

BULETIN

CREATE

NOVEMBER 2019 • Bil. 4 • JKR 29201-0012-19

**3 | Eksplorasi teknikal konservasi
Warisan Kebangsaan**

22 | Fiber di dalam turapan jalan



PUSAT KECEMERLANGAN KEJURUTERAAN DAN TEKNOLOGI JKR (CREaTE)

Kata-Kata Aluan

**Assalamualaikum w.b.t
dan Salam Sejahtera**

Alhamdulillah, bersyukur saya ke hadrat Illahi kerana dengan limpah kurnia dan hidayahNya Buletin CREaTE Bil. 4, edisi November tahun 2019 dapat diterbitkan. Tahniah dan syabas saya ucapkan di atas usaha dan komitmen penyumbang artikel dan sidang pengarang Buletin CREaTE.



Penerbitan Buletin CREaTE amat penting kerana ianya merupakan satu wadah penyampaian ilmu dan maklumat kejuruteraan serta teknikal kepada warga CREaTE khususnya, dan JKR amnya. Peranannya amat signifikan terutamanya dalam mendokong inisiatif pengukuhan kepakaran dan kompetensi dalam bidang kejuruteraan, mempromosi fasiliti dan kepakaran CREaTE, dan memupuk minat membaca serta kemahiran mengarang bahan ilmiah di kalangan warga CREaTE.

Edisi Buletin CREaTE kali ini memuatkan, antara lainnya, perkongsian pengetahuan berkaitan amalan teknikal kerja konservasi, teknologi dan cabaran kerja konservasi yang dibawa melalui artikel 'Eksplorasi Teknikal Konservasi CREaTE'. Seterusnya, peranan penyelidikan dan inovasi telah ditunjukkan dengan jelas berupaya menghasilkan solusi teknikal yang dapat dimanfaatkan dalam projek pembangunan dan penyenggaraan fasiliti JKR. Oleh yang demikian, aktiviti penyelidikan dan inovasi berteraskan penyelidikan di CREaTE perlu dimantapkan pelaksanaannya selaras dengan hasrat JKR untuk menjadi Pusat Rujukan Teknikal bertaraf dunia.

Saya berharap ilmu yang dikongsikan melalui artikel-artikel yang dipaparkan dalam Buletin CREaTE Bil. 4, edisi November 2019 ini dapat dimanfaatkan oleh seluruh warga CREaTE dan JKR.

Dr. MAZIAH BINTI MOHAMMAD

Pengarah
Bahagian Inovasi, Penyelidikan dan
Pembangunan Kejuruteraan
Pusat Kecemerlangan Kejuruteraan dan
Teknologi JKR (CREaTE)

Isi Kandungan

- 3** Eksplorasi teknikal konservasi CREaTE
- 13** Kajian pemendapan jalan di FT005, Jalan Johor Bahru – Melaka (Pengkalan Raja, Pontian)
- 17** Pemutus Litar Kenit (Miniature Circuit Breaker)
- 22** Fiber di dalam turapan jalan
- 28** Penyiasatan dan pemeriksaan forensik struktur jambatan Sg. Siam, Jerantut
- 31** Return Air for Regenerative Energy (RARE)
- 34** BITUMEN: Penetration grade vs performance grade
- 36** Crumb rubber modified asphalt

Sidang Redaksi

PENASIHAT

- Dr. Maziah binti Mohammad

KETUA EDITOR

- Ir. Mohd Hizam bin Harun

EDITOR

- Ir. Syahida binti Aripin
- Mokhydin bin Rosmani
- Hanani binti Mohamed Radzi
- Siti Nor Faizah binti Kamaruddin
- Abdul Malek bin Atan





EKSPLORASI TEKNIKAL **KONSERVASI CREaTE**

Oleh

Makmal Penyelidikan Senibina, CREaTE

Dr. Mohd Sabere bin Sulaiman

Jamilah Halina binti Abdul Halim

Masyitah binti Abd Aziz

Mohd Saipul Asrafi bin Haron

LATAR BELAKANG

Eksplorasi teknikal konservasi CREaTE ini adalah lawatan teknikal konservasi JKR ke bangunan-bangunan warisan seperti Istana Lama Seri Menanti, Istana Kenangan, Jambatan Victoria, Masjid Insaniah Iskandariah, Masjid Ubudiah, Kellie's Castle, George Town World Heritage Incorporated (GTWHI), Makmal Bahan Universiti Sains Malaysia dan Hotel Royale Chulan Penang, George Town, Pulau Pinang. Program ini telah diadakan pada 1 dan 2 April 2019.

OBJEKTIF PROGRAM

Tujuan utama eksplorasi teknikal konservasi ini ialah ke arah untuk menjadikan JKR sebagai pusat rujukan teknikal kerja-kerja konservasi bangunan, amnya dan institut kepakaran penyelidikan, khususnya dan seterusnya menerajui bidang konservasi bangunan dan infrastruktur negara.

Objektif program ini adalah seperti berikut;

- Memberi pendedahan kepada pegawai JKR mengenai pemahaman kerja konservasi di tapak projek.
- Memberi pendedahan kepada pegawai JKR mengenai amalan teknikal kerja konservasi oleh agensi luar.
- Mewujudkan hubungan rangkaian (networking) dengan semua agensi dari segi perancangan, pelaksanaan dan penyediaan kemudahan fasiliti kerja konservasi.
- Memahami dan memberi pendedahan kepada pegawai JKR mengenai pengujian bahan bagi tujuan pemuliharaan.

MAKLUMAT PROGRAM

Istana Lama Seri Menanti

Nama : Istana Lama Seri Menanti
 Tempat : Kuala Pilah, Negeri Sembilan
 Tahun dibina : 1902 – 1908
 Keistimewaan : Binaan kayu tanpa paku, menggunakan pasak.

EVOLUSI FUNGSI

1908 – 1931

Kediaman rasmi DYMM Yang Di-Pertuan Besar Negeri Sembilan.

1959 – 1964

Sekolah Menengah Agama Tinggi.

1964 – 1991

Dibiarkan kosong tanpa penghuni.

1992 – kini

Muzium Diraja Istana Lama Seri Menanti.



KERJA-KERJA PEMULIHARAAN

Taklimat ringkas oleh kontraktor projek bersama Jurutera Daerah Kuala Pilah. Skop projek adalah pemuliharaan empat tiang seri istana. Projek bermula pada 2016 dan diserahkan pada 25 Mac 2019.

Kajian awalan dan dilapidasi telah dijalankan sebelum kerja-kerja dokumentasi pemuliharaan bermula. Kesemua kerja-kerja pemuliharaan telah didokumentasi dengan baik. Satu seminar 'knowledge sharing' bagi projek ini turut diadakan.

Kerosakan pada tiang dan lantai istana adalah disebabkan penyerapan air. Lanya telah menyebabkan tiang menjadi kosong di tengah (hollow) dan lantai serta dinding mereput dengan tanda keputihan pada kayu. Bahagian tiang dan dinding kayu yang telah ditukar untuk memudahkan pengenalan bahagian baru dan lama bagi kerja-kerja penyelenggaraan pada masa akan datang.

Lessons Learnt

Kayu chengal untuk proses penggantian tiang dan dinding sukar didapati di pasaran.

Kayu chengal tempatan di Negeri Sembilan paling sesuai untuk kerja pemuliharaan bagi projek ini berbanding kayu chengal dari Pantai Timur Malaysia.

Setiap proses kerja pemuliharaan telah didokumentasikan dalam bentuk laporan, lukisan dan video oleh kontraktor/konservator.

Istana Kenangan

Nama : Istana Kenangan/Istana Lembah/Istana Kuning/Istana Tepas
 Tempat : Bukit Chandan, Kuala Kangsar, Perak
 Tahun dibina : 1926 – 1931
 Keistimewaan : Binaan kayu jenis keras, berdingkingan kelarai tepas (buluh) dan beratapkan kayu papan (belian shingles), dan berbumbung perabung pisang sesikat.

EVOLUSI FUNGSI

1931 – 1933

Istana bersemayam sementara Sultan Iskandar Shah ibni al-Marhum Sultan Idris Murshidul Azzam Shah, Sultan Perak yang ke-30 sementara Istana Iskandariah dibina.

1933 – 1960an

Sering dijadikan Istana Tetamu terutama pada hari-hari perayaan dan adat istiadat diraja seperti Hari Keputeraan dan lain-lain. Khusus bagi kaum keluarga diraja, istana ini juga dikenali sebagai Istana Mayat disebabkan ianya pernah digunakan sebagai persinggahan jenazah-jenazah keluarga diraja untuk disempurnakan sebelum dimakamkan.

Eksplorasi di Istana Kenangan telah dijalankan bersama pihak JKR Daerah Kuala Kangsar dan konservator kontraktor. Penerangan ringkas telah diberikan mengenai status projek dan kerja-kerja pemuliharaan yang telah dan sedang dijalankan. Projek telah bermula pada 26 September 2017 dan dijangka siap pada 26 Mac 2019. Semasa lawatan, pihak JKR Daerah memaklumkan bahawa pihak kontraktor dalam proses memohon lanjutan masa.

KERJA-KERJA PEMULIHARAAN

Konservator menerangkan bahawa kerja-kerja pemasangan semula elemen bumbung dan dinding sedang giat dijalankan di tapak. Bumbung sementara dipasang di tapak bagi melindungi elemen istana yang masih dalam keadaan baik. Tiang-tiang yang telah rosak telah digantikan dengan tiang kayu yang baru. Lantai, dinding tepas, pintu, tingkap, tiang

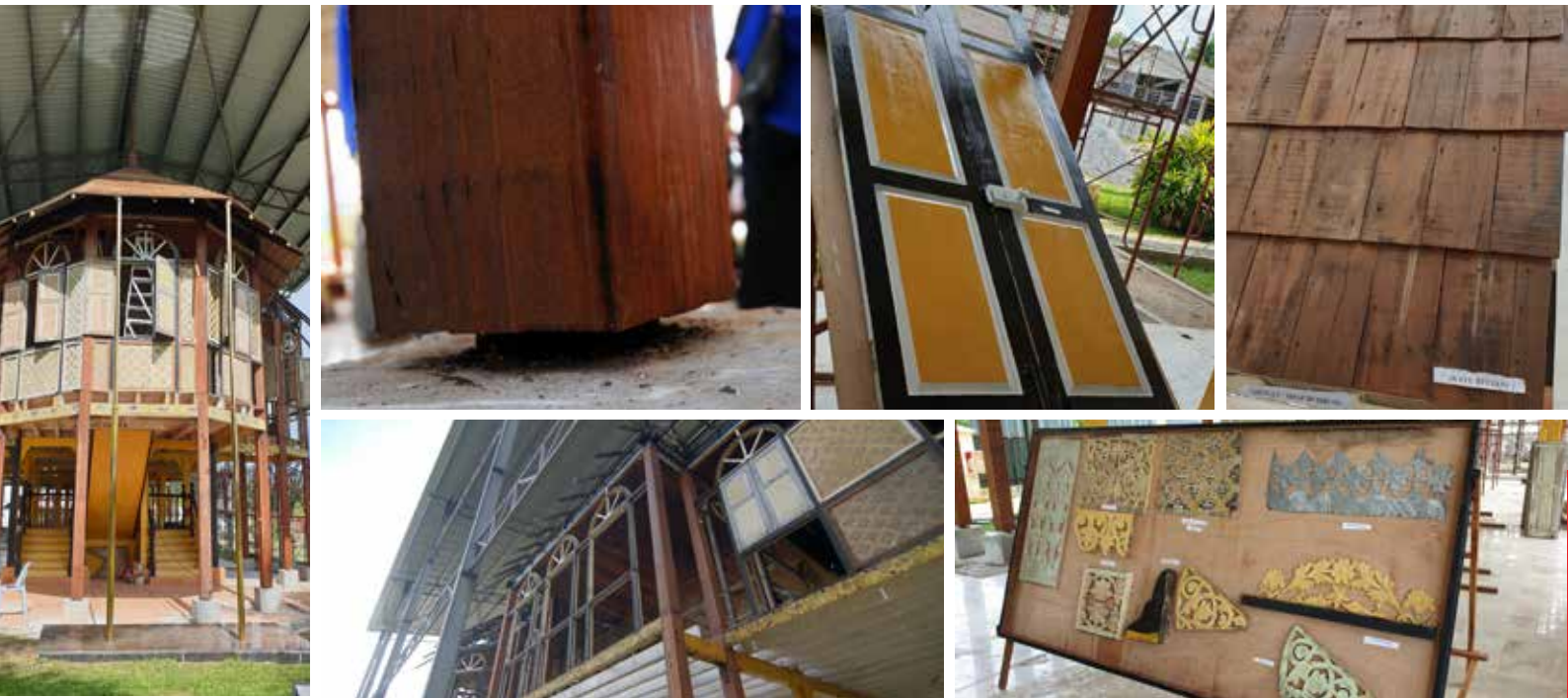
1960an

YTM Tunku Abdul Rahman Putra, Perdana Menteri Malaysia telah berusaha untuk memperbaiki semula istana ini dan dinamakan sebagai Istana Kenangan.

1986

Dijadikan Muzium Diraja Perak.





dan beberapa elemen istana yang telah dibuka (disassemble) disimpan di stor bahan yang terletak di belakang tapak.

Konservator memaklumkan bahawa beberapa kajian telah dijalankan bagi corak-corak pada elemen tingkap, pintu dan bumbung. Jenis asal kayu roof shingle telah digantikan dengan kayu belian yang diimport dari Sarawak. Marine plywood juga turut digunakan di bawah batten. Pihak konservator turut membawa peserta melihat stor penyimpanan bahan-bahan binaan lama untuk dipasangkan semula, atau dilupuskan kerana tidak boleh digunakan semula.

Lessons Learnt

Sukar mendapatkan tukang terutama bagi anyaman dinding kelarai kerana hanya seorang tukang di Perlis sahaja yang masih boleh memberikan khidmat.

Ironmongery pada pintu dan tingkap terpaksa ditempah baru kerana ketiadaan ironmongery dari jenis dan bahan yang sama.

Sirip bumbung (roof fascia-besi) daripada kepingan besi perlu ditempah keseluruhannya kerana tiada bahagian yang boleh dibentukkan semula seperti asal.

Bahan yang disimpan di stor tidak dibalut dan tiada penandaan (tagging) dibuat secara teratur bagi setiap elemen binaan.





Masjid Ubudiah

Nama : Masjid Ubudiah
 Tempat : Bukit Chandan, Kuala Kangsar, Perak
 Tahun dibina : 1913 – 1917
 Keistimewaan : Masjid binaan menggunakan batu- bata konkrit bercirikan Sarasenic (Islam-India) dengan pelbagai saiz kubah, minaret dan arch, tangga marmar, lantai marmar putih, hitam dan merah.



Masjid yang menjadi mercu tanda utama di Perak ini turut digunakan oleh kerajaan negeri dalam upacara rasmi agama Islam di Perak. Masjid ini juga menjadi tempat tumpuan pelancong kerana dikenali sebagai antara masjid tercantik di Malaysia dan diwartakan sebagai Warisan Kebangsaan.



Jambatan Victoria

Nama : Jambatan Victoria
 Tempat : Enggor, Karai, Kuala Kangsar, Perak
 Tahun dibina : 1892 – 1900 (tergendala lama kerana banjir di Sungai Perak)
 Keistimewaan : Jambatan daripada binaan galang besi kekisi dan batu bata (iron lattice girders and brick piers untuk laluan keretapi.

EVOLUSI FUNGSI

1900 – 2002

Laluan sehalu keretapi untuk menyeberangi Sungai Perak bagi mengangkut arang batu di Enggor untuk dibawa ke Singapura dan membantu perkembangan industri perlombongan bijih timah di Perak.

Kini

Laluan pejalan kaki dan penunggang motosikal.

Panjang Jambatan Victoria ialah 1,000 kaki dengan 7 perentang (piers), ia merupakan salah satu jambatan pertama dibina di Malaysia. Perkhidmatan jambatan ini telah ditamatkan selepas kerajaan membina jambatan baru sebagai landasan berkembar untuk menambah baik perkhidmatan keretapi tanah air. Masih belum diwartakan sebagai Warisan Kebangsaan.



Masjid Ihsaniah Iskandariah

Nama : Masjid Ihsaniah Iskandariah
Tempat : Kampung Dal, Padang Rengas, Perak
Tahun dibina : 1936 – 1938
Keistimewaan : Dibina berinspirasikan Istana Kenangan Kuala Kangsar, berdinding kelarai tepas, berbumbung zink, masjid tanpa kubah.

EVOLUSI FUNGSI

1938 - 1976

Masjid.

1976 - 2007

Tidak digunakan dan dibiarkan kosong kerana Masjid Al-Wahidiah telah dibina.

2008 - 2009

Jabatan Warisan Negara memulihara semula masjid ini dan diwartakan sebagai Warisan Kebangsaan.

Kini digunakan bagi acara akad nikah oleh penduduk setempat.



Hotel Royale Chulan Penang

Nama : Hotel Royale Chulan Penang
 Tempat : George Town, Pulau Pinang
 Tahun dibina : 1892
 Keistimewaan : Dibina dengan senibina colonial dari batu bata (masonry) dengan terowong angin (wind tunnel) dari batu granit dengan Bostwick patent folding gate.

EVOLUSI FUNGSI

1892 - 1900an

Pejabat dan gudang milik Boustead & Co. Terowong angin digunakan untuk membawa barang dagangan dari gudang terus ke kapal perdagangan yang berlabuh di Weld Quay.

2009

Dua bangunan bersebelahan dipulihara dengan tambahan bangunan untuk 179 bilik hotel dan pelbagai kemudahan hotel bertaraf 4-bintang.

Hotel ini adalah salah satu bangunan terawal dibina dan dipulihara (retrofit) menjadi hotel dengan mengambil kira konsep konservasi bangunan bersejarah selepas Bandaraya George Town diisytiharkan sebagai Tapak Warisan Dunia UNESCO pada 2008. Asalnya, sebahagian dari bangunan hotel ini adalah bangunan pejabat dan gudang milik Boustead & Co., iaitu syarikat perdagangan milik British dan sebahagian lain hotel ini pula adalah bangunan milik Schemidt & Kustermann Building, iaitu syarikat perdagangan milik Jerman di Pulau Pinang. Boustead Hotel & Resort telah membeli kedua-dua bangunan tersebut dan memulihara beberapa bahagian asal bangunan diadaptasikan sebagai hotel.

KERJA-KERJA PEMULIHARAAN

Hotel ini masih mengekalkan senibina asal bangunan ini dan Boustead Tunnel dikekalkan dengan sejarah bangunan dipamerkan di sini. Bilik-bilik hotel pula direkabentuk untuk menonjolkan senibina kolonial dan moden.



Lessons Learnt

Integrasi rekabentuk bangunan lama dan baru dilakukan dengan amat baik dari lobi hotel ke restoran dan bilik tidur dengan tema senibina kolonial dicampurkan tema moden.

Pembinaan bumbung bagi tambahan bangunan direkabentuk mengikut bumbung asal di mana rupabentuk hampir sama dengan bumbung bangunan asal.

Penggunaan bahan bangunan asal dalam bangunan tambahan seperti pengekalan tiang besi di dewan, kelihatan seperti di gudang-gudang bangunan lama.

Elemen rekabentuk bangunan lama diterapkan ke dalam penambahan bangunan baru seperti balkoni di bilik hotel direkabentuk dengan elemen old pre-war terraces.



George Town World Heritage Incorporated (GTWHI)



Eksplorasi telah mengikuti *Heritage Trail* ke pejabat GTWHI pada 2 April 2019 dengan berjalan kaki selama 20 minit dari Royal Chulan Hotel Penang, melalui bangunan warisan di Lebuh Pantai atau dulu dikenali sebagai Beach Street.

Di antara bangunan warisan di sepanjang *Heritage Trail* adalah OCBC Bank (dibina pada 1889), OCBC Premier Bank (dulu Ho Hong Bank, dibina pada 1917), Masjid Kapitan Keliling (dibina pada 1801) dan Pasar Awam Campbell Street Market (dibina pada 1900).

Laluan *Heritage Trail* menuju ke GTWHI (bangunan rumah kedai lama dibina awal 1900) yang dipulihara tersebut adalah seperti di peta yang ditunjukkan.

GTWHI adalah agensi warisan negeri Pulau Pinang yang ditubuhkan pada 2010 untuk mengetuai usaha-usaha mengurus, menjaga dan mempromosikan Georgetown sebagai Tapak Warisan Dunia UNESCO. Di antara usaha-usaha

GTWHI adalah termasuk mempromosikan warisan budaya di sekolah, aktif dalam program belia, pengurusan risiko bencana, program menjana semula pendudukan di Georgetown, memulihara dokumen dan barang bersejarah.

En. Muhammad Hijas Sahari, selaku Pengurus *Department of Built Environment and Monitoring (BEAM)* di GTWHI yang juga seorang konservator berdaftar telah memberikan taklimat mengenai GTWHI, fungsinya, pelan tindakan dan aktiviti-aktiviti yang telah dilaksanakan oleh GTWHI dalam memastikan Georgetown kekal sebagai Tapak Warisan Dunia UNESCO.

Galeri GTWHI di bangunan bertentangan mempamerkan model bandaraya Georgetown dan pusat kajian dan rujukan yang telah dibangunkan di GTWHI. Selain itu, terdapat juga pusat pemuliharaan kertas (*paper conservation*) yang diketuai oleh konservator dari Jepun.



Makmal Bahan Universiti Sains Malaysia

Eksplorasi makmal-makmal bahan di Fakulti Perumahan, Bangunan dan Perancangan Universiti Sains Malaysia (HBP USM), Pulau Pinang bersama Dekan HBP dan Ketua Makmal HBP *Testing Unit* (HBPTU). Taklimat ringkas telah disampaikan berkaitan jenis-jenis mesin di makmal bahan, akreditasi makmal dan jenis-jenis pengujian (*lab testing*), dokumentasi dan laporan pengujian yang dilaksanakan terutamanya di Makmal Konkrit & Struktur serta Makmal Kayu & Logam. Pengarah Kanan CREaTE telah menyatakan hasrat untuk bekerjasama dengan USM untuk memperkembangkan penyelidikan kejuruteraan di masa hadapan.



PENGUJIAN DAN FASILITI MAKMAL

Makmal Konkrit & Struktur di HBP USM menjalankan kerja-kerja pengujian bahan konkrit dan simen seperti;

- *Mix and testing fresh concrete.*
- *Hardened concrete testing (destructive testing).*
- *Hardened concrete testing (non-destructive testing).*
- *Cement testing.*

Makmal Kayu & Logam di HBP USM pula dilengkapi dengan;

- 3D scanner bersaiz A4.
- 3D scanner bersaiz A1/AO.
- Mesin-mesin untuk kerja pertukangan kayu.
- Mesin-mesin untuk kerja pertukangan dan pengimpalan besi/logam.



Lessons Learnt

Kondisi makmal sangat selesa dan semua makmal berhawa dingin.

Makmal-makmal telah mendapat pengiktirafan ISO, demi mematuhi keperluan pelanggan.

Pelanggan makmal terdiri daripada kontraktor dan pembekal bahan.

Kellie's Castle

Nama	: Kellie's Castle/Istana Kellas/Kinta Kellas/Kellas House
Tempat	: Batu Gajah, Kinta, Perak
Tahun dibina	: 1905 – 1926 (tergendala kerana kematian pemilik, William Kellie-Smith)
Keistimewaan	: Dibina dengan senibina kolonial Scottish, Moorish dan India dari batu bata (masonry) dan marmar dengan 14 buah bilik, 1 bilik bawah tanah, terowong rahsia, lift shaft dan padang tenis di bumbungnya.

EVOLUSI FUNGSI

1905

William Kellie-Smith mula membina istana kota Kellie's Castle.

1915

William Kellie-Smith memperluaskan rumahnya sempena kelahiran anak lelaki.

Bangunan ini adalah yang pertama dibina yang dipasang lif di Malaysia. Namun, hanya ada *lift shaft* sahaja kerana tidak sempat disiapkan setelah Kellie Smith meninggal dunia di Lisbon, Portugal semasa mengambil lif yang ditempah pada 11 Disember 1926. Bangunan yang kekal adalah dalam keadaan 'sedang dibina' dan telah menjadi tarikan pelancong ke Batu Gajah kerana keunikan dan sejarahnya.

PENUTUP

Secara keseluruhannya, objektif eksplorasi ini telah berjaya dicapai dengan kerjasama yang padu daripada semua pegawai terutamanya Pengarah Kanan CREaTE dan Pengarah BIPKK. Semoga program sebegini dapat diteruskan di masa hadapan bagi memantapkan pengetahuan pegawai CREaTE dalam usaha memulihara bangunan warisan.

1926

William Kellie-Smith mati mengejut di Lisbon, Portugal semasa mengambil lif ditempahnya.



KAJIAN PEMENDAPAN JALAN DI FT005, JALAN JOHOR BAHRU – MELAKA (PENGKALAN RAJA, PONTIAN)

Oleh

Makmal Penyelidikan Geoteknik, CREaTE

PENGENALAN

Laluan FT005 dari Pontian ke Pekan Nenas adalah laluan persekutuan utama yang menghubungkan penduduk Pontian dan kawasan berhampiran ke Johor Bahru dan Singapura. Masalah keretakan dan pemendapan jalan di laluan tersebut sering menjadi perbualan hangat di keratan akhbar dan media sosial terutama dari seksyen 39 hingga ke seksyen 51 (rujuk Rajah 1).

a



b



Rajah 1: Aduan keretakan dan mendapan jalan di FT005 Daerah Pontian
(a) Aduan di Facebook. (b) Aduan di Harian Metro bertarikh 3 April 2019.

Kerajaan melalui JKR Pontian telah melaksanakan pembaikan setiap tahun di laluan berkenaan. Pelbagai kaedah pembaikan jalan telah dilaksanakan seperti regulate, resurfacing, CIPR dan sebagainya tetapi gagal menyelesaikan masalah yang berlaku. Kaedah pembaikan yang dilaksanakan adalah pembaikan yang bersifat sementara kerana pembaikan dilaksanakan hanya pada lapisan pavemen jalan dan ianya tidak merawat punca pada masalah di laluan tersebut.

OBJEKTIF KAJIAN

1. Mengetahui punca keretakan dan pemendapan jalan, dan
2. Mengetahui beberapa kaedah pembaikan yang sesuai dilaksanakan untuk jangka masa panjang.

KENYATAAN MASALAH

Laluan FT005 dari Pontian ke Pekan Nenas adalah laluan yang dibina di atas tanah lembut. Pembaikan dengan kaedah resurfacing, regulate dan CIPR mendorong kepada berlakunya penambahan beban pada lapisan asas jalan. Penambahan beban ini menyebabkan proses pemendapan (settlement) bertambah cepat, keretakan menjadi semakin melebar dan menyumbang kepada isu kestabilan tambakan di beberapa lokasi disebabkan aras jalan bertambah tinggi. Kewujudan lantai konkrit pada asas jalan dan pelebaran jalan juga menjadi salah satu punca keretakan dan pemendapan di lokasi tersebut.

Oleh kerana perkara ini telah berlarutan selama lebih 10 tahun, JKR Pontian telah memohon Makmal Penyelidikan Geoteknik, CREaTE untuk menjalankan siasatan

terperinci bagi mengenal pasti dan mengesahkan punca-punca keretakan dan pemendapan jalan sebagai data sokongan untuk mereka mengemukakan permohonan peruntukan pembaikan kekal di laluan tersebut.

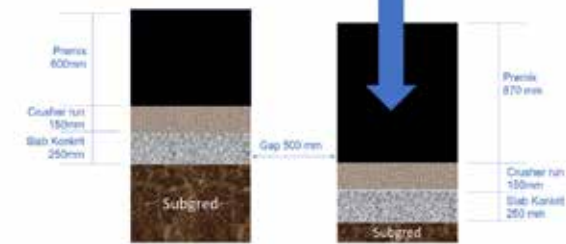
Kajian penyiasatan tapak ke atas pemendapan jalan di FT005 dari Pontian ke Pekan Nenas ini dilaksanakan oleh Makmal Penyelidikan Geoteknik, CREaTE dengan kerjasama Universiti Teknologi Tun Hussein Onn (UTHM) dan Preston Geocem Sdn. Bhd.

LOKASI KAJIAN

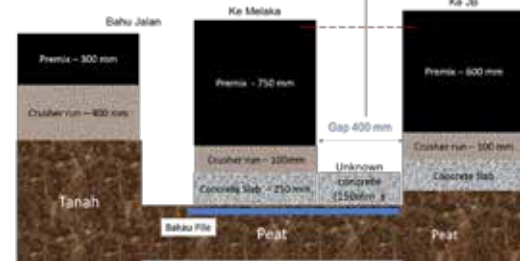
Laluan yang mengalami keretakan dan pemendapan jalan adalah di sepanjang seksyen 39 hingga seksyen 51 sepertimana yang ditunjukkan pada Rajah 2. Lokasi kajian yang telah dipersetujui oleh Makmal Penyelidikan Geoteknik, CREaTE dan JKR Pontian adalah di seksyen 43.7 dan seksyen 44. Pemilihan lokasi adalah berdasarkan tahap keretakan dan pemendapan di tapak selain mengambil kira keluasan ruang untuk melaksanakan ujian di lapangan.



SEKSYEN 40



SEKSYEN 43.7



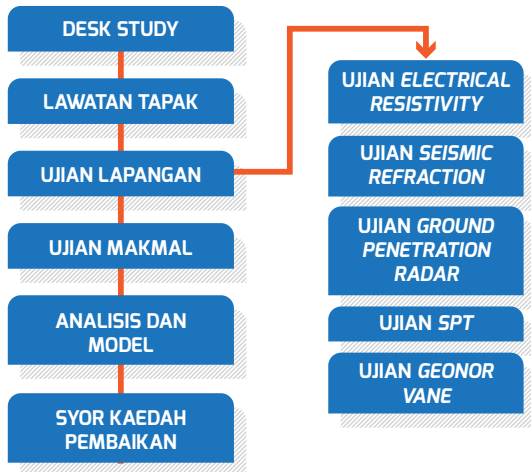
Rajah 3: (a) Keratan rentas profil jalan di seksyen 40, dan (b) Keratan rentas profil jalan di seksyen 43.7.

METODOLOGI KAJIAN

Ketiadaan maklumat lukisan siap bina di laluan tersebut menyukarkan proses analisis ke atas masalah di tapak. JKR Pontian dengan kerjasama Selia Selenggara Selatan Sdn. Bhd. telah menjalankan ujian trial pit secara random point di beberapa lokasi di sepanjang seksyen 39 hingga 51 bagi mendapatkan maklumat masalah di tapak. Berdasarkan keputusan ujian trial pit (rujuk Rajah 3), lapisan asas struktur jalan tersebut menunjukkan lapisan profil jalan yang berbeza-beza. Walaupun begitu, ujian trial pit mengesahkan keretakan permukaan jalan tersebut berlaku pada setiap penyambung (joint) di antara lantai konkrit dan kawasan pelebaran jalan. Lapisan asphalt yang tebal di beberapa lokasi menunjukkan beberapa siri pembaikan telah dijalankan. Ia juga menjadi salah satu penyebab pertambahan beban kepada lapisan asas jalan tersebut. Kesyambungan dari hasil ujian dan mesyuarat yang dipengerusikan oleh Pengarah Bahagian Inovasi, Penyelidikan dan Pembangunan Kejuruteraan (BIPPK), CREaTE JKR pada 22 April 2019 telah memutuskan kajian ini dipecahkan kepada dua peringkat iaitu;

1. Peringkat Pertama: Kajian mengenal pasti punca dan cadangan kaedah pembaikan di tapak seperti carta alir pada Rajah 4.
2. Peringkat Kedua: Pelaksanaan kerja-kerja pembaikan di tapak.

Peringkat pertama kajian akan dilaksanakan pada tahun 2019 oleh CREaTE. Manakala peringkat kedua akan dilaksanakan oleh JKR Pontian selepas peruntukan pembaikan diterima.



Rajah 4: Ringkasan carta alir metodologi kajian peringkat pertama.

KERJA PENYIASATAN TAPAK

Laluan dari Pontian ke Pekan Nenas adalah laluan trafik yang sibuk terutama semasa waktu puncak. Oleh sebab itu, ujian lapangan terpaksa dilaksanakan pada waktu malam (iaitu di antara pukul 10 malam hingga 5 pagi) bagi mengelak kesesakan dan aduan daripada pengguna jalan raya. Selain itu, ujian lapangan perlu dilaksanakan semasa jumlah aliran trafik yang minimum bagi mengelak ralat yang tinggi pada hasil keputusan ujian Seismic Refraction.

Laporan penyiasatan tapak yang terdekat iaitu pada tahun 2010 menunjukkan profil tanah di kawasan tersebut adalah tanah lembut atau berkemungkinan tanah peat sedalam 9 m. Walau bagaimanapun, data tersebut hanyalah sebagai indikator sahaja kerana data penyiasatan tapak tersebut dalam lingkungan 2 km daripada tapak kajian yang dijalankan.

Sehubungan dengan itu, Standard Penetration Test (SPT) dilaksanakan pada selaan 1.5 m di setiap borehole di luar jajaran jalan berturap. SPT dilaksanakan bagi mengesahkan profil, jenis tanah dan ciri-ciri kejuruteraan tanah di lokasi kajian. Sampel ujian disturbed (setiap 1.5 m) dan undisturbed (SPT < 4) diambil

untuk dilaksanakan ujian makmal bagi mendapatkan ciri-ciri kejuruteraan lapisan tanah di kawasan tersebut (rujuk Rajah 5). Parameter tersebut diperlukan dalam menganalisis kawasan kajian dengan menggunakan Plaxis Software.

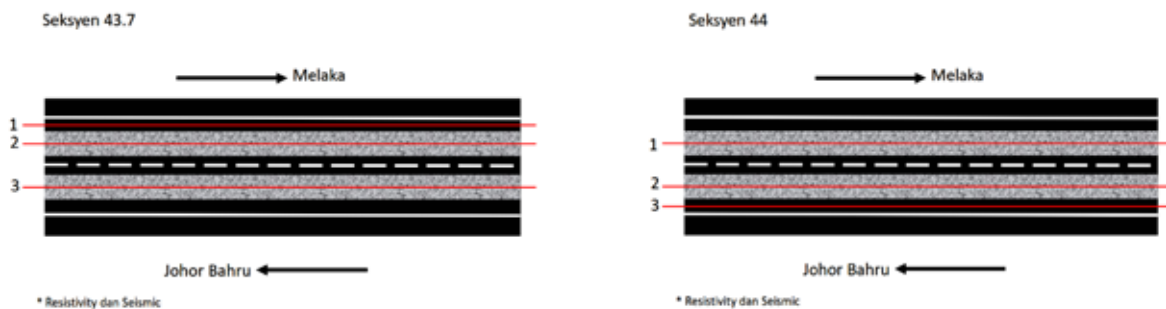
Di point yang sama juga dilaksanakan ujian Geonor Vane bagi menentukan nilai in-situ shear strength kawasan tanah lembut (very soft to soft soil).



Rajah 5: (a) dan (b) Sebahagian sampel dan keputusan ujian SPT, dan (c) Alat ujian SPT yang digunakan di tapak.

Data SPT tersebut akan disokong dengan data ujian geofizik (non-destructive test) iaitu ujian Electrical Resistivity, Seismic Refraction dan Ground Penetration Radar (GPR). Ujian geofizik diperlukan bagi menentusahkan kedudukan lantai konkrit di bawah permukaan lapisan pavemen dan menganalisis profil lapisan bawah pavemen.

Ujian Electrical Resistivity dan Seismic Refraction pula dilaksanakan sebanyak tiga lines di setiap lokasi kajian sepertimana yang ditunjukkan pada Rajah 6. Ujian Electrical Resistivity dilaksanakan sepanjang 100 m. Sebanyak 41 electrode digunakan di tapak dengan jarak setiap electrode sepanjang 2.5 m. Protokol yang digunakan dalam ujian Electrical Resistivity di tapak adalah multiple gradient. Ujian Seismic Refraction juga dilaksanakan sepanjang 100 m dengan jarak offset 30 m. Sebanyak 24 geophones digunakan di tapak kajian dengan jarak di antara geophones sepanjang 5 m.

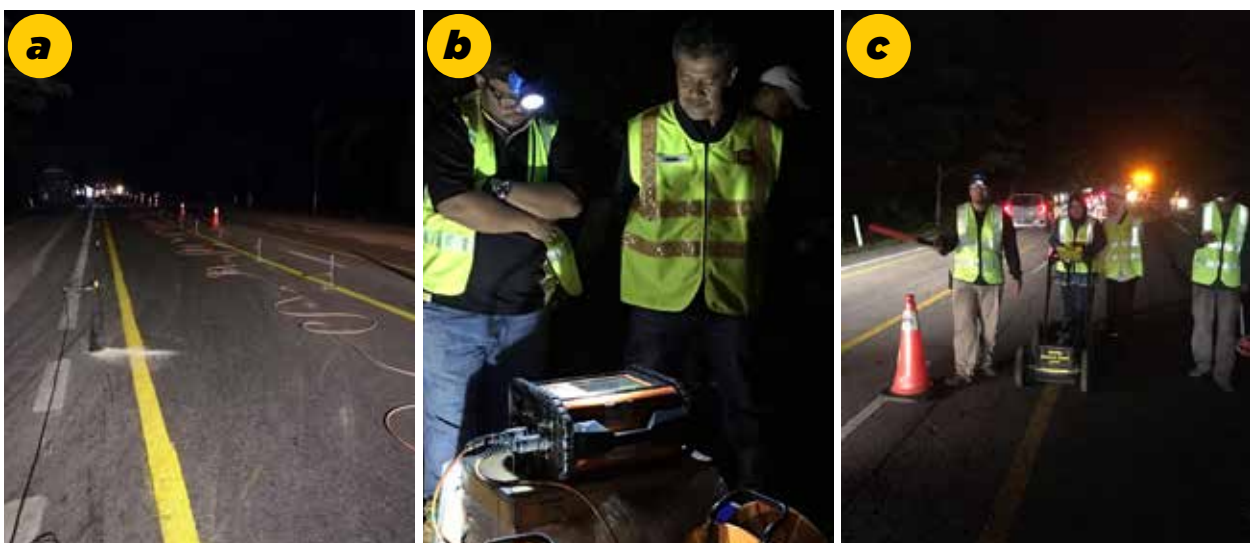


Rajah 6: Lines lokasi kerja ujian Electrical Resistivity dan Seismic Refraction yang dilaksanakan di tapak.

Ground Penetration Radar (GPR) adalah salah satu ujian yang dijalankan secara grid 100 m di kedua-dua arah laluan. Pemilihan GPR adalah bagi mengenal pasti kedudukan lantai konkrit yang terdapat pada lapisan asas jalan tersebut. Hasil keputusan GPR juga boleh menggambarkan secara kasar tahap semasa keadaan lantai konkrit tersebut. Rajah 7 adalah gambar semasa kerja-kerja ujian geofizik dilaksanakan di lapangan.

PENUTUP

Kesemua hasil ujian akan dianalisis dan dimodelkan dengan menggunakan Plaxis Software. Beberapa kaedah pembaikan akan disyorkan bagi merawat dan menyelesaikan masalah keretakan dan pemendapan jalan di laluan tersebut. Keputusan ujian tersebut hanya akan dibentangkan selepas proses analisis siap sepenuhnya.



Rajah 7: (a) Ujian Electrical Resistivity (kanan) dan Seismic Refraction (kiri) sedang dijalankan di tapak kajian, (b) Memantau data-data Electrical Resistivity yang direkodkan dalam ABEM (datalogger), dan (c) Kerja-kerja cerapan data GPR di kawasan tapak kajian.

PEMUTUS LITAR KENIT

(Miniature Circuit Breaker)

Oleh

Makmal Penyelidikan Elektrik, CREaTE

Pemutus Litar adalah peranti yang berfungsi untuk melindungi kabel litar, manusia dan haiwan ternakan dari kejutan elektrik serta kebakaran akibat dari beban lebih atau 'fault current' pada pemasangan elektrik.

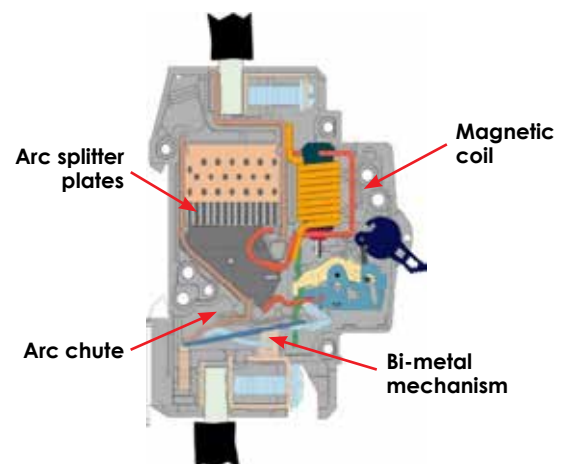
Terdapat pelbagai jenis pemutus litar yang telah direka untuk tujuan perlindungan yang mempunyai kelebihan dan kekurangan serta had keupayaan dalam melindungi pemasangan elektrik. Antaranya adalah fuis, Pemutus Litar Kenit (Miniature Circuit Breaker - MCB), Pemutus Litar Bocor Ke Bumi (Residual Current Circuit Breaker - RCCB), Pemutus Litar Teracu (Moulded Case Circuit Breaker - MCCB) dan Pemutus Litar Udara (Air Circuit Breaker - ACB).

PEMUTUS LITAR KENIT (MINIATURE CIRCUIT BREAKER - MCB)

Pemutus Litar Kenit (Miniature Circuit Breaker - MCB) adalah sebuah peranti elektromekanikal yang berfungsi sebagai pelindung litar elektrik dari arus berlebihan di mana MCB berupaya memutuskan arus elektrik secara automatik apabila arus elektrik melebihi arus yang ditetapkan pada sesebuah MCB. Dalam keadaan arus normal, MCB boleh berfungsi sebagai suis yang boleh menyambung dan memutuskan litar elektrik secara manual.



Miniature Circuit Breaker - MCB.



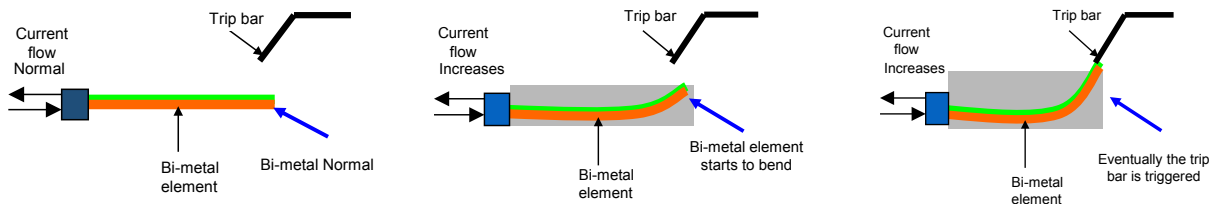
Binaan asas MCB.

PRINSIP FUNGSI MCB

Dalam keadaan normal, fungsi MCB sebagai suis manual yang boleh menyambungkan (ON) dan memutuskan (OFF) arus elektrik. Sekiranya berlaku litar pintas (short circuit) dan beban lebih (overload), MCB akan beroperasi secara automatik dengan memutuskan arus elektrik yang melaluinya. Secara visual, kita dapat melihat pergerakan tombol atau butang dari keadaan ON atau OFF. Operasi automatik ini dilakukan dalam dua cara seperti yang dilihat pada gambar di bawah, iaitu oleh prinsip haba (thermal) dan prinsip magnet.

PRINSIP HABA (THERMAL)

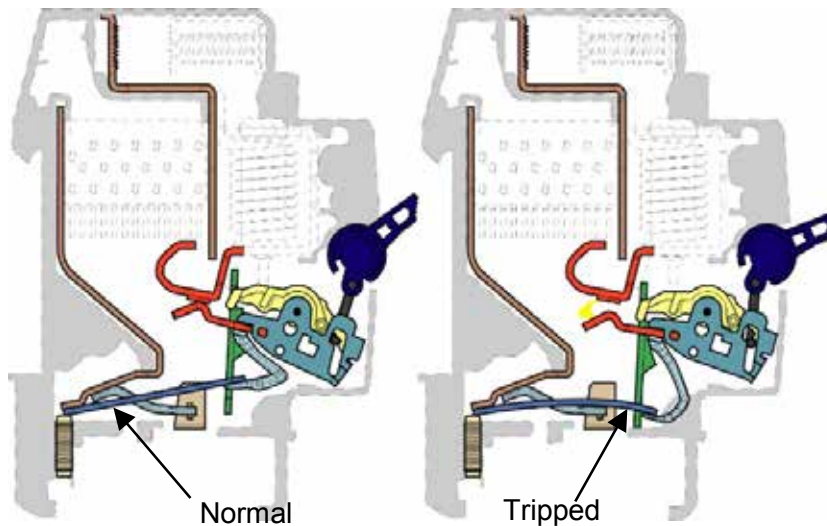
Apabila berlaku beban lebih (overload), aliran arus elektrik akan menyebabkan suhu *Bi-metal* meningkat. Suhu yang tinggi akan menyebabkan *Bi-metal* melengkung dan menyentuh *trip bar* supaya ia memutuskan litar pada MCB tersebut (Trip).



Keadaan *Bi-metal* dalam aliran arus Normal.

Keadaan *Bi-metal* dalam aliran arus meningkat.

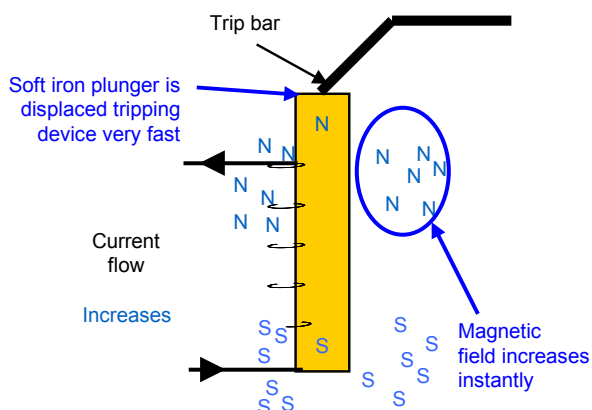
Keadaan *Bi-metal* apabila Trip.



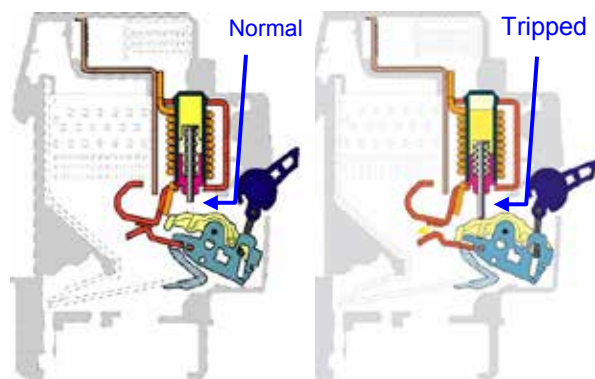
Keadaan *Bi-metal* apabila Normal dan Trip.

PRINSIP MAGNET

Bagi prinsip magnet, terdapat gelong bersiri dengan litar utama yang akan menarik bahagian pelantik untuk memutuskan litar arus melebihi tahap tertentu yang telah dihadkan untuk sesebuah MCB.

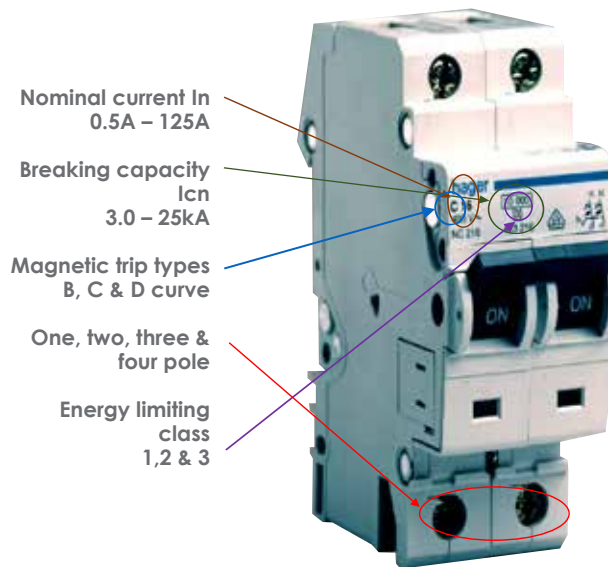


Prinsip magnet berfungsi.

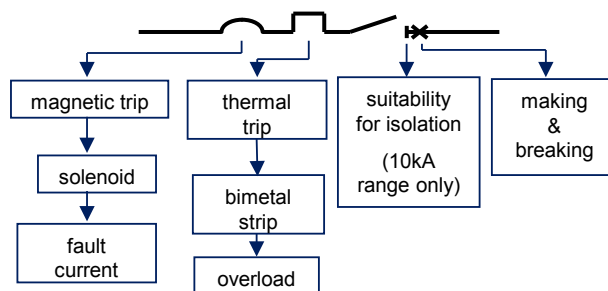


Kedudukan plunger apabila Normal dan Trip.

INFO PADA LABEL MCB



SIMBOL BAGI MCB



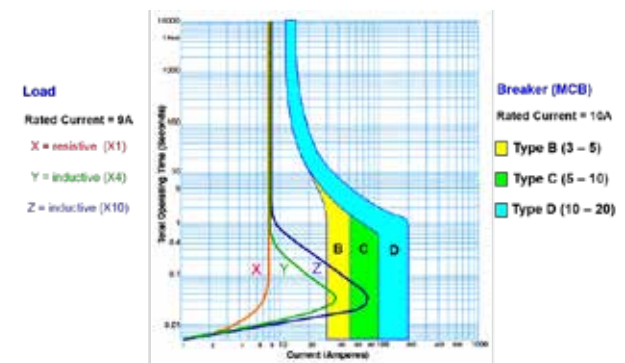
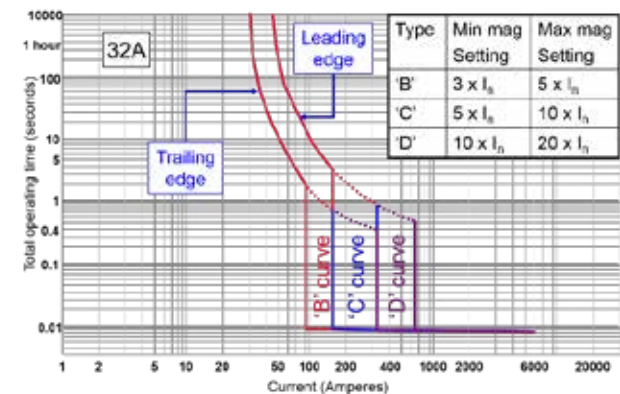
JENIS-JENIS MCB

MCB atau Pemutus Litar Miniatur boleh diklasifikasikan kepada tiga jenis utama berdasarkan ciri pecahan litar tersebut. Tiga jenis utama itu ialah Type B, Type C dan Type D.

JENIS	KETETAPAN	PENGUNAAN
B	3 - 5 I_n	Kegunaan Umum Soket Alir Keluar
C	5 - 10 I_n	Motor Lampu Fluorescent
D	10 - 20 I_n	Alat Ubah (Transformer) Lampu Sodium

Arus Nominal Biasa MCB ialah 6A, 10A, 13A, 16A, 20A, 25A, 32A, 40A, 50A, 63A, 80A, 100A dan 125A.

KARAKTERISTIK MCB



Menunjukkan graf karakteristik kefungsi MCB mengikut jenis.

RUMUSAN

Berdasarkan keterangan sebelum ini, boleh dirumuskan bahawa MCB merupakan salah satu komponen penting dalam perlindungan sesuatu pemasangan elektrik sama ada penggunaan domestik, industri kecil dan industri besar. Pemilihan jenis MCB juga adalah penting berdasarkan penggunaan/jenis beban pada pemasangan elektrik bagi memastikan kecekapan sistem perlindungan pada tahap yang baik.

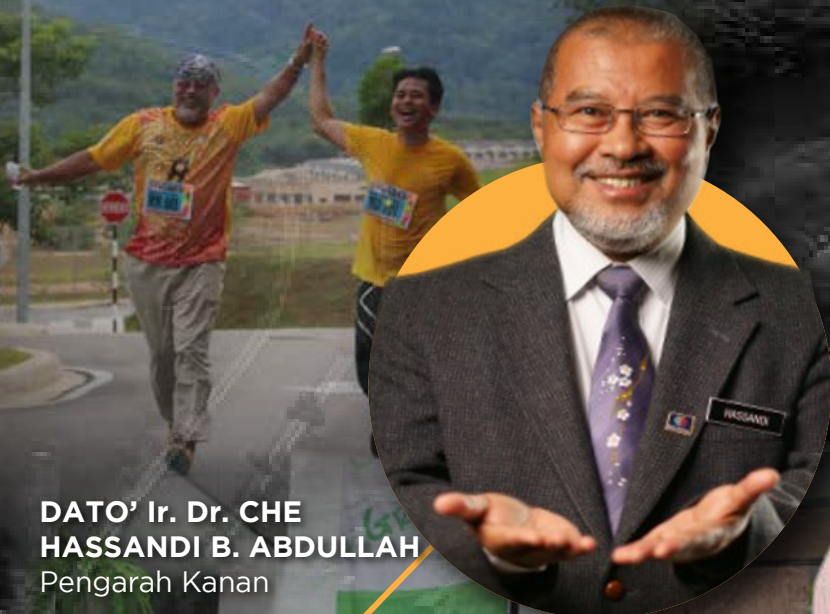
Bagi pengujian di makmal, Makmal Penyelidikan Elektrik, CREaTE sentiasa memastikan bahan yang diuji memenuhi ketetapan berikut;

- Clause 9.10.1 - MS IEC 60898-1: 2007 (Test of time current characteristic).
- Clause 9.10.2 - MS IEC 60898-1: 2007 (Test of Instantaneous Tripping and of Correct Opening of the Contacts).

di mana ketetapan di atas telah merangkumi kefungsi MCB bagi Type B, C & D serta prinsip haba dan magnet sesuatu MCB.

Pesara **CREaTE**

JABATAN KERJA RAYA



**DATO' Ir. Dr. CHE
HASSANDI B. ABDULLAH**
Pengarah Kanan

25 Jun 2019
(Bersara Wajib)



**ABD. KHALID
B. CHE DIN**
Jurutera Mekanikal
Penguasa Kanan

31 Disember 2019
(Bersara Pilihan)



**Ir. ROSIAH
BT. ABU SAMAH**
Jurutera Awam
Penguasa Kanan

10 Julai 2019
(Bersara Pilihan)



**NORHAYATI
BT. MAHMOOD**
Jurutera Awam
Penguasa

22 Februari 2019
(Bersara Wajib)



**Ir. ABDUL MUTALIF
B. K.A. ABDUL HAMEED**
Pengarah

1 Mac 2019
(Bersara Pilihan)



**Ir. WAN IBRAHIM
B. WAN YUSOFF**
Pengarah

6 Disember 2019
(Bersara Wajib)



**HJH. FAZIAH
BT. HJ. AYUB**
Jurutera Awam
Kanan

21 Disember 2019
(Bersara Wajib)



**AHMAD IZZUDDIN
B. OSMAN SALLEH**
Jurutera Awam
Penguasa Kanan

28 Disember 2019
(Bersara Wajib)



**Ir. HJ. NIK IBRAHIM
B. NIK ABDULLAH**
Jurutera Elektrik
Penguasa

14 Disember 2019
(Bersara Wajib)





FIBER

DI DALAM TURAPAN JALAN

Oleh
Makmal Penyelidikan Jalan, CREaTE

*Ir. Mohd Hizam bin Harun
Hanani binti Mohamed Radzi*

LATAR BELAKANG

Fiber telah mula digunakan di dalam turapan jalan sejak berkurun dahulu. Penggunaan paling awal direkodkan lebih dari 3,000 tahun dahulu di mana jerami dimasukkan ke dalam spesifikasi pembinaan di Mesir. Di USA, penggunaan julung kali direkodkan seawal tahun 1920an di mana asbestos fiber digunakan, dan terus digunakan sehingga tahun 1960an apabila isu kesihatan berkaitan penggunaannya ditimbulkan. Cotton fiber pula digunakan pada tahun 1930an tetapi bahan itu lama kelamaan didapati merosot. Pada mulanya, fiber banyak digunakan di dalam dense-graded asphalt. Mulai tahun 1991, stone mastic asphalt (SMA) mula digunakan di USA selepas 30 tahun penggunaannya di benua Eropah. SMA menggunakan sama ada cellulose atau mineral fiber untuk mengelak lelehan ke atas binder (binder draindown).

Dua tujuan utama fiber digunakan ialah;

1. Untuk mengelak binder draindown di dalam gap-graded asphalt (seperti SMA) dan open-graded asphalt (atau porous asphalt).
2. Untuk meningkatkan rintangan terhadap cracking dan rutting bagi dense-graded asphalt.

Bahan turapan jalan, atau asphalt, adalah kuat bila dimampat (dalam keadaan compression) tetapi lemah bila diregang (dalam situasi tension). Campuran fiber dengan kekuatan regangan yang tinggi (high tensile strength) dapat meningkatkan kekuatan regangan asphalt. Fiber di dalam asphalt dapat mengambil tegasan (stress) di dalam bahan turapan jalan itu. Bagi mengambil peranan ini dengan berkesan, ciri lekatan (adhesion) yang kuat antara fiber dan asphalt adalah penting. Jika tujuan utama mencampurkan fiber ke dalam asphalt ialah untuk mengelak binder draindown, fiber dengan kekuatan regangan yang tinggi tidak diperlukan; sebaliknya fiber yang berupaya menyerap atau mengekang binder dari draindown adalah lebih sesuai.

JENIS FIBER

Jenis fiber yang paling banyak digunakan di dalam turapan jalan ialah cellulose, mineral, synthetic polymer dan glass fiber.

Cellulose

Fiber diperolehi dari sumber tumbuhan. Ia berupaya meresap binder, mengekang kandungan tinggi binder di dalam asphalt, oleh itu dapat mengelak dari berlakunya binder draindown. Fiber diperolehi sama ada dari dahan kayu (seperti jut), daun (seperti sisal) atau buah (seperti kapas, kelapa atau kelapa sawit).



Synthetic polymer

Jenis synthetic polymer fiber yang banyak digunakan ialah polyester, polypropylene, aramid dan campuran pelbagai jenis polymer tersebut. Polymer berbeza memiliki suhu cair yang berbeza yang perlu diambil kira apabila digunakan di dalam menghasilkan asphalt pada suhu yang tinggi. Aramid fiber tidak cair tetapi menguncup pada suhu tinggi di mana ini dikatakan dapat membantu meningkatkan rintangan asphalt terhadap rutting.



Campuran aramid dan polyolefin fiber.

Mineral

Fiber ini terbentuk secara semulajadi seperti asbestos (atau chrysotile), atau dibuat di kilang. Mineral wool atau rock wool dibuat dengan mencairkan mineral, kemudian dibentuk menjadi fiber dengan cara spinning atau extruding. Bahan mineral yang digunakan untuk menghasilkan mineral fiber ialah slag, steel dan carbon. Asbestos fiber adalah jenis fiber yang julung kali digunakan di dalam asphalt pada tahun 1920an. Carbon fiber dan steel fiber (atau steel wool) pernah digunakan untuk menghasilkan asphalt yang dapat mengalirkan elektrik bagi menutup keretakan halus pada permukaan jalan. Namun, steel fiber didapati tidak berkesan dalam jangka masa panjang oleh kerana ia akan berkarat apabila terdedah pada kelembapan.



Glass fiber

Memiliki ciri yang diingini seperti high tensile modulus dan high softening point (815 °C). Namun begitu, fiber jenis ini adalah rapuh (brittle) dan, oleh itu, perlu dikendalikan dengan teliti semasa menghasilkan asphalt.



APLIKASI DAN KELEBIHAN FIBER

Fiber telah digunakan di dalam bahan turapan jalan di serata dunia. Penggunaannya di dalam SMA dan porous asphalt bagi mengelak binder draindown adalah paling popular. Penggunaan fiber di dalam dense-graded asphalt bagi meningkatkan stability (meningkatkan rintangan terhadap rutting) dan meningkatkan rintangan terhadap cracking juga semakin popular. Terdapat pelbagai jenis fiber yang dapat digunakan; cellulose dan mineral fiber lebih banyak digunakan di dalam gap-graded dan open-graded asphalt manakala polypropylene dan polyester fiber pula lebih sesuai digunakan di dalam dense-graded asphalt.

Jenis dan kelebihan setiap fiber yang biasa digunakan adalah seperti berikut;

Jenis Fiber	Kelebihan	Kekurangan
Cellulose	Serap binder, elak binder draindown di dalam gap-graded dan open-graded asphalt. Kos lebih murah.	Tidak kuat bila diregang.
Mineral	Tidak kuat serap binder seperti cellulose. Boleh menghasilkan fiber yang dapat mengalirkan elektrik bagi menutup keretakan halus.	Boleh berkarat bila terdedah pada kelembapan. Menghasilkan asphalt lekit yang sukar dipadatkan dan boleh merosakkan tayar kenderaan.
Polyester	Memberi rintangan terhadap cracking dan rutting. Meningkatkan kekuatan dan stability asphalt. Suhu cair lebih tinggi dari polypropylene. Kekuatan regangan yang tinggi.	Specific gravity lebih tinggi bermakna hanya sedikit fiber digunakan.
Polypropylene	Memberi rintangan terhadap cracking dan rutting. Diperolehi dari petroleum, oleh itu sangat serasi dengan bitumen. Memberi ikatan yang kuat di dalam asphalt. Tersurai dengan senang di dalam asphalt. Specific gravity rendah bermakna lebih banyak fiber dapat digunakan.	Suhu cair lebih rendah dari fiber lain. Perlu kawal suhu pengeluaran asphalt.
Aramid	Memberi rintangan terhadap cracking dan rutting. Meningkatkan kekuatan dan stability asphalt. Kekuatan regangan yang tinggi. Menguncup pada suhu tinggi, oleh itu dapat tingkatan rintangan terhadap rutting.	
Aramid dan polyolefin	Memberi rintangan terhadap cracking dan rutting. Memberi kelebihan berganda dari penggunaan fiber jenis aramid dan polyolefin (polypropylene).	
Fibreglass	High tensile strength. Low elongation. High elastic recovery. High softening point.	Rapuh (brittle). Boleh putus jika bersilang antara sesama fiber. Boleh putus semasa asphalt dibancuh, dan dipadatkan.

CIRI-CIRI FIBER

Saiz

Saiz fiber adalah penting kerana ia boleh mempengaruhi cara fiber itu tersebar di dalam asphalt. Panjang fiber seharusnya sesuai dengan saiz aggregate paling besar di dalam asphalt itu. Aggregate yang lebih kecil seharusnya guna fiber yang lebih pendek; fiber yang panjang akan lebih sukar untuk digaul sehingga sehati dengan asphalt oleh kerana ia akan cenderung menjadi kusut dan bergumpal.

Ash Content

Ujian ash content ialah bagi menentukan kandungan organik di dalam fiber berasaskan tumbuhan. Dalam ujian ini, sebanyak 2 gram sampel fiber dipanaskan sehingga 595 °C selama tidak kurang dari 2 jam bagi membakar bahan organik di dalam fiber. Yang tinggal ialah abu berwarna putih kelabu. Kebiasaannya kandungan abu ini ditetapkan tidak lebih dari 5%.

Shot Content

Shot content ialah parameter yang biasa ditetapkan bagi mineral fiber. Semasa penghasilan fiber jenis ini, mungkin terbentuk biji halus bahan mineral yang dipanggil shot. Biji halus ini bukan bersifat fiber, oleh itu kandungannya perlu dihadkan. Kandungan shot dapat ditentukan melalui ujian ayakan di mana fiber yang lebih kasar akan tertahan pada ayak dan shot yang lebih halus itu akan telus. Shot content lazimnya ditentukan berdasarkan peratusan shot yang telus ayak saiz 0.250 mm dan 0.063 mm.

Keserasian dengan Asphalt

Keserasian dan daya ikatan fiber organik di dalam campuran asphalt ditentukan oleh ciri fiber termasuk pH, oil absorption dan moisture content seperti keterangan di bawah. Ciri-ciri ini jarang ditetapkan bagi fiber sintetik di mana kebiasaannya berasaskan dari petroleum dan oleh itu dianggap serasi dengan asphalt.

a. pH

nilai pH biasanya ditentukan dengan mengacau 5 gram fiber di dalam 100 ml air suling sebelum dibiarkan selama 30 minit. pH air itu kemudian ditentukan dengan menggunakan pH meter. Nilai pH fiber seharusnya sesuai dan serasi (compatible) dengan bitumen. Nilai yang ditetapkan dalam JKR/SPJ ialah 7.5 +/- 1.0.

b. Oil absorption

Oil absorption ditentukan lazimnya dengan menga-pungkan 5 gram fiber di dalam 100 ml mineral spi-rit selama 5 minit. Fiber itu kemudian dikeluarkan dari spirit itu dan digoncang-kan selama 10 minit bagi menghilangkan spirit pada permukaan fiber. Perbe-zaan berat fiber sebelum dan selepas diapungkan di dalam spirit kemudian ditentukan. Oil absorption ialah keupayaan fiber itu untuk meresap spirit itu, kebiasaannya dilaporkan dalam berapa kali ganda dari berat fiber itu. JKR/SPJ menetapkan 5.0 (+/- 1.0) bagi mengekalkan (retain) bitumen dan memastikan lekatan yang baik (good adhesion).

c. Moisture content

Moisture content sewajar-nya dihadkan bagi mengelak tambahan air ke dalam campuran bahan turapan jalan dan melemahkan ikatan (bonding) di antara fiber dan bitumen. Sampel fiber sebanyak 10 gram diletakkan di dalam oven pada suhu 121 °C selama 2 jam. Fiber itu kemudian ditimbang sejeurus dikeluar-kan dari oven. JKR/SPJ menetapkan moisture content tidak lebih dari 5% dari berat fiber itu.

PENGUNAAN FIBER DI AMERIKA SYARIKAT

Hampir kesemua penggunaan fiber di dalam bahan turapan jalan pada masa ini di Amerika Syarikat ialah di dalam open-graded porous asphalt dan gap-graded SMA. Idaho Transportation Department merupakan salah satu agensi yang menjalankan kajian ke atas penggunaan fiber di dalam dense-graded asphalt. Tumpuan diberi ke atas keberkesanan fiber dalam mengurangkan cracking dan rutting. Prestasi fiber asphalt di tapak kajian di Laluan US-30 yang dibina pada Ogos 2014 dipantau oleh University of Idaho dan Washington State University. Terdapat kenderaan berat yang menggunakan laluan itu yang menyebabkan rutting, selain cracking. Pembinaan tapak kajian itu melibatkan milling sedalam 122 mm sebelum diturap semula dua lapisan 61 mm fiber asphalt. Fiber yang digunakan ialah aramid, fiberglass dan campuran polypropylene-aramid. Rekod prestasi tapak kajian itu tidak diperolehi oleh penulis.

Sebelum itu, Kaloush et al. (2010) membandingkan prestasi dense-graded asphalt mengandungi fiber polypropylene dan aramid dengan asphalt tanpa fiber. Sampel asphalt diperolehi dari tapak di Tempe, Arizona dan diuji di makmal di Arizona State University. Didapati asphalt bercampur fiber lebih baik dari asphalt tanpa fiber dari aspek rintangan terhadap permanent deformation dan thermal cracking.

Lebih awal dari itu, susulan kajian pada awal 1980an yang menunjukkan turapan jalan bercampur fiber memiliki daya rintangan lebih tinggi terhadap cracking dan rutting, Indiana Department of Transportation (INDOT) menggunakan fiber dengan lebih meluas pada tahun 1980an dan awal 1990an. Selama beberapa tahun, INDOT menetapkan penggunaan fiber jenis polypropylene di dalam dense-graded asphalt bagi mengurangkan berlakunya keretakan pantulan pada overlay. Kajian oleh El-Sheikh dan Sudol (1989) menunjukkan fiber asphalt dapat mengurangkan keretakan pantulan sehingga 75% selepas lima tahun, berbanding asphalt konvensional.

PENGUNAAN FIBER DI NEGARA-NEGARA LAIN

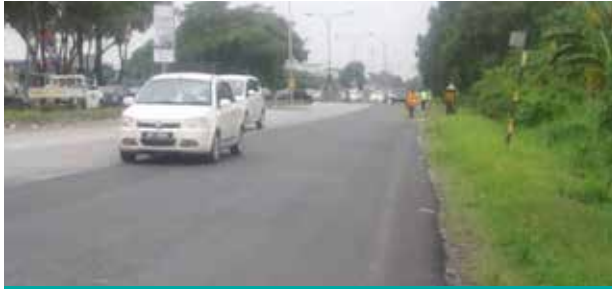
Negara	Ulasan
Australia/New Zealand	Cellulose fiber digunakan di dalam SMA, 0.3% dari berat asphalt. Fiber lain seperti fiberglass, rockwool dan polyester juga didapati sesuai tetapi jarang digunakan oleh kerana cellulose fiber didapati lebih cost-effective.
Brazil	SMA ditetapkan guna fiber, kebiasaannya jenis cellulose. Namun begitu, SMA tidak digunakan dengan meluas, hanya sekitar < 4,000 km. Terdapat juga penggunaan micro-surfacing dengan fiberglass.
Finland	Guna cellulose fiber di dalam SMA.
Jerman	Berterusan guna fiber di dalam SMA. Terdapat pembekal yang menggaul cellulose fiber dengan bitumen bagi menghasilkan pellet yang lebih senang dibancuh dengan asphalt di kuari.
Israel	Menetapkan penggunaan cellulose atau mineral fiber di dalam SMA dan porous asphalt.
Negara Timur Tengah	Tiada rekod penggunaan fiber. Iran pernah menggunakan sedikit SMA dan porous asphalt, namun mencampurkan dengan SBS atau crumb rubber.
Negara Eropah lain	Guna fiber di dalam SMA, 99% fiber yang digunakan adalah jenis cellulose. Terdapat kajian ke atas penggunaan polymer fiber di dalam high-stiffness modulus base layer di lokasi high-stress. Di Sepanyol, terdapat kajian ke atas penggunaan steel fiber di dalam self-healing asphalt.
UK dan Ireland Utara	Cellulose fiber digunakan di dalam SMA bagi mengelak binder draindown.

PENGUNAAN FIBER DI MALAYSIA



Sebanyak 0.4% cellulose fiber ini, dari berat aggregate, dicampurkan dan digaul dengan aggregate sebelum bitumen dimasukkan dan dibancuh sehingga sebatu bagi menghasilkan gap-graded asphalt.

Campuran aramid dan polyolefin fiber digunakan dalam menghasilkan fiber asphalt di beberapa lokasi di Jalan Persekutuan, antaranya seperti berikut;



Laluan 3218, Klang



Laluan 3209, Rawang



Laluan 8, Bentong



Laluan 1, Batang Padang

Fiber itu dimasukkan ke dalam pugmill di mana ia digaul dengan aggregate panas selama beberapa saat sebelum dibancuh sehingga sebatian dengan bitumen bagi menghasilkan fiber asphalt.



Fiber dimasukkan ke dalam pugmill.

akan cair di dalam asphalt dan membantu selerakkan dan lekatan fiber yang tidak cair di dalam asphalt.

Panjang fiber seperti ini seharusnya mengambil kira saiz aggregate paling besar di dalam asphalt. Fiber yang lebih panjang dari saiz aggregate paling besar akan sukar digaul dan diselerakkan dengan sebatian di dalam asphalt kerana fiber itu sebaliknya akan menjadi kusut dan bergumpal sesama sendiri.

Asphalt yang terhasil dengan dos tipikal 500 gram bagi setiap tan asphalt lazimnya mengandungi lebih dari 18 juta helaian aramid fiber di dalam setiap tan asphalt itu, atau 950 km panjang aramid fiber di dalam setiap 1 m³ asphalt. Rangkaian selerakkan helaian fiber itu menghasilkan ikatan mikro isotropik 3-dimensi di dalam bahan turapan jalan tersebut. Asphalt AC 14 yang terhasil memiliki nilai Marshall stability sekitar 16,000 N berbanding ketetapan 8,000 N bagi asphalt konvensional. Ia dikatakan memberi rintangan yang tinggi terhadap rutting dan cracking. Kos fiber asphalt ini selepas diturap dan dipadatkan ialah RM810/m³.

Asphalt itu dihampar dan dipadatkan pada suhu sepertimana asphalt konvensional.

Setiap helaian fiber yang tahan panas dan tidak cair pada suhu tinggi itu memiliki kekuatan regangan yang paling tinggi berbanding fiber lain, namun ia sangat halus, sehalus 1/10 dari helaian rambut manusia. Sebahagian dari jenis fiber itu



Fiber asphalt.



PENYIASATAN DAN PEMERIKSAAN

Forensik Struktur Jambatan SG. SIAM, JERANTUT

Oleh

Makmal Penyelidikan Struktur & Konkrit dan Alam Sekitar, CREaTE

Penyiasatan dan pemeriksaan forensik struktur dilaksanakan untuk menilai sama ada sesuatu struktur telah gagal atau masih berfungsi sepertimana yang dikehendaki. Pada kebiasaannya, ia dijalankan apabila berlaku tanda-tanda kerosakan konkrit yang berterusan, krisis selepas sebarang kejadian seperti kebakaran, perubahan pada penggunaan struktur atau penuaan struktur. Kaedah penyiasatan dan pemeriksaan forensik membantu mengenal pasti punca dan jenis kerosakan atau kecacatan pada struktur. Bukan hanya setakat itu, hasil penyiasatan dan pemeriksaan adalah penting bagi merangka pelan penyenggaraan atau pembaikan struktur.

Kegagalan sesuatu struktur mungkin berpunca dari kelemahan bahan yang digunakan, kegagalan dalam sistem mekanikal dan elektrik atau kesan pendedahan kepada bahan kimia yang berada di persekitaran. Kegagalan boleh berlaku semasa dan selepas pembinaan sesuatu struktur mahupun semasa jangka hayat servis bangunan atau infrastruktur. Kegagalan yang tidak ditangani dengan sewajarnya akan mengganggu tahap perkhidmatan dan jangka hayat rekabentuk sesuatu bangunan atau infrastruktur, termasuk membahayakan keselamatan pengguna. Oleh itu, penyiasatan dan pemeriksaan forensik yang terperinci dan menyeluruh amat diperlukan.

Kerja-kerja penyiasatan dan pemeriksaan forensik dilaksanakan melalui pemeriksaan secara visual, pemeriksaan terperinci dan ujian bahan. Pemeriksaan secara visual meliputi pemerhatian terhadap keadaan struktur, kualiti kerja dan kemerosotan bahan

selain menetapkan lokasi untuk pemeriksaan terperinci. Manakala pemeriksaan terperinci dan ujian bahan pula melibatkan pelaksanaan ujian tanpa musnah dan ujian musnah untuk menentukan tahap kemerosotan dan punca kegagalan struktur. Maklumat yang diperolehi hasil daripada pemeriksaan terperinci akan dianalisis untuk menyediakan cadangan pembaikan.

Makmal Penyelidikan Struktur & Konkrit dan Alam Sekitar, Pusat Kecemerlangan Kejuruteraan dan Teknologi JKR (CREaTE) telah terlibat untuk menjalankan kerja-kerja penyiasatan dan pemeriksaan forensik struktur Jambatan Sg. Siam, Jerantut, Pahang. Penyiasatan dan pemeriksaan tersebut dilaksanakan untuk mendapatkan maklumat terperinci berkaitan tahap dan punca kerosakan struktur, perincian siap bina struktur dan sifat bahan sedia ada. Maklumat-maklumat ini akan digunakan untuk menyemak dan menentusahkan rekabentuk dan integriti struktur sebelum keputusan sama ada untuk meroboh dan

membina semula struktur *abutment* atau memperbaiki struktur sedia ada dibuat.

Penyiasatan dan pemeriksaan yang dilaksanakan meliputi ujian-ujian tanpa musnah dan musnah bagi menentukan integriti struktur, kualiti konkrit dan kebolekhidmatan serta keadaan besi tetulang. Antara ujian-ujian yang dilaksanakan adalah *electromagnetic covermeter*, *rebound hammer*, kekuatan mampatan teras konkrit (*concrete core compressive strength*), *carbonation* dan *half-cell potential*.

ELECTROMAGNETIC COVERMETER

Electromagnetic covermeter digunakan untuk mengenal pasti lokasi tetulang keluli, mengukur ketebalan lapisan penutup konkrit dan menganggarkan saiz diameter tetulang keluli. Penggunaan *covermeter* membantu dalam kerja-kerja penyiasatan struktur konkrit, terutama apabila tiada butiran tetulang keluli direkodkan atau butiran tetulang keluli perlu disemak semula di tapak. Tidak hanya setakat itu, *covermeter* turut membantu menentukan lokasi *core sample* bagi memastikan sampel konkrit yang dipotong tidak terkena pada tetulang keluli. Keputusan dari ujian *electromagnetic covermeter* mendapati ketebalan lapisan penutup konkrit adalah 30 - 50 mm.



Pengesanan kedudukan tetulang keluli menggunakan covermeter.

REBOUND HAMMER

Rebound hammer merupakan pengujian untuk mengukur kekuatan mampatan permukaan konkrit. *Rebound number* yang direkodkan membantu menilai keseragaman konkrit dan menentukan kawasan konkrit yang berkualiti rendah atau mengalami kemerosoton di dalam struktur. Pengujian menggunakan kaedah *rebound hammer* bukanlah alternatif kepada ujian kekuatan mampatan konkrit. Namun, dengan menggunakan hubungkait yang bersesuaian, kaedah ini dapat menganggarkan kekuatan mampatan konkrit. Berdasarkan kepada ujian *rebound hammer*, dianggarkan bahawa kekuatan mampatan konkrit adalah 40 – 60 N/mm².



Pengujian menggunakan rebound hammer.

KEKUATAN MAMPATAN TERAS KONKRIT

(CONCRETE CORE COMPRESSIVE STRENGTH TEST)

Ujian kekuatan mampatan teras konkrit menentukan kekuatan sebenar konkrit di tapak dan mengesahkan penemuan yang diperolehi melalui ujian tanpa musnah yang lain. Sebelum ujian tersebut dilaksanakan, *core sample* perlu dipotong keluar daripada struktur konkrit menggunakan *diamond core drilling machine*. Sampel konkrit yang dikeluarkan dari struktur kemudiannya di bawa ke makmal untuk diuji. Pengujian di makmal ke atas *core sample* mendapati bahawa kekuatan mampatan konkrit adalah 35 – 55 N/mm². Ini menunjukkan bahawa kekuatan mampatan sebenar konkrit adalah lebih rendah berbanding dengan kekuatan mampatan konkrit yang dianggarkan menggunakan kaedah *rebound hammer*.



Pemotongan core sample dari struktur konkrit.



Pengujian kekuatan mampatan ke atas core sample.

CARBONATION

Carbonation berkait rapat dengan kehilangan sifat alkali pada konkrit yang menyebabkan peningkatan risiko berlakunya pengaratan pada tetulang keluli. *Carbonation* pada konkrit dikesan dengan menggunakan larutan *phenolphthalein*. Ujian dijalankan dengan menyembur larutan *phenolphthalein* ke dalam lubang yang ditebuk pada struktur konkrit. Perubahan warna konkrit kepada warna jingga menunjukkan *carbonation* tidak berlaku. Sebaliknya, konkrit yang tidak menunjukkan sebarang perubahan warna mengalami *carbonation*. Pengujian yang dilaksanakan ke atas struktur *abutment* menunjukkan bahawa konkrit pada struktur tersebut tidak mengalami *carbonation*.



Ujian carbonation pada konkrit.

HALF-CELL POTENTIAL

Half-cell potential membantu mengesan pengaratan tetulang keluli di dalam konkrit tanpa perlu membuang keseluruhan lapisan penutup konkrit. Ujian *half-cell potential* mengukur kebarangkalian berlakunya pengaratan dan mengesan hakisan pada tetulang keluli serta tahap kerosakan yang dialami. Kaedah ini dapat mengenalpasti kawasan tetulang keluli yang terlibat dengan aktiviti pengaratan atau berkemungkinan mengalami pengaratan walaupun tiada kesan pengaratan dilihat secara visual. Pemerhatian ke atas keputusan ujian *half-cell potential* mendapati bahawa terdapat kebarangkalian yang rendah berlakunya pengaratan pada tetulang keluli di *abutment wall* yang diuji.



Pengujian menggunakan half-cell potential.



Oleh
Makmal Penyelidikan Mekanikal, CREaTE

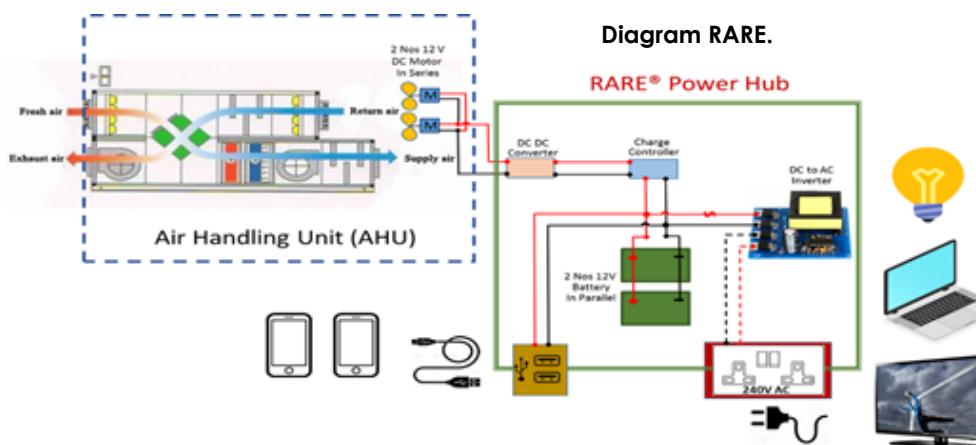
PENGENALAN

Return Air for Regenerative Energy (RARE) merupakan satu inovasi baru yang berkonsepkan *free energy* yang terhasil dari sistem penyaman udara berpusat (AHU) yang terdapat di dalam bangunan CREaTE.

Dengan memanfaatkan angin dari *Return Air Duct* di bilik AHU untuk memusingkan kipas yang bertindak sebagai peranti, mampu menukarkan tenaga kinetik kepada tenaga mekanikal seterusnya menjana tenaga elektrik.

PRINSIP RARE

Projek RARE diaplikasikan di ruang return air AHU (Air Handling Unit) dengan memanfaatkan angin dengan kelajuan yang tersedia bagi menggerakkan kipas. Hasil putaran kipas menghasilkan tenaga DC yang boleh terus digunakan dan juga akan ditukarkan ke AC dengan menggunakan inverter. Tenaga elektrik yang dihasilkan dapat digunakan untuk pelbagai jenis peranti elektrik.



PEMBANGUNAN RARE

RARE bermula dengan pembangunan konsep RARE, disusuli dengan pengumpulan data bagi mendapatkan purata kelajuan angin pada Return Air Duct. RARE bermula dengan Idea satu kipas sehinggalah Idea 4 dengan rekabentuk dua kipas. Pemilihan Idea 4 sebagai prototaip final adalah berdasarkan pengumpulan data dan hasil pertukaran tenaga.

OUTCOME

- Menghasilkan tenaga elektrik.
- Menjimatkan kos melalui pengoptimuman sumber tenaga tersedia.
- Boleh digunakan di bangunan CREaTE.

IMPAK

- Membantu pertumbuhan industri Teknologi Hijau dan tenaga diperbaharui.
- Meningkatkan sumbangan kepada ekonomi Negara.



Pembangunan dan pengujian Idea 1 dengan rekabentuk satu kipas di bilik AHU Blok A, CREaTE.



Pembangunan dan pengujian Idea 2 dengan rekabentuk dua kipas di bilik AHU Blok A, CREaTE.



Pembangunan dan pengujian Idea 3 dengan rekabentuk dua kipas di bilik AHU Blok A, CREaTE.



Pembangunan Idea 4 dengan rekabentuk dua kipas.



Pengujian Idea 4 di bilik AHU Blok A, CREaTE serta pengumpulan data dan analisis hasil pertukaran tenaga yang dijana.



Pemilihan Idea 4 serta pengujian sistem RARE dan analisis.

PEMBUKTIAN

POTENSI PENJIMATAN TENAGA

Analisis data dari ujicuba produk inovasi RARE

Data

Motor 1 : 12V; 80W; 2,100 rpm
Motor 2 : 12V; 80W; 2,100 rpm
Motor 1 & 2 in series connection

Battery 1: 12V; 7.2 Ah
Battery 2: 12V; 7.2 Ah
Battery 1 & 2 in parallel

Actual

Motor Output (max):	13.20 V (2 Motor in series)
Setting DC/DC Converter Output :	14.00 V (2 Motor in series)
Motor Resistant:	2.50 ohm
Motor Power Rating:	2.00 Amp
Motor Power Output:	28.00 Watt
Battery Output:	12V x 14.4 Ah = 172.80 Wh
90% Battery Power	155.52 Wh
Charging time to recover battery losses	10%
	0.62 j

Jadual 1: Analisis data ujicuba produk inovasi RARE.

Sekiranya produk inovasi RARE diaplikasikan di Bangunan Blok F, Ibu Pejabat JKR Malaysia, impaknya adalah lebih besar. Berikut adalah Jadual 2 bagi potensi penjimatan tenaga dari penggunaan produk inovasi RARE;

Lampu Blok F (17 Tingkat)	Bilangan	Watt	T8 36W	T8 28W
2 x 36 W	1,515	109,080	109 kW	68 kW
3 x 36 W	547	59,076	59 kW	46 kW
4 x 36 W	23	3,312	3 kW	3 kW
JUMLAH			171 kW	116 kW
Penggunaan setahun (kW/j) = 10 jam x 23 hari x 12 bulan			471,960 kW/j	320,160 kW/j
Kos (0.365 RM/kWj)			RM 172,265.00	RM 116,858.00
172 W/AHU x 30 AHU = RARE (5.16 kW)			RM 5,198.00	RM 5,198.00
PENJIMATAN TENAGA			3%	4%

Jadual 2: Potensi penjimatan tenaga.

PENGURANGAN KARBON DIOKSIDA

**Setiap 1 kWj dapat mengurangkan 0.0005925 tan metrik CO₂

Blok A, CREaTE		
JUMLAH BATTERY OUTPUT		
Per day	172 Wj x 5 aras	= 860 Wj
Per month	860 Wj x 30 days	= 25.8 kWj
Per year	25.8 kWj x 12 months	= 309.6 kWj
Jumlah Pengurangan Pembebasan CO₂	309.6 kWj x 0.0005925 tan metrik CO₂	= 0.183 tan metrik CO₂

Blok F, Ibu Pejabat JKR Malaysia		
JUMLAH BATTERY OUTPUT		
Per day	5.12 kWj	
Per month	5.12 kWj x 30 days	= 153.6 kWj
Per year	153.6 kWj x 12 months	= 1,843.2 kWj
Jumlah Pengurangan Pembebasan CO₂	1,843.2 kWj x 0.0005925 tan metrik CO₂	= 1.09 tan metrik CO₂

Produk inovasi RARE berpotensi untuk dikomersialkan. Produk RARE ini boleh digunakan sebagai penjana tenaga elektrik, di mana-mana bangunan yang menggunakan sistem penyaman udara berpusat (AHU) seperti di Blok F dan Blok G, Ibu Pejabat JKR dan juga di projek-projek baru JKR. Ia juga relevan terhadap peredaran masa.



JOHAN

KATEGORI TEKNIKAL & TEKNOLOGI KEJURUTERAAN
PERTANDINGAN INOVASI CREaTE
& ZON IBU PEJABAT JKR MALAYSIA

BITUMEN

PENETRATION GRADE vs PERFORMANCE GRADE

Oleh

Makmal Penyelidikan Jalan, CREaTE

Ir. Mohd Hizam bin Harun

Ir. Syahida binti Aripin



Ujian penetration.

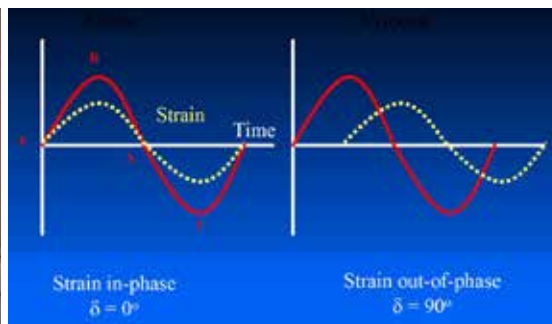
Penetration grade digunakan bagi menentukan gred bitumen berdasarkan ujian penetration. Jarum berat 100 g penetrate ke dalam sampel bitumen selama 5 saat pada suhu 25 °C. Kalau jarum penetrate sedalam 6.5 mm, nilai penetration bitumen itu adalah 65. Bitumen yang lebih pekat akan menghasilkan nilai penetration yang lebih rendah.



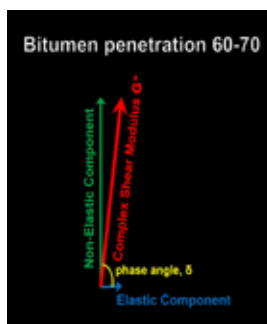
Sampel binder dirapikan untuk ujian DSR.



Ujian DSR
(di TKC Premix,
Pagoh).



Phase angle 'delta' (δ) - tempoh tindak balas bitumen ke atas beban semasa ujian DSR. Jika bitumen totally elastic, tindak balas adalah serta merta. Jika bitumen totally viscous, tindak balas 90° lewat dari beban.



Complex shear modulus G^* dan phase angle δ .



Polimer sintetik.

Performance grade (PG) digunakan bagi menentukan gred bitumen berdasarkan ujian dengan menggunakan peralatan dynamic shear rheometer (DSR). Sampel bitumen dipusing di antara dua plate, stress dan strain yang terhasil diukur. Ujian dijalankan pada suhu lebih tinggi daripada 25 °C, lazimnya 58 °C, 64 °C, 70 °C dan 76 °C. DSR dapat mengukur komponen elastik dan bukan elastik dalam bitumen. Phase angle 'delta' (δ) yang terhasil memberi indikasi komponen elastik itu. Lebih kecil nilai δ , lebih besar komponen elastik. Jika $\delta = 0$, bitumen itu dikira totally elastic. Sebaliknya jika $\delta = 90^\circ$, bitumen itu adalah totally viscous atau bukan elastik. Bitumen konvensional penetration grade 60 - 70 lazimnya memberi nilai δ hampir 90°, bermakna hampir tiada komponen elastik. Sebaliknya nilai δ bagi bitumen bercampur polimer sintetik lazimnya sekitar 65° atau lebih rendah. Nilai δ bagi bitumen bercampur polimer asli seperti getah cup lump atau latex? Sekitar 80°. PG ditentukan dari nilai complex shear modulus G^* (lebih



Kenderaan berat melintasi di sebelah tapak penurapan.

pekat bitumen, lebih tinggi nilai G^*) dan δ ; $G^*/\sin \delta$ ditetapkan melebihi 1.0 kPa dan 2.2 kPa masing-masing bagi sampel original dan selepas dikeraskan di dalam rolling thin film oven (bagi memberi simulasi pengerasan bitumen semasa penghasilan asphalt di kuari dan penurapan di tapak). Bitumen konvensional penetration grade 60 - 70 di Malaysia kebanyakannya adalah PG 64.

Bagi laluan dengan purata suhu maksimum permukaan turapan jalan selama tujuh hari sekitar, katakan 60°C , penggunaan bitumen PG 64 adalah memadai. Namun, jika beban trafik tinggi, PG yang lebih tinggi adalah disyorkan; jika beban trafik dalam julat 10 - 30 juta ESAL atau trafik, khususnya kenderaan berat, bergerak perlahan seperti di lorong mendaki atau sentiasa berlaku kesesakan lalulintas, disyorkan PG dinaikkan satu gred kepada PG 70. Jika beban trafik melebihi 30 juta ESAL atau terdapat banyak simpang lampu isyarat di mana trafik, khususnya kenderaan berat, perlu berhenti sementara menunggu lampu hijau, disyorkan PG dinaikkan dua gred kepada PG 76.

Seperti dinyatakan, bitumen penetration grade 60 - 70 di Malaysia lazimnya adalah PG 64. Bitumen penetration grade 80 - 100 pula, yang banyak digunakan sebelum ini,



Kenderaan berat di simpang lampu isyarat.



Lori balak bergerak perlahan di lorong mendaki.

lazimnya adalah PG 58. Katakan, bitumen penetration grade 80 - 100 itu dicampurkan dengan polimer sintetik dan menghasilkan bitumen PG 76 dengan nilai penetration turun kepada sekitar 60 - 70. Jadi, di antara kedua-dua bitumen itu, yang mana lebih baik? Tiada hadiah jika teka dengan tepat. PG 76.

Berbanding penetration grade, performance grade memberi indikasi lebih tepat kesesuaian gred bitumen bagi mana-mana laluan dengan mengambil kira suhu permukaan turapan, serta beban dan pergerakan trafik.



Rutting dan shoving terbentuk pada turapan jalan di lorong mendaki.

CRUMB RUBBER

modified asphalt

Oleh

Makmal Penyelidikan Jalan, CREaTE

Ir. Mohd Hizam bin Harun

Ir. Syahida binti Aripin

Crumb rubber modified asphalt (CRMA) ialah bahan turapan jalan yang dihasilkan dengan campuran aggregate dan crumb rubber modified binder (CRMB). Binder itu dihasilkan dengan membancuh bitumen dengan crumb rubber iaitu serbuk getah yang diproses dari tayar terpakai. ASTM D 8 mentakrifkan CRMB sebagai "bancuhan bitumen, getah dari tayar terpakai dan additive tertentu di mana kandungan getah itu tidak kurang dari 15% dari berat bancuhan itu dan telah bertindak balas di dalam bitumen itu secukupnya sehingga menyebabkan butiran getah itu menjadi kembang". Bahan pengikat yang terhasil itu seharusnya mencapai performance grade PG 76.

CRMA di Amerika Syarikat

Di Amerika Syarikat, crumb rubber adalah jenis getah yang lebih meluas digunakan. Istilah 'crumb' digunakan bagi apa jua vulcanised rubber yang dikisar halus menjadi serbuk. Ia telah digunakan sebagai additive dalam bahan turapan jalan selama hampir 60 tahun. Malah terdapat catatan penggunaannya lebih awal bermula pada lewat tahun 1800an lagi. Namun ketika itu, pelbagai kesulitan dihadapi sehingga ada agensi memutuskan untuk tidak lagi mencuba menggunakannya. Di era moden, getah itu mula digunakan pada tahun 1960an di mana Charles McDonald, seorang jurutera dari City of Phoenix, Arizona cuba menggunakannya sebagai bahan tampalan jalan. Proses penampalan yang digunakan ketika itu ialah dengan mencurahkan modified binder yang dihasilkan dengan campuran getah itu (dipanggil recycled tire rubber, RTR) ke kawasan tampalan sebelum aggregate ditabur di atasnya.

Teknologi ini dikembangkan lagi oleh City of Phoenix dan Arizona Department of Transportation sehingga bermulanya penggunaan asphalt bercampur crumb rubber yang lebih dikenali sebagai asphalt rubber.

Komponen utama crumb rubber ialah getah asli, getah sintetik dan karbon hitam. Kebiasaannya, tayar kenderaan penumpang mengandungi kira-kira 20% getah asli dan 26% getah sintetik, manakala tayar kenderaan perdagangan mengandungi kira-kira 33% getah asli dan 21% getah sintetik.

Penggunaan crumb rubber meningkat dengan ketara pada awal tahun 1990an apabila Kongres Amerika Syarikat menerusi 1991 Transportation Act (Intermodal Surface Transportation Efficiency Act or ISTEA) mewajibkan penggunaan crumb rubber pada tahap minimum dalam semua kerja penurapan jalan asphalt yang dibiayai oleh Persekutuan.



Walaupun mandat itu dibatalkan pada 1995, kecenderungan dalam penggunaan crumb rubber dilihat masih lagi kuat berdasarkan dana yang diterima selepas itu bagi menjalankan kajian lanjutan di makmal serta pembinaan dan pemantauan tapak kajian yang mencecah lebih dari USD 50 juta.

CRMA di China

China mula melaksanakan kajian ke atas penggunaan CRMA pada awal 1980an. Banyak penemuan diperolehi dari kajian-kajian ini, namun teknologi ini dilihat tidak berkembang disebabkan oleh tiadanya peralatan dan jentera pembinaan, polisi, spesifikasi dan sebagainya. Hanya menjelang tahun 2003, kajian komprehensif direkodkan di mana sistem pembancuh dan jentera penurapan diimport dari Amerika Syarikat. Pada masa ini, CRMA digunakan dengan meluas di China. Sehingga kini, kira-kira 48,000 km CRMA telah diturap.

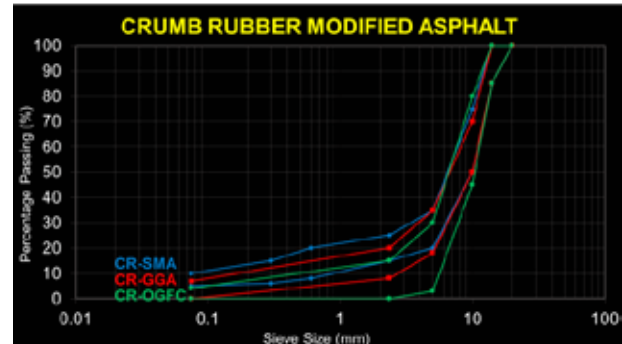
CRMA di Malaysia

Komponen utama CRMB ialah crumb rubber. Ia dihasilkan dengan mengisar halus tayar terpakai dari kenderaan perdagangan besar seperti lori dan bas. Saiz serbuk getah yang ditetapkan ialah 0.8 sehingga 0.4 mm. Tayar lori dan bas lazimnya mengandungi getah asli yang lebih banyak berbanding tayar kereta dan kenderaan lain yang lebih kecil yang biasanya diperbuat dengan menggunakan lebih banyak komponen getah sintetik.

Penyediaan bancuhan CRMB

Bitumen dipanaskan di dalam tangki pembancuh sehingga mencapai 180 °C sebelum crumb rubber dicampurkan dan dibancuh. Additive lain seperti extender oil boleh ditambah jika perlu bagi membantu menghasilkan bancuhan yang lebih baik. Semasa dibancuh, serbuk getah itu akan mengembang dan menjadi lembut. Tindak balas ini bergantung pada suhu dan tempoh masa pembancuhan, saiz serbuk getah dan sebagainya. CRMB yang terhasil itu kemudian dipam ke dalam tangki simpanan pada suhu tinggi selama 45 - 60 minit bagi membolehkan butiran crumb rubber itu terus mengembang.

Bahan pengikat itu boleh digunakan untuk menghasilkan stone mastic asphalt (CR-SMA), gap-graded asphalt (CR-GGA) dan open-graded friction course (CR-OGFC) seperti ditetapkan dalam REAM – SP 7/2018 Specification For Crumb Rubber Modified Asphalt.



Gredan aggregate bagi pelbagai jenis CRMA seperti ditetapkan dalam spesifikasi.

Selain disediakan secara field blending seperti diterangkan di atas, CRMB juga boleh disediakan secara terminal blending. Kebiasaannya, crumb rubber yang lebih halus dari 0.4 mm digunakan dalam bancuhan terminal blending yang disediakan di luar kawasan kuari pengeluaran asphalt. Serbuk getah itu akan larut di dalam bitumen bila dibancuh dengan cara high shear. Binder itu kemudian akan dibawa ke kuari dan dipindahkan ke dalam tangki simpanan sebelum dipakai bagi menghasilkan asphalt.



Bancuhan field blending (kiri), terminal blending (kanan).

Penggunaan CRMB

Oleh kerana crumb rubber adalah kasar (0.4 – 0.8 mm), ia biasanya digunakan di dalam gap-graded atau open-graded asphalt yang menyediakan ruang untuk crumb rubber itu. Jika digunakan di dalam dense-graded asphalt seperti asphaltic concrete AC 14, ia akan menyukarkan pemadatan oleh kerana crumb rubber itu akan menolak keluar aggregate itu apabila ditekan semasa pemadatan menyebabkan bahan turapan itu seakan mengembang bila pemadatan selesai dijalankan. Dense-graded asphalt juga tidak menyediakan ruang air void yang mencukupi untuk diisi oleh CRMB, lebih-lebih lagi dengan adanya butiran kasar crumb rubber yang mengembang, bagi membolehkan bahan pengikat yang likat dan elastik itu memberi manfaat pada asphalt itu. Walau bagaimanapun, bancuhan terminal blending yang menggunakan crumb rubber yang lebih halus boleh digunakan di dalam dense-graded asphalt. Namun, penggunaan dense-graded asphalt tidak ditetapkan dalam spesifikasi REAM – SP 7/2018. Asphalt yang ditetapkan ialah stone mastic asphalt (CR-SMA), gap-graded asphalt (CR-GGA) dan open-graded friction course (CR-OGFC). Oleh sebab itu, ujian resilient modulus dan compressive creep tidak ditetapkan dalam spesifikasi itu; ujian-ujian ini biasanya ditetapkan bagi dense-graded asphalt.

Jenis asphalt yang paling banyak digunakan dengan binder seperti CRMB ini di Amerika Syarikat ialah gap-graded asphalt. Turapan itu dikatakan dapat meningkatkan rintangan terhadap;

- Rutting
- Fatigue
- Reflective cracking
- Oxidative aging

Penurapan CRMA di Sepang

CRMA telah diturap dengan jayanya di laluan FT 26 di Sepang pada September 2018. Asphalt yang dihasilkan ialah CR-GGA. Bahan turapan jalan itu disediakan di kuari pada suhu 175 - 185 °C, dan masih kekal panas sekitar 160 °C semasa dimasukkan ke dalam paver di lokasi penurapan. Ia terus digelek selepas dihampar dengan menggunakan steel wheeled tandem roller. Kandungan optimum CRMB bagi CR-GGA itu ialah 6.8%, manakala antara ciri-ciri asphalt yang terhasil itu adalah seperti berikut;

Ciri	Tercapai	Keperluan Spesifikasi
Marshall stability	12,200 N	min 6,000 N
Marshall flow	3.8 mm	2.0 – 5.0 mm
Void in mix (VIM)	5.5%	4.5 – 6.5%
Binder drain-down	0.09%	max 2.0%

Kandungan binder di dalam asphalt

Berdasarkan pemerhatian, terdapat percanggahan ke atas kandungan binder di antara kandungan sebenar CRMB yang dicampurkan dengan aggregate dan kandungan CRMB yang diperolehi dari ujian di makmal dengan menggunakan centrifuge extractor. Punca percanggahan ini adalah seperti berikut;

1. Serbuk getah, dengan saiz 0.4 - 0.8 mm, kebanyakannya jika tidak semua, akan tertahan pada filter paper semasa ujian dilaksanakan.
2. Masih terdapat sedikit binder yang melekat pada permukaan aggregate selepas dicuci beberapa kali dengan methylene chloride.

Oleh itu, "permissible variation (% by weight of total mix)" bagi parameter CRMB dalam Table 6 – Tolerances for CR-SMA and CR-GGA dan Table 7 – Tolerances for CR-OGFC dalam spesifikasi REAM itu sewajarnya dipinda seperti berikut;

$$\pm 0.3\% \quad \times \text{CR}$$

di mana CR ialah peratus crumb rubber (dari berat bitumen) yang dibancuh dengan bitumen itu. Nilai CR mungkin berada dalam julat 0.15 – 0.20 (kebiasaannya peratus crumb rubber yang dibancuh dengan bitumen ialah dalam julat 15 – 20% dari berat bitumen itu). Harus diingatkan pindaan ini hanya dibuat ke atas lower limit sahaja. Sebagai contoh;

Kandungan optimum CRMB yang diperolehi dari rekabentuk campuran	= 6.7%
Lower limit, dengan toleransi yang biasa digunakan +/- 0.3%; 6.7% – 0.3%	= 6.4%
Crumb rubber di dalam CRMB, katakan 18% dari berat bitumen; CR	= 0.18
Crumb rubber yang tertahan pada filter paper; 6.4% x 0.18	= 1.15%
Lower limit of the permissible variation; 6.7% – 1.15%	= 5.55%
Upper limit of the permissible variation; 6.7% + 0.3%	= 7.0%



Tangki pembancuh dilengkapi dengan motorised stirrer di mana bitumen dibancuh dengan crumb rubber.



Tangki simpanan CRMB.



CR-GGA di laluan FT 26, Sepang.



Tangki di mana crumb rubber disimpan sebelum dimasukkan ke dalam tangki pembancuh.



Butiran crumb rubber di dalam CRMB dapat dilihat dengan mata kasar.



CR-OGFC, voids in mix 18 - 25%.



**PUSAT KECEMERLANGAN
KEJURUTERAAN DAN
TEKNOLOGI JKR (CREaTE)**

Jalan Kemus, Simpang Ampat,
78000 Alor Gajah,
Melaka, Malaysia.

www.createjkr.gov.my 

@CREaTEJKR  

13 |



Kajian pemendapan jalan

17 |



Pemutus Litar Kenit

31 |



Return Air for Regenerative Energy
(RARE)

36 |



Crumb rubber di dalam turapan jalan

