

**KAJIAN KELAKUAN PASIR PENYAMBUNG TURAPAN PENGUNCIAN
BLOK KONKRIT PADA JARAK SAMBUNGAN DAN KECERUNAN YANG
BERBEZA**

NUR IZZI MD. YUSOFF

A project report submitted in partial fulfillment of the requirements for the award of
the degree of Master of Engineering (Civil- Highway and Transportation)

**Faculty of Civil Engineering
University Technology of Malaysia**

NOVEMBER, 2005

*When you learn to carry yourself
like a winner, acts like one*

PENGHARGAAN

Segala puji bagi Allah s.w.t, Tuhan sekalian alam serta selawat dan salam ke atas junjungan Nabi Muhammad s.a.w. Di kesempatan ini, ingin saya merakamkan setinggi-tinggi penghargaan dan ucapan terima kasih kepada:

1. **Profesor Ir. Dr. Hasanan Md. Nor**, selaku penyelia di atas segala tunjuk ajar, nasihat dan bimbingan yang diberikan. Pengalaman yang dilalui ini amat berguna kepada saya dalam meniti kehidupan sebagai seorang ahli akademik nanti.
2. Pensyarah-pensyarah Kejuruteraan Pengangkutan dan Jalan Raya iaitu PM. Dr. Othman Che Puan, Dr. Mohd Rosli Hainin, PM. Dr. Aziz Chik, PM. Danial Mohamed, PM. Abdul Aziz Muti dan Tuan Haji Che Ros Ismail. Terima kasih di atas segala ilmu yang dicurahkan.
3. Pak Rachmat Hardwijoyo, En. Khairul Anwar Hj Husin, En Azman Mohamad dan En. Mohd.Hidayat Jamal kerana sudi memberikan bantuan nasihat dan ide-ide yang bernas dalam menyiapkan projek ini.
4. Juruteknik-juruteknik Makmal Jalan Raya iaitu En. Suhaimi, En. Rahman, En. Azman dan En. Ahmad Adim atas segala bantuan semasa saya melakukan uji kaji di makmal.
5. Ibu bapa serta keluarga yang sentiasa memberikan dorongan dan mendoakan yang terbaik buat saya.
6. Pihak Universiti Kebangsaan Malaysia khususnya Jabatan Kejuruteraan Awam & Struktur, Fakulti Kejuruteraan dan JPA yang menyediakan platform untuk saya menyambung pengajian di UTM ini, dan
7. Sesiapa jua yang terlibat secara langsung dan tidak langsung, terima kasih di atas segalanya. Jazakumullahukhairan khasira.

ABSTRAK

Kajian ini dijalankan untuk mengkaji kelakuan pasir penyambung turapan penguncian blok konkrit (ICBP) pada jarak sambungan dan kecerunan yang berbeza. Model di makmal (1.2 m x 0.6 m) telah dibangunkan untuk mengkaji ke atas parameter ini. Blok konkrit jenis *quadpave* yang bersaiz 200 mm x 100 mm x 60 mm telah digunakan sebagai lapisan atas. Jarak sambungan yang digunakan di dalam kajian ini adalah 2 mm, 4 mm dan 6 mm. Manakala kecerunan yang digunakan adalah 0%, 5%, 10% dan 15%. Daripada kajian yang dilakukan, didapat bahawa pasir yang digunakan berada dalam julat ayakan yang dibenarkan. Spesifikasi yang digunakan di dalam kajian ini adalah mengikut CCAA (1986). Nilai kandungan lembapan purata pula adalah 7.38%, di mana ia masih lagi berada di dalam julat yang dibenarkan iaitu antara 4-8%. Manakala nilai pekali kebolehtelapan adalah 0.03 mm/s yang mana ia menunjukkan bahawa pasir ini menunjukkan kebolehaliran yang lemah. Dapat disimpulkan berdasarkan kajian yang dilakukan bahawa pasir daripada Kulai, Johor ini sesuai untuk digunakan sebagai pasir pengisi dan juga pada sambungan. Daripada kajian juga didapati bahawa jarak sambungan 2 mm merupakan jarak sambungan yang paling sesuai untuk gunakan pada jalan yang bercerun. Semakin besar jarak sambungan, sifat penguncian antara blok semakin menurun. Keadaan ini disokong oleh keputusan daripada uji kaji tarik keluar, yang mana daya yang diperlukan untuk menarik blok keluar semakin kecil apabila jarak sambungan semakin lebar. Kehadiran air dalam amaun yang kecil menyebabkan pasir pengisi menjadi lebih mampat tetapi apabila air terlalu banyak menyebabkan hakisan. Hakisan ini berlaku lebih teruk pada turapan yang semakin bercerun. Daripada hasil kajian yang agak terhad, turapan ICBP dicadangkan dibina sehingga kecerunan 10% dalam keadaan cuaca tempatan ini.

ABSTRACT

This study sought to determine the performance of jointing sand of interlocking concrete block pavement (ICBP) under different joint widths and slope. Laboratory scale model (1.20 x 0.60 m) was developed to study on these parameters. Concrete blocks (quadpave) of 200 mm x 100 mm x 60 mm were used as a surface layer. The width of the joint between pavers used for test varied from 2 mm, 4 mm, and 6 mm and different slopes 0% to 5%, 10% and 15%. From study, the sand used did not exceed the limitations regarding to the CCAA (1986) gradation specifications. It also found that the average moisture content of 7.38 % was in acceptable range. The value of coefficient of permeability k was found to be 0.03 mm/s, which shows poor drainage ability of the sand. Summarizing this, mainly the rounded quartz river sand was suitable to be used as jointing and bedding sand as observed in the test. Based on the study also indicated that 2 mm joint width was suitable to be used for the steep road. From the data obtained, it indicated that when the joint width increased, interlock behaviour of the pavement decreased. This result is supported by the pull out test, only small forces needed to pull the pavers out from it place. When this condition occurred, the interlock behaviour reduced and exposed to the friction between pavers. The absence of water in a small amount help the jointing sand compressed but greater in its amount caused sand erosion especially at steeper slope. Results showed that the water eroded the higher degrees of slopes, more sand. Based on limited results from the study, ICBP road must not exceed 10% slope to avoid the sand erosion from the joints and decrease of interlock behaviour between the pavers.

SENARAI KANDUNGAN

| BAB | PERKARA | MUKA SURAT |
|------------|--------------------------------|-------------------|
| | PENGESAHAN STATUS TESIS | i |
| | PENGAKUAN | ii |
| | DEDIKASI | iii |
| | PENGHARGAAN | iv |
| | ABSTRAK | v |
| | ABSTRACT | vi |
| | KANDUNGAN | vii |
| | SENARAI JADUAL | xi |
| | SENARAI RAJAH | xii |
| | SENARAI LAMPIRAN | xv |
| | SENARAI RINGKASAN | xvii |
| 1 | PENDAHULUAN | 1 |
| | 1.1 Pengenalan | 1 |
| | 1.2 Latar Belakang Kajian | 5 |
| | 1.3 Pernyataan Masalah | 6 |
| | 1.4 Objektif Kajian | 7 |

| | | |
|----------|--------------------------------------|-----------|
| 1.5 | Skop Kajian | 7 |
| 1.6 | Kepentingan Kajian | 8 |
| 1.7 | Kandungan Laporan Projek | 8 |
| 2 | KAJIAN LITERATUR | 10 |
| 2.1 | Pengenalan | 10 |
| 2.2 | Kompenen ICBP | 11 |
| 2.2.1 | Tapak Jalan | 12 |
| 2.2.2 | Lapisan Sub-ged | 13 |
| 2.2.3 | Lapisan Sub-tapak | 14 |
| 2.2.4 | Pasir Pengalas | 15 |
| 2.2.5 | Pasir Penyambung | 18 |
| 2.2.6 | Blok Konkrit | 20 |
| 2.2.6.1 | Bahan | 21 |
| 2.2.6.2 | Had Dimensi | 22 |
| 2.2.6.3 | Kekuatan | 23 |
| 2.2.6.4 | Kebolehtahanan | 23 |
| 2.2.6.5 | Warna dan Kemunculan | 24 |
| 2.3 | Corak Susunan Blok Konkrit | 25 |
| 2.4 | Bentuk Blok | 26 |
| 2.4.1 | Bentuk Kategori A | 26 |
| 2.4.2 | Bentuk Kategori B | 26 |
| 2.4.3 | Bentuk Kategori C | 27 |
| 2.4.4 | Bentuk Kategori X | 27 |
| 2.5 | Prinsip Saling Mengunci | 27 |
| 2.6 | Aplikasi Kejuruteraan | 29 |
| 2.7 | Turapan yang Bercerun | 30 |
| 2.7.1 | Rasuk Sauh | 30 |
| 2.7.2 | Jarak dan Kedudukan | 31 |
| 2.7.3 | Longkang Sub-tapak | 32 |
| 2.7.4 | Longkang Permukaan | 33 |
| 2.7.5 | Penyelenggaraan Bahagian Hujung Atas | 33 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 3 | METODOLOGI KAJIAN | 35 |
| 3.1 | Pengenalan | 35 |
| 3.2 | Uji Kaji Makmal | 36 |
| 3.3 | Ujikaji Ayakan Pasir | 36 |
| 3.3.1 | Radas dan Bahan | 36 |
| 3.3.2 | Tata Cara Uji Kaji | 37 |
| 3.4 | Uji Kaji Kandungan Lembapan | 37 |
| 3.4.1 | Radas dan Bahan | 38 |
| 3.4.2 | Tata Cara Uji Kaji | 38 |
| 3.5 | Uji Kaji Kebolehtelapan Turus Tetap | 39 |
| 3.5.1 | Radas dan Bahan | 39 |
| 3.5.5 | Tata Cara Uji Kaji | 39 |
| 3.6 | Pembinaan Model Fizikal | 42 |
| 3.7 | Pemadatan Pasir Pengalas | 45 |
| 3.8 | Pengukuran Ketinggian Pasir Pengisi Sambungan | 46 |
| 3.9 | Ujikaji Kesan Hujan Terhadap Pasir Penyambung | 47 |
| 3.9.1 | Radas dan Bahan | 48 |
| 3.10 | Ujikaji Sedutan Pasir Pengisi | 49 |
| 3.10.1 | Radas dan Bahan | 50 |
| 3.11 | Uji Kaji Penyerapan Air | 50 |
| 3.11.1 | Radas dan Bahan | 51 |
| 3.11.2 | Tata Cara Uji Kaji | 51 |
| 3.12 | Uji Kaji Tarik Keluar | 52 |
| 3.12.1 | Peralatan dan Radas | 53 |
| 3.12.2 | Tata Cara Uji Kaji | 54 |
| 4 | KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN | 56 |
| 4.1 | Pengenalan | 56 |
| 4.2 | Uji Kaji Ayakan Pasir | 56 |
| 4.3 | Uji Kaji Kandungan Kelembapan Pasir | 57 |
| 4.4 | Uji Kaji Kebolehtelapan Turus Tetap | 59 |
| 4.5 | Uji Kaji Resapan Air | 61 |
| 4.6 | Enapan Pasir Pengalas | 62 |
| 4.7 | Uji Kaji Sedutan Pasir | 64 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4.8 | Uji Kaji Kesan Hakisan Hujan Terhadap Pasir Penyambung | 66 |
| 4.8.1 | Kesan Hakisan pada Sambungan 2 mm | 67 |
| 4.8.2 | Kesan Hakisan pada Sambungan 4 mm | 68 |
| 4.8.3 | Kesan Hakisan pada Sambungan 6 mm | 69 |
| 4.8.4 | Perbandingan Antara Sambungan 2 mm, 4 mm dan 6 mm | 70 |
| 4.9 | Uji Kaji Tarik Keluar | 72 |
| 5 | KESIMPULAN DAN CADANGAN | 79 |
| 5.1 | Pengenalan | 79 |
| 5.2 | Resapan air | 79 |
| 5.3 | Pemadatan dan Enapan | 81 |
| 5.4 | Hakisan dan Sifat Penguncian | 82 |
| 5.5 | Permasalahan Kajian | 84 |
| 5.6 | Cadangan Kajian Lanjutan | 85 |
| | RUJUKAN | 86 |
| | LAMPIRAN A | 89 |
| | LAMPIRAN B | 91 |
| | LAMPIRAN C | 94 |
| | LAMPIRAN D | 97 |

SENARAI JADUAL

| NO. JADUAL | TAJUK | MUKA SURAT |
|-------------------|---|-------------------|
| 1.1 | Faktor yang mempengaruhi prestasi ICBP | 4 |
| 2.1 | Spesifikasi pasir pengalas | 17 |
| 2.2 | Spesifikasi pasir pengisi sambungan | 19 |
| 2.3 | Peraturan bahan dalam blok konkrit | 22 |
| 2.4 | Spesifikasi blok konkrit tipikal | 24 |
| 3.1 | Penentuan kandungan lembapan pasir pengisi | 39 |
| 3.2 | Jadual julat nilai k (m/s) | 41 |
| 3.3 | Jadual nilai pekali pembetulan suhu, K_T | 42 |
| 4.1 | Peratus kandungan lembapan pasir uji kaji pertama | 58 |
| 4.2 | Jadual kebolehtelapan untuk sampel pasir yang digunakan | 59 |
| 4.3 | Purata penapan pasir pengalas melawan masa | 62 |
| 4.4 | Keputusan uji kaji sedutan pasir pada sambungan | 64 |
| 4.5 | Contoh data uji kaji tarik keluar | 73 |

SENARAI RAJAH

| NO. RAJAH | TAJUK | MUKA SURAT |
|-----------|--|------------|
| 1.1 | Pecahan penghasilan turapan blok konkrit secara tahunan | 2 |
| 1.2 | Kertas kerja di bengkel dan seminar anjuran SEPT (1980-2003) | 3 |
| 1.3 | Topik yang dibincangkan di bengkel dan seminar anjuran SEPT | 3 |
| 1.4 | Teknologi ICBP | 4 |
| 2.1 | Turapan blok konkrit awal : jalan utama kerajaan Rom | 11 |
| 2.2 | Struktur utama ICBP | 12 |
| 2.3 | Kerja-kerja pengorekan sub-gred tanah | 14 |
| 2.4 | Kerja-kerja pemadatan sub-gred tanah | 14 |
| 2.5 | Kerja-kerja meratakan pasir pengalas | 18 |
| 2.6 | Pengisian pasir pengisi sambungan | 20 |
| 2.7 | Pemadatan pasir pengisi sambungan | 20 |
| 2.8 | Jenis-jenis corak susunan ICBP : | 25 |
| 2.9 | (a) pemasangan secara manual dan (b) pemasangan menggunakan mesin | 26 |
| 2.10 | Contoh bentuk-bentuk ICBP | 28 |
| 2.11 | Jenis sifat penguncian - menegak, pusingan | |

| | | |
|------|--|----|
| | dan mengufuk | 29 |
| 2.12 | Antara contoh-contoh penggunaan ICBP | 30 |
| 2.13 | Contoh-contoh penggunaan icbp pada jalan bercerun | 31 |
| 2.14 | Keratan rentas rasuk sauh | 32 |
| 2.15 | Jarak antara rasuk sauh | 32 |
| 2.16 | Jenis-jenis longkang sub-tapak yang digunakan | 33 |
| 3.1 | Foto uji kaji ayakan pasir | 37 |
| 3.2 | Sampel dan peralatan uji kaji kandungan kelembapan | 38 |
| 3.3 | Uji kaji kebolehtelapan turus tetap | 41 |
| 3.4 | (a) model fizikal uji kaji, (b) alat pemotong blok | 43 |
| 3.5 | Cara penentuan kecerunan sampel | 44 |
| 3.6 | Contoh kecerunan spesimen yang disediakan | 44 |
| 3.7 | Proses pemadatan sedang dilakukan | 45 |
| 3.8 | Alat pemadatan | 46 |
| 3.9 | Uji kaji hakisan hujan | 47 |
| 3.10 | Mengukur kelebatan hujan | 47 |
| 3.11 | Uji kaji sedutan | 50 |
| 3.12 | Uji kaji penyerapan air | 51 |
| 3.13 | Beberapa kaedah untuk menarik blok keluar | 53 |
| 3.14 | Antara peralatan yang digunakan untuk uji kaji tarik keluar | 54 |
| 4.1 | Lengkungan penggedran pasir pengalas dan pengisi | 57 |
| 4.2 | Taburan purata kandungan lembapan bagi setiap uji kaji | 58 |
| 4.3 | Graf kumulatif resapan melawan masa | 61 |
| 4.4 | Purata Enapan pasir pengalas selepas blok diletak dan dipadatkan (2 mm) | 63 |
| 4.5 | Purata enapan pasir pengalas selepas blok diletak dan dipadatkan (4 mm) | 63 |
| 4.6 | Purata enapan pasir pengalas selepas blok diletak dan dipadatkan (6 mm) | 63 |
| 4.7 | Gambar kesan sedutan menggunakan mesin hampagas | 65 |
| 4.8 | Graf hakisan melawan masa (sambungan 2 mm) | 67 |
| 4.9 | Graf hakisan melawan masa (sambungan 4 mm) | 68 |

| | | |
|------|---|----|
| 4.10 | Graf hakisan melawan masa (sambungan 6 mm) | 69 |
| 4.11 | Contoh keadaan hakisan oleh air hujan tiruan | 71 |
| 4.12 | Graf Daya melawan anjakan bagi titik pertama | 73 |
| 4.13 | Graf daya (kN) melawan anjakan blok keluar bagi sampel 1 | 74 |
| 4.14 | Graf daya (kN) dan anjakan keluar (mm) melawan kecerunan (%) bagi jarak sambungan 2 mm | 75 |
| 4.15 | Graf daya (kN) dan anjakan keluar (mm) melawan kecerunan (%) bagi jarak sambungan 4 mm | 76 |
| 4.16 | Graf daya (kN) dan anjakan keluar (mm) melawan kecerunan (%) bagi jarak sambungan 6 mm | 77 |

SENARAI LAMPIRAN

| LAMPIRAN | TAJUK | MUKA SURAT |
|-----------|---|------------|
| Jadual A1 | Jadual purata hakisan melawan masa bagi jarak sambungan 2 mm | 89 |
| Jadual A2 | Jadual purata hakisan melawan masa bagi jarak sambungan 4 mm | 89 |
| Jadual A3 | Jadual purata hakisan melawan masa bagi jarak sambungan 6 mm | 90 |
| Rajah B1 | Graf daya melawan anjakan bagi ketiga-tiga titik purata (0*%) bagi jarak sambungan 2 mm | 91 |
| Rajah B2 | Graf daya melawan anjakan bagi ketiga-tiga titik purata (0%) bagi jarak sambungan 2 mm | 91 |
| Rajah B3 | Graf daya melawan anjakan bagi ketiga-tiga titik purata (5%) bagi jarak sambungan 2 mm | 92 |
| Rajah B4 | Graf daya melawan anjakan bagi ketiga-tiga titik purata (10%) bagi jarak sambungan 2 mm | 92 |
| Rajah B5 | Graf daya melawan anjakan bagi ketiga-tiga titik purata (15%) bagi jarak sambungan 2 mm | 93 |
| Rajah C1 | Graf daya melawan anjakan bagi ketiga-tiga titik purata (0*%) bagi jarak sambungan 4 mm | 94 |

| | | |
|----------|---|----|
| Rajah C2 | Graf daya melawan anjakan bagi ketiga-tiga titik purata (0%) bagi jarak sambungan 4 mm | 94 |
| Rajah C3 | Graf daya melawan anjakan bagi ketiga-tiga titik purata (5%) bagi jarak sambungan 4 mm | 95 |
| Rajah C4 | Graf daya melawan anjakan bagi ketiga-tiga titik purata (10%) bagi jarak sambungan 4 mm | 95 |
| Rajah C5 | Graf daya melawan anjakan bagi ketiga-tiga titik purata (15%) bagi jarak sambungan 4 mm | 96 |
| Rajah D1 | Graf daya melawan anjakan bagi ketiga-tiga titik purata (0*%) bagi jarak sambungan 6 mm | 97 |
| Rajah D2 | Graf daya melawan anjakan bagi ketiga-tiga titik purata (0%) bagi jarak sambungan 6 mm | 97 |
| Rajah D3 | Graf daya melawan anjakan bagi ketiga-tiga titik purata (5%) bagi jarak sambungan 6 mm | 98 |
| Rajah D4 | Graf daya melawan anjakan bagi ketiga-tiga titik purata (10%) bagi jarak sambungan 6 mm | 98 |
| Rajah D6 | Graf daya melawan anjakan bagi ketiga-tiga titik purata (5%) bagi jarak sambungan 6 mm | 99 |

SENARAI RINGKASAN

| | | |
|-------|---|--|
| ARRB | - | Australia Road Research Board |
| ASTM | - | American Soil and Testing Material |
| CCAA | - | Cement and Concrete Association of Australia |
| CMA | - | Concrete Manufactures Association |
| ICBP | - | Interlocking Concrete Blok Pavement (Turapan Penguncian Blok Konkrit) |
| ICPI | - | Interlocking Concrete Paving Institute |
| MASMA | - | Manual Saliran Mesra Alam |
| SEPT | - | Small Element Paving Technologist |

BAB I

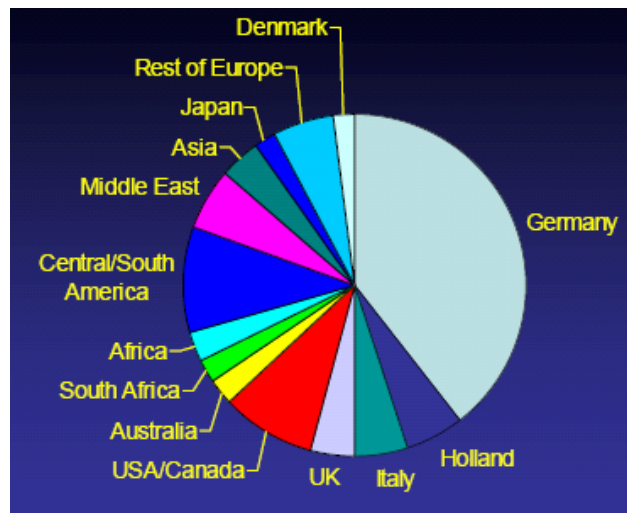
PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Penggunaan teknologi turapan blok konkrit saling mengunci (ICBP) telah berkembang dan matang dengan pesatnya dalam tempoh 25 tahun ini. Walaupun turapan konkrit mempunyai sejarah lampau yang panjang di Eropah, sehinggalah tahun 1960-an ia mula berkembang di Amerika Tengah dan Selatan serta di Afrika Selatan. Pada tahun 1970-an, ICBP ini telah diperkenalkan di Britain, Kanada, Amerika Syarikat, Australia, New Zealand dan Jepun. Kemudian penggunaan ICBP telah diperluaskan lagi sehingga ke Timur Tengah dan Asia (Van der Vlist, 1980; B. M. Sukandar, 1995; Shackel, 2003). Kebanyakan kawasan ini, terutamanya di Amerika Utara menerima evolusi pasaran ICBP yang cukup menggalakkan.

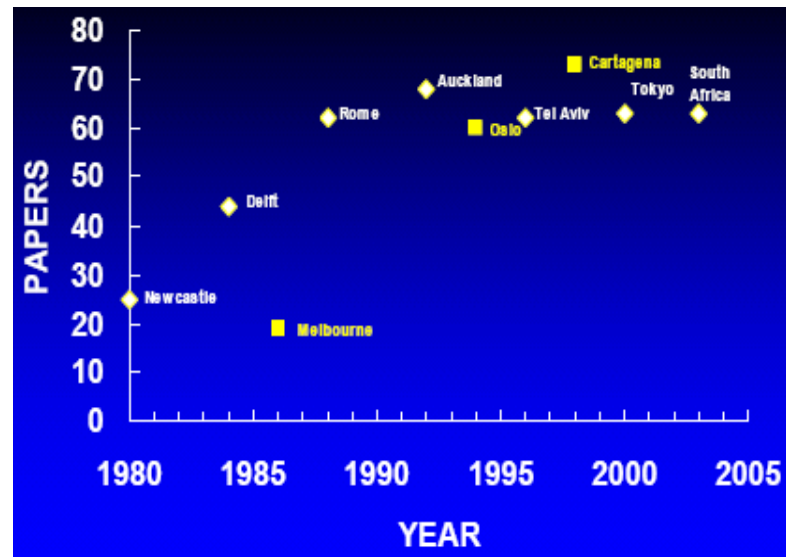
Kehadiran ICBP juga dilihat sebagai satu alternatif kepada turapan boleh lentur dan tegar dalam pembinaan jalan raya. Dengan penekanan yang diberikan kepada ciri-ciri nilai estetik, kapasiti struktur dan mesra alam, tidak hairanlah penggunaan ICBP semakin meningkat dari semasa ke semasa. Perkembangan ini telah menarik minat penyelidik, jurutera, arkitek, pengilang dan sebagainya untuk mengkaji ICBP.

Rajah 1.1 menunjukkan pecahan kertas kerja yang berkaitan dengan ICBP yang dihasilkan di seluruh dunia secara tahunan. Kurang dari satu per empat kertas kerja dihasilkan dalam Bahasa Inggeris. Ini dapat disimpulkan bahawa banyak kertas kerja dihasilkan adalah dalam Bahasa Jerman dan juga bahasa selain daripada Bahasa Inggeris.

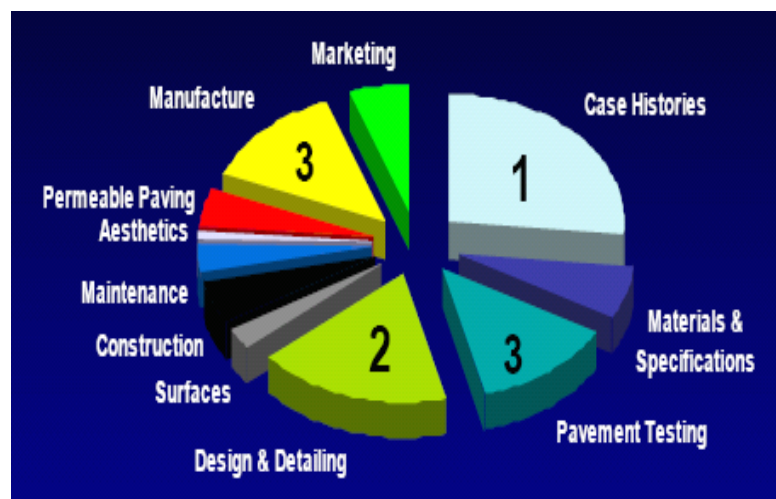


Rajah 1.1 : Pecahan penghasilan kertas kerja turapan blok konkrit secara tahunan

Bengkel yang membincangkan tentang ICBP telah diadakan buat pertama kalinya oleh *Australia Road Research Board (ARRB)* di Melbourne, Australia pada tahun 1978 (Sharp dan Metcalf, 1979). Kemudian pada tahun 1979, simposium pertama diadakan di Johannesburg, Afrika Selatan (*Concrete Society*, 1979). Bagaimanapun bengkel dan seminar antarabangsa telah dianjurkan oleh *Small Element Paving Technologist (SEPT)*. Rajah 1.2 menunjukkan bilangan kertas kerja yang dihasilkan oleh para penyelidik ICBP dan jumlahnya telah menjangkau kepada 500 kertas kerja. Ia dianjurkan setiap tiga tahun sekali.

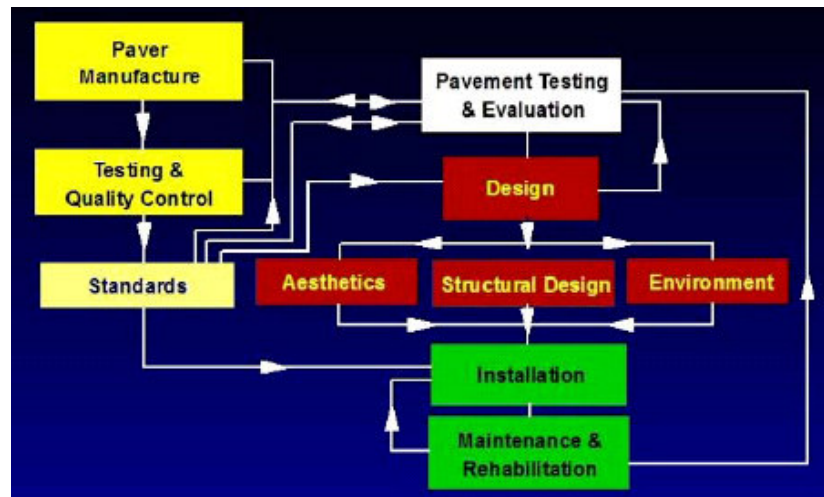


Rajah 1.2 : Kertas kerja di bengkel dan seminar anjuran SEPT (1980-2003)



Rajah 1.3 : Topik yang dibincangkan di bengkel dan seminar anjuran SEPT

Rajah 1.3 pula menunjukkan pecahan perkara-perkara utama yang dibincangkan pada bengkel dan seminar anjuran SEPT. Walaupun banyak kajian yang dilakukan tidak terbatas kepada satu-satu topik, namun begitu ia menunjukkan secara jelas kepada perkaitan teknologi ICBP.



Rajah 1.4 : Teknologi ICBP

Rajah 1.4 menunjukkan teknologi dalam ICBP. Secara umumnya teknologi ICBP ini boleh dikelaskan kepada empat kumpulan iaitu:

- a. Pembuatan, kualiti kontrol dan piawaian blok
- b. Penilaian turapan melalui ujian terus dan sejarah
- c. Reka bentuk turapan
- d. Pemasangan dan penyelenggaraan turapan

Faktor-faktor yang mempengaruhi prestasi ICBP dapat ditunjukkan seperti Jadual 1.1.

Jadual 1.1 : Faktor yang mempengaruhi prestasi ICBP

| Komponen | Faktor |
|--------------------------------|--|
| Blok | <ul style="list-style-type: none"> • Bentuk blok • Ketebalan blok • Saiz blok • Kaedah pemasangan |
| Pasir penyambung dan penggalas | <ul style="list-style-type: none"> • Luas penyambung • Ketebalan pasir • Pengasingan • Sudut • Lembapan • Mineralogi |

sambungan..

| | |
|---------------------------|--|
| Lapisan asas dan sub-asas | <ul style="list-style-type: none"> • Mineralogi • Pengasingan • Keplastikan • Kekuatan dan kebolehahan |
| Sub-gred | <ul style="list-style-type: none"> • Jenis tanah • Kekukuhan dan kekuatan • Regim kelembapan |

Menurut Shackel (2003), punca utama kegagalan ICBP adalah disebabkan oleh penggunaan bahan yang tidak sesuai dan pembinaan yang tidak mengikut prosedur yang ditetapkan. Antara kegagalan yang sering berlaku adalah terjadinya kegagalan struktur bawah turapan, enapan dan bahan sambungan yang tidak sesuai (Eva Rita, 1998; Azman 2004). Kajian yang berterusan adalah perlu untuk memastikan ICBP dapat memberikan prestasi yang terbaik dan dapat dikembangkan ke serata dunia.

1.2 Latar Belakang Kajian

Pasir penyambung adalah merupakan salah satu komponen ICBP dan ia memainkan peranan penting dalam membantu pemindahan beban di antara blok dan seterusnya menyebarkan beban kepada lapisan yang lebih dalam (Panda dan Gosh, 2002). Untuk agihan beban yang optimum, keluasan sambungan di antara 2 hingga 4 mm digunakan dengan pasir diisi dengan penuh (Shackel *et. al* 1993; Hurmann 1997). Adalah dicadangkan untuk menggunakan jarak sambungan antara 0.5 hingga 5 mm (Knapton dan O'Grady, 1983). Pasir pengisi yang mempunyai saiz partikel maksimum 1.18 mm dan kurang 20 peratus yang melepasi ayakan bersaiz 75 μm memberikan prestasi yang baik. Manakala sambungan yang lebih besar memerlukan pasir yang lebih kasar dan sebaliknya (Knapton dan O'Grady, 1983). Livnch *et. al* (1988) mencadangkan penggunaan pasir pengisi yang mempunyai saiz maksimum 1.2 mm dan 10 peratus melepasi saiz ayakan 75 μm .

Kebiasaanya pasir yang digunakan untuk sambungan dan penggalas adalah daripada sumber yang sama penjimatan masa dan kos pembinaan (Azman, 2004). Tambahan kerja-kerja pembinaan akan lebih mudah dijalankan. Bagi pasir penggalas, kandungan lembapan optimum adalah 4 hingga 8 peratus manakala pasir penyambung mestilah kering bagi memastikan pengisian sempurna di antara blok-blok konkrit (CCAA, 1986).

Malaysia merupakan negara yang beriklim panas dan lembap sepanjang tahun. Ini menunjukkan negara kita menerima taburan hujan yang agak tinggi berbanding negara beriklim katulistiwa yang lain (MASMA 2000). Aliran hujan ini sebenarnya boleh meyumbang beberapa permasalahan kepada ICBP, dan yang paling ketara adalah penyerapan air dan hakisan pasir penyambung dan penggalas. Air hujan akan membawa pasir bersama dan fenomena ini banyak mempengaruhi prestasi ICBP terutamanya di kawasan yang luas (Azman, 2004). Hakisan yang berlaku juga mungkin berbeza pada kecerunan jalan yang berbeza. Kawasan hakisan yang terdedah akan menggalakkan air meresap masuk melalui penyambung dan ia akan melemahkan kekuatan lapisan tanah subged. Ini akan mencipta kerosakan kepada keseluruhan sistem ICBP itu sendiri seperti kesan perpaluhan (*rutting*) dan kerosakan teruk (*severe deformation*).

1.3 Pernyataan Masalah

Pembinaan ICBP pada jalan yang bercerun telah memberikan satu cabaran yang menarik kepada jurutera jalan. Kebanyakan kajian yang dijalankan ke atas ICBP ini biasanya dilakukan pada jalan biasa (yang tidak terlalu bercerun). Tambahan teralu sedikit penerangan tentang kelakuan pasir pengisi pada jalan yang bercerun. Kajian sebelum ini lebih menekankan kepada pembinaan jalan ICBP tanpa mengambil kira kesan-kesan yang berlaku kepada pasir pengisi. Kajian yang dilakukan di dalam makmal ini bertujuan untuk menyiasat kesan sambungan yang

berbeza keluasan dan berbeza kecerunan ke atas perlakuan pasir pengisi. Kesan hujan juga diambil kira di dalam kajian ini.

1.4 Objektif Kajian

Antara objektif kajian ini adalah:

- Pembinaan model makmal untuk mengkaji kelakuan pasir pengisi bagi ICBP.
- Menyiasat kesan hujan yang berkeamatan tinggi ke atas pasir pengisi pada keluasan sambungan dan juga kecerunan yang berbeza.
- Menentukan keluasan sambungan dan kecerunan jalan ICBP yang sesuai dengan keadaan tempatan.

1.5 Skop Kajian

Skop kajian telah ditetapkan bagi memastikan pelaksanaan kajian ini dapat dijalankan dengan jayanya. Antaranya adalah:

- a. Kajian berkisar kepada jarak sambungan turapan blok konkrit.
- b. Kekuatan blok konkrit terhadap sifat saling mengunci
- c. Kajian berkaitan dengan hakisan yang berlaku pada sambungan turapan blok konkrit.

Walau bagaimanapun, kajian ini terbatas hanya kepada kajian dan permodelan di dalam makmal sahaja.

1.6 Kepentingan Kajian

Kajian ini dilakukan untuk menilai prestasi ICBP. Antara kepentingannya adalah:

- a. Tidak terdapat lagi kajian kesan hujan terhadap jalan yang mempunyai kecerunan yang berbeza.
- b. Jarak antara blok-blok konkrit yang berlainan akan memberikan kesan terhadap CBP dan ini akan mempengaruhi sifat saling mengunci.
- c. Menghayati kualiti dan prestasi CBP yang menggunakan penggedan pasir yang sama sebagai pengalas dan penyambung.
- d. Hasil kajian diharapkan dapat meningkatkan penggunaan ICBP sebagai alternatif lain kepada turapan jalan raya di Malaysia.

1.7 Kandungan Laporan Projek

Bab I menceritakan secara ringkas perkembangan yang berlaku di dalam dunia ICBP. Ia juga menyentuh kepada objektif, skop dan kepentingan ujikaji yang akan dijalankan.

Bab II pula menerangkan tentang kajian perpustakaan yang dilakukan oleh penulis. Kajian literatur ini menerangkan secara ringkas tentang komponen-komponen ICBP, kajian-kajian yang dilakukan oleh penyelidik terdahulu yang berkaitan dengan eksperimen penulis dan juga aplikasi penggunaan ICBP.

Bab III menyentuh kepada metodologi yang dilakukan. Uji kaji-ujikaji secara makmal ini termasuklah uji kaji ayakan, uji kaji kandungan kelembapan, uji kaji kebolehtelapan, kajian hakisan apabila jarak sambungan blok konkrit diubah,

kajian hakisan apabila kecerunan jalan diubah, ujian ujian tekan masuk dan ujian tarik keluar. Kaedah uji kaji-uji kaji ini dibincangkan secara terperinci di dalam bab ini.

Data yang diperolehi daripada uji kaji-uji kaji yang dijalankan dianalisis dan dipersembahkan dalam Bab IV. Data yang dianalisis ini akan dibincangkan supaya satu kesimpulan diperolehi dan dapat menyumbangkan kepada dunia penyelidikan ICBP.

Bab V pula merupakan kesinambungan daripada Bab IV di mana ia memberikan penekanan kepada kesimpulan dan cadangan kajian yang dilakukan. Cadangan kajian lanjut untuk meningkatkan penggunaan ICBP sebagai turapan jalan raya juga dimuatkan dalam bab ini.

5.6 Cadangan Kajian Lanjutan

Kajian lanjutan perlu dilakukan bagi memastikan kesinambungan kajian berlaku. Antara perkara yang dilihat perlu diberikan perhatian adalah:

- a. Menyediakan model turapan di makmal dan di lapangan bagi tujuan pemerhatian yang sebenar dapat dikenal pasti. Pembinaan model dapat dilakukan jika data kedua-duanya diperolehi.
- b. Melakukan ujikaji terhadap sifat-sifat fizikal dan kimia bagi pasir tersebut.
- c. Uji kaji hakisan dilakukan pada kecerunan yang bervariasi tetapi pasir penyambung yang digunakan dicampur dengan bahan tambah.
- d. Uji kaji sifat penguncian perlu diperluaskan lagi kepada uji kaji tarik keluar, uji kaji tekan masuk dan uji kaji daya sisi.
- e. Uji kaji dilakukan dengan menggunakan ketebalan blok yang berbeza iaitu 60 mm, 80 mm dan 100 mm.
- f. Blok konkrit dikaji dalam bentuk pola susunan yang berlainan seperti susunan bakul, usungan dan juga silang pangkah (45^0 dan 90^0).
- g. Penggunaan bahan tambah bersama pasir pengisi pada kecerunan yang berbeza mungkin dapat memberikan keputusan uji kaji yang berlainan terutamanya dari aspek hakisan dan sifat penguncian.
- h. Sampel uji kaji yang lebih besar dan luas perlu disediakan bagi mengelakkan kesan yang bersifat setempat (*localised*).
- i. Hujan tiruan dipelbagaikan kelebatannya untuk melihat kesan hakisan pada pasir penyambung.

RUJUKAN

- A.A Van Der List (1980). The Development of Concrete Paving Blocks in The Netherlands. *Proceeding of the First International Conference on Concrete Block Pavement*, Newcastle-upon-Tyne. (2-5 September 1980).
- Azman Mohamed (2004). *Prestasi Sambungan Turapan Penguncian Blok Konkrit Menggunakan Pasir Pengalas Dengan Bahan Tambah Simen*. Universiti Teknologi Malaysia, Skudai. Tesis Master
- Che Ros Ismail (2004). *Highway Lecture Notes*. Universiti Teknologi Malaysia, Skudai.
- Concrete Manufacturers Association (2001). *Concrete Block Paving for Steep Slope*.
- Dawson, A.J (2003). Joint Stabilization of Concrete Block Paving. *Proceeding of the 7th International Conference on Concrete Block paving (PAVE AFRICA 2003)*.
- Eva Rita (1998). *Kesan Air pad Pengalas dan Penyambung Turapan Blok Konkrit* Universiti Teknologi Malaysia, Skudai. Tesis Master
- Hade and Smith, David R (1980). Permeability of Concrete Block Pavement. Proc., *1st Int. Conf. on Concrete Block Paving, Newcastle-upon-Tyne, UK*.
- Hasanan Md. Nor and R. Mudiyo (2005). The Construction of Concrete Block Pavement on Sloping Road Section Using Anchor Beam. *SEPKA-FKA UTM*.

- Ilan Ishai, Joseph S. Dalin and Hillel Rubin (1994). The Stability of Steep Concrete Block Pavement under High Velocity Water Flow Conditions. *Proc., 3rd Int. Conf. on Concrete Block Paving*, Pavitalia, Rome
- Imai, H., Tsukada, T., and Takahashi, K (2003). Evaluation of Performance of Permeable Interlocking Block Pavements. *Proceeding of the 7th International Conference on Concrete Block paving (PAVE AFRICA 2003)*.
- Interlocking Concrete Pavement Institute (2002). *Tidak Diterbitkan*.
- Khairul Anwar Hj. Husin (2001). *Kajian Pengisian Sambungan dan Penguncian Turapan Blok Konkrit.*. Universiti Teknologi Malaysia, Skudai. Tesis Master
- Madrid, G.G, Giraldo, E.A and Gonzales, G.A. (2003) Water Infiltration through Concrete Block Pavements up to 26 Years Old. *Proceeding of the 7th International Conference on Concrete Block paving (PAVE AFRICA 2003)*.
- Meor Othman Hamzah, Asri Hassan dan Mohamed Rehan Karim (2001). *Reka Bentuk Jalan Raya untuk Jurutera*. Dewan Bahasa dan Pustaka. Kuala Lumpur (2001).
- Monier (Malaysia) Sdn. Bhd (1986). *Interlocking Concrete Road Pavements (T35); A Guide to Design & Construction*. Published by Cement & Concrete Association of Australia.
- Panda, B.C and Gosh, A.K (2002). "Structural Behavior of Concrete Block Paving. I: Sand in Bed and Joints". *Journal of Transportation Engineering*. (March/April 2002)
- Rose, J.G. *The Effect of Rainfall Intensity, Pavement Cross Slope, and Surface Texture on Water Depths and Resultant Friction Properties of Various Pavements*. PhD Dissertation. College of Texas A & M University. United State of America.

Shackel, B (1990). *Design and Construction of Interlocking Concrete Block Pavement*. London and New York; Elsevier.

Whitlow, R (2001). *Basic Soil Mechanics* (4th edition). Prentice Hall. Great Britain.