

Kesan Agregat Berkubik Ke Atas Rekabentuk Konkrit Asfalt Campuran Styrene Butadiene Styrene (SBS)

Che Norazman Bin Che Wan
Jabatan Kejuruteraan Awam, Politeknik Ungku Omar
E-mail: chenorazmanchewan@yahoo.com

Ramadhansyah Putra Jaya
Fakulti Kejuruteraan Awam, Universiti Teknologi Malaysia
E-mail: ramadhnsyah@utm.my

Meor Othman Bin Hamzah
Sekolah Kejuruteraan Awam, Kampus Kejuruteraan, Universiti Sains
Malaysia
E-mail: cemeor@eng.usm.my

Abstrak

Agregat berkubik dihasilkan melalui mesin penghancur batu ke batu (Barmac) manakala agregat ketaksekataan dihasilkan langsung daripada kuari. Matlamat kajian ini adalah mengkaji kesan agregat berkubik dan agregat ketaksekataan terhadap sifat konkrit asfalt seperti modulus kebingkasan, rayapan dinamik dan kekuatan tegangan tak langsung. Jenis bahan pengikat yang digunakan ialah styrene butadiene styrene (SBS). Berdasarkan sifat campuran yang diperoleh, semua campuran berbitumen yang menggunakan agregat berkubik memperlihatkan peningkatan sifat yang ketara berbanding campuran agregat ketaksekataan. Dari kajian yang telah dijalankan, agregat berkubik di dalam campuran bitumen terpinda SBS lebih berupaya meningkatkan nilai modulus kebingkasan, rayapan dinamik dan kekuatan tegangan tak langsung dibandingkan dengan campuran agregat ketaksekataan. Sebagai contoh, nilai modulus kebingkasan CK ialah 3896 MPa, manakala nilai setara untuk campuran IK ialah 3502 MPa dengan peratus peningkatan daripada campuran IK kepada campuran CK ialah sebanyak 11.25%.

Kata kunci: Agregat, Berkubik, Ketaksekataan

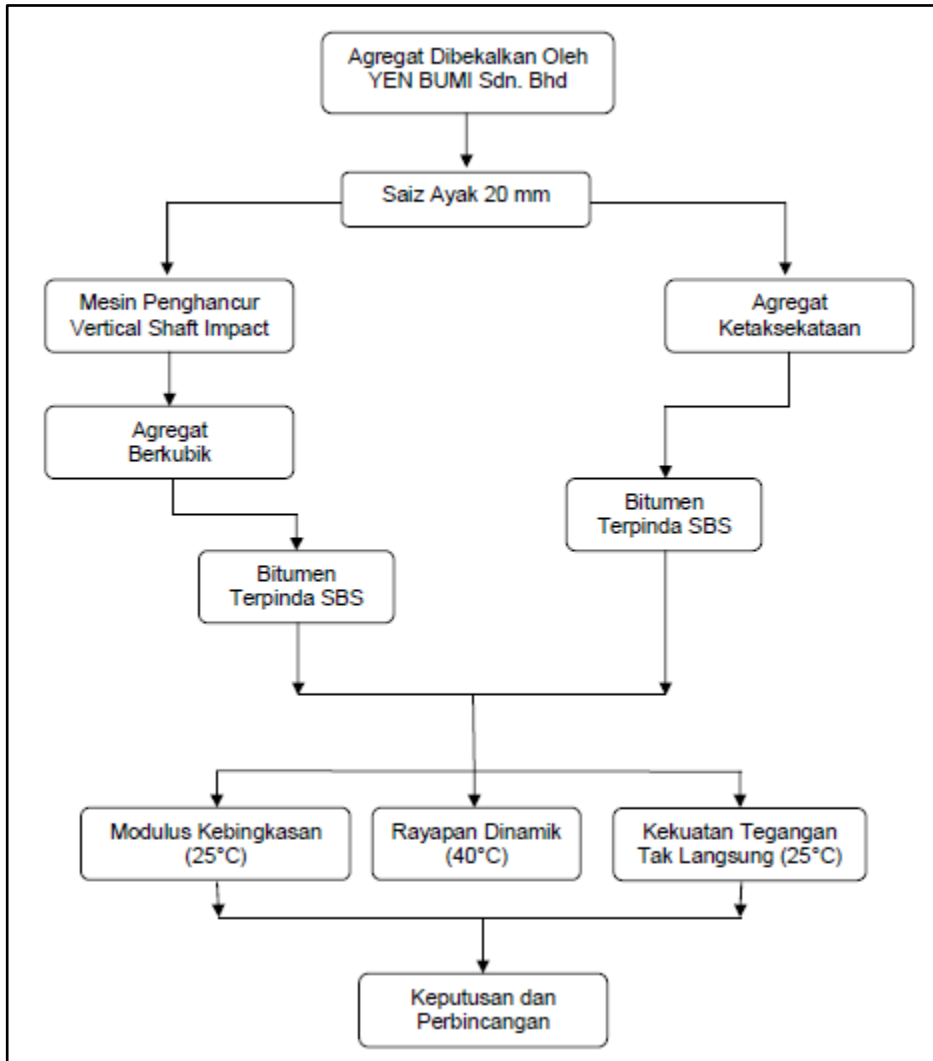
1. Pengenalan

Malaysia merupakan sebuah negara yang sedang pesat membangun. Kemajuan yang terhasil daripada kepesatan pembangunan dan ekonomi negara telah memberikan kesan yang begitu besar dalam meningkatkan taraf sosioekonomi dan juga infrastruktur khasnya jalan dan lebuh raya. Selaras dengan kemajuan negara, banyak jalan serta lebuh raya sedia ada dinaiktarafkan dan pembinaan jalan baru giat dijalankan. Dalam industri pembinaan jalan raya yang semakin pesat membangun, permintaan ke atas agregat sebagai bahan binaan semakin meningkat. Sifat agregat memberi kesan yang signifikan ke atas ciri-ciri konkrit asfalt memandangkan hampir 90% campuran asfalt terdiri daripada agregat. Kajian menunjukkan bahawa ciri-ciri agregat seperti saiz partikel, bentuk, dan tekstur mempengaruhi prestasi dan keupayaan perkhidmatan konkrit asfalt (Brown et al., 1989; Kandhal et al., 1992; Kim et al., 1992). Agregat yang rata dan memanjang cenderung untuk patah semasa proses pencampuran, pepadatan, dan

dibawah beban lalulintas yang tinggi. Oleh itu, agregat berkubik adalah salah satu ciri penting yang mesti diambil kira dalam reka bentuk campuran konkrit asfalt untuk mengelakkan kegagalan turapan.

Menurut Kuo et al. (1998) dan Maerz (2004), ciri-ciri kejuruteraan agregat seperti agregat berkubik dan bersudut serta bertekstur kasar telah banyak mempengaruhi kekuatan keseluruhan turapan konkrit asfalt. Beberapa penyelidik lain telah melaporkan bahawa bentuk dan tekstur permukaan agregat memberikan kesan yang penting kepada sifat mekanikal campuran berbitumen; contohnya, rintangan ricih, ketahananlasakan, kekukuhan, rintangan kelesuan, rintangan kesan tayar, kebolehkerjaan dan lain-lain (Janoo, 1998; Oduroh et al., 2000; Masad et al., 2001). McGennis et al. (1995) melaporkan agregat berkubik mempunyai kesan yang besar terhadap kekuatan konkrit asfalt. Kewujudan agregat yang nipis dan panjang adalah tidak diingini dalam campuran konkrit asfalt. Agregat seperti ini cenderung untuk menghasilkan ciri kebingkasan yang rendah dalam campuran, lebih mudah dipengaruhi oleh ubah bentuk kekal, dan kegagalan semasa pembinaan.

Penghancur Barmac merupakan jenis penghancur hentaman batu ke batu yang mampu menghasilkan agregat yang berkualiti tinggi. Oleh kerana itu, kajian ini tetumpu kepada penggunaan agregat berkubik hasil dari produk mesin Barmac yang kemudiannya digunakan dalam campuran konkrit asfalt jenis ACW14. Rajah 1 menunjukkan carta alir metodologi kajian. Tujuan penggunaan agregat berkubik dalam campuran konkrit asfalt adalah untuk meningkatkan kebolehlenturan dan kestabilan turapan jalan raya. Dengan itu, satu turapan dengan ciri kebolehlenturan yang tinggi diharapkan dapat terhasil dalam jangka hayat yang panjang dan berupaya menahan pembebanan kenderaan secara berulang-ulang.



Rajah 1: Carta Alir Metodologi Kajian

2. Bahan Dan Metodologi

2.1 Agregat

Agregat granit dibekalkan oleh YEN BUMI Sdn.Bhd. yang terletak di Bukit Mertajam, Pulau Pinang. Sebanyak dua jenis agregat digunakan iaitu agregat berkubik (CK) yang dihasilkan secara mampatan dan agregat ketaksekataan (IK) yang dihasilkan secara proses biasa di kuari. Penamaan setiap jenis agregat ditunjukkan dalam Jadual 1. Untuk menghasilkan bentuk agregat yang baik, mesin penghancur Barmac (Rajah 2) digunakan dalam kajian ini yang terdapat di Makmal Bahan dan Mineral, Pusat Pengajian Kejuruteraan Bahan dan Sumber Mineral, Universiti Sains Malaysia. Mekanisme penghasilan agregat berkubik berlaku apabila wujud perlanggaran di antara satu partikel agregat dengan partikel agregat lain dan juga hentaman agregat terhadap binaan lapisan batuan di bahagian dalam ruangan pemutar. Lapisan batuan akan terbina di dalam rotor dan kebuk penghancuran yang berperanan sebagai media penghancur sesama batuan. Terdapat empat jenis mekanisme pemecahan yang berlaku semasa operasi penghancuran dijalankan iaitu lelasan (abrasion), penghakisan geseran (attrition), hentaman (shatter) dan belahan (cleavage). Kesemua

mekanisme tersebut berlaku di dalam mesin penghancur Barmac sehingga menghasilkan satu produk agregat berkubik.

Jadual 1. Penamaan spesimen konkrit asphalt

Jenis Bitumen	Bentuk Agregat	Penamaan
SBS	Berkubik	CK
	Ketaksekataan	IK



Rajah 2. Mesin Barmac RoR

2.2 Bitumen

Dalam kajian ini, jenis bitumen digunakan, iaitu bitumen SBS (styrene-butadiene-styrene) yang dibekalkan oleh Shell Ltd. Nilai penusukan dan titik lembut bitumen SBS masing-masing 47 dmm dan 97.5°C. Nilai penusukan yang tinggi bermakna bitumen bersifat lebih lembut.

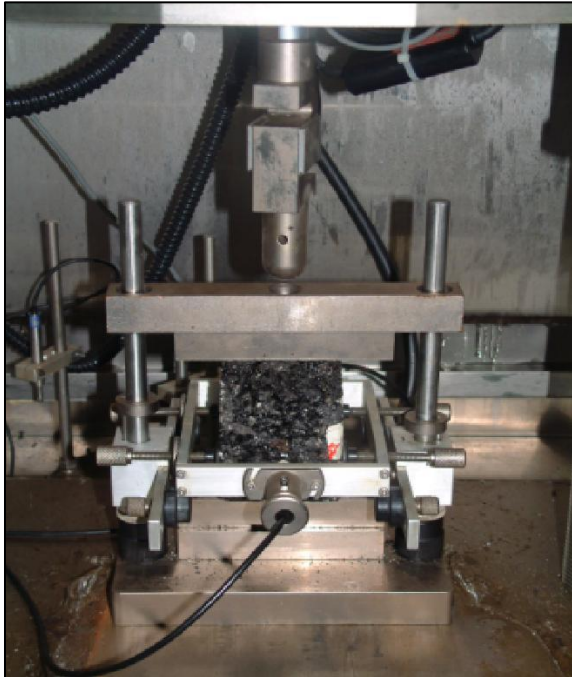
2.3 Ujian Modulus Kebingkas

Ujian modulus kebingkas digunakan untuk mengukur modulus elastik campuran asphalt. Nilai modulus kebingkas sangat berkesan untuk meramal sifat kebolehlenturan spesimen. Spesimen konkrit asphalt yang mempunyai nilai modulus kebingkas yang rendah pada suhu yang rendah mempamerkan sifat kebolehlenturan baik kerana pemulihan terikan yang tinggi. Ujikaji ini dijalankan mengikut prosedur ASTM D4123 (ASTM, 2005). Sebelum memulakan ujian kebingkas, dimensi spesimen ditentukan menggunakan angkup vernier. Kemudian, spesimen dimasukkan ke dalam mesin MATTA pada suhu 25°C selama sekurang-kurangnya 4 jam (Rajah 3). Selepas itu, spesimen diambil dan diletakkan pada alat pembebanan. Spesimen dipastikan dipegang secara kukuh pada kedudukan di tengah-tengah pemegang spesimen dan secara mendatar dan selari dengan jalur pembebanan. Bacaan diperolehi melalui komputer dengan menggunakan perisian MATTA yang telah disediakan. Ujian modulus kebingkas dijalankan sebanyak dua kali untuk satu spesimen. Spesimen

diputarakan sebanyak 90° untuk ujian kali kedua dan nilai dipuratakan. Secara teori, modulus kebingkasan spesimen diperolehi dengan menggunakan persamaan (2.1).

$$M_R = \frac{P}{Ht}(0.27 + \mu) \quad (2.1)$$

Dimana M_R sebagai modulus kebingkasan spesimen (Mpa); P adalah daya kenaan (N); H ialah ketinggian spesimen (mm); t menunjukkan ketebalan spesimen (mm); dan μ sebagai nisbah Poisson.



Rajah 3. Spesimen Ujian Modulus Kebingkasan di Dalam Mesin MATTA

2.4 Ujian Rayapan Dinamik

Prosedur untuk menjalankan ujian rayapan dinamik adalah berdasarkan spesifikasi ASTM D4123 (ASTM, 2005). Dalam ujian ini, spesimen dimasukkan kedalam mesin MATTA pada suhu 40°C selama sekurang-kurangnya 4 jam. Ini dilakukan agar suhu di dalam spesimen sama dengan suhu di dalam mesin. Peralatan yang digunakan sama dengan ujian modulus kebingkasan. Spesimen diletakkan pada kedudukan tengah-tengah alat pembebanan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.



Rajah 4. Spesimen Ujian Rayapan Dinamik di Dalam Mesin MATTA

Ujian rayapan dinamik dijalankan untuk mengkaji rintangan terhadap ubah bentuk apabila dikenakan beban berulang pada suhu yang tinggi. Ujian rayapan dinamik dilakukan dengan mengenakan denyutan yang berulang secara paksi ke atas spesimen. Pada permulaan ujian, spesimen dikenakan tekanan malar yang terkawal pada 0.01 MPa selama lebih kurang 2 minit sebagai suatu tegasan penyesuaian untuk memperolehi pendasaran spesimen yang betul disebabkan oleh bentuknya yang mungkin tidak rata. Ubah bentuk secara paksi yang berlaku kepada spesimen dicatat. Selepas itu, 2 minit masa pemulihan telah diperuntukkan sebelum ujian sebenar. Dari masa ke semasa beban berulang terdiri daripada 1 saat beban dan 1 saat lagi pemunggaran sebelum denyutan seterusnya. Graf terikan bertokok melawan masa pembebanan selama 3600 saat dipaparkan pada skrin komputer sebagai perantara dengan Universal Testing Machine (UTM).

2.5 Ujian Kekuatan Tegangan Tak Langsung

Ujian kekuatan tegangan tak langsung (ITS) merupakan satu ujikaji yang dijalankan untuk menilai tegangan maksimum yang mampu ditanggung oleh spesimen sebelum ia gagal. Dalam keadaan sebenar, beban yang dikenakan merupakan beban lalu lintas oleh kenderaan ke atas permukaan jalan. Ujian kekuatan tegangan tak langsung dijalankan menurut kaedah yang terkandung dalam ASTM D4123 (ASTM, 2005). Ujikaji ini dimulakan dengan meletakkan spesimen di dalam mesin MATTA pada suhu 25°C selama lebih kurang satu jam. Spesimen dikeluarkan dan diletakkan di atas jalur beban. Jalur beban atas dipastikan selari dengan diameter spesimen (Rajah 5). Sebelum daya dikenakan kedua-dua jalur beban ini mestilah dipastikan berada dalam kedudukan selari antara satu sama lain. Kemudian, daya dikenakan sehingga spesimen gagal. Daya ketika spesimen gagal dicatat. Kekuatan tegangan dapat diperolehi melalui persamaan (2.2).

$$ITS = \frac{2000 P_{ult}}{\quad} \quad (2.2)$$

dt

Dimana Pult adalah daya kenaan maksimum, (N); d sebagai diameter spesimen, (mm); dan t merupakan tebal spesimen yang diuji, (mm).

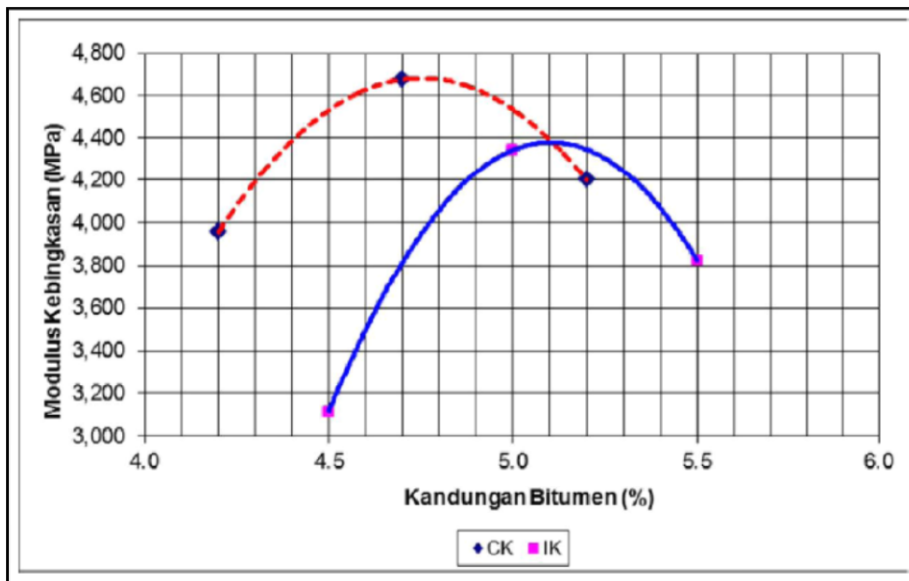


Rajah 5. Spesimen Ujian Kekuatan Tegangan Tak Langsung

3. Keputusan Dan Perbincangan

3.1 Modulus Kebingkasian

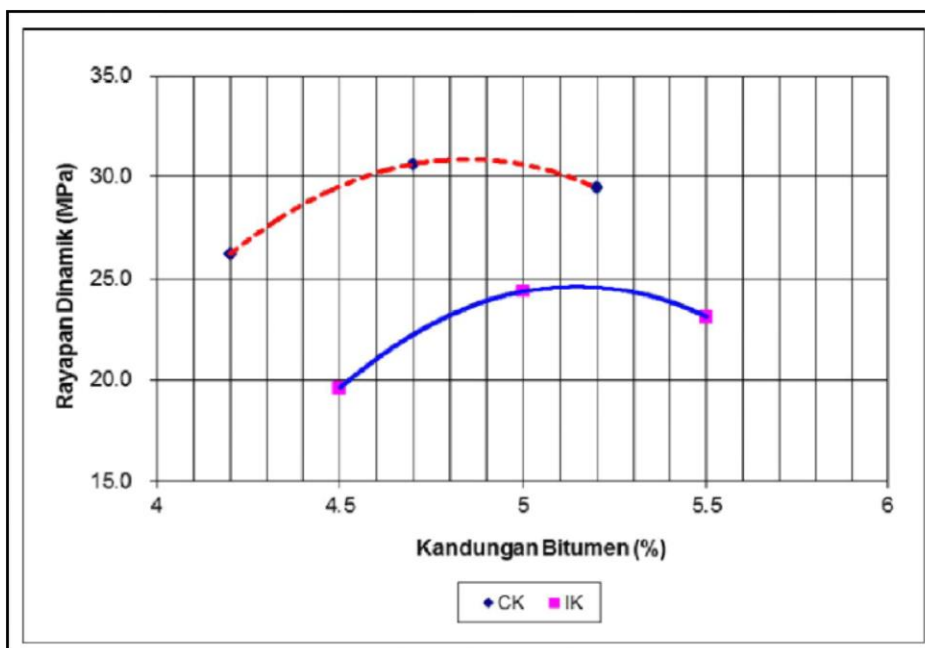
Modulus kebingkasian ialah penentuan nisbah antara tekanan yang diberikan dan terikan baik pulih yang berlaku setelah tekanan dikenakan pada masa tertentu. Keputusan modulus kebingkasian konkrit asphalt campuran bitumen SBS pada $OBC \pm 0.5\%$ dilakarkan di dalam Rajah 6. Modulus kebingkasian meningkat dengan pertambahan kandungan bitumen sehingga mencapai nilai maksimum dan mula menurun walaupun kandungan bitumen masih bertambah. Nilai modulus kebingkasian yang direkodkan bagi campuran IK adalah lebih rendah dari campuran CK. Sebagai contoh; seperti yang ditunjukkan di dalam Rajah 6, modulus kebingkasian CK pada kandungan bitumen 4.3% ialah 3896 MPa, manakala nilai setara untuk campuran IK pada kandungan bitumen 4.5% ialah 3502 MPa. Peratus peningkatan daripada campuran IK kepada campuran CK ialah sebanyak 11.25%.



Rajah 6. Ujian Modulus Kebingkas Campuran Bitumen SBS

3.2 Rayapan Dinamik

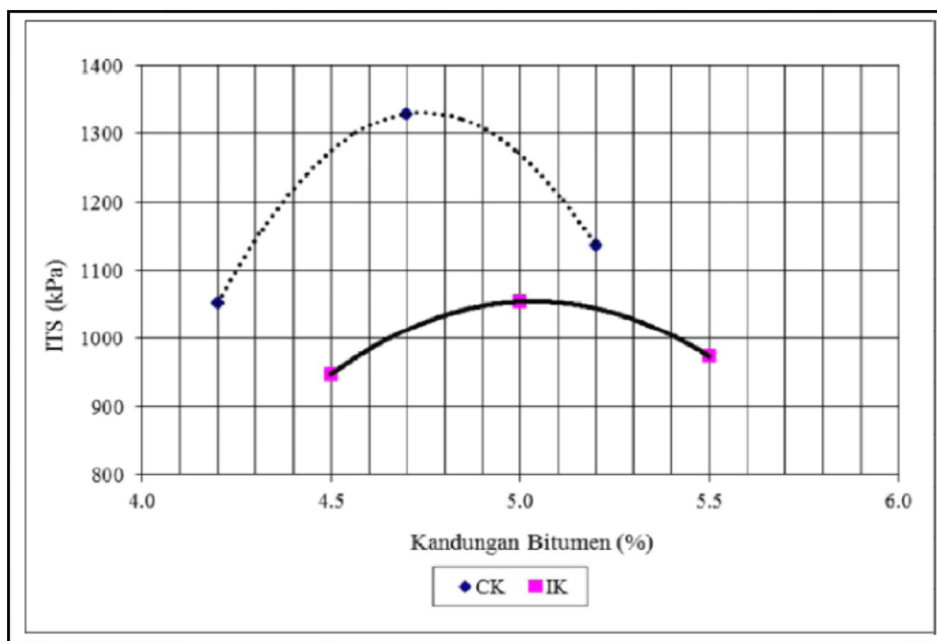
Keputusan ujian rayapan dinamik pada $OBC \pm 0.5\%$ bagi campuran bitumen SBS ditunjukkan di dalam Rajah 7. Daripada lengkung yang terhasil, rayapan dinamik meningkat dengan meningkatnya kandungan bitumen dan mula menurun selepas titik maksimum dilalui walaupun kandungan bitumen masih bertambah. Keputusan yang diperolehi menunjukkan bahawa konkrit asphalt campuran CK meningkat lebih ketara jika dibandingkan dengan campuran IK. Hal ini membuktikan bahawa agregat berkubik di dalam campuran berperanan dalam menghasilkan konkrit asphalt yang bermutu tinggi jika dibandingkan dengan campuran agregat ketaksekataan.



Rajah 7. Rayapan Dinamik Campuran Bitumen SBS

3.3 Kekuatan Tegangan Tak Langsung

Keputusan ujian ITS pada $OBC \pm 0.5\%$ bagi campuran bitumen SBS digambarkan di dalam Rajah 8. Menunjukkan bahawa kekuatan tegangan bertambah dengan penambahan kandungan bitumen, tetapi berkurang apabila kandungan bitumen melebihi nilai optimum. Nilai yang tinggi diperlukan bagi memastikan sesuatu turapan dapat menampung tegasan yang diakibatkan oleh beban kenderaan. Rajah 8 juga memperlihatkan jenis lengkung berbentuk kuadratik bagi campuran CK dan berada di atas lengkung IK, hal ini menunjukkan bahawa konkrit asphalt campuran CK menghasilkan satu nilai tegangan yang tinggi berbanding campuran IK.



Rajah 8. Kekuatan Tegangan Tak Langsung Campuran Bitumen SBS

4. Kesimpulan

Dari kajian yang telah dijalankan, agregat berkubik di dalam campuran bitumen terpinda SBS lebih berupaya meningkatkan nilai modulus kebingkasan, rayapan dinamik dan kekuatan tegangan tak langsung dibandingkan dengan campuran agregat ketaksekataan. Walaubagaimanapun, nilai modulus kebingkasan, rayapan dinamik dan kekuatan tegangan tak langsung meningkat dengan pertambahan kandungan bitumen sehingga mencapai nilai maksimum dan mula menurun walaupun kandungan bitumen masih bertambah.

Rujukan

- ASTM, (2005). D4123. Test Method for Indirect Tension Test for Resilient Modulus of bituminous Mixtures. Annual books of ASTM Standard, Volume 04.03.
- Brown, E.R., McRae, J.L., & Crawley, A.B. (1989). Effect of aggregate on performance of bituminous concrete. ASTM STP 1016, Philadelphia, pp. 34-63.
- Janoo, V. (1998). Quantification of Shape, Angularity, and Surface Texture of Base Course Materials. Special Report 98-1, US Army Corps of Engineers, Cold Regions Research & Engineering Laboratory.
- Kandhal, P.S., Khatri, M.A., & Motter, J.B. (1992). Evaluation of particle shape and texture of mineral aggregates and their blends. Journal of Association of Asphalt Paving Technologists, 61, pp.217-240.
- Kim, Y.R., Yim, N., & Khosla, N.P. (1992). Effect of aggregate type and gradation on fatigue and permanent deformation of asphalt concrete. ASTM STP 1147, Philadelphia, pp. 310-328.
- Kuo, C. Y., Rollings, R. S., & Lynch, L. N. (1998). Morphological study of coarse aggregates using image analysis. Journal of Materials in Civil Engineering, 10, pp. 135-142.
- Maerz, N. H. (2004). Technical and computational aspects of the measurement of aggregate shape by digital image analysis. Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE, Vol.18 (1), pp.10-18.
- Masad, E., Olcott, D., White, T. & Tashman, L. (2001). Correlation of fine aggregate imaging shape indices with asphalt mixture performance. Transportation Research Record, No. 1757, TRB, National Research Council, Washington D. C, pp.148-156.
- McGennis, R.B., Andersen, R.M., Kennedy, T.W. & Solaimanina, M. (1995). Background of Superpave Asphalt Mixture Design and Analysis. Final Report No. FHWA-SA-95-003, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation.
- Oduroh, P. K., Mahboud, K. C., & Anderson, R.M. (2000). Flat and Elongated Aggregates in Superpave Regime. Journal of Materials in Civil Engineering, 12, pp. 124-130.