullah dan sunnah Rasullullah, saya gagahkan jua kerana nasib kita tidak akan berubah jika kita tidak cuba mengubahnya. InsyaAllah.

Saya merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada **Tuan Haji Che Ros Bin Ismail** bukan sahaja sebagai penyelia Projek Sarjana malah banyak nasihat dan dorongan yang diberikan sepanjang pengajian saya. JazakAllah. Saya juga ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada pembantu penyelia, Puan Marliana Azura Binti Ahmad Puzi atas kerjasama dan tunjuk ajar yang diberikan bagi menyiapkan projek ini.

Di kesempatan ini juga saya ingin merakamkan setinggi-tinggi terima kasih kepada Encik Ahmad Kamal Ariffin Bin Abd. Rahim selaku ketua makmal jalan raya KUiTTHO serta juruteknik terlibat iaitu Puan Zamra Binti Jasman dan Encik Azuan Bin Poharan @ Bunari kerana telah banyak membantu dalam menyiapkan projek ini.

Akhir sekali, saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada semua rakan-rakan dan semua pihak yang banyak memberi pertolongan dan kerjasama terutama Wan dan Fidah pelajar sarjana muda KUiTTHO serta rakan serumah Ezuan, Farid dan Sani. Semoga Allah memberkatinya.

Wassalam.

ABSTRAK

Agregat merupakan jujuk utama dalam reka bentuk campuran asfalt atau *hot mix asphalt* (HMA). Permintaan yang tinggi terhadap agregat semulajadi boleh menyebabkan kekurangannya. Ini boleh menyebabkan masalah yang besar terhadap pembinaan jalan raya. Terdapat pelbagai cadangan bagi menyelesaikan masalah ini. Salah satu daripadanya adalah dengan menggunakan kaca buangan sebagai agregat halus. Kaca buangan merupakan bahan yang 100% boleh dikitar semula. Matlamat kajian ini adalah untuk menilai kesesuaian kaca sebagai agregat halus di dalam campuran berasfalt. Dalam kajian ini, campuran jenis ACW20 (*Asphaltic Concrete Wearing course*) disediakan. Ujian makmal yang dilaksanakan adalah ujian Marshall dan ujian Modulus Kekenyalan. Campuran tanpa kaca juga dibuat sebagai perbandingan. Ujian Marshall dilaksanakan bagi mendapatkan kandungan bitumen optimum dan kandungan kaca maksimum, manakala ujian Modulus Kekenyalan dilaksanakan untuk menentukan kesan beban terhadap campuran ACW20 berkaca. Hasil kajian menunjukkan bahawa kandungan kaca maksimum yang boleh digunakan sebagai agregat halus dalam turapan asfalt ialah 19%.



ABSTRACT

Aggregate is an important component in hot mix asphalt (HMA). High demand on natural aggregate creates deficiency of this material. It may cause serious problem in highway construction. Many suggestions have been put forward to solve this problem. One of the suggestions is using waste glass as fine aggregate. Waste glass is 100% recyclable. The purpose of this study is to test the suitability of glass as fine aggregate in HMA. In this study, HMA used is asphaltic concrete wearing course (ACW20). Laboratory tests conducted include Marshall Test and Resilient Modulus Test. HMA without glass had been use as control sample. Marshall Test had been carried out to establish the optimum bitumen content (OBC) and maximum glass content, whereas Resilient Modulus test is used to determine the loading effect in the mix. Result indicates that the maximum waste glass content to be used as fine aggregate in asphalt pavement is 19%.



PT. PUSTAKA TUNJUK TUNJUK AMINAH
PERPUSTAKAAN TUNJUK TUNJUK AMINAH

KANDUNGAN

BAB	TAJUK	MUKA SURAT
	TAJUK	i
	PENAKUAN	ii
	SECANGKIR KATA	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	x
	SENARAI RAJAH	xi
	SENARAI LAMPIRAN	xiii
1	PENDAHULUAN	1
	1.1 Pengenalan	1
	1.2 Pernyataan Masalah	2
	1.3 Objektif Kajian	3
	1.4 Skop Kajian	3
	1.5 Kepentingan Kajian	4
2	KAJIAN LITERATUR	5
	2.1 Pengenalan	5
	2.2 Agregat	7
	2.2.1 Agregat Semulajadi	7
	2.2.2 Agregat Tiruan	8
	2.2.3 Agregat Turapan Jalanraya	9
	2.3 Kaca	10

2.3.1	Pengenalan	10
2.3.2	Kaca Buangan	11
2.3.3	Keberkesanan Penggunaan Kaca Buangan	12
2.4	Kualiti Premix	12
2.4.1	Pengenalan	12
2.4.2	Konkrit Berasfalt Bancuhan Panas	13
2.4.3	Ujian Marshall	14
2.4.4	Ujian Modulus Kekenyalan	16
3	METODOLOGI KAJIAN	18
3.1	Pengenalan	18
3.2	Penyediaan Bahan Ujian Marshall	20
3.2.1	Pengenalan	20
3.2.2	Persediaan Agregat	20
3.2.3	Penyediaan Bitumen	27
3.2.4	Penyediaan Kaca	28
3.3	Prosedur Reka Bentuk Campuran Marshall (ASTM D 1559)	31
3.3.1	Pengenalan	31
3.3.2	Penyediaan Sampel	33
3.3.3	Prosedur Ujian	37
3.4	Ujian Modulus Kekenyalan (ASTM D 4123)	40
3.4.1	Pengenalan	40
3.4.2	Penyediaan Sampel	40
3.4.3	Prosedur Ujian	41
4	ANALISA DATA	45
4.1	Pengenalan	45
4.2	Keputusan Analisis Ayakan	45
4.3	Analisis Graviti Tentu	46
4.4	Analisis Ujian Marshall	47
4.4.1	Pengenalan	47
4.4.2	Menentukan Kandungan Bitumen Optimum	48
4.4.3	Menentukan Kandungan Kaca Maksimum	49

4.5	Analisis Ujian Modulus Kekenyalan	50
5	KESIMPULAN DAN CADANGAN	52
5.1	Kesimpulan	52
5.2	Cadangan	53
	RUJUKAN	55
	LAMPIRAN	56-119



PTTA UTHM
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Komposisi Kimia Kaca	11
2.2	Parameter Ujian dan Analisis Konkrit berasfalt	14
3.1	Penyediaan Sampel Modulus Kekenyalan	41
4.1	Graviti Tentu Bahan-bahan	46
4.2	Graviti Tentu (SG) Campuran Bahan-bahan	47
4.3	Had spesifikasi bagi parameter Marshall (JKR, 1988)	47
4.4	Kandungan Bitumen pada Parameter Marshall	48
4.5	Parameter Spesifikasi ACW20 pada Kandungan Bitumen Optimum	49
4.6	Kandungan Kaca Maksimum	49
4.6	Nilai Modulus Kekenyalan berbanding Peratusan Kandungan Kaca & Bitumen	50

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Lapisan Jalan Raya	6
2.2	Gambaran Ujian Modulus Kekenyalan	16
3.1	Carta alir metodologi kajian	19
3.2	Peralatan ujian ayakan dari saiz 75 μ m – 28mm	22
3.3	Agregat direndam dalam air suling selama 24 jam	23
3.4	Agregat dimasukkan didalam bekas penimbang selepas direndam 24 jam	24
3.5	Agregat ditimbang didalam air	24
3.6	Agregat dikeringkan dengan menggunakan tuala lembab	25
3.7	Agregat dimasukkan dalam ketuhar selama 24 jam pada suhu 110°C	25
3.8	Debu kuari direndam dalam air suling selama 24 jam	26
3.9	Debu kuari dikeringkan menggunakan alat pengering	27
3.10	Kaca diasingkan daripada sampah sarap	28
3.11	Kaca yang digunakan dalam kajian	29
3.12	Kaca yang telah dihancurkan	29
3.13	Kaca direndam dalam air suling selama 24 jam	30
3.14	Kaca dikeringkan menggunakan alat pengering	31
3.15	Sampel Agregat dan Kaca yang digunakan dalam reka bentuk ACW20	32
3.16	Bitumen yang digunakan dalam reka bentuk ACW20	32
3.17	Carta alir Penyediaan Sampel Marshall	36
3.18	Carta alir Ujian Marshall	39

3.19	Carta alir Ujian Modulus Kekenyalan	44
4.1	Graf nilai Modulus Kekenyalan terhadap kandungan Kaca	50



SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	TAJUK	MUKA SURAT
A1	Keputusan Ayakan Agregat 20mm	57
A2	Keputusan Ayakan Agregat 10mm	58
A3	Keputusan Ayakan Debu Kuari	59
A4	Keputusan Ayakan Simen	60
A5	Keputusan Ayakan Kaca Buangan	61
B1	Pencampuran Agregat 20mm, 10mm, Debu Kuari & Simen	63
B2	Pencampuran Agregat 20mm, 10mm, Debu Kuari, 10% Kaca & Simen	64
B3	Pencampuran Agregat 20mm, 10mm, Debu Kuari, 20% Kaca & Simen	65
B4	Pencampuran Agregat 20mm, 10mm, Debu Kuari, 30% Kaca & Simen	66
C	Graviti Tentu	67
D	Keputusan Ujian Marshall untuk menentukan Kandungan Bitumen Optimum	71
E	Graf Analisis Marshall untuk menentukan Kandungan Bitumen Optimum	73
F	Keputusan Ujian Marshall untuk menentukan Kandungan Kaca Maksimum	76
G	Graf Analisis Marshall untuk menentukan Kandungan Kaca Maksimum	80
H	Keputusan Ujian Modulus Kekenyalan	84

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Perancangan rangkaian jalan raya moden di Malaysia telah bermula sejak zaman penjajahan Inggeris lagi. Rangkaian jalan raya di Malaysia merupakan diantara yang terbaik di rantau Asia Tenggara. Jalan raya utama di Malaysia, secara keseluruhannya merupakan turapan dari jenis berasfalt.

Bahan utama didalam pembinaan turapan berasfalt adalah agregat. Agregat berperanan menanggung beban lalu lintas dan menyalurkan beban tersebut ke lapisan yang di bawah dan seterusnya ke subged. Agregat boleh ditakrifkan sebagai sebarang bahan keras sama ada semulajadi atau tiruan. Agregat semulajadi terdiri daripada batuan igneus, batuan endapan, dan batuan metamorfik. Ketiga-tiga batuan jenis ini selalunya digunakan dalam turapan berasfalt. Manakala salah satu agregat tiruan adalah jermang. Ianya adalah bahan sampingan yang dihasilkan daripada proses peleburan bijih besi di dalam relau bagas.

Oleh kerana permintaan yang tinggi terhadap agregat semulajadi, ianya akan menyebabkan kekurangannya dan boleh menyebabkan masalah yang besar terhadap pembinaan jalan raya. Masalah yang dihadapi pada masa kini adalah kekurangan agregat. Terdapat pelbagai cadangan bagi menyelesaikan masalah ini. Salah satu daripadanya adalah dengan menggunakan kaca buangan sebagai agregat halus. Kaca merupakan bahan buatan manusia yang dipraktik sejak dahulu lagi di mana ianya keras, mudah pecah, bahan tidak organik dan lutsinar. Kebiasaannya komposisi kaca

terdiri daripada silika, pasir, sedikit soda dan warna (Chang, 1991). Keterangan tentang kaca akan diterangkan dalam Bab 2.

1.2 Pernyataan Masalah

Pertambahan penduduk di mana-mana negara akan menyebabkan pertambahan bahan-bahan buangan. Ini tidak dapat dielakkan tetapi boleh dikurangkan dengan penggunaan semula bahan-bahan tersebut. Salah satu bahan buangan yang banyak terdapat di rantau ini adalah kaca.

Bahan buangan yang tidak reput dan dengan penambahan penduduk menyebabkan berlakunya krisis tempat pelupusan. Salah satu cara mengatasi masalah ini adalah dengan penggunaan semula bahan buangan untuk dijadikan hasil pengeluaran yang berguna. Selain daripada itu, ianya dapat mengurangkan pencemaran alam sekitar.

Pada kebiasaannya kaca buangan dikitar semula menjadi kaca baru. Proses kitar semula kaca memberi penjimatan tenaga yang lebih daripada memproses kaca daripada bahan mentah. Disamping itu juga ianya dapat mengurangkan masalah tempat pelupusan selain daripada mengurangkan kos untuk menghasilkan kaca baru daripada bahan mentah.

Kekurangan bahan yang berkualiti, masalah pelupusan bahan buangan dan kekurangan agregat menimbulkan minat untuk menyelidiki kemungkinan menggunakan kaca buangan sebagai bahan turapan dalam pembinaan jalan raya di Malaysia.

1.3 Objektif Kajian

Matlamat kajian adalah untuk menilai kesesuaian kaca sebagai agregat halus di dalam campuran berasfalt. Selain daripada dapat menggunakan kaca buangan, ia juga dapat menyelesaikan masalah yang timbul daripada kekurangan agregat.

Untuk mencapai matlamat ini, kajian dijalankan dengan objektif berikut:

- i. Mendapatkan kandungan bitumen optimum dalam campuran;
- ii. Mendapatkan kandungan kaca optimum dalam campuran; dan
- iii. Mengenalpasti prestasi campuran ACW20 menggunakan kaca sebagai agregat halus.

1.4 Skop Kajian

Dalam kajian ini, campuran jenis ACW20 disediakan. Ujian Marshall dilaksanakan bagi mendapatkan kandungan optimum bitumen dan kaca. Ianya dilaksanakan dalam dua peringkat:

- i. Mendapatkan kandungan bitumen optimum dengan menggunakan agregat kasar (bersaiz 20mm dan 10mm), agregat halus (debu kuari) dan pengisi (simen) serta kandungan bitumen yang berlainan iaitu 5.0%, 5.5%, 6.0%, 6.5% dan 7.0%.
- ii. Daripada keputusan peringkat (i), kandungan kaca optimum dicari. Ini dilakukan dengan menggantikan agregat halus dengan kandungan kaca yang berlainan iaitu 10%, 20% dan 30%. Setiap peratus kaca yang berlainan akan dicampurkan dengan bitumen pada kandungan bitumen optimum (OBC), OBC+0.5% dan OBC-0.5%. Ini akan dijelaskan lagi dalam Bab 3.

Manakala bagi mendapatkan prestasi campuran ACW20 dengan menggunakan kaca, ujian Modulus Kekenyalan dilaksanakan.

1.5 Kepentingan Kajian

Kajian ini dapat memberi maklumat baru tentang kaca buangan sebagai agregat halus dalam turapan berasfalt. Kajian ini juga dapat memberi sumbangan kepada masyarakat sekeliling dalam mengurangkan permasalahan bahan buangan di negara kita. Selain daripada itu, ianya dapat memberi alternatif kepada jurutera dalam penggunaan bahan lain sebagai bahan turapan jalan.



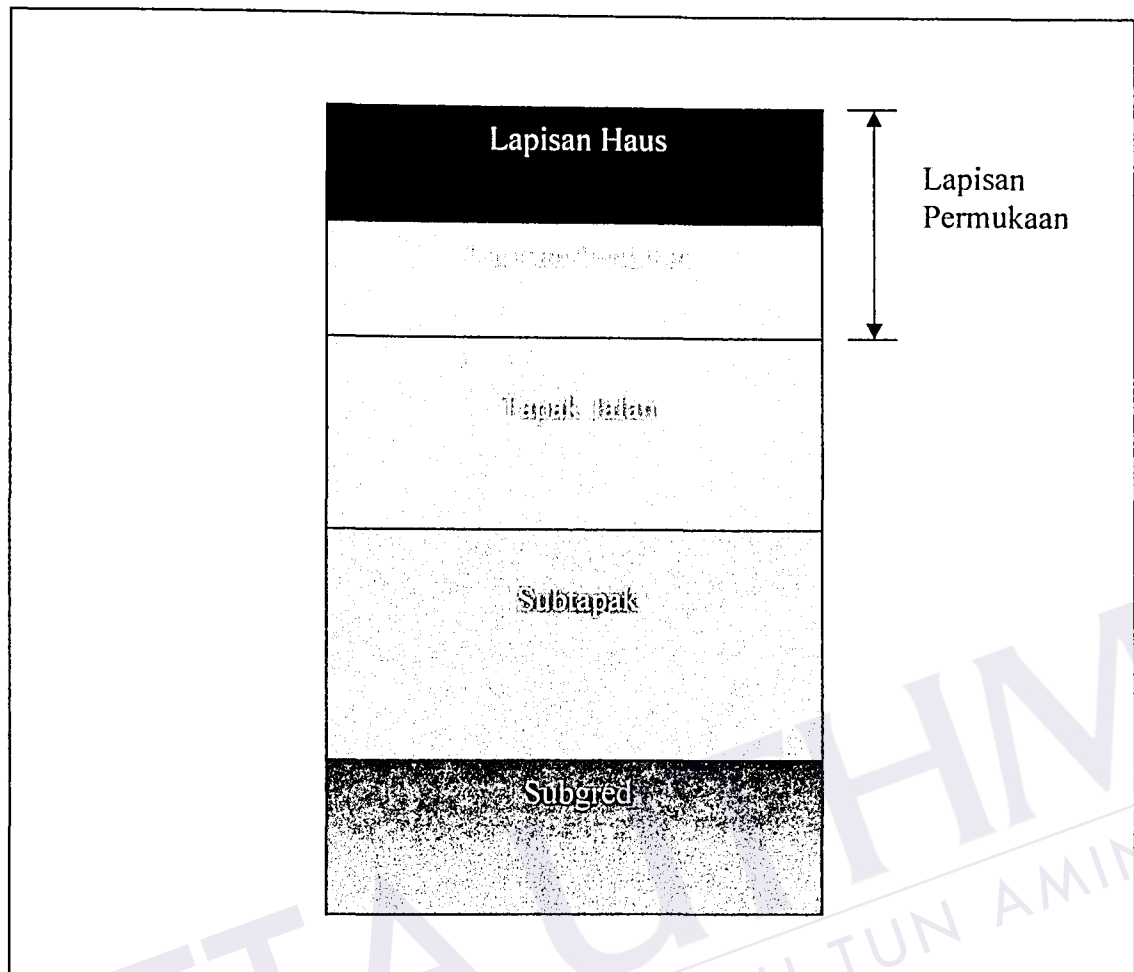
BAB 2

KAJIAN LITERATUR

2.1 Pengenalan

Jalan raya merupakan satu keperluan dalam sistem perhubungan pada masa kini. Perancangan jalan raya moden di Malaysia bermula sejak zaman penjajahan Inggeris lagi. Namun begitu, pada masa itu ianya dibina untuk memenuhi tujuan penjajahan. Apabila Tanah Melayu mencapai kemerdekaan pada tahun 1957, laluan tersebut telah dikemaskini berasaskan kejuruteraan lalu lintas dan menjadi sistem perhubungan utama. Hingga kini, Malaysia merupakan diantara negara yang mempunyai rangkaian jalan raya terbaik di Asia Tenggara (Mohamed Rehan, Meor Othman dan Asri, 1991).

Pada umumnya struktur lapisan jalan raya terdiri daripada empat lapisan seperti ditunjukkan dalam Rajah 2.1. Lapisan-lapisan tersebut adalah subgred, subtapak, tapak jalan dan lapisan permukaan. Subgred merupakan lapisan paling bawah yang terdiri daripada tanah semulajadi atau ditambah untuk menyokong beban yang diserakkan. Bahan-bahan yang biasa digunakan adalah laterit berpasir, agregat dan tanah berpasir.



Rajah 2.1: Lapisan Jalan Raya

Tapak jalan pula berfungsi untuk mengagihkan beban ke lapisan di bawahnya dan menanggung beban lapisan permukaan. Manakala lapisan permukaan merupakan lapisan teratas yang terdiri daripada dua lapisan iaitu lapisan pengikat dan lapisan haus. Lapisan pengikat berfungsi mengagihkan beban ke lapisan tapak. Lapisan haus pula berfungsi untuk menanggung dan mengagihkan beban, menghalang air meresap dan menyediakan permukaan yang rata serta rintangan gelinciran atau geseran yang baik. Bahan utama lapisan ini adalah agregat (Mohamed Rehan, Meor Othman dan Asri, 1991).

Dalam kajian ini, penyelidik ingin mengetahui kesesuaian kaca menggantikan agregat dalam reka bentuk lapisan ini. Reka bentuk campuran yang digunakan adalah ACW20.

2.2 Agregat

Agregat mempunyai peranan yang amat penting dalam turapan iaitu menyediakan struktur saling mengunci, menanggung beban lalu lintas dan menyalurkannya ke lapisan dibawah. Ianya didapati samada dari sumber semulajadi atau tiruan. Kebanyakan agregat yang digunakan terdiri daripada agregat semulajadi. Walaupun begitu terdapat juga agregat tiruan yang digunakan iaitu jermang yang terhasil sebagai bahan sampingan daripada proses peleburan bijih besi (Mohd Ridzuan dan Mohammed Fahmi, 2000).

Ciri-ciri penting yang perlu ada pada agregat untuk turapan asphalt adalah kekuatan; ketahanan; bentuk dan tekstur yang baik; kebersihan dan ketulen; afiniti terhadap bitumen; penyerapan air rendah; tahan penggilapan dan penggredan yang baik (Mohd Ridzuan dan Mohammed Fahmi, 2000).

2.2.1 Agregat Semulajadi

Kebanyakan agregat yang digunakan dalam pembinaan turapan jalan adalah daripada jenis agregat semulajadi. Agregat dikelaskan kepada tiga kumpulan utama iaitu batu igneus, batu endapan dan batu metamorfosis.

Batu igneus terbentuk samada di atas ataupun di bawah permukaan bumi melalui penyejukan bahan lebur iaitu magma. Batu igneus yang terbentuk pada permukaan bumi telah bertemu dengan atmosfera dan disebut sebagai batuan terobosan (extrusive). Manakala batuan yang terbentuk di bawah permukaan bumi pula disebut batuan rejahan (instrusive).

Batuan terobosan dan rejahan boleh bersifat berasid atau sebaliknya, bergantung kepada silika yang terkandung didalamnya. Agregat yang mengandungi lebih daripada 66% silika dianggap berasid manakala yang mengandungi kurang daripada 55% silika dianggap berbes atau beralkali. Agregat yang mempunyai diantara 55% dan 66% silika dikenali sebagai batuan perantaraan. Agregat berasid

biasanya tidak digunakan sebagai bahan turapan kerana ianya bersifat hidrofilik iaitu sukar dibalut oleh bitumen. Keadaan ini boleh menyebabkan kegagalan turapan yang serius (Mohd Ridzuan dan Mohammed Fahmi, 2000).

Batu endapan pula terbentuk apabila sebarang jenis batuan yang telah mengalami penyepaian atau penguraian diangkut dan diendap semula serta menjadi kukuh dan tersimen (terikat) hingga membentuk jenis batuan yang baru. Batuan endapan juga terbentuk daripada mendakan kimia atau endapan bahan organik dalam air. Batu jenis ini terbentuk secara berlapis dan mudah dibezakan dengan batu igneus. Ianya boleh dibahagikan kepada tiga kumpulan utama dari sudut kejuruteraan jalan raya iaitu batu berkapur, bersilika dan lempungan.

Manakala batu metamorfosis pula terbentuk daripada batuan igneus atau batuan endapan yang telah mengalami tindakan haba yang terlalu tinggi (metamorfosis haba) atau mengalami gabungan tindakan haba dan tekanan yang tinggi (metamorfosis kawasan). Kebiasaannya batuan metamorfosis haba lebih keras daripada batuan asalnya. Sebaliknya batuan metamorfosis kawasan agak kasar dan mudah hancur dan ianya tidak begitu sesuai dijadikan agregat turapan jalan (Mohd Ridzuan dan Mohammed Fahmi, 2000).

2.2.2 Agregat Tiruan

Selain daripada agregat semulajadi, beberapa jenis agregat tiruan juga pernah digunakan sebagai agregat turapan jalan. Salah satu jenis yang utama adalah jermang, iaitu suatu keluaran sampingan daripada proses peleburan bijih besi di dalam relau bagas. Walaubagaimanapun, penggunaan jermang berfaedah untuk negara yang mempunyai industri yang berkenaan kerana penggunaan jermang dapat menyelesaikan masalah pembuangan jermang yang dikira sebagai bahan sisa.

Disamping itu, sekiranya proses pengeluaran jermang dikawal dengan baik, bahan ini akan mempunyai ciri-ciri tahan fros yang baik, yang akan menjadikannya

agregat turapan yang sesuai untuk negara yang beriklim sejuk (Mohd Ridzuan dan Mohammed Fahmi, 2000).

2.2.3 Agregat Turapan Jalanraya

Agregat yang digunakan dalam campuran asfalt terbahagi kepada dua kelas iaitu agregat kasar dan agregat halus. Agregat kasar adalah agregat yang tertahan pada ayak saiz # 8 (2.36 mm). Manakala agregat halus adalah agregat yang melepasi ayak saiz # 8 (2.36 mm) (Asphalt Institute, 1983).

Agregat kasar mestilah mempunyai kekuatan yang cukup untuk menahan tindakan beban jentera berat semasa kerja pembinaan dijalankan dan juga menahan beban lalu lintas semasa jalan raya itu siap dibina. Ianya juga perlu mempunyai sifat ketahanan yang tinggi supaya tidak mudah hancur di bawah tindakan cuaca.

Ketahanlasakan bancuhan berasfalt dipengaruhi oleh afiniti agregat terhadap bitumen. Agregat yang mempunyai afiniti yang tinggi terhadap bitumen disebut sebagai kalis dan agregat ini bersifat beralkali. Diantara agregat jenis ini adalah batu kapur, batu pasir, dolomit dan basalt. Manakala agregat yang sukar disalut dengan bitumen dan mudah berlaku ketanggalan disebut hidrofilik. Agregat jenis ini biasanya disebut berasid dan bersilika. Salah satu contoh agregat ini adalah granit. Agregat yang mempunyai nilai penyerapan air yang tinggi akan menyebabkan campuran yang mudah gagal akibat serangan air (Mohamed Rehan, Meor Othman dan Asri, 1991).

Agregat halus pula berfungsi untuk mengurangkan rongga di dalam agregat kasar. Oleh yang demikian, agregat halus perlulah digred secara baik. Agregat halus juga berfungsi untuk menambahkan kestabilan bancuhan berasfalt melalui zarah-zarah yang saling mengunci. Oleh sebab itu, agregat halus yang bersegi dan mempunyai permukaan yang kasar lebih baik digunakan.

Diantara bahan yang selalu digunakan di Malaysia sebagai agregat halus adalah pasir asli (pasir sungai, pasir darat dan pasir lombong) dan batu hancur terayak

(debu kuari yang terhasil selepas penghancuran sekunder) (Mohd Ridzuan dan Mohammed Fahmi, 2000). Dalam kajian ini, kaca telah dipilih untuk menggantikan agregat halus berdasarkan penerangan di atas serta berdasarkan faktor-faktor lain yang akan diterangkan seterusnya.

2.3 Kaca

2.3.1 Pengenalan

Kaca merupakan bahan yang berharga dan serbaguna. Istilah kaca selalunya digunakan untuk memberi maksud pengeluaran cantuman bahan organik lutsinar secara optik yang disejukkan untuk tetap teguh tanpa penghabluran (Chang, 1991).

Kandungan utama kaca adalah silika atau pasir tetapi ia juga mengandungi batu kapur dan abu soda untuk kualiti dan warna. Pada masa kini terdapat lebih kurang 800 jenis kaca yang digunakan dengan pelbagai warna. Warna pada kaca selalunya menunjukkan kehadiran ion-ion logam. Kaca hijau mengandungi ferum (III) oksida, Fe_2O_3 , atau kuprum (II) oksida, CuO ; gelas kuning mengandungi uranium (IV) oksida, UO_2 ; gelas biru mengandungi kobalt (II) dan kuprum (II) oksida, CoO dan CuO ; dan gelas merah mengandungi partikel-partikel kecil emas dan kuprum (Chang, 1991).

Komposisi asas kimia bagi tiga jenis kaca ditunjukkan dalam Jadual 2.1 (Imtiaz, 1993).

Jadual 2.1: Komposisi Kimia Kaca

Juzuk	Borosilikat	Soda-Kapur	Plumbum
SiO ₂	81%	73%	63%
R ₂ O ₃	2%	1%	1%
Na ₂ O	4%	17%	7%
K ₂ O	-	-	7%
B ₂ O ₃	13%	-	-
CaO	-	5%	-
MgO	-	3%	-
PbO	-	-	22%

2.3.2 Kaca Buangan

Penggunaan kaca mempunyai sejarahnya tersendiri. Misalnya di Amerika Syarikat penjual susu menghantar susu di dalam botol kaca yang diisi semula. Pada masa kini, botol kaca hanya digunakan sekali sahaja. Ini berikutan perkembangan teknologi di mana kebanyakan botol diperbuat daripada bahan plastik (Dhir, 2001). Ini kerana penghasilan botol plastik lebih murah.

Beberapa statistik untuk menggambarkan turutan magnitud masalah ini telah dibuat. Di Amerika Syarikat, 41 billion kaca dihasilkan setiap tahun atau sekurang-kurangnya digunakan 150 lelaki, wanita dan kanak-kanak. Lebih kurang 33% daripadanya adalah bekas makanan, 40% botol minuman keras, 22% botol lain-lain minuman dan baki 5% pula adalah untuk kosmetik, ubatan dan bahan lain (Shelby, 1997).

Kaca buangan boleh digunakan untuk campuran konkrit, permukaan jalan dan turapan jalan. Kaca hancur penting sebagai agregat untuk campuran asfalt yang dinamakan *glassphalt*. Department of Sanitation di bandar New York menganggarkan lebih kurang 150,000 tan kaca diguna semula pada tahun 2000 (Dhir, 2001). Ini

menunjukkan bahawa kaca telah pun diguna semula dalam pembinaan jalan raya sebelum ini.

2.3.3 Keberkesanan Penggunaan Kaca Buangan

Kaca buangan yang dikitar semula untuk menghasilkan kaca baru telah meningkatkan penjimatan tenaga daripada penghasilan bahan mentah. Selain daripada itu ianya dapat mengekalkan sumber alam. Beberapa tahun yang lalu, peningkatan kaca buangan daripada sampah pejal membantu ekonomi dan ekologi masyarakat. Inisiatif kitar semula kaca buangan merangkumi (Dhir, 2001):

- i. Pengurangan penggunaan bahan mentah;
- ii. Mengurangkan jumlah penggunaan tenaga sebanyak 25%-32%;
- iii. Mengurangkan sampah pejal sebanyak 75%;
- iv. Mengurangkan pencemaran udara sebanyak 14%-20%; dan
- v. Mengurangkan produksi pencemaran air sebanyak 50%.

2.4 Kualiti Premix

2.4.1 Pengenalan

Jalan premix atau jalan berbitumen merupakan jalan turapan anjal yang paling banyak dibina di Malaysia. Nama bitumen yang lebih dikenali di England atau Amerika disebut sebagai simen asfalt merupakan bahan yang sama iaitu terhasil daripada proses penyulingan berperingkat petroleum. Bahan ini adalah bahan pengikat utama yang menjadikan turapan menjadi anjal. Pembinaan jalan premix biasanya mempunyai empat lapisan iaitu sub tapak, tapak jalan, lapisan pengikat dan lapisan haus.

RUJUKAN

- Asphalt Institute (1983). *Principles Of Construction Of Hot-Mix Asphalt Pavements*. USA: Lexington, Kentucky, MS-22.
- Chang, R. (1991). *Chemistry*. 4th ed. Williams College: McGraw-Hill.
- Croney, D. and Croney, P. (1997). *Design and Performance of Road Pavements*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill.
- Dhir, R. K. (2001). *Recycling And Reuse Of Glass Cullet*. London: Thomas Telford Publishing.
- Huang, Y. H. (1993). *Pavement Analysis and Design*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Imtiaz Ahmed (1993). *Use of Waste Materials in Highway Construction*. Noyes Data Corporation: United States.
- Jabatan Kerja Raya (1988). *Standard Specification for Road Works*. Kuala Lumpur, (JKR/SPJ/1988). JKR 20401-0017-88.
- Mohamed Rehan Karim, Meor Othman Hamzah dan Asri Hasan (1997). *Pengenalan Pembinaan Jalan Raya Berbitumen*. Selangor: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Mohd Ridzuan Bakhri dan Mohammad Fahmi Yusoff (2000). *Ujikaji Bahan-bahan Binaan Jalanraya*. Politeknik Ungku Omar: Laporan Projek Akademik.
- Norkhairulnisa Mat Sah (2003). *Penilaian Kualiti Sisa Keluli sebagai Agregat dalam Campuran Konkrit Berasfalt*. Universiti Teknologi Malaysia: Projek Sarjana Muda.
- Shelby, J. E. (1997). *Introduction to Glass Science and Technology*. Chambridge: The Royal Society of Chemistry.