

**KESAN KETEBALAN LAPISAN KE ATAS KEBOLEHTELAPAN DAN
KEKUATAN KETEGANGAN TAK LANGSUNG ASFLAT BERLIANG**

By

Siti Rahimah Abdul Rahman

Thesis submitted to

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

To fulfill the requirement of graduation

BACHELOR DEGREE IN CIVIL ENGINEERING

PENGHARGAAN

Merakamkan setinggi-tinggi penghargaan dan terima kasih kepada Dr. Meor Othman Hamzah, penyelia projek tahun akhir yang telah memberikan tunjuk ajar dan bimbingan dalam menjayakan projek ini. Beliau telah memberikan banyak pertolongan dan berkongsi pengalaman dan pengetahuan dalam menjayakan projek tahun akhir ini.

Setinggi-tinggi penghargaan juga diucapkan kepada pelajar ijazah tinggi, En. Hardiman dan En. Abdullahi yang juga telah menolong dalam menjayakan projek tahun akhir ini. Kerjasama yang diberikan amatlah dihargai.

Jutaan terima kasih diucapkan kepada kakitangan Makmal Kejuruteraan Lebuh Raya, En. Zulhairi B. Ariffin dan En Fauzi B. Ali di atas pertolongan dan kerjasama yang diberikan tanpa jemu semasa kajian dijalankan. Kerjasama yang diberikan begitu dihargai.

Akhir sekali, kepada rakan seperjuangan yang telah memberikan sokongan dan kerjasama, ucapan terima kasih diucapkan. Ucapan terima kasih yang tak terhingga juga diucapkan kepada kedua ibu bapa saya yang telah memberikan sokongan dari segi moral dan juga kewangan, selain nasihat dan perangsang dalam menjayakan projek tahun akhir ini.

Akhir kata, terima kasih selagi lagi diucapkan kepada mereka semua yang terlibat dalam menjayakan projek tahun akhir ini.

ABSTRAK

Asfalt berliang merupakan turapan permukaan yang digunakan secara meluas disebabkan oleh kekuatan dan ketahanlasakannya. Kajian demi kajian dijalankan untuk meningkatkan kualiti perkhidmatan turapan bagi menampung pertumbuhan lalu lintas yang tidak dijangkakan. Pelbagai kajian juga dijalankan untuk mengenalpasti ciri campuran turapan asfalt berliang. Dalam kajian ini, penggedan yang digunakan adalah sama dengan penggedan yang dihasilkan oleh kajian IRPA ke atas dwilapisan asfalt berliang. Kajian ini tertumpu kepada hubungan di antara ketebalan lapisan dan kandungan bitumen ke atas kebolehtelapan dan kekuatan tegangan tak langsung (ITS) asfalt berliang. Jenis pengikat yang digunakan adalah pengikat terpinada iaitu SBS yang dibekalkan oleh Shell Malaysia Berhad. Hasil kajian mendapati bahawa nilai pekali kebolehtelapan menurun dengan pertambahan ketebalan sampel bagi sampel yang menggunakan 20 mm saiz maksimum agregat. Keputusan kajian juga menunjukkan nilai pekali kebolehtelapan untuk 14 mm dan 10 mm bagi saiz maksimum agregat berkadar terus dengan ketebalan sampel. Hasil kajian juga memberikan nilai keliangan iaitu antara julat 17-20%. Daripada ujikaji ITS, hasil kajian menunjukkan kekuatan tegangan mengufuk untuk sampel 14 mm saiz maksimum agregat lebih tinggi apabila ketebalan meningkat bermula dari tebal 40 mm. Daripada ujikaji ITS, keputusan kajian juga menunjukkan ketebalan optimum adalah 40 mm untuk satu lapisan asfalt berliang.

ABSTRACT

Porous asphalt is a surfacing material which is commonly used due to its strength and durability. Many studies have been done to improve the quality of pavement serviceability in order to cater for future traffic demand. Various research have been conducted to identify the characteristics of porous asphalt. In this study, gradation used is identical to the gradation developed in ongoing IRPA Research on double layer porous asphalt. This investigation emphasize on the relationship between layer thickness and binder content of single layer porous asphalt on permeability and indirect tensile strength (ITS). Binder type used is SBS modified bitumen supplied by Shell Malaysia Berhad. The study found out that the permeability coefficient decreases when the layer thickness is increased for the 20 mm maximum size aggregate compared to 14 mm maximum aggregate and 10 mm maximum aggregate. The results showed that the permeability coefficient for 14 mm maximum aggregate and 10 mm maximum aggregate is directly related with the layer thickness. The porosity in the sample studied ranged from 17-20%. From the ITS test, 14 mm maximum aggregate size sample shows higher the horizontal tensile strength when the thickness increased from 40 mm thickness. The indirect tensile strength test result also showed that the 40 mm thickness is the optimum thickness of single porous asphalt.

KANDUNGAN

| ISI KANDUNGAN | MUKA |
|---|-------------|
| SURAT | |
| PENGHARGAAN | i |
| ABSTRAK | ii |
| ABSTRACT | iii |
| KANDUNGAN | iv |
| SENARAI RAJAH | vii |
| SENARAI JADUAL | ix |
| | |
| BAB 1 PENGENALAN | |
| 1.1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.2 OBJEKTIF KAJIAN | 4 |
| 1.3 SKOP KERJA | 5 |
| | |
| BAB 2 KAJIAN LITERATUR | |
| 2.1 PENGENALAN | 6 |
| 2.1.1 Turapan Berbitumen | 6 |
| 2.1.2 Turapan Asfalt Berliang | 7 |
| 2.1.3 Kriteria Pemilihan Turapan Asfalt Berliang | 8 |
| 2.1.4 Keburukan Asfalt Berliang | 10 |
| 2.1.5 Ciri Asfalt Berliang | 13 |
| 2.1.5.1 Keliangan | 13 |
| 2.1.5.2 Kebolehtelapan | 14 |
| 2.1.5.3 Prestasi campuran | 15 |

| | | |
|--------------|---|----|
| 2.1.6 | Penggunaan Pengikat Terpinda SBS | 16 |
| 2.1.6.1 | Styrene-Butadiene-Styrene | 17 |
| 2.1.6.2 | Getah termoplastik | 17 |
| 2.1.6.3 | Kelakuan polimer sebagai bahan tambah untuk ubahsuai bitumen | 17 |
| 2.1.6.4 | Kelebihan penggunaan bitumen terpinda | 18 |
| BAB 3 | METODOLOGI | |
| 3.1 | CIRI BAHAN | 19 |
| 3.1.1 | Agregat | 19 |
| 3.1.1.1 | Penggredan Agregat | 20 |
| 3.1.2 | Pengisi | 22 |
| 3.1.3 | Pengikat | 23 |
| 3.1.4 | Pemilihan Agregat dan Asfalt | 26 |
| 3.2 | PENYEDIAAN SPESIMEN | 26 |
| 3.2.1 | Penyediaan Bahan | 26 |
| 3.2.2 | Penyediaan Bekas | 27 |
| 3.2.3 | Pencampuran | 27 |
| 3.2.4 | Pemadatan | 28 |
| 3.3 | CIRI ASFALT BERLIANG | |
| 3.3.1 | Graviti Tentu Campuran | 29 |
| 3.3.2 | Ketumpatan | 29 |
| 3.3.3 | Keliangan | 30 |
| 3.3.4 | Kebolehtelapan Air | 30 |
| 3.3.4.1 | Ujikaji Kebolehtelapan Air | 30 |

| | | |
|----------------|---|----|
| 3.3.5 | Kekuatan Tegangan Tak Langsung (ITS) | 32 |
| 3.3.5.1 | Ujikaji ITS | 33 |
| BAB 4 | ANALISIS DATA DAN PERBINCANGAN | |
| 4.1 | PEKALI KEBOLEHTELAPAN | 34 |
| 4.1.1 | Faktor keliangan dan ketumpatan sampel | 37 |
| 4.1.2 | Faktor kandungan bitumen | 38 |
| 4.2 | KELIANGAN | 43 |
| 4.3 | PRESTASI CAMPURAN | 47 |
| BAB 5 | KESIMPULAN DAN CADANGAN | |
| 5.1 | KESIMPULAN | 52 |
| 5.2 | CADANGAN KAJIAN MASA HADAPAN | 55 |
| RUJUKAN | | |
| LAMPIRAN A | PENGGREDAN AGREGAT | |
| LAMPIRAN B | DATA UJIKAJI KEBOLEHTELAPAN AIR | |
| LAMPIRAN C | DATA UJIKAJI KEKUATAN TEGANGAN TAK LANGSUNG | |
| LAMPIRAN D | GAMBAR FOTO | |

SENARAI RAJAH

| | | Muka Surat |
|------------|--|------------|
| Rajah 3.1 | Penggredan yang digunakan dalam kajian | 22 |
| Rajah 3.2 | Ujian di makmal bagi ujikaji kekuatan tegangan tak langsung (ITS) | 32 |
| Rajah 4.1 | Masa lawan ketebalan sampel bagi saiz maksimum agregat 20 mm | 39 |
| Rajah 4.2 | Masa lawan ketebalan sampel bagi saiz maksimum agregat 14 mm | 39 |
| Rajah 4.3 | Masa lawan ketebalan sampel bagi saiz maksimum agregat 10 mm | 40 |
| Rajah 4.4 | Masa lawan ketebalan sampel bagi saiz maksimum agregat 20 mm, 14mm dan 10 mm | 40 |
| Rajah 4.5 | Pekali kebolehtelapan lawan ketebalan sampel bagi saiz maksimum agregat 20 mm | 41 |
| Rajah 4.6 | Pekali kebolehtelapan lawan ketebalan sampel bagi saiz maksimum agregat 14 mm | 41 |
| Rajah 4.7 | Pekali kebolehtelapan lawan ketebalan sampel bagi saiz maksimum agregat 10 mm | 42 |
| Rajah 4.8 | Pekali kebolehtelapan lawan ketebalan sampel bagi saiz maksimum agregat 20 mm, 14 mm dan 10 mm | 42 |
| Rajah 4.9 | Keliangan lawan ketebalan sampel bagi saiz maksimum agregat 20 mm | 45 |
| Rajah 4.10 | Keliangan lawan ketebalan sampel bagi saiz maksimum agregat 14 mm | 45 |

| | | |
|------------|--|----|
| Rajah 4.11 | Keliangan lawan ketebalan sampel bagi saiz maksimum agregat 10 mm | 46 |
| Rajah 4.12 | Keliangan lawan ketebalan sampel bagi saiz maksimum agregat 20 mm, 14 mm dan 10 mm | 46 |
| Rajah 4.13 | Tegasan tegangan mengufuk lawan ketebalan sampel bagi saiz maksimum agregat 20 mm | 50 |
| Rajah 4.14 | Tegasan tegangan mengufuk lawan ketebalan sampel bagi saiz maksimum agregat 14 mm | 50 |
| Rajah 4.15 | Tegasan tegangan mengufuk lawan ketebalan sampel bagi saiz maksimum agregat 10 mm | 51 |
| Rajah 4.16 | Tegasan tegangan mengufuk lawan ketebalan sampel bagi saiz maksimum agregat 20 mm, 14 mm dan 10 mm | 51 |

SENARAI JADUAL

| | | Muka Surat |
|------------|---|------------|
| Jadual 3.1 | Penggredan yang digunakan dalam kajian | 21 |
| Jadual 3.2 | Ciri bitumen terpinda SBS | 25 |
| Jadual 3.3 | Peratus bitumen terpinda SBS | 25 |
| Jadual 4.1 | Pekali kebolehtelapan, k sampel bagi saiz maksimum agregat 20 mm, 14 mm dan 10 mm pada kandungan bitumen yang berbeza | 34 |
| Jadual 4.2 | Keliangan sampel bagi saiz maksimum agregat 20 mm, 14 mm dan 10 mm pada kandungan bitumen yang berbeza | 43 |
| Jadual 4.3 | Tegasan tegangan mengufuk, σ_{xy} sampel bagi saiz maksimum agregat 20 mm, 14 mm dan 10 mm pada kandungan bitumen yang berbeza | 47 |

RUJUKAN

- ASTM, (1992). *The Determination of SBS, EVA and APP Polymers in Modified Bitumen*. Wardlaw, K.R. and Shuler, S. Polymer Modified Asphalt Binders. ASTM special technical publication, Philadelphia, Page 36.
- Baba, J., (2001). Laporan Projek Tahun Akhir – Cadangan Garis Panduan Rekabentuk Campuran Asfalt Berliang Untuk Lebuhraya Di Malaysia. USM, Perak.
- Cabrera, J.G., (1996). Bituminous Mixtures – Design For Performance. Performance and Durability of Bituminous Materials, J.G. Cabrera and J.R Dixon, E and FN Spon. *Proceedings of Symposium, University of Leeds*, March 1994.
- Cabrera, J.G. and Hamzah, M.O., (1996). Agregate Grading Design For Porous Asphalt. Performance and Durability of Bituminous Materials, J.G. Cabrera and J.R Dixon, E and FN Spon. *Proceedings of Symposium, University of Leeds*, March 1994.
- Chuan, P.N.H., (1998). Laporan Projek Tahun Akhir – Kesan Penggunaan Pelbagai Jenis Pengisi ke atas Kehilangan Lelasan Asfalt Berliang. USM, Perak.
- Field, R., Masters, H. and Singer, M., (1982). Porous Pavement: Research; Development; and Demonstration. *Transportation Engineering Journal of ASCE*, Vol. 108, No. TE3.
- Ford, M.C., and McWilliams, C.E., (1988). “Asphalt Mix Permeability.”University of Arkansas, Fayetteville, AR.
- Hamzah, M.O. dan Ramli, M., (1992). *Asas Mekanik Tanah*. USM, Pulau Pinang.
- Hardiman, (2004). *Aggregate Grading Design for Double Layer Porous Asphalt* (Proceeding Malaysian Science and Technology Congress, MSTC, Kuala Lumpur, 2003).
- Hassan, H.F., Taha, R., (2002). *Use of open-graded friction course (OGFC) mixtures in Oman*. Zoorob, S.E., Collop, A.C. and Brown, S.F. Performance of Bituminous and Hydraulic Materials in Pavements. A.A.Balkema Publishers, Netherlands, Page 65 and 66.

Internet, http://apwa.americancityandcounty.com/ar/government_opengraded_mixes_better/

Internet, <http://asphaltroofing.org/publication.html>

Internet, <http://www.epa.org/publications/5140.htm>

Internet, <http://www.forester.net/>

Internet, <http://www.highwaysmaintenance.com/polybitxt.htm>

Internet, http://www.lidstormwater.net/permeable_pavers/permpaver_costs.htm#11

Internet, http://www.th.gov.bc.ca/publications/eng_publications/environment/references/Open-Graded_Asphalt_Quiet_PvmntPh4.pdf#search='noise%20reduction%20due%20to%20porous%20asphalt%20application

Internet, <http://www.webcastmy.com.my/unimasresearchgateway/index.htm>

Kandhal, P.S., dan Rickards, I.J., (2001). *Premature Failure of Asphalt Overlays from Stripping: Case History*. Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 70, Page 302 and 338.

Karim, M.R., Hamzah, M.O. dan Hasan A., (1991). *Pengenalan Pembinaan Jalan Raya Berbitumen*. DBP, KL.

Kasim, Z., (2001). Laporan Projek Tahun Akhir – *Kesan Kepelbagaian Penggredan Agregat Halus Terhadap Ciri- Ciri Asfalt Berliang*. USM, Perak.

Richardson, J.T.G., (2002). *Low-Noise Road Surfacing*. Zoorob, S.E., Collop, A.C. and Brown, S.F. Performance of Bituminous and Hydraulic Materials in Pavements. A.A.Balkema Publishers, Netherlands, Page 94.

Zoorob, S.E., dan Suparma, L.B., (2000). Air permeability Characteristics of Continous And Gap Graded Bituminous Composites. *Proceedings for the 2nd Eurasphalt & Eurobitume Congress*, 2000, pp 699-708.

BAB 1

PENGENALAN

1.1 PENDAHULUAN

Negara Malaysia merupakan sebuah negara yang sedang pesat membangun. Kemajuan yang terhasil daripada kepesatan pembangunan dan ekonomi negara telah memberikan kesan yang begitu besar dalam taraf sosioekonomi dan juga infrastruktur khususnya kejuruteraan lebuhraya dan pengangkutan. Maka selaras dengan kemajuan negara, banyak jalan yang sedia ada dinaik tarafkan dan pembinaan jalan baru giat dibina. Sehubungan dengan itu, turapan asfalt berliang dijadikan sebagai satu alternatif yang popular pada alaf ini.

Kewujudan sistem rangkaian jalan raya yang sempurna dari segi perkhidmatan dan kebolehpercayaan akan meningkatkan pengguna menggunakan jalan raya. Sehubungan dengan itu, ia akan dapat menyumbangkan ke arah peningkatan ekonomi dan taraf hidup penduduk di sebuah negara. Walau bagaimanapun, seiring dengan pembangunan negara, peningkatan kadar kemalangan jalan raya kian meruncing. Kadar kemalangan meningkat dari setahun ke setahun. Sehubungan dengan itu, pemilihan jenis turapan jalan yang selamat menjadi faktor penentu yang dapat mengurangkan kadar kemalangan jalan raya. Maka, turapan asfalt berliang semakin menjadi perhatian dalam pembinaan turapan jalan raya.

Kelebihan asfalt berliang dari segi kebolehtelapan air menelusinya dapat mengurangkan kadar kemalangan. Ini kerana air yang bertakung di atas jalan raya dapat diserap oleh turapan. Walau bagaimanapun, pada jalan yang menampung kapasiti kenderaan yang tinggi, kebolehtelapan akan berkurang dengan penambahan

masa. Selain itu terdapat banyak kelebihan lain yang menyebabkan turapan asphalt berliang dijadikan sebagai pilihan alternatif yang populer sebagai bahan turapan.

Asfalt berliang merupakan campuran asphalt yang kerap digunakan sebagai lapisan permukaan turapan di seluruh negara Eropah (Hassan dan Taha, 2002). Satu sebab penggunaan turapan jenis ini adalah disebabkan oleh kebolehannya menyerap air permukaan jalan lalu menjadi satu sumber penyaliran air larian ribut. Air larian yang berada di atas permukaan jalan menyusup masuk melalui turapan asphalt berliang. Keadaan ini dapat mengelakkan masalah percikan dan semburan di atas jalan raya sekaligus dapat meningkatkan keselamatan lalulintas. Walau bagaimanapun, asphalt berliang mudah tersumbat dan menyebabkan hayat rekabentuknya rendah. Selain itu, permukaan turapan yang tersumbat menyebabkan udara yang terhasil akibat geseran antara tayar dan permukaan jalan tidak dapat diserap dan akan terserak pada permukaan jalan. Maka, masalah hingar akibat tayar kenderaan akan terhasil. Turapan asphalt berliang juga mengalami masalah keretakan yang disebabkan oleh pembebanan yang berulang. Maka, kajian dijalankan untuk mengenal pasti prestasi asphalt berliang pada ketebalan turapan yang berbeza dengan saiz agregat yang berbeza menggunakan pengikat terpinada SBS dan ujian yang dijalankan adalah seperti ujian kebolehtelapan dan kekuatan tegangan tak langsung (ITS).

Masalah penyerapan air yang menjadi kurang efektif di dalam turapan asphalt berliang dan masalah ubah bentuk turapan asphalt berliang dapat diatasi dengan menjalankan kajian untuk ketebalan lapisan turapan asphalt berliang yang berbeza dengan saiz maksimum agregat yang berlainan dengan menggunakan pengikat terpinada SBS. Kajian ini dipercayai dapat menghasilkan satu keputusan yang mempamerkan ketebalan lapisan dengan saiz agregat maksimum yang paling sesuai digunakan yang

dapat membenarkan penyusupan air larian melaluinya di samping keputusan ujian beban yang dikenakan ke atas sampel sebelum ia gagal. Pengukuran terhadap kebolehtelapan di lapangan selalunya dilakukan secepat mungkin setelah pembukaan jalan raya sebelum dan selepas setiap operasi penyemburan air dilakukan. Kekuatan tegangan tak langsung dilakukan merujuk kepada AASHTO T283 untuk menilai kesan lembapan terhadap campuran asfalt berliang.

1.2 OBJEKTIF

Objektif program kajian adalah untuk :

- i) Menentukan kebolehtelapan asfalt berliang yang berbeza ketebalan dengan saiz maksimum agregat yang berlainan menggunakan bitumen terpinda SBS sebagai bahan pengikat.
- ii) Mendapatkan nilai pekali kebolehtelapan bagi setiap saiz maksimum agregat yang mempunyai ketebalan yang berbeza yang menggunakan bitumen terpinda SBS sebagai bahan pengikat.
- iii) Menentukan keliangan bagi asfalt berliang yang berbeza ketebalan dengan saiz maksimum agregat yang berlainan menggunakan bitumen terpinda SBS sebagai bahan pengikat.
- iv) Menentukan kekuatan tegangan tak langsung bagi asfalt berliang yang berbeza ketebalan untuk mendapatkan nilai yang paling optimum menggunakan bitumen terpinda SBS sebagai bahan pengikat.

1.3 SKOP KERJA

Bidang kerja melibatkan penyediaan sampel dengan saiz maksimum agregat yang berlainan iaitu 20 mm, 14 mm dan 10 mm. Pemadat Marshall digunakan dalam penyediaan sampel. Prestasi sampel asphalt berliang yang diukur adalah seperti ketumpatan, keliangan, kebolehtelapan dan kekuatan tegangan tak langsung (ITS).

Dalam kajian ini, ujian agregat dan bitumen dijalankan.

Kandungan bitumen yang digunakan dalam penghasilan sampel adalah 4.6%, 5.0% dan 5.4%. Sampel asphalt berliang dihasilkan dalam pelbagai ketebalan. Sampel disediakan pada ketebalan 70 mm, 55 mm, 50 mm, 40 mm, 30 mm, 20 mm dan 15 mm. Pengikat yang digunakan adalah pengikat terpinada SBS.

BAB2

KAJIAN LITERATUR

2.1 PENGENALAN

2.1.1 Turapan berbitumen

Turapan jalan raya dan lebuh raya yang dibina terdiri daripada pelbagai lapisan. Lapisan ini terdiri daripada lapisan subgred ke lapisan tapak dan juga lapisan penghausan yang berada di atas permukaan jalan raya. Lapisan-lapisan ini direkabentuk supaya ia dapat menanggung beban gandar untuk keselamatan kenderaan yang bergerak di atas jalan raya. Pembinaan kamber jalan dan sistem saliran air di sepanjang jalan raya turapan lazim adalah satu kemestian untuk mengatasi masalah penyaliran air di jalan raya. Penyaliran air di jalan raya bertujuan untuk melindungi lebuh raya daripada kesan kemusnahan air. Risiko mengabaikan kesan penyaliran permukaan jalan raya adalah ia akan menurunkan rintangan kelincir, mewujudkan fenomena percikan dan penyemburan selepas hujan turun, mewujudkan juga fenomena penyatahan air dan juga boleh menyebabkan pelucutan bitumen daripada agregat. Penyaliran bawah permukaan jalan juga penting kerana kekuatan subgred adalah penentu keutuhan turapan. Kekuatan subgred ini dipengaruhi oleh jenis tanah dan kandungan lembapan. Oleh itu, selaras dengan perkembangan arus kemajuan teknologi, penggunaan asfalt berliang perlulah diberi perhatian yang sewajarnya bagi menggantikan turapan lazim yang diturap.

2.1.2 Turapan asfalt berliang

Konkrit asfalt atau bahan berbitumen merupakan campuran agregat yang diikat oleh bitumen. Kepelbagaian jenis bahan berbitumen dibezakan oleh penggredan agregat. Agregat dipanaskan pada suhu tinggi dan dicampurkan dengan bitumen pada suhu tinggi. Jenis bahan berbitumen terdiri daripada asfalt tergelek panas, Makadam, konkrit asfalt dan asfalt berliang.

Asfalt berliang dikenali dengan pelbagai nama di dalam bahasa Inggeris seperti "*porous asphalt*", "*whispering asphalt*", "*pop-corn asphalt*", "*drainage asphalt*", "*previous asphalt*" (UK), dan "*open graded mix*" (USA). Walau bagaimanapun, istilah yang digunakan adalah "*porous asphalt*". Asfalt berliang merupakan bahan turapan lebuhraya moden yang boleh diklasifikasikan sebagai bahan bergred terbuka, mempunyai sekurang-kurangnya 85% agregat kasar. Disebabkan keadaan inilah asfalt berliang berupaya menyalirkan air daripada permukaan turapan (Baba, 2001).

Asfalt berliang merupakan sistem rawatan air boleh dibina di bawah jalan raya, menyediakan cara untuk menapis air larian ribut yang tercemar yang meresap melalui permukaan jalan. Dengan itu, kos tanah dapat dijimatkan dan ia juga dapat mengelakkan banjir dan penjanaaan air bawah tanah (http://www.lid-stormwater.net/permeable_pavers/permpaver_costs.htm#1#1).

2.1.3 Kriteria Pemilihan Turapan Asfalt Berliang

Fungsi utama lapisan penghausan turapan jalan raya adalah untuk menawarkan suatu permukaan perjalanan yang berkualiti dan tahan lasak dari aspek ekonomi, ciri struktur pembinaan dan juga keperluan keselamatan. Dari aspek keselamatan, kenderaan mudah tergelincir ketika bergerak di atas permukaan jalan yang basah walaupun dengan penurunan kelajuan kenderaan. Bagi lebuh raya yang lebar, air permukaan berkumpul pada bahagian tepi laluan akibat daripada bentuk parabola kamber jalan. Maka untuk mengatasi masalah rintangan kelincir dan penyaliran air di lebuh raya, satu alternatif yang paling berkesan adalah dengan penggunaan turapan asfalt berliang. Kelebihan asfalt berliang adalah seperti berikut:

i) Bertindak sebagai lapisan saliran

Di bandar, rangkaian jalan menjadi komponen penting sistem penyaliran air larian ribut. Ini kerana bagi turapan asfalt berliang, ia merupakan bahan berisipadu udara tinggi (berliang) yang telus air; mempunyai lebih 85% agregat kasar. Lapisan penghausan yang telap membenarkan air melaluinya ke bahagian yang tidak telap di bawahnya. Ketika hujan lebat, air hujan yang berada di atas permukaan jalan akan menyerap masuk ke dalam turapan. Proses ini berlanjutan sehingga hujan berhenti. Dasar yang kedap dengan cerun melintang dibina dan simpang bahu jalan mestilah tidak menghalang air daripada mengalir di antara turapan ke hujung bahagian saliran. Jika tidak, air akan berkumpul dalam lapisan yang telap dan dasarnya tidak dapat berfungsi sebagai lapisan saliran. Maka, turapan asfalt berliang ini menghalang takungan air permukaan (Baba, 2001).

ii) Mengurangkan silauan

Kebolehan asfalt berliang membenarkan air melusinya menghalang takungan air di permukaan jalan raya. Disebabkan sifat kebolehtelapannya, ia dapat mengurangkan masalah silauan. Fenomena silauan terjadi terutamanya pada waktu hujan turun di mana air berkumpul di atas permukaan jalan disebabkan oleh masalah penyaliran air. Kebolehtelapan yang tinggi pada turapan asfalt berliang membenarkan air melaluinya seterusnya menghapuskan fenomena silauan.

iii) Menurunkan hingar

Kebaikan penggunaan turapan asfalt berliang adalah ia dapat menurunkan hingar hingga 4 desibel. Ini adalah berdasarkan kepada satu kajian yang dijalankan terhadap turapan asfalt bergred terbuka. Terbukti bahawa turapan ini mengurangkan hingar akibat lalulintas sehingga 4.1 dB(A) berdasarkan kepada pengukuran sebelum dan selepas turapan. Asfalt bergred terbuka mengurangkan hingar lalulintas sehingga 4.9 dB(A) jika dibandingkan dengan turapan asfalt biasa yang dijadikan kawalan di tapak. Selepas 3 tahun perkhidmatan, asfalt bergred terbuka berterusan mengurangkan hingar lalulintas di antara julat 3.5 hingga 4.0 dB(A) (http://www.th.gov.bc.ca/publications/eng_publications/environment/references/Open_Graded_Asphal_Quiet_Pvmnt-).

iv) Meningkatkan rintangan kelincir

Rintangan kelincir memainkan peranan penting dalam aspek keselamatan jalan raya. Kandungan asfalt berliang yang mempunyai sekurang-kurangnya 85% agregat kasar menyebabkan keadaan permukaan jalan menggerutu. Permukaan jalan yang menggerutu ini menyebabkan peningkatan rintangan kelincir. Rintangan kelincir menjadi penyumbang keselamatan lalu lintas yang penting terutamanya waktu turapan basah.

v) Peningkatan rintangan ubah bentuk kekal.

Satu kajian penggunaan campuran asfalt bergred terbuka di Oregon yang merupakan negeri yang menggunakan asfalt bergred terbuka mempamerkan semua projek asfalt bergred terbuka meningkatkan kemajuan apabila dibandingkan dengan projek campuran bergred padat, dalam aspek rintangan kepada keretakan, ubah bentuk kekal dan meningkatkan rintangan kelinciran, di mana menyokong penggunaan campuran asfalt bergred terbuka secara berterusan (Hassan dan Taha, 2002).

2.1.4 Keburukan asfalt berliang

i) Mudah tersumbat

Menurut Hassan dan Taha (2002), rongga udara bagi turapan asfalt berliang adalah lebih daripada 20%. Keadaan ini akan menyebabkan agen penyumbat mudah memasuki ke dalam turapan ini. Kehadiran agen penyumbat ini akan menyebabkan keberkesanan turapan asfalt berliang menyerap air larian kurang efisien.

Penyumbatan asfalt berliang dipengaruhi oleh beberapa faktor antaranya:

- jumlah kekotoran
- struktur dan saiz liang.
- laju kenderaan dan kesan pembersihan akibat lalulintas yang bergerak deras.

ii) Kos tinggi

Di Amerika Syarikat kos bagi asfalt berliang dianggarkan lebih 10 hingga 15 peratus dari asfalt biasa. Kos bagi asfalt berliang adalah 25 peratus lebih mahal dari turapan konkrit biasa. Keperluan untuk penyediaan tapak atau penggunaan alat juga akan meningkatkan kos. Penggunaan turapan batu bermodul boleh mencecah 4 kali ganda daripada kos asfalt atau konkrit biasa. Kos yang tinggi akibat penggunaan turapan berliang ini, dapat diimbangkan dengan penghapusan penggunaan bebendul jalan, talang dan parit untuk air larian. Untuk sesetengah kes, keadaan ini akan mengurangkan kos keseluruhan projek (Field et al.1982).

iii) Mudah tersepai

Menurut Kandhal dan Rickards (2001), perlucutan agregat menyebabkan pengasingan dan penyingkiran saput pengikat asfalt daripada permukaan agregat disebabkan oleh tindakan lembapan atau pengewapan lembapan. Selain daripada kandungan udara yang tinggi, tiga bahan penting yang menyebabkan pelucutan adalah :

- kewujudan air.
- tegasan yang tinggi.
- suhu yang tinggi

Asfalt berliang merupakan bahan yang berisipadu udara tinggi yang telus air. Turapan ini mempunyai lebih daripada 85 peratus agregat kasar. Disebabkan oleh kandungan agregat kasar yang banyak, maka turapan ini dapat menghalang takungan air permukaan. Keadaan ini seterusnya cenderung menyebabkan turapan jenis ini mudah tersepai.

iv) Pengerasan bitumen

Pengerasan bitumen di dalam turapan asfalt berliang adalah lebih cepat daripada turapan konkrit asfalt. Ini adalah disebabkan oleh sifat asfalt berliang yang mempunyai rongga udara yang besar. Keadaan ini akan menyebabkan bitumen yang di dalam turapan teroksida dengan cepat berbanding turapan yang lain. Pengerasan bitumen ini akan menyebabkan turapan asfalt berliang menjadi retak dan gagal pada awal tempoh hayat rekabentuknya.

v) Hayat pendek

Jangka hayat bagi turapan asfalt berliang adalah lebih pendek daripada turapan asfalt konkrit. Jangka hayat bagi asfalt berliang adalah 8 tahun dan ia perlu dibina semula selepas 9 tahun perkhidmatannya. Bagi campuran padat, jangka hayat turapan adalah lebih panjang iaitu 10 tahun (Richardson, 2002). Keliangan yang tinggi didalam campuran asfalt berliang membenarkan air melaluinya menyebabkan kecenderungan agregat terlucah daripada bitumen.

2.1.5 Ciri asphalt berliang

Ciri asphalt berliang boleh dilihat dari aspek keliangan, kebolehtelapan, kestabilan dan modulus kebingkasan yang dijalankan. Walau bagaimanapun, hanya keliangan, kebolehtelapan dan prestasi campuran asphalt berliang yang dikaji.

2.1.5.1 Keliangan

Keliangan dan kandungan bitumen merupakan parameter utama yang mempengaruhi kebolehtelapan campuran asphalt panas. Peningkatan kandungan bitumen menurunkan kebolehtelapan kerana kandungan bitumen akan mengisi rongga dalam campuran. Kebolehtelapan akan terus menurun apabila rongga dalam campuran menjadi semakin kurang (Cabrera dan Hasan, 1996).

Satu kesimpulan dibuat oleh agensi yang menjalankan kajian dimana campuran bergred terbuka yang dibina dengan baik seharusnya tidak mempunyai masalah keretakan, dan seharusnya mengekalkan kebolehtelapan dan taktur makronya. Campuran bergred terbuka dengan keliangan yang tinggi (18-22%) mengekalkan kelebihan dengan meningkatkan jangka hayat campuran asphalt bergred terbuka berbanding dengan rongga udara 15% (Hassan dan Taha, 2002).

2.1.5.2 Kebolehtelapan

Zoorob dan Suparma (2000) menyatakan bahwa spesimen yang mengandung kandungan bitumen 5.5% dan 55% agregat kasar mempunyai ketumpatan yang lebih tinggi dan kebolehtelapan yang rendah jika dibanding dengan spesimen yang mengandung 35% agregat kasar dan kandungan bitumen 8%.

Kebolehtelapan adalah berkadar songsang dengan pemadatan yang berlebihan. Kehilangan kebolehtelapan akibat pemadatan yang berlebihan berkurangan dengan penambahan kandungan bitumen. Spesimen yang dipadatkan berlebihan, 1.4 MPa akan kehilangan lebih kurang 80% kebolehtelapan asal walaupun keliangan asalnya berkurang hanya 30% (<http://www.epa.org/publications/5140.htm>).

Asfalt berliang merupakan satu praktis pembangunan untuk air larian ribut di kawasan bandar yang asfalt berliang dijadikan sebagai satu alternatif sumber yang mengawal pengeluaran puncak, memindahkan bahan pencemar dan mengurangkan isipadu air larian. Sebagai contoh, asfalt berliang telah diturap di laluan pejalan kaki dan di taman permainan termasuk laluan di kolej Swarthmore di Philadelphia dan juga di sebuah taman di kawasan desa di Sekolah New Penn juga di Philadelphia. Projek Sekolah New Penn terbukti bahawa laluan yang menggunakan asfalt berliang dapat mengurangkan pengeluaran air larian ribut ke Philadelphia yang bergabung dengan aliran limpah air sisa. Sifat biasa yang diukur oleh asfalt berliang termasuklah rongga di dalam campuran, kestabilan Marshall dan kebolehtelapan. Walau bagaimanapun, pemadatan yang lebih akan mempengaruhi prestasi asfalt berliang (<http://www.forester.net/>).

2.1.5.3 Prestasi campuran

Rintangan terhadap ubah bentuk kekal merupakan perkara yang dipertimbangkan semasa merekabentuk campuran berbitumen. Kehadiran air boleh menyebabkan pelucutan agregat berlaku. Pelucutan agregat yang berlaku boleh menjurus kepada ubah bentuk kekal campuran asphalt. Turapan jalan raya harus direka bentuk supaya tahan lasak dan tidak mudah gagal. Dengan itu proses mereka bentuk turapan perlu mengambilkira faktor-faktor yang menyebabkan kegagalannya (Hamzah,1992). Faktor-faktor utama yang menyebabkan kegagalan turapan adalah pembebanan yang berlebihan (Croney, 1972), kesan alam sekitar (O'Flaherty, 1986), kandungan dan ciri bahan binaan (Brown, 1990) serta kaedah yang digunakan semasa pembinaan (Hamzah et al., 1992). Pembebanan yang berlebihan akan menyebabkan pesongan berlaku kepada turapan. Menurut Croney (1972), apabila had pesongan dilampaui, lapisan permukaan mula retak, dan air dapat menyusup ke subgred serta berupaya memusnahkan keseluruhan turapan. Disamping itu turapan juga terdedah kepada beberapa faktor persekitaran yang berupaya menggagalkan turapan tanpa pengenaan bebanan lalu lintas. Dua faktor utama yang berkaitan dengannya ialah lembapan dan suhu (O'Flaherty, 1986). Apabila kandungan lembapan dalam tanah meningkat, kestabilan dan kemampuannya menanggung beban akan menurun. Suhu pula mampu mempengaruhi sifat mekanik bahan berbitumen, khususnya kekuatan bahan tersebut (O'Flaherty, 1986). Bahan binaan turapan juga memainkan peranan yang penting bagi menghasilkan fungsi turapan yang baik. Bahan pengikat (bitumen) mestilah mempunyai darjah rekatan yang optima terhadap permukaan agregat dan mempunyai ikatan jeleket yang mencukupi di antara zarah-zarah agregat. Penggunaan agregat hidrofilik sebagai bahan binaan dan darjah pemadatan yang optimum adalah penting

bagi menghasilkan permukaan yang tidak telus air (Hamzah et al., 1992) (<http://www.webcastmy.com.my/unimasresearchgateway/index.htm>).

2.1.6 Penggunaan Pengikat Terpinda (SBS)

Penggunaan pengikat terpinda di dalam kajian adalah disebabkan ia paling lumrah digunakan di dalam industri turapan jalan raya. Peranan pengikat adalah ia meningkatkan kekukuhan pada suhu tinggi supaya ia dapat merintang ubah bentuk kekal turapan asfalt berliang. Selain itu, ia juga fleksibel pada suhu yang rendah supaya dapat merintang kegagalan lesu.

Terdapat banyak kajian yang dijalankan untuk mengaitkan hubungan antara sifat pengikat dan sifat campuran dan telah diterbitkan. Satu kajian yang dijalankan oleh Choyce (1989), Kosla dan Zahran (1989) menunjukkan penambahan polimer terutamanya SBS, kepada bitumen dapat meningkatkan rintangan kepada ubah bentuk kekal bagi campuran asfalt. Rintangan pelucutan bagi campuran adalah berdasarkan kepada rintangan kestabilan Marshall yang telah sedia ada menunjukkan pengikat terpinda SBS menunjukkan kesan yang positif kepada rintangan air bagi campuran asfalt (Beecken,1992) (Chuan, 1998).

Peningkatan sifat pengikat yang mempunyai tambahan SBS telah nyata, sama ada di lapangan atau juga melalui ujikaji di makmal dengan laluan tayar kenderaan dan diaplikasikan dengan ujian beban yang berulang diuji di makmal. Di dalam kajian laluan kenderaan yang lain, kadar ubah bentuk purata untuk 200-pen bitumen terpinda dengan 6% SBS adalah bersamaan dengan 50/60 pen dasar bitumen. Penggunaan bitumen terpinda SBS tidak memerlukan ubahsuai kepada pencampur tetapi, suhu

campuran itu perlu ditingkatkan sebanyak 10-20°C. Asfalt yang digunakan dalam sistem bitumen terpinda perindustrian umumnya diubahsuai dengan satu atau lebih pengubahsuai seperti '*Atactic Polypropylene*' (APP) atau '*Styrene Butadiene Styrene*' (SBS). Pengubahsuai ini mewujudkan satu matrik seragam yang dapat meningkatkan sifat fizikal asfalt (<http://asphaltroofing.org/publication.html>).

2.1.6.1 Styrene-Butadiene-Styrene (SBS)

SBS merupakan getah termoplastik. SBS yang digunakan bersama bitumen pada mulanya dibangunkan untuk pengeluaran tayar dan tapak kasut. Walau bagaimanapun, ia juga bersesuaian untuk pengubahsuai bitumen.

2.1.6.2 Getah termoplastik

Getah termoplastik merupakan sebilangan polimer yang digunakan di dalam pengubahsuai bitumen. Polimer ini dihasilkan daripada bilangan monomer atau molekul yang banyak. Molekul tersebut akan membentuk rantai melalui proses pempolimeran yang dihasilkan oleh industri kimia berat (<http://www.highwaysmaintenance.com/polybitxt.htm>).

2.1.6.3 Kelakuan polimer sebagai bahan tambah untuk mengubahsuai bitumen

Bahan tambah polimer tidak bergabung secara kimia atau menukar keadaan kimia semulajadi bagi bitumen yang telah diubahsuai. Polimer yang ditambah akan menukar keadaan semulajadi fizikal bitumen, yang mana ia akan menukar sifat fizikal bitumen seperti titik lembut dan kerapuhan bitumen. Disebabkan keadaan termoplastik polimer, terdapat polimer yang akan memecahkan rantai kepada blok molekul pada suhu yang tinggi iaitu semasa proses campuran dengan agregat dan

akan kembali kepada gabungan rantai polimer pada suhu yang rendah (<http://www.highwaysmaintenance.com/polybitxt.htm>).

2.1.6.4 Kelebihan penggunaan bitumen terpinda

Dengan menggunakan pengikat terpinda, ketebalan lapisan yang sesuai di peroleh di atas partikel asphalt, ia akan meningkatkan jangka hayat turapan. Turapan yang menggunakan pengikat terpinda dapat merintang beban yang dihasilkan oleh kenderaan berat yang boleh mengakibatkan ubahbentuk kekal turapan. Asphalt terpinda bertindak sebagai gam yang mengekalkan struktur turapan pada keadaan asal apabila dibebani dengan beban kenderaan berat. Asphalt terpinda bertindak sebagai gam dan mengekalkan sifat semulajadi turapan. Asphalt terpinda menyebabkan peningkatan ketahanan lasakan dan rintangan terhadap pengeluman. Turapan jalan berbitumen mengekalkan rintangan terhadap ubah bentuk kekal disebabkan oleh hubungan saling tindak antara agregat (http://apwa.americancityandcounty.com/ar/government_opengraded_mixes_better/).

BAB 3

METODOLOGI

3.1 Ciri Bahan

Bahan yang digunakan dalam bancuhan turapan jalan berbitumen adalah agregat, bitumen dan bahan pengisi. Dalam turapan jalan berbitumen, agregat mempunyai fungsi untuk menanggung beban kenderaan dan menyalurkannya dari permukaan jalan kepada lapisan-lapisan yang di bawahnya. Bitumen pula merupakan bahan pengikat yang mampu untuk mengikat agregat supaya tetap berada dalam keadaan stabil dan kukuh. Di samping itu, bahan pengisi juga digunakan untuk mengisi rongga-rongga yang berlebihan di dalam bancuhan turapan dan juga memperbaiki ciri kelikatan bitumen agar turapan yang dihasilkan mempunyai ketahanan lasakan yang lebih tinggi (Karim et al., 1991).

Di dalam projek yang dijalankan, bahan pengikat yang digunakan merupakan SBS. Pemilihan penggunaan bitumen terpinada ini adalah kerana ia paling lumrah digunakan. Campuran agregat terdiri daripada pelbagai saiz yang diklasifikasikan seperti:

- agregat kasar – saiz > 2.36 mm
- agregat halus – saiz antara 0.075 mm dan 2.36 mm
- pengisi – saiz < 0.075

3.1.1 Agregat

Agregat yang digunakan dalam kajian di bekalkan oleh Kuad Quarry Sdn.Bhd. yang terletak di Pulau Pinang. Agregat ini dilakukan ujian ke atasnya sebelum digunakan di dalam kajian. Agregat yang kurang baik atau tidak mematuhi kriteria ujian tersebut

akan diketepikan. Pemilihan agregat adalah penting untuk menghasilkan suatu campuran yang memenuhi spesifikasi. Bentuk fizikal agregat yang dipilih perlulah sesuai iaitu tidak terlalu panjang,

Peranan agregat adalah untuk menanggung beban kenderaan pada lapisan permukaan. Daya tersebut kemudiannya akan diagihkan kepada lapisan di bawah turapan. Agregat yang digunakan dikategorikan kepada tiga kategori iaitu agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi. Agregat yang digunakan di dalam kajian adalah berdasarkan saiz maksimum yang berlainan. Agregat kasar adalah agregat yang tertahan pada saiz ayak 3.35 mm, agregat halus adalah agregat yang melepasi ayak 3.35 mm dan tertahan pada ayak saiz 0.075 mm. Ujian yang dijalankan ke atas agregat adalah ujian graviti tentu dan penyerapan air, ujian penghancuran agregat, ujian lelasan Los Angeles dan ujian nilai penggilapan agregat.

3.1.1.1 Penggredan Agregat

Penggredan amat dipentingkan dalam spesifikasi kerana penggredan mempunyai kesan langsung terhadap mutu dan kos turapan yang dibina. Had yang diletakkan ke atas sesuatu penggredan bergantung kepada jenis kerja yang menggunakan agregat tersebut. Perubahan penggredan agregat akan menyebabkan pertukaran kandungan bahan pengikat yang memberikan sesuatu nilai kestabilan dan mutu. Penggredan agregat yang baik akan memberikan keseragaman, keboleholahan, dan keplastikan bahan tersebut semasa bancuhan dibuat. Kestabilan bancuhan gred kasar lebih bergantung kepada geseran dalam agregat daripada jeleket bahan perekat jika dibandingkan dengan bancuhan gred halus. Oleh yang demikian, kestabilan bancuhan gred kasar tidak begitu dipengaruhi oleh suhu. Namun demikian, bancuhan gred

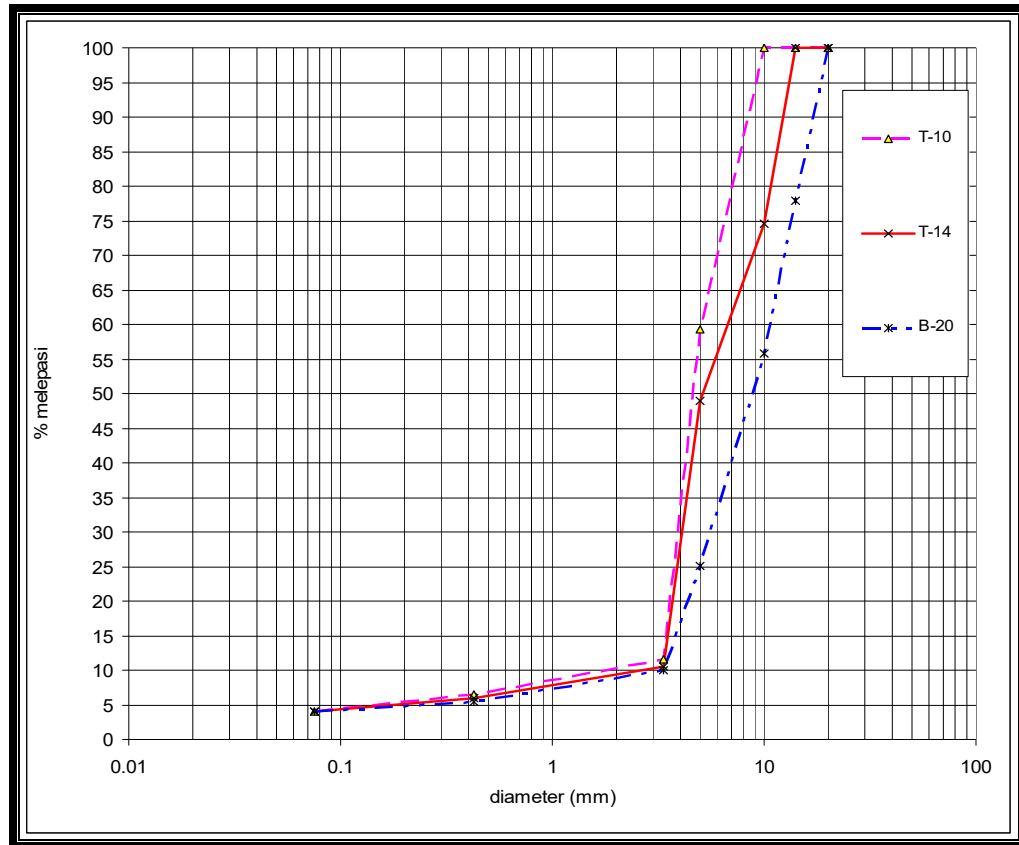
halus lebih tahan lasak daripada bancuhan gred kasar oleh sebab kandungan asfalt yang rendah dan isipadu rongga udara yang lebih tinggi di dalam bancuhan gred kasar akan menyebabkan berlakunya kebolehtelapan air. Walau bagaimanapun, bancuhan gred kasar yang digunakan di dalam kajian ini. Secara umumnya ada tiga cara untuk mengungkap penggredan sesuatu agregat iaitu melalui :

- 1) peratus individu yang tertahan pada setiap ayak
- 2) peratus bertokok yang tertahan pada setiap ayak
- 3) peratus yang melepasi ayak

Penyelidikan dijalankan oleh Hardiman (2004) dan data penggredan yang digunakan pada kajian ini dibekalkan oleh beliau. Penggredan agregat yang dijalankan oleh Hardiman ditunjukkan dalam Rajah 3.1. Pemilihan penggredan ditunjukkan dalam Jadual 3.1. Daripada penggredan yang digunakan, maka ia dapat spesimen yang dikehendaki.

**Jadual 3.1: Jadual penggredan agregat yang digunakan dalam kajian
(Hardiman, 2004)**

| Saiz agregat(mm) | Peratus melepasi | | |
|------------------|------------------|-------|-------|
| | 10 mm | 14 mm | 20 mm |
| 20 | 100 | 100 | 100 |
| 14 | 100 | 100 | 77.88 |
| 10 | 100 | 74.49 | 55.76 |
| 5 | 59.29 | 48.98 | 25.02 |
| 3.35 | 11.5 | 10.5 | 10 |
| 0.425 | 6.5 | 6 | 5.5 |
| 0.075 | 4 | 4 | 4 |



Rajah 3.1 : Penggredan yang digunakan (Hardiman, 2004)

3.1.2 Pengisi

Pengisi yang digunakan adalah simen Portland biasa (OPC) dan kapur terhidrat. Kelaziman menggunakan kapur terhidrat di dalam campuran asfalt berliang adalah kerana ia merintang pelucutan tetapi dengan kuantiti yang tidak melebihi 2%. Kuantiti simen yang digunakan juga 2%. Bahan pengisi yang digunakan perlulah mempunyai sifat kebersihan, keaslian, kehalusan dan afiniti terhadap asfalt. Bahan pengisi digunakan untuk mengisi rongga-rongga yang berlebihan di dalam bancuhan turapan dan juga untuk memperbaiki ciri kelikatan bitumen agar turapan yang terhasil mempunyai ketahananlasakan yang lebih tinggi.

Penggunaan batu kapur terhidrat adalah disebabkan oleh sifat yang menghasilkan satu campuran yang kuat dari segi rintangan terhadap lelasan. Di samping itu juga, ia berupaya bertindak dengan bahan pengikat untuk mengentalkan campuran asfalt. Maka, ia dapat memperbaiki sifat bahan pengikat yang digunakan.

3.1.3 Pengikat

Pengikat bitumen terpinda SBS digunakan dalam kajian. SBS diguna di dalam kajian kerana ia merupakan pengikat terpinda yang paling lumrah digunakan yang dibekalkan oleh Shell Malaysia Berhad. Bitumen terpinda memberikan banyak kelebihan kepada lebuhraya dari segi penyenggaraan dan juga pembinaannya dengan penggunaan bitumen terpinda didapati dapat meningkatkan jangka hayat lebuhraya.

Menurut ASTM (1992), had untuk kestabilan mekanikal pada permukaan jalan selalunya dilampaui dan keadaan ini menyebabkan kerosakan seperti keretakan dan juga ubah bentuk struktur jalan raya. Untuk mengawal fenomena ini, permukaan jalan raya mestilah mempunyai:

- i) rintangan terhadap kelesuan.
- ii) rintangan yang tinggi terhadap ubah bentuk kekal.
- iii) kelenturan yang lebih baik pada suhu rendah.
- iv) rintangan yang lebih terhadap keretakan akibat kehilangan agregat halus dan pelucutan .
- v) rintangan yang cukup terhadap penuaan.

Penggunaan bitumen polimer-terpinda membolehkan sifat ini ditingkatkan terutamanya untuk beberapa jenis permukaan jalan raya di bawah keadaan perkhidmatan yang teruk seperti; dasar jalan yang mengalami ubah bentuk, dandanan

permukaan pada jalan konkrit, kawasan lazim kenderaan membrek, kawasan letak kenderaan yang menanggung beban kenderaan berat. Peningkatan yang dapat dibuat dengan menambahkan bitumen terpinda termasuklah:

- i) meningkatkan kelikatan pengikat semasa perkhidmatan.
- ii) mengurangkan kerentanan terma pada pengikat.
- iii) melebarkan lingkungan kawasan plastik.
- iv) meningkatkan lekatan antara pengikat.
- v) meningkatkan rintangan terhadap ubah bentuk kekal.
- vi) meningkatkan rintangan kekakuan pada suhu rendah.
- vii) meningkatkan lekatan antara pengikat-agregat.
- viii) mengurangkan masa proses penuaan.

Walau bagaimanapun ujikaji ke atas bitumen ini dilakukan terlebih dahulu untuk menentukan kesesuaian prestasi bitumen digunakan di dalam kajian. SBS atau styrene-butadiene-styrene dihasilkan dengan menggunakan pelbagai jenis polimer seperti plastomer dan elastromers. Elastromers termoplastik memiliki keberkesanan reologi yang tinggi dan dapat meluaskan lingkungan kawasan plastik semasa julat suhu yang rendah. Pengikat terpinda yang dimasukkan kedalam campuran asphalt akan meningkatkan kelikatan campuran. Peningkatan kelikatan menyebabkan ikatan yang kuat antara bitumen dan agregat dan seterusnya ia meningkatkan rintangan pelucutan antara bitumen-agregat. Maka, ubahbentuk sukar untuk berlaku.

Kandungan asphalt merupakan faktor penting dalam merekabentuk campuran. Ia akan memberi kesan kepada kekuatan, berat unit, kandungan rongga udara dan ketahanan lasakan bancuhan turapan. Ujian dijalankan ke atas asphalt terpinda yang