

Cirian Pasir Pengisi Sambungan Turapan Blok Konkrit Saling Mengunci pada Jarak Sambungan dan Kecerunan yang Berbeza

(Jointing Sand Characteristics of Interlocking Concrete Block Pavements at Different Slopes and Joint Widths)

NUR IZZI MD. YUSOFF*, MOHD. ROSLI HAININ & HASANAN MD. NOR

ABSTRAK

Kajian ini telah dijalankan untuk menyiasat kelakuan pasir penyambung turapan blok konkrit saling mengunci pada jarak sambungan dan kecerunan yang berbeza. Model di makmal yang berukuran 1.2×0.6 (m²) telah dibina dan blok konkrit daripada jenis quadpave yang bersaiz 200×100×60 (mm³) telah digunakan sebagai lapisan atas. Jarak sambungan yang digunakan adalah 2, 4 dan 6 mm dengan kecerunannya adalah 0, 5, 10 dan 15%. Uji kaji tarik keluar dijalankan untuk setiap keadaan. Hasil kajian menunjukkan jarak sambungan 2 mm adalah jarak sambungan yang paling sesuai untuk digunakan pada jalan yang bercerun. Semakin besar jarak sambungan, semakin menurun sifat penguncian antara blok konkrit. Ini berlaku di mana daya yang diperlukan untuk menarik blok keluar semakin mengecil apabila jarak sambungan semakin lebar. Kehadiran air dalam kuantiti yang sedikit menyebabkan pasir pengisi menjadi lebih mampat tetapi apabila air terlalu banyak, hakisan akan berlaku. Kajian ini mencadangkan kecerunan maksimum penggunaan turapan blok konkrit saling mengunci adalah sehingga 10% untuk mengelakkan hakisan pasir pada penyambung dan juga penurunan sifat penguncian antara blok konkrit.

Kata kunci: Keluasan sambungan dan kecerunan; pasir penyambung; turapan konkrit saling mengunci

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the performance of jointing sand of interlocking concrete block pavement using different slopes and joint widths. A laboratory scale model of 1.2×0.6 (m²) was built and concrete blocks (quadpave) of 200×100×60 (mm³) were used as a surface layer. The width of the joint between concrete blocks used for testing varies from 2, 4 and 6 mm, with slopes of 0, 5, 10 and 15%. Pull out test was performed for each condition. The results show that the 2 mm joint width was found suitable to be used on the steep road. It is shown that the interlocking behaviour of concrete blocks decreases when the slope is increased. The forces needed to dislodge concrete blocks from its place become smaller as the joint width gets larger. The presence of small amount of water helps the jointing sand compressed but greater amount of it will cause erosion particularly at steeper slope. It is suggested to use the maximum slope of 10% for interlocking concrete block pavement to avoid sand erosion from the joints and subsequently decrease the interlock behaviour between concrete blocks.

Keywords: Interlocking concrete block pavement; jointing sand; joint width and slopes

PENDAHULUAN

Kebelakangan ini, penggunaan teknologi turapan blok konkrit saling mengunci telah dilihat sebagai satu alternatif yang baik kepada turapan tadisi seperti turapan berasfalt atau turapan konkrit segar (Aizat 2008). Menurut sejarah, turapan jenis ini mula diperkenalkan di Belanda semenjak awal tahun 1950-an bagi menggantikan jalan batu blok tanah liat yang dibakar (Panda & Ghosh 2002). Di Eropah, sebanyak 100 000 000 m² turapan blok konkrit saling mengunci digunakan setiap tahun dan dianggarkan lebih daripada 280 000 000 m²/tahun bahan ini dihasilkan di seluruh dunia (Ghafoori & Mantis 1997; 1998). Penggunaan turapan konkrit blok saling mengunci ini dikatakan telah menawarkan para jurutera dengan suatu bahan yang tahan lasak, ekonomi dan kebolehhkhidmatan yang baik. Manakala arkitek pula ditawarkan dengan

bahan yang mempunyai nilai estetik yang menarik kerana ia dihasilkan dalam pelbagai bentuk dan warna. Di Malaysia, turapan jenis ini pada awalnya lebih tertumpu kepada tempat rekreasi sahaja. Kini turapan blok konkrit saling mengunci telah diperluaskan aplikasinya kepada persimpangan berlampu isyarat yang jumlah trafiknya rendah, terminal bas, pusat membeli belah, tempat parkir, kediaman, pelabuhan dan juga lapangan terbang.

Kebanyakan kajian yang telah dijalankan ke atas turapan blok konkrit saling mengunci ini terhad kepada jalan landai dan tidak bercerun (Azman 2004; Eva Rita 1998; Khairul Anwar 2001). Terlalu sedikit penerangan tentang kelakuan pasir pengisi sambungan turapan blok konkrit saling mengunci pada jalan yang bercerun (Concrete Manufacturers Association 2001). Pembinaan turapan blok konkrit saling mengunci pada jalan yang

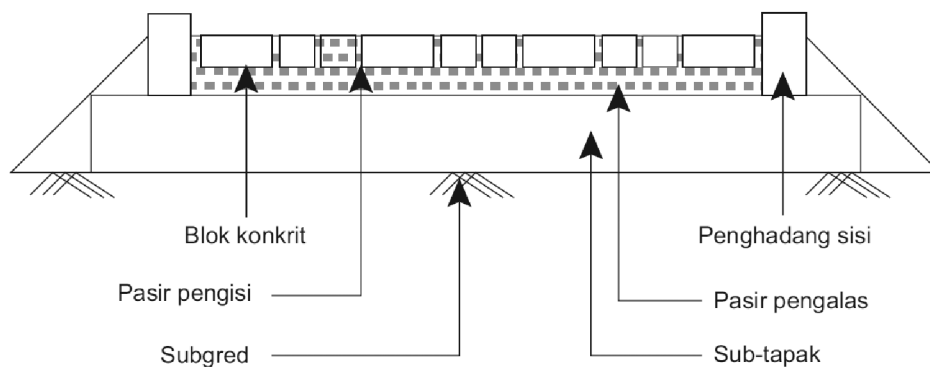
bercerun telah memberikan satu cabaran unik terutamanya kepada jurutera jalan. Tambahan, kajian-kajian terdahulu lebih menekankan kepada pembinaan jalan turapan blok konkrit saling mengunci tanpa mengambil kira kesan-kesan yang berlaku pada pasir pengisi sambungan. Oleh itu kajian makmal ini dilakukan bertujuan untuk menyiasat kesan keluasan atau jarak sambungan dan kecerunan yang berbeza ke atas perlakuan pasir pengisi sambungan turapan konkrit saling mengunci. Faktor luaran seperti kesan hujan turut diambil kira dalam prosedur penafsiran.

KAJIAN KEPUSTAKAAN

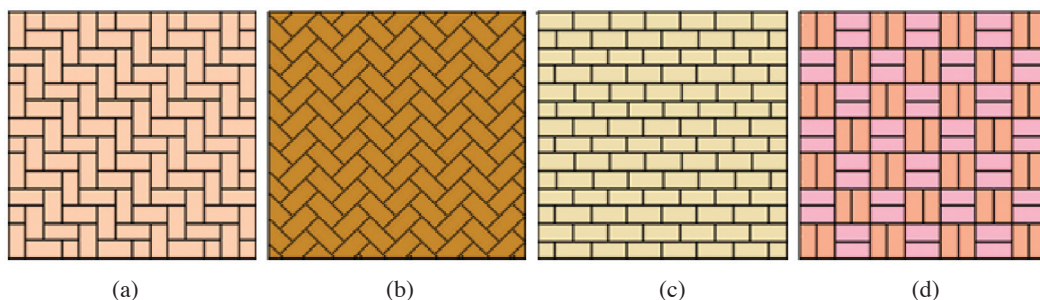
Secara umumnya, struktur turapan blok konkrit saling mengunci adalah sama seperti struktur turapan untuk konkrit berasfalt dan juga konkrit tegar. Struktur turapan blok konkrit saling mengunci ini berbeza hanya pada lapisan permukaan yang digantikan dengan lapisan blok-blok konkrit saling mengunci (Khairul Anwar & Hasanah 2002). Turapan blok konkrit saling mengunci ini biasanya terdiri daripada beberapa lapisan utama iaitu lapisan permukaan, lapisan tapak, lapisan sub-tapak dan lapisan sub-gred, yang mana setiap lapisan adalah terdiri daripada jenis bahan yang berlainan (Nur Izzi et al. 2009). Contoh struktur turapan jenis ini adalah seperti yang ditunjukkan di dalam Rajah 1. Bagi sub-tapak dan sub-gred, bahan binaannya adalah sama seperti yang digunakan untuk turapan jalan berasfalt dan juga konkrit tegar.

Blok konkrit saling mengunci boleh ditakrifkan sebagai unit individu yang mempunyai saiz yang cukup kecil yang tidak melebihi 0.09 m^2 , dan apabila disusun, blok-blok konkrit ini mempunyai sifat saling mengunci antara satu sama lain. Ia biasanya terdiri daripada campuran bahan-bahan berikut: simen (18%), pasir (13%), abu terbang (25%), batu baur (41%), air (2.9%) dan bahan tambah (0.1%) (Monier (M) Sdn. Bhd. 1986). Blok-blok konkrit saling mengunci ini disusun dalam pelbagai susunan seperti tenun bakul (*basket weave*), usungan (*stretcher*) dan silang pangkah (*herringbone*). Susunan-susunan ini dapat ditunjukkan seperti di dalam Rajah 2 (Rada et al. 1990). Namun, pemilihan penggunaan corak susunan adalah bergantung kepada kesesuaian tempat, jenis trafik dan juga nilai estetik (Azman 2004).

Lapisan pasir pengalas bertindak sebagai satu sempadan yang menentang penyerakan retak daripada lapisan tapak kepada permukaan jalan raya dan memberikan satu permukaan yang licin dan rata untuk menempatkan blok-blok konkrit saling mengunci. Ia juga bertindak sebagai punca pasir untuk diisi pada bahagian bawah sambungan (Shackel 1990). Kebanyakan negara di benua Eropah menggunakan ketebalan pasir pengalas setebal 50 mm selepas mampatan (Lilley & Dawson 1988). Di Amerika Syarikat pula, ketebalan pasir pengalas selepas mampatan adalah di antara 20 hingga 30 mm (Rada et al. 1990). Menurut Beaty (1996), pemilihan ketebalan pasir pengalas adalah berbeza mengikut keperluan dan



RAJAH 1. Struktur turapan blok konkrit saling mengunci (Nur Izzi et al. 2009)



RAJAH 2. Susunan biasa turapan konkrit saling mengunci (a) tulang ikan 90° , (b) tulang ikan 45° , (c) usungan dan (d) silang pangkah (Azman 2004)

kesesuaian di sesuatu tempat. Sebagai contoh, ketebalan hampan pasir penggalas pada jalan biasa adalah berbeza berbanding di lapangan terbang mahupun di pelabuhan. Ini bagi memastikan turapan blok konkrit saling mengunci dapat berfungsi dengan baik, mengurangkan kelemahan dan pemendapan (Azman 2004).

Saiz pasir pengalasan yang akan digunakan hendaklah diambil dari satu atau lebih sumber yang berbeza agar pengedaran sempurna dapat dicapai, seperti yang ditunjukkan di dalam Jadual 1 (CMAA 1986). Pasir pengalasan mestilah mengandungi kandungan kelembapan yang seragam, di mana kandungan lembapan yang optimum adalah di antara 4–8% dan pasir yang tepu tidak boleh digunakan (CMAA 1986). Pasir pengalasan juga mestilah bebas daripada garam terlarut atau agen pencemar yang lain bagi memastikan fenomena tompokan garam dapat diminimumkan. Kebiasaannya, ketebalan pasir pengalasan yang melebihi 80 mm akan menyebabkan kegagalan seperti kecacatan plastik dan kesan tayar (Azman 2004). Apabila blok-blok konkrit saling mengunci dipadatkan, pasir pengalasan cenderung untuk mengisi ruang antara blok pada ketebalan antara 20 dan 30 mm.

JADUAL 1. Piawaian untuk pasir pengalasan (CMAA 1986)

Saiz ayak	Peratus (%)
9.52 mm	100
4.75 mm	95 – 100
2.36 mm	80 – 100
1.18 mm	50 – 85
600 μm	25 – 60
300 μm	10 – 30
150 μm	5 – 15
75 μm	0 – 10

Kekosongan pasir di antara sambungan perlu diisi dengan pasir daripada permukaan yang dikenali sebagai pasir pengisi sambungan. Kerosakan kepada jalan akan berlaku sekiranya jalan dibuka kepada trafik sebelum sambungan diisi dengan pasir pengisi sambungan (Shackel 1990). Untuk agihan beban yang optimum, keluasan sambungan antara 2 dan 4 mm biasanya digunakan dengan pasir diisi penuh. Pasir pengisi sambungan yang mempunyai saiz partikel maksimum 1.18 mm dan kurang 20% yang melepasi ayakan bersaiz 75 μm berpotensi menunjukkan prestasi yang baik. Sambungan yang lebih besar memerlukan pasir yang lebih kasar dan sebaliknya (Knapton dan O'Grady 1983). Contoh spesifikasi pengedaran pasir pengisi sambungan adalah seperti yang ditunjukkan di dalam Jadual 2 (CMAA 1986).

Penggunaan pasir bersimen pada sambungan antara blok-blok konkrit saling mengunci boleh menyebabkan keretakan berlaku kepada segmen sehingga mengakibatkan struktur asasnya tercabut. Secara praktikalnya, pasir pengisi sambungan yang dicampur dengan sedikit kandungan

tanah liat yang melepasi ayakan bersaiz 75 μm di dalam lingkungan 5–10% adalah sesuai untuk digunakan (CMAA 1986). Walau bagaimanapun, kandungan sebenar tanah liat adalah bergantung kepada keadaan tempatan dan juga kewujudan bahan tersebut. Dua atau lebih bahan tambah boleh dicampurkan bagi mendapatkan nilai pengedaran yang sesuai, di mana kehadiran bahan ini dapat membantu mengurangkan kemasukan air melalui sambungan semasa awal hayat turapan jalan. Pasir pengisi sambungan mestilah berada di dalam keadaan yang cukup kering bagi mendapatkan hasil yang terbaik (CMAA 1986).

JADUAL 2. Piawaian untuk pasir pengisi sambungan (CMAA 1986)

Saiz ayak	Peratus (%)
2.36 mm	100
1.18 mm	90 – 100
600 μm	60 – 90
300 μm	30 – 60
150 μm	15 – 30
75 μm	5 – 10

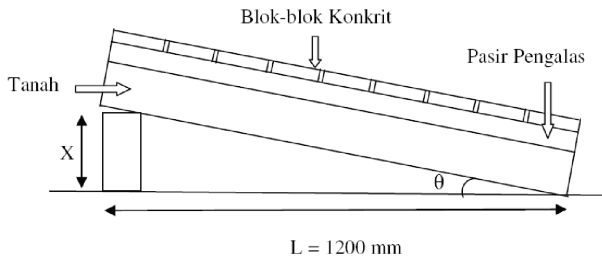
BAHAN DAN KAEDAH KAJIAN

Beberapa ujikaji seperti ujian analisis ayakan pasir, kandungan lembapan pasir, kebolehtelapan air (turus tetap), penyerapan air, sedutan pasir, kesan air hujan dan dan tarik-keluar telah dijalankan di Makmal Jalan Raya, Universiti Teknologi Malaysia, Johor ke atas pasir pengalasan dan pasir pengisi sambungan turapan blok konkrit saling mengunci. Pasir yang digunakan adalah dari daerah Kulai, Johor dan blok-blok konkrit saling mengunci jenis *quadpave* yang bersaiz 200×100×60 (mm³) pula adalah dari kilang Monier, Senai. Kerangka akuarium yang digunakan adalah bersaiz 1.2×0.6 (m²) (Rajah 3) dan blok-blok konkrit saling mengunci disusun dengan menggunakan jenis susunan tulang ikan 90°.

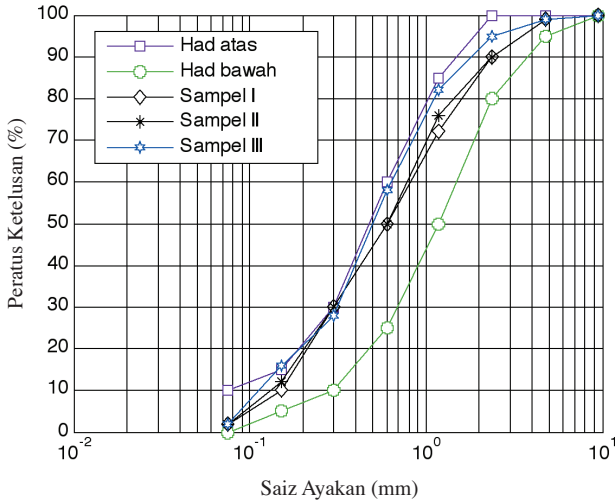
DATA DAN PERBINCANGAN

TABURAN SAIZ PASIR PENGALAS DAN PENGISI SAMBUNGAN

Ujikaji ayakan pasir ini dilakukan untuk mengenal pasti taburan saiz pasir pengalasan dan pasir pengisi sambungan. Rajah 4 menunjukkan graf lengkungan had lulus fraksi pasir mengikut spesifikasi CMAA (1986). Di dalam kajian ini, pasir pengalasan dan pengisi sambungan yang digunakan adalah daripada gred dan sumber yang sama. Hasil kajian menunjukkan sampel pasir yang digunakan mempunyai taburan saiz dalam lingkungan yang diluluskan, sekaligus data ini menyokong kajian. Panda dan Ghosh (2001) mendapati bahawa pasir dari kuari, sungai dan baki-pengisar (*crusher-run*) sesuai untuk dijadikan pasir pengalasan dan pasir pengisi sambungan.



RAJAH 3. Model uji kaji makmal



RAJAH 4. Graf lengkungan saiz pasir pengisi dan pasir pengalasan

KANDUNGAN LEMBAPAN PASIR

Kandungan lembapan pasir diuji bagi tiga sampel yang diambil secara rawak. Hasil analisis memperlihatkan kelembapan pasir adalah sekitar 6.08%. Ini menepati keperluan pasir pengalasan yang ditetapkan oleh CMAA (1986).

CIRI KEBOLEHTELAPAN PASIR

Ujikaji kebolehtelapan turus tetap dijalankan bertujuan untuk mengira nilai pekali kebolehtelapan (k) untuk tanah berbutir kasar seperti kerikil dan pasir yang mana nilai k adalah lebih daripada 10^{-4} m/s. Nilai k ditakrifkan sebagai aliran bendalir yang dihasilkan oleh satu unit kecerunan hidraulik dan ditunjukkan dalam Jadual 3 (Whitlow 2001). Lima sampel telah disediakan dan daripada ujikaji yang dijalankan, didapati nilai purata k adalah 0.03 mm/s. Nilai

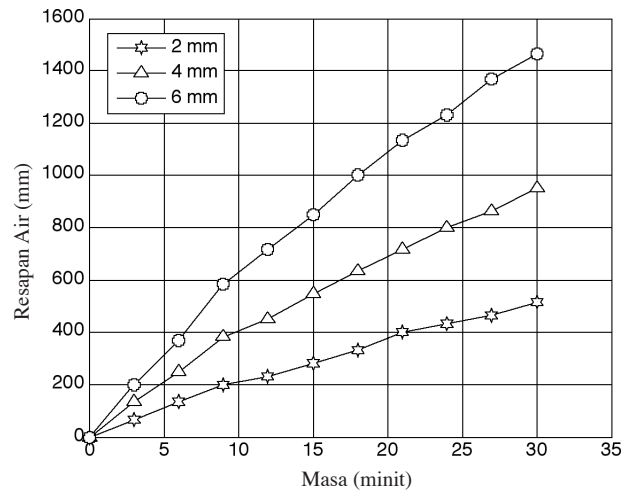
JADUAL 3. Nilai kebolehtelapan, k (Whitlow 2001)

k (cm/s)	Jenis tanah	Sifat aliran
$10^2 - 10^{-1}$	Kerikil	Sangat baik
$10^{-2} - 10^{-4}$	Pasir, campuran pasir kerikil	Baik
$01^{-5} - 10^{-6}$	Pasir halus, kelodak	Lemah
$10^{-7} - 10^{-9}$	Tanah liat	Tidak boleh telap

yang diperoleh ini dibandingkan dengan nilai daripada Jadual 3 dan ternyata nilai pasir yang digunakan dalam kajian ini mempunyai sifat keberaliran yang lemah.

ANALISIS PENYERAPAN AIR

Uji kaji serapan air ini dilakukan untuk menilai kadar penyerapan air pada sambungan. Ujikaji ini dilakukan dengan meletakkan silinder pada sambungan T untuk mendapatkan keluasan kawasan sambungan yang maksimum. Hasil ujikaji yang diperolehi ditunjukkan di dalam Rajah 5. Kadar resapan air adalah berkadaran dengan pertambahan keluasan kawasan sambungan antara turapan blok konkrit saling mengunci. Semakin luas kawasan sambungan, semakin banyak kuantiti air akan meresap ke dalam struktur turapan.



RAJAH 5. Graf kumulatif resapan melawan masa

KESAN SEDUTAN PASIR

Uji kaji sedutan ini dilakukan untuk mengkaji kesan pasir pengisi sambungan yang hilang akibat kerja pembersihan blok-blok konkrit saling mengunci menggunakan penyedut hampagas. Penyedut hampagas yang digunakan di dalam kajian ini mempunyai daya serapan 7.5 m/s (15.2 Mph). Uji kaji dilaksanakan dengan melekatkan penyedut hampagas pada persimpangan T selama beberapa minit. Selepas masa berlalu, kesan sedutan pasir yang terhasil diperhatikan dan ujikaji diteruskan untuk kebarangkalian sambungan yang berbeza. Jadual 4 menunjukkan hasil uji kaji kesan sedutan pasir. Sambungan 2, 4 dan 6 mm menunjukkan

berlakunya kehilangan pasir pengisi sambungan sebelum dikenakan kesan hujan. Manakala selepas dikenakan hujan, maka jumlah pasir pengisi yang hilang adalah dalam kuantiti yang amat kecil dan boleh dianggap sebagai tidak berlakunya proses penyedutan keluar. Keadaan ini dapat dijelaskan lagi menerusi Rajah 6(a) – 6(c).

Rajah 6(a) menunjukkan keadaan turapan konkrit saling mengunci selepas dilakukan proses pepadatan. Manakala Rajah 6(b) – 6(c) pula menunjukkan kesan sedutan pada sambungan T di dalam keadaan kering dan basah (selepas dikenakan hujan tiruan). Hasil kajian mendapati bahawa pasir pengisi sambungan tidak tersedut keluar selepas struktur turapan blok konkrit saling mengunci didedahkan kepada air hujan. Keadaan yang sama telah dicatatkan oleh Eva Rita (1998). Dapat disimpulkan bahawa air memainkan peranan yang penting dalam memberikan kestabilan kepada pasir pengisi sambungan itu sendiri. Kehadiran air dalam kuantiti yang sedikit menyebabkan berlakunya pemendapan pasir pengalasan. Pada masa yang sama, pasir pengisi sambungan telah distrukturkan semula teksturnya supaya lebih padat dan rapat. Namun kehadiran air dalam kuantiti yang besar boleh menyebabkan berlakunya hakisan.

KESAN AIR HUJAN TERHADAP PASIR SAMBUNGAN

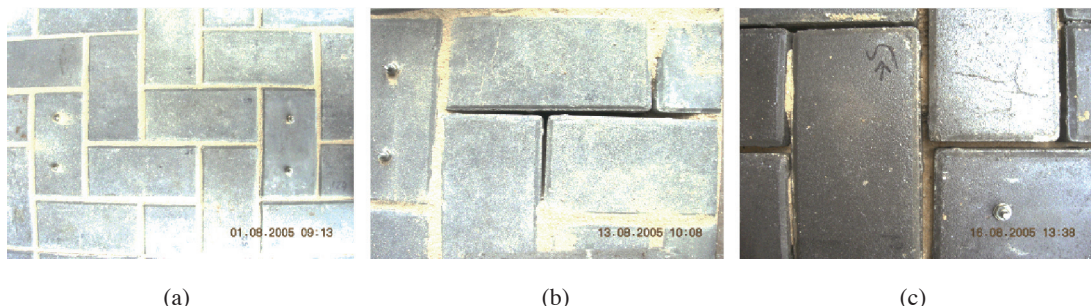
Uji kaji yang dilakukan untuk mengkaji fonomena kesan hakisan oleh air hujan ke atas pasir pengisi sambungan. Hakisan oleh air hujan menyebabkan pasir pengisi sambungan tertanggal daripada tempatnya dan seterusnya melemahkan sifat penguncian turapan blok konkrit saling mengunci. Disebabkan uji kaji ini hanyalah terhad kepada kajian makmal sahaja, maka sebuah model pancuran hujan telah disediakan. Keamatan hujan tiruan yang digunakan adalah 283.33 mm/j. Kelebatan hujan setinggi 97.4 mm/j dan 178.5 mm/j masing-masing telah menyebabkan berlakunya banjir di kawasan Petaling Jaya dan Damansara (Azman 2004). Oleh itu, hujan tiruan di dalam ujikaji ini bolehlah dianggap sebagai hujan yang amat lebat. Rajah 7(a) – 7(c) menunjukkan kesan hakisan melawan masa bagi jarak sambungan dan kecerunan yang berbeza.

Secara umumnya, pada kecerunan 0%, tiada kesan hakisan yang ketara dapat diperhatikan sehingga pada saat yang ke 1800 antara sambungan 2, 4 dan 6 mm. Keadaan ini mungkin disebabkan oleh pasir pengisi sambungan masih berada “tetap” pada sambungannya. Kehadiran air didapati membantu pasir pengisi sambungan menjadi lebih mampat dan mengecilkan ruangan antara pasir

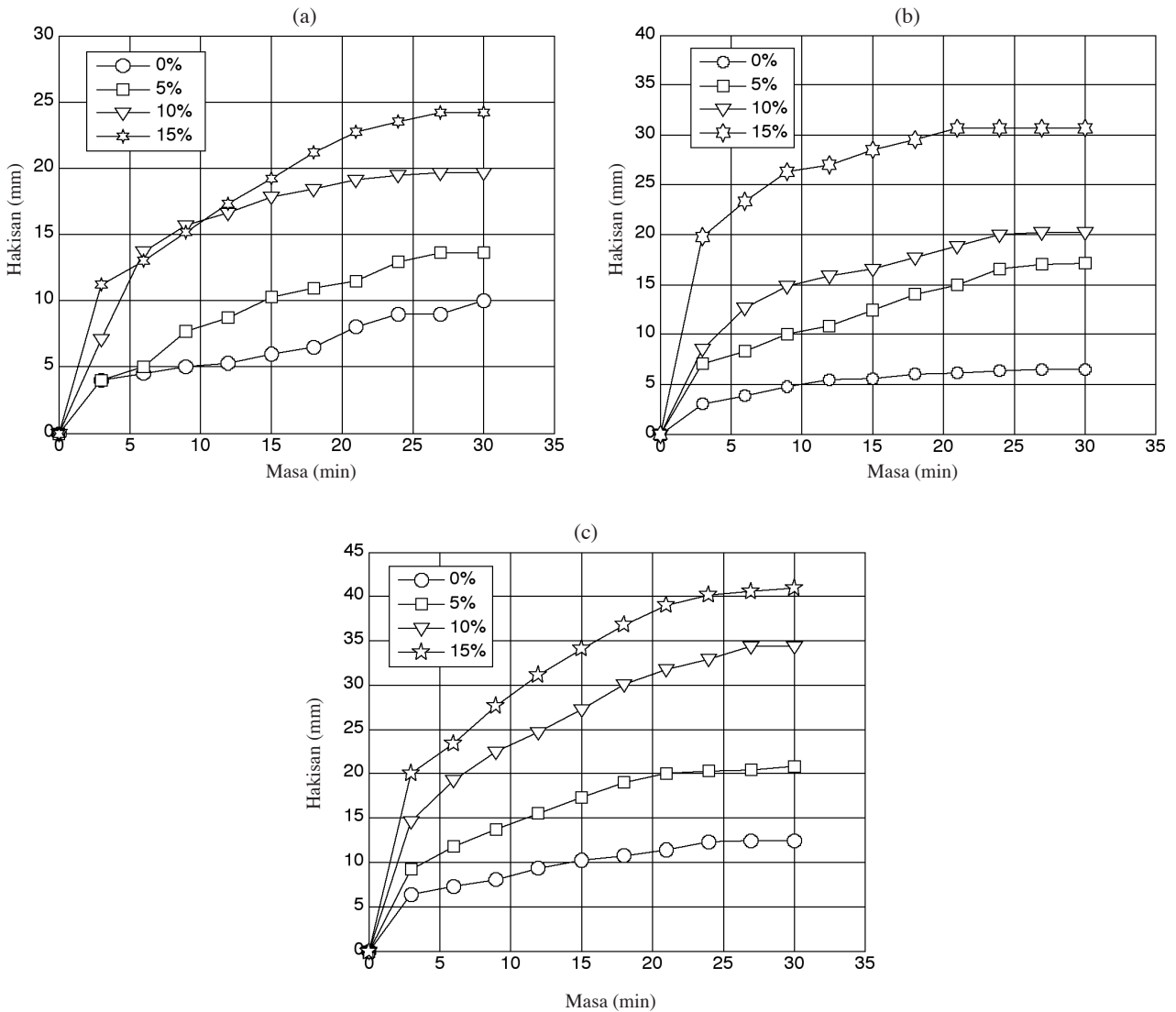
JADUAL 4. Ujikaji sedutan pada sambungan

Sambungan (mm)	Kecerunan (%)	Pemerhatian
2	0*	Hilang dengan segera
	0	Tiada kehilangan pasir
	5	
	10	
	15	
4	0*	Hilang dengan segera
	0	Tiada kehilangan pasir
	5	
	10	
	15	
6	0*	Hilang dengan segera
	0	Tiada kehilangan pasir
	5	
	10	
	15	

*- selepas pepadatan dan sebelum kesan hujan



RAJAH 6. (a) Keadaan asal dan kesan sedutan pasir pengisi, (b) sebelum dan (c) selepas hujan



RAJAH 7. Graf hakisan melawan masa bagi sambungan (a) 2 mm, (b) 4 mm dan (c) 6 mm

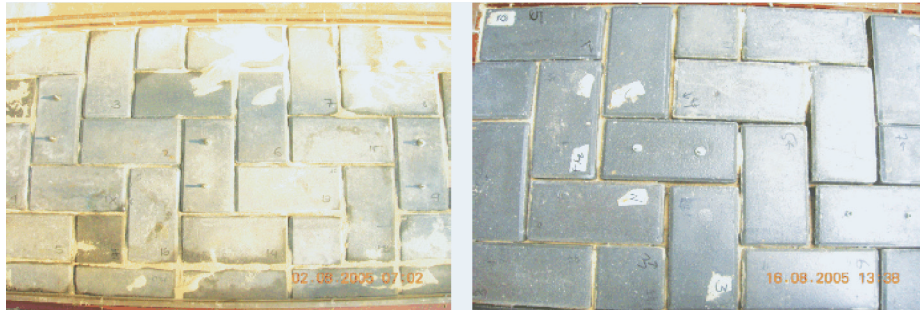
pengisi sambungan. Pada kecerunan 5%, perubahan mula berlaku di mana sambungan 2, 4 dan 6 mm masing-masing mencatatkan bacaan hakisan setinggi 13.6, 17.0 dan 20.8 mm. Keadaan yang sama (hakisan) juga dapat diperhatikan pada kecerunan jalan 10%. Jarak sambungan 2 dan 4 mm mencatatkan bacaan yang hampir sama tetapi jarak sambungan 6 mm memberikan bacaan yang agak tinggi melebihi 10 mm.

Pada kecerunan 15%, didapati perbezaan setiap sambungan adalah sekitar 10 mm. Pasir penyambung yang terhakis mewakili hampir 1/3, 1/2 dan 2/3 daripada ketinggian turapan blok konkrit saling mengunci sambungan 2, 4 dan 6 mm. Keadaan ini dilihat dapat mengurangkan sifat penguncian turapan blok konkrit saling mengunci. Tambahan, blok-blok konkrit ini terdedah kepada perlanggaran antara satu sama lain. Bagi mengurangkan masalah ini, maka kerja-kerja penyelenggaraan mestilah dilakukan dengan segera pada kawasan yang mengalami hakisan yang teruk untuk mengelakkan kerosakan tersebar ke kawasan yang masih sempurna. Rajah 8 pula

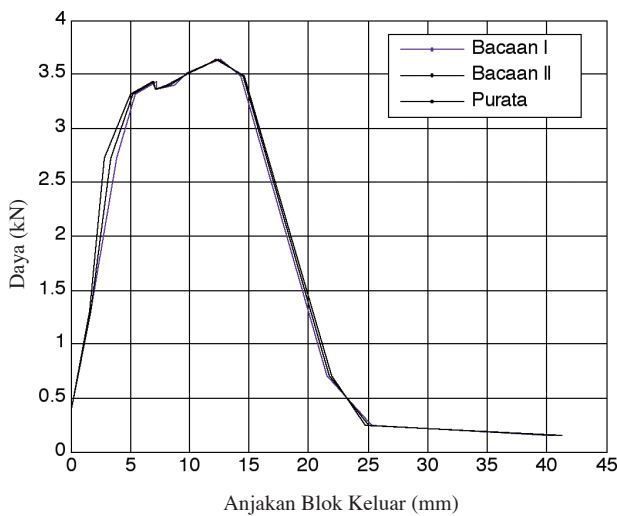
menunjukkan contoh keadaan pasir pengisi sambungan yang terkeluar dari sambungan yang disebabkan oleh hakisan hujan. Didapati bahawa semakin lebar sambungan, semakin banyak pasir penyambung yang terhakis. Keadaan ini berkadaran dengan kadar alir air. Kadar larian air hujan yang semakin meningkat telah menyebabkan halaju air menjadi semakin tinggi. Akibatnya, hakisan berlaku dengan kadar yang lebih tinggi.

SIFAT PENGUNCIAN

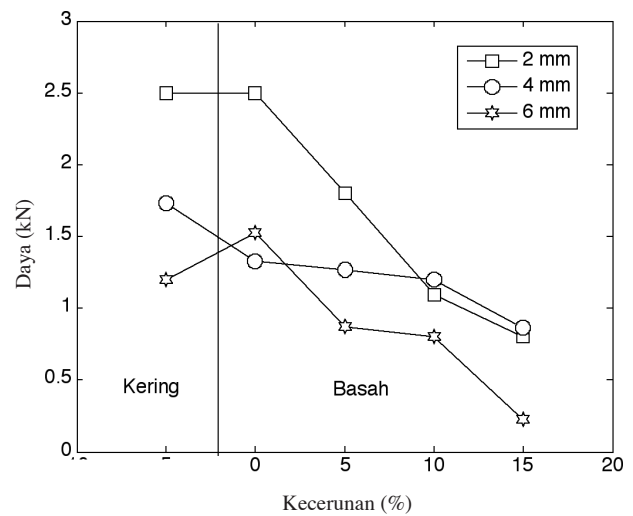
Uji kaji tarik-keluar ini dilakukan pada dua titik yang dipilih dan ia berkaitan dengan tabii penguncian pada sesuatu turapan blok konkrit saling mengunci. Blok konkrit ini akan ditarik sehinggalah ia gagal atau tertanggal. Tranduser mencatat anjakan yang terhasil dan sel beban akan menunjukkan jumlah tekanan yang dikenakan serta semua bacaan data tersebut akan dicatat. Rajah 9 menunjukkan graf kekuatan (daya) ujikaji tarik-keluar bagi titik yang pertama. Uji kaji ini diulang pada tiga tempat



RAJAH 8. Contoh kesan hakisan pasir oleh air hujan



RAJAH 9. Graf daya melawan anjakan blok keluar bagi titik pertama

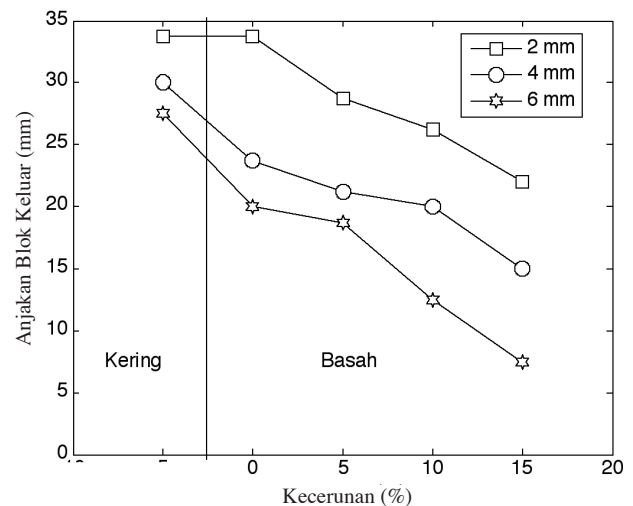


RAJAH 10. Graf daya melawan kecerunan

yang berlainan dan daya dicampur untuk mendapatkan nilai purata keseluruhan. Kaedah yang sama juga dilakukan bagi mendapatkan nilai anjakan blok keluar maksimum. Rajah 10 dan 11 menunjukkan nilai purata anjakan maksimum dan daya yang berlaku untuk kecerunan 0, 5, 10 dan 15% untuk sambungan 2, 4 dan 6 mm.

Rajah 10 menunjukkan bahawa semakin tinggi kecerunan jalan, maka semakin kecil daya yang diperlukan untuk mencabut turapan blok konkrit saling mengunci daripada turapan jalan. Manakala semakin besar jarak sambungan, semakin kurang sifat penguncian di antara blok-blok konkrit saling mengunci (Rajah 11). Jarak sambungan bertindak sebagai penghalang kepada potensi blok itu ditarik keluar. Pasir pengisi yang telah terhakis menyebabkan kurangnya geseran di antara blok dan seterusnya menyebabkan turapan blok konkrit saling mengunci mudah gagal. Keadaan ini menunjukkan bahawa sifat saling mengunci adalah wujud antara blok kerana terdapat daya yang diperlukan untuk mencabut blok konkrit saling mengunci keluar walaupun daya yang diperlukan tidaklah terlalu tinggi. Nilai yang hampir sama dicatatkan di dalam kajian yang dilakukan oleh Azman (2004).

Didapati, nilai daya yang dicatatkan tidak terlalu tinggi kerana dalam kajian ini tiada pembebanan seperti



RAJAH 11. Graf anjakan keluar melawan kecerunan

beban trafik dikenakan pada sampel ujikaji. Kebiasaannya, blok-blok konkrit akan mula menunjukkan sifat saling mengunci apabila didedahkan kepada 5,000 hingga 10,000 beban gandar piawai (Sharp & Armstrong 1985). Concrete Manufacturers Association (2001) telah melakukan kajian di Afrika Selatan dan turapan blok konkrit saling mengunci

dibina pada jalan yang berkecerunan tidak melebihi 20%. Namun untuk negara-negara seperti Malaysia yang menerima hujan dan panas sepanjang tahun, turapan blok konkrit saling mengunci ini adalah tidak digalakkan dibina di kawasan yang berkecerunan tinggi. Analisis data yang diperolehi menunjukkan keadaan bahawa semakin tinggi kecerunan, semakin kurang sifat saling mengunci di antara blok-blok konkrit saling mengunci dan turapan ini sesuai untuk jalan yang berkecerunan maksimum yang tidak melebihi 10%. Kecerunan jalan setinggi 15% terdedah kepada larian air hujan yang laju sehingga menyebabkan hakisan berlaku dan seterusnya mengurangkan ciri-ciri penguncian antara blok-blok konkrit.

KESIMPULAN

Faktor jarak sambungan berperanan dalam menentukan kadar resapan. Semakin besar jarak sambungan menyebabkan kadar resapan semakin tinggi. Namun fenomena yang ditunjukkan ini hanyalah berlaku untuk beberapa minit awal. Selepas pasir penyambung agak tepu, nilai kadar serapan mula seragam dan keadaan ini memenuhi hukum Darcy. Manakala dalam ujikaji kebolehtelapan terus tetap, nilai bacaan yang dicatatkan adalah 0.03 mm/s di mana kadar alirannya adalah lemah.

Uji kaji menunjukkan bahawa daya yang diperlukan untuk mencabut keluar blok konkrit daripada turapan sambungan 2 mm berkurangan sehingga tiga kali ganda untuk jalan yang berkecerunan 15% berbanding dengan jalan datar. Bagi sambungan 4 dan 6 mm, kadar pengurangannya adalah sehingga enam kali ganda. Kekuatan sifat penguncian bagi kedua-dua sambungan ini untuk jalan bercerun adalah agak lemah.

Kehadiran air mengurangkan daya maksimum yang diperlukan untuk mencabut blok-blok konkrit saling mengunci daripada turapan jalan. Pasir yang lembap mengurangkan sifat penguncian antara blok-blok konkrit.

Turapan konkrit blok saling mengunci adalah digalakkan dibina pada kecerunan jalan yang tidak melebihi 10%.

RUJUKAN

- Aizat Alias 2008. *Kekuatan Struktur Turapan Blok Konkrit Uni-Grasspave*. Disertasi Sarjana Muda. Universiti Teknologi Malaysia (tidak diterbitkan).
- Azman Mohamed 2004. *Prestasi sambungan turapan penguncian blok konkrit menggunakan pasir pengalas dengan bahan tambah simen*. Disertasi Master. Universiti Teknologi Malaysia, Skudai (tidak diterbitkan).
- Beatty, A.N.S. 1996. Research into paver interlock. *Highway and Transportation* 43: 124-132.
- Concrete Manufacturers Association. 2001. *Concrete Block Paving; Technical Notes for Steep Slope*. Midrand.
- Concrete Masonry Association of Australia (CMAA). 1986. *Concrete Segmental Pavements; Design Guide for Residential Accessways and Roads*. NSW, Australia.
- Eva Rita 1998. *Kesan air pada pengalas dan penyambung turapan blok konkrit*. Disertasi Master. Universiti Teknologi Malaysia, Skudai (tidak diterbitkan).
- Ghafoori, N. & Mathis, R. 1997. Sulphate resistance of concrete pavers. *Journal of Materials in Civil Engineering* 9(1): 35-40.
- Ghafoori, N. & Mathis, R. 1998. Prediction and thawing durability of concrete Paving blocks. *Journal of Materials in Civil Engineering* 10(1): 45-51.
- Lilley, A.A. & Dowson, A.J. 1988. Laying course sand for concrete block paving. *Proc. 3rd International Conference on Concrete Block Paving* Rome pp. 457-462.
- Khairul Anwar Husin 2001. *Kajian pengisian sambungan dan penguncian turapan blok konkrit*. Disertasi Master. Universiti Teknologi Malaysia, Skudai (tidak diterbitkan).
- Khairul Anwar Husin & Hasan Md. Nor. 2002. *Kajian terhadap penguncian turapan blok konkrit*. *Malaysian Journal of Civil Engineering* 15(2): 53-65.
- Knapton, J. & O'Grady, M. 1983. The behavior of a concrete block pavement. *Journal of Concrete Society* 17: 17-18.
- Monier (Malaysia) Sdn. Bhd. 1986. *Interlocking Concrete Road Pavements (T35): a Guide to Design & Construction*. Australia: Cement & Concrete Association of Australia.
- Panda, B.C. & Ghosh, A.K. 2002. Structural behavior of concrete block paving. I: sand in bed and joints. *Journal of Transportation Engineering* 128(2): 123-129.
- Nur Izzi, M.Y., Amiruddin, I., Rosli, H., Hasanan, M.N. & Khairul Anwar, H. 2009. Kajian ciri-ciri pasir pengalas dan pasir pengisi sambungan turapan blok konkrit saling mengunci. *Jurnal Kejuruteraan* 21: 33-42.
- Rada, G.R., David R., John, S.M. & Matthew, W.W. 1990. Structural design of concrete block pavement. *Journal of Transportation Engineering* 116(5): 615-635.
- Shackel, B. 1990. *The Design and Construction of Interlocking Concrete Block Pavements*. London: Chapman and Hall.
- Sharp, K.G. & Armstrong, P.J. 1985. *Interlocking concrete block pavements*. Special report No. 31. Australian Road Research Board, Vermont South, Victoria, Australia.
- Whitlow, R. 2001. *Basic Soil Mechanics*, 4th edition. Great Britain: Prentice Hall.
- Nur Izzi Md Yusoff*
Jabatan Kejuruteraan Awam dan Struktur
Fakulti Kejuruteraan dan Alam bina
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi, Selangor
Malaysia
- Mohd Rosli Hainin & Hasan Md. Nor
Fakulti Kejuruteraan Awam
Universiti Teknologi Malaysia
81310 UTM Skudai
Johor, Malaysia

*Pengarang untuk surat-menyurat; email: izzzi@vlsi.eng.ukm.my

Diserahkan: 17 Ogos 2010
Diterima: 29 Jun 2011