

## Potensi Penggantian Tempurung Kelapa sebagai Agregat Kasar dalam Campuran Asfalt Panas

Potential of Coconut Shell Replacement as Coarse Aggregate in Hot Mix Asphalt

Amiruddin Ismail & Nazieha Mohd Isa\*

### ABSTRAK

*Tujuan kajian ini adalah untuk menentukan kesesuaian penggunaan tempurung kelapa bagi menggantikan agregat kasar bersaiz 10 mm. Kajian ini dilakukan dengan menyediakan sampel kawalan dan juga sampel campuran pada peratusan 10, 20, 30, dan 40% daripada jumlah agregat mengikut piawaian Jabatan Kerja Raya (JKR). Pelbagai uji kaji dilakukan bagi menguji tahap kekuatan dan kesesuaian penggunaan tempurung kelapa bagi menggantikan agregat di dalam turapan boleh lentur. Ujian yang dilakukan ialah ujian reka bentuk campuran Superpave, dan untuk ujian prestasi ialah ujian tegangan tidak langsung modulus, ujian rayapan dinamik dan ujian rayapan statik. Daripada ujian yang dijalankan didapati tempurung kelapa sesuai dijadikan sebagai bahan ganti agregat pada peratusan kurang daripada 10% daripada jumlah agregat bagi saiz 10 mm. Penggunaan tempurung kelapa di dalam kajian ini adalah bagi menjimatkan kos, memandangkan kos agregat sekarang semakin meningkat sedangkan tempurung kelapa merupakan bahan yang boleh didapati dengan mudah.*

*Kata kunci: Tempurung kelapa; rayapan; modulus kebingkisan; campuran asfalt*

### ABSTRACT

*The aim of this study was to determine the appropriateness of using coconut shells to replace the coarse aggregate size of 10 mm. This study was conducted with a sample of control and also samples of the mixture in the percentage of 10, 20, 30, and 40% of the weight of aggregate following PWD Specification. Various experiments were conducted to test the robustness and suitability of coconut shells to replace aggregates in flexible pavement. The tests performed follow Superpave mix design tests, and for the performance test, indirect tensile modulus, dynamic creep and static creep were conducted. Based on the test conducted, the coconut shells found can serve as substitution for aggregate at less than 10% of the aggregate total weight for the size 10 mm. The use of coconut shell in this study was to save the costs, as the cost of aggregate now rising and coconut shell material is easily available.*

*Keywords: Coconut shell; creep; resilient modulus; asphalt mixture*

### PENGENALAN

Pembangunan infrastruktur seperti jalan raya di seluruh dunia menyebabkan permintaan yang tinggi untuk bahan binaan seperti agregat (Shelke et al. 2014). Campuran asfalt adalah bahan utama dalam pembinaan jalan raya. Pembuatan asfalt campuran panas melibatkan penggunaan bahan-bahan seperti asfalt, agregat halus dan agregat kasar. Antara semua bahan-bahan yang digunakan, agregat membentuk bahagian yang paling utama. Pengeluaran agregat dijangka meningkat kepada lebih daripada berbilion tan per tahun menjelang tahun 2020 penggunaan agregat utama adalah 110 juta tan di UK pada tahun 1960 dan mencapai hampir 275 juta tan pada tahun 2006 (Shelke et al. 2014; Yerramalli & Ramachandrudu 2014). Di Malaysia, pengeluaran agregat adalah sangat bernasib baik kerana mempunyai sumber agregat semula jadi yang mencukupi dengan hampir setiap negeri menjalankan aktiviti kuari dan pengeluaran agregat sendiri. Tetapi, penggunaan agregat semula jadi dalam

kadar yang banyak membawa kepada persoalan tentang pemeliharaan sumber agregat semula jadi. Di samping itu, operasi yang berkaitan dengan pengekstrakan agregat dan pemrosesannya adalah punca utama kebimbangan terhadap impak kepada alam sekitar (Ismail et al. 2013).

Terdapat beberapa kajian berkenaan dengan turapan asfalt seperti Shelke et al. (2014), Almansob et al. (2013), dan Maria dan Albuquerque (2014) telah dijalankan terhadap penggantian agregat dengan tempurung kelapa. Tempurung kelapa dikategorikan sebagai sisa pertanian di mana satu jumlah yang besar sisa pertanian yang telah dijual di kebanyakan negara-negara tropika jika tidak dilupuskan dengan betul ia akan membawa impak negatif kepada masalah sosial dan alam sekitar (Ganiron Jr. 2013; Kambli & Mathapati 2014). Memanfaatkan bahan ini daripada dilupuskan adalah salah satu kaedah merawat sisa pertanian dari sisa kepada kekayaan (Behera & Behera 2013).

Tempurung kelapa (TK) merupakan bahan yang tidak popular digunakan dalam campuran asfalt bahkan TK

sering dianggap sebagai bahan buangan pertanian. Menurut Almansob et al. (2013) pada masa kini, penggunaan TK sebagai bahan tambah dalam campuran asfalt panas adalah tidak wujud. Ini adalah kerana kebimbangan para pengkaji tentang kebolehan bahan TK ini sebagai bahan alternatif untuk prestasi yang lebih mantap dalam campuran asfalt khususnya untuk keadaan di Malaysia.

Kajian ini bertujuan untuk mengkaji kesan penambahan TK terhadap ciri-ciri campuran asfalt panas di mana ciri-ciri isipadu diambil kira, dan kemudian menentukan kandungan asfalt optimum yang menyumbang kepada peratusan tertinggi terhadap peningkatan campuran asfalt panas terubah suai; menilai campuran dengan menjalankan ujian untuk tegangan tidak langsung modulus kebingkasan (ASTM 2007), rayapan statik dan rayapan dinamik (ASTM 2007); dan membandingkan semua keputusan antara TK dan campuran kawalan.

#### BAHAN KAJIAN

Jenis-jenis campuran telah diinovasi dengan peratusan tertentu mengikut berat bahan tambahan iaitu tempurung kelapa dan campuran kawalan tanpa bahan tambahan. Ujian dan bahan spesifikasi berpandukan kepada prosedur rekabentuk *Superpave* dan *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO).

#### METODOLOGI KAJIAN

Kerja-kerja makmal melibatkan beberapa peringkat bermula dengan penyediaan dan pengagihan agregat dalam pelbagai saiz melalui ujian analisis ayakan. Di peringkat pertama agregat akan disaring dalam keadaan kering dan dicampur, dalam masa yang sama mengikut had penggredan yang telah dispesifikasikan oleh Jabatan Kerja Raya (PWD 2008). Penggredan ini adalah mengikut agregat penggredan ACW14 untuk menentukan komposisi kandungan pengisi mineral yang diperlukan. Penentuan graviti tentu untuk kedua-dua agregat kasar dan halus telah dilakukan mengikut standard spesifikasi JKR (PWD 2008).

Dalam kajian ini, agregat dalam bentuk TK telah ditambah di mana saiz yang digunakan adalah 10 mm. Berdasarkan kajian sebelum ini oleh Al Mansoob (2013) yang menggunakan saiz TK yang lebih kecil iaitu 4.75 menunjukkan TK merupakan bahan tambah yang lebih baik berbanding tempurung kelapa sawit dalam campuran asfalt panas. Seterusnya kajian yang dibuat oleh Shraddha et al. (2014) yang menggunakan TK pada saiz 10 mm dalam konkrit untuk menghasilkan konkrit ringan menghasilkan hasil yang baik. Amaun bagi setiap tambahan TK ditambah dalam campuran agregat dalam bentuk peratusan (0, 10, 20, 30 dan 40%) daripada jumlah berat agregat saiz 10.00 mm.

Peringkat kedua adalah untuk menguji kedua-dua reka bentuk campuran TK. Kaedah pemadatan dirujuk kepada kaedah *Superpave* (Mansour et al. 1999). Ujian modulus kebingkasan, ujian rayapan statik dan dinamik telah dijalankan untuk sampel dipadatkan menggunakan mesin

ujian Universal IPC Global. Nilai purata bagi teori ketumpatan maksimum diperolehi dalam ASTM D 2041 daripada ujian pada dua sampel bagi setiap campuran yang berbeza. Asfalt bergred penusukan 80/100 telah digunakan dalam kajian ini seperti yang dicadangkan oleh Hamim et al. (2012).

#### KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Tempurung kelapa menunjukkan lebih rintangan terhadap penghancuran, kesan, dan lelasan berbanding agregat konvensional (Kukarni & Gaikwad 2013; Reddi et al. 2014). Dalam kajian ini, kandungan lembapan bagi tempurung kelapa diperiksa, dan didapati nilainya ialah 10.89% dan nilai ini adalah lebih tinggi berbanding agregat biasa. Graviti tentu bagi tempurung kelapa diperolehi iaitu 2.196.

Lima jenis campuran telah disediakan bagi setiap jenis campuran (TK dan kawalan) dengan mempelbagaikan peratusan TK ditambah. Campuran ini telah digaul dengan menggunakan asfalt bergred 80/100 pada suhu 135°C. Tiga spesimen telah digunakan untuk setiap 4% hingga 6% kandungan asfalt dan 125 legaran telah dikenakan untuk setiap spesimen. Setelah sampel disediakan, sifat-sifat isipadu bancuhan iaitu lompong dalam agregat mineral (VMA), lompong dalam jumlah campuran (Va) dan lompong dipenuhi dengan asfalt (VFA) dikira untuk menentukan kandungan asfalt optimum (OAC).

#### KANDUNGAN ASFALT OPTIMUM

Nilai perbandingan kandungan asphalt telah dijalankan, berbeza-beza antara 4% hingga 6% daripada jumlah berat campuran. Kandungan asphalt optimum (OAC) ditentukan berdasarkan kandungan asphalt 4% lompong udara yang dirujuk daripada *National Asphalt Pavement Association* (NAPA). Nilai bagi kandungan asphalt optimum telah diringkaskan dalam Jadual 1.

JADUAL 1. Kandungan asfalt optimum

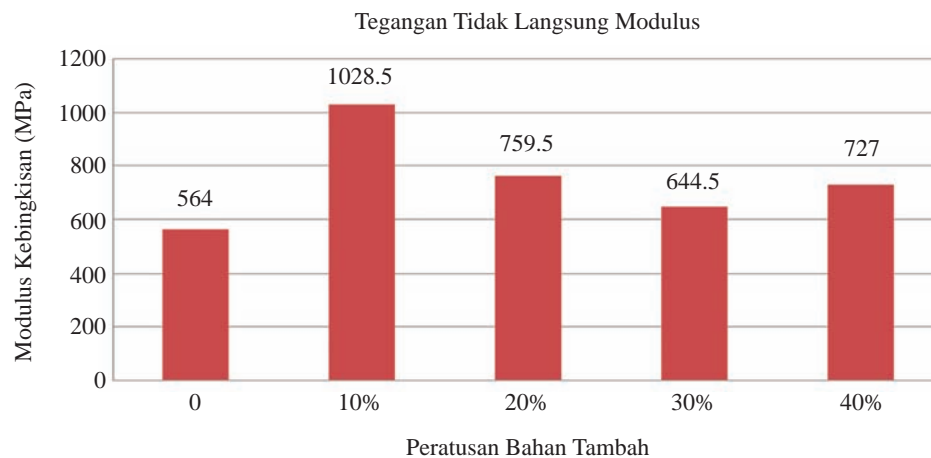
% Campuran	Kandungan Asfalt Optimum (OAC) %
0% Kawalan	5.96
10% TK	4.62
20% TK	4.87
30% TK	4.98
40% TK	5.15

Daripada keputusan yang diperolehi, OAC daripada campuran kawalan adalah lebih tinggi daripada campuran ubah suai. Ini mungkin disebabkan TK yang digunakan dalam campuran telah dirawat dan dipanaskan di dalam ketuhar semalaman bagi menghilangkan lembapan pada TK dan juga agregat di mana ia memudahkan tindak balas, penyerapan asfalt diantara asfalt dan juga TK (Almansoob et al. 2013). Walau bagaimanapun campuran 10% TK menunjukkan OAC yang paling baik iaitu paling minimum.

#### UJIAN TEGANGAN TIDAK LANGSUNG MODULUS KEBINGKASAN

Tegangan tidak langsung modulus kebingkasan adalah pembolehubah yang paling penting dalam reka bentuk mekanistik struktur turapan. Ia adalah ukuran bagi tindak balas turapan berdasarkan tekanan dinamik dan tekanan yang sepadan. Tiga sampel daripada campuran ubah suai dan

campuran kawalan untuk OAC diuji di bawah ujian tegangan tidak langsung modulus kebingkasan pada suhu 25°C iaitu salah satu suhu sesuai yang disarankan oleh ASTM-D4123 (1995) yang mana pada suhu 40°C dicadangkan dalam kajian lanjutan. Dalam kajian ini Rajah 1 menunjukkan ringkasan keputusan untuk membandingkan ketiga-tiga sampel campuran ubah suai dan kawalan.



RAJAH 1. Tegangan tidak langsung modulus kebingkasan

Daripada keputusan yang diperolehi, carta menunjukkan nilai tegangan tidak langsung modulus kebingkasan menaik dari 564 MPa kepada 1028.5 MPa. Ini menunjukkan pada 10% TK dapat menampung muatan struktur turapan jalan yang lebih besar. Bagaimanapun, nilai tegangan tidak langsung modulus kebingkasan semakin menurun iaitu pada penambahan 20% TK, 40% TK dan diikuti dengan 30% TK. Pembaikan nilai tegangan tidak langsung modulus kebingkasan ini terhadap TK menunjukkan kajian boleh diteruskan dengan menggunakan TK yang terawat.

#### UJIAN RAYAPAN STATIK

Ujian rayapan statik ini dijalankan dengan meletakkan beban statik ke atas spesimen (OAC) dan kemudian ubah bentuk spesimen diukur selepas beban dilepaskan. Pembebanan ini akan ditamatkan sehingga beban terikan paksi mencapai nilai 10,000  $\mu$ €atau sehingga masa kitar mencapai 3600 saat yang mana dahulu. Ujian ini dilakukan adalah untuk mengkaji perubahan secara kekal ke atas campuran asphalt. Ciri-ciri campuran asphalt ini dipercayai mempunyai kaitan dengan potensi aluran (Almansoob et al. 2013). Ubah bentuk rayapan terhadap spesimen silinder di bawah beban paksi statik dinilai sebagai fungsi masa, kedua-dua dimensi sampel dan keadaan ujian yang dibuat adalah konsisten.

Nilai pematuhan rayapan statik diperolehi daripada ujian ini ditunjukkan dalam Rajah 2 (sampel TK dan kawalan). Secara umumnya, terikan campuran asphalt konkrit pada mulanya telah meningkat dengan pantas tetapi kemudian

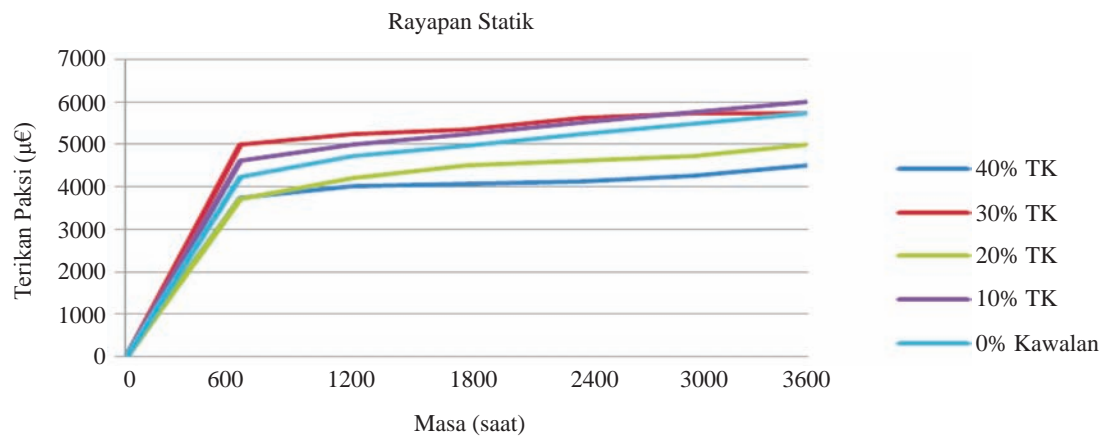
berkurang setelah bahan tambahan ditambah. Keputusan ujian rayapan statik menunjukkan 10% campuran TK mempunyai prestasi yang lebih tinggi berbanding yang lain-lain seperti ditunjukkan oleh Almansoob et al. (2013).

#### UJIAN RAYAPAN DINAMIK

Keteguhan campuran asphalt kepada ubah bentuk plastik disahkan berdasarkan ujian rayapan dinamik (Almansob et al. 2013). Peralatan ujian adalah sama seperti ujian rayapan statik, tetapi ujian beban berulang-ulang bahagian itu dibuat dengan cara yang berbeza.

Jadual 2 menunjukkan ubah bentuk kekal maksimum bagi campuran TK dan campuran kawalan dalam ujian rayapan dinamik. Penambahan TK kepada asphalt telah memberikan kesan negatif ke atas tingkah laku campuran seperti penurunan dalam kekuatan untuk menunjukkan bahawa penambahan TK telah menyebabkan konkrit asphalt akan menjadi lebih sensitif terhadap ubah bentuk kekal apabila peratusan TK adalah lebih daripada 10%. Ini adalah sebab oleh beberapa isu ketidakstabilan terbentuk daripada tindak balas fizikal antara tempurung kelapa dengan campuran asphalt. TK menurunkan peningkatan rintangan rayapan sebagai sifat-sifat yang padu dan keanjalan campuran asphalt hilang.

Sebagai perbandingan nilai pematuhan rayapan dinamik yang diperolehi daripada ujian ini adalah seperti ditunjukkan dalam Rajah 3 (sampel TK dan kawalan).

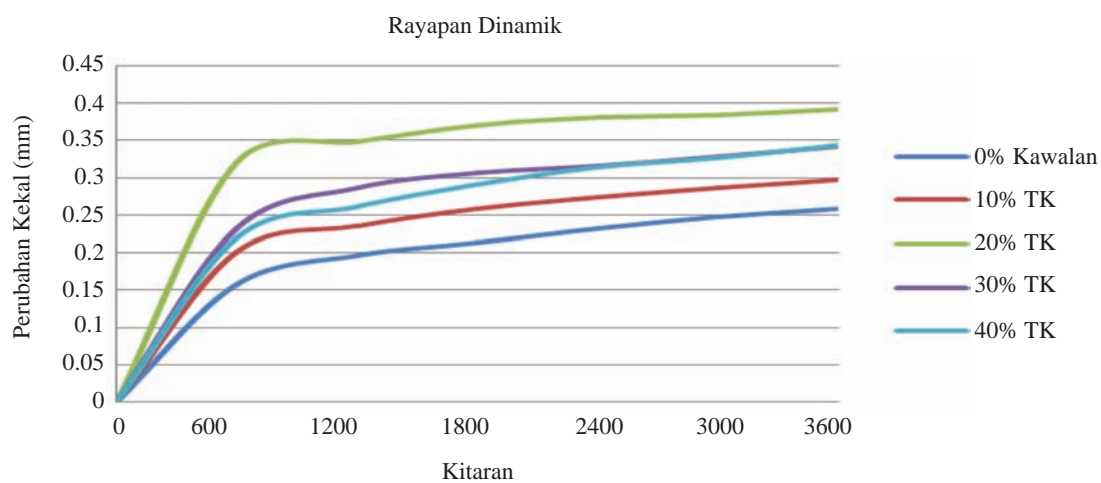


RAJAH 2. Rayapan statik

JADUAL 2. Rayapan dinamik

Peratusan Bahan Tambah (%)	Ubah Bentuk Kekal Maksimum (mm)
0 kawalan	0.25825
10 TK	0.29640
20 TK	0.39165
30 TK	0.34185
40 TK	0.34310

Rajah 3 menunjukkan bahawa ubah bentuk kekal untuk campuran tempurung kelapa telah menghasilkan prestasi campuran yang kurang baik berbanding campuran konvensional. Perubahan menaik telah terhasil iaitu daripada 0.25825 kepada 0.39165, ini menunjukkan tempurung kelapa akan mengakibatkan tindak balas kerosakan yang cepat pada turapan. Sampel kawalan menunjukkan rintangan terbaik terhadap aluran diikuti masing-masing oleh 10% TK, 40% TK, 30% TK dan 20% TK.



RAJAH 3. Rayapan dinamik

#### ANALISIS KOS

Penggunaan tempurung kelapa pada peratusan 10% dalam campuran terubah suai telah mengurangkan penggunaan asfalt sebanyak 22.4% daripada campuran kawalan. Didapati harga bagi meter persegi asfalt adalah dalam julat harga RM32.50 hingga RM35.00 menurut (PWD 2012) yang mana purata harga untuk satu meter persegi asfalt adalah RM33.75. Jadual 3 menunjukkan anggaran kos analisis perbandingan di antara kos reka bentuk kawalan dengan kos reka bentuk terubah suai per satu kilometer dalam satu pembinaan jalan raya. Harga asfalt bagi campuran konvensional untuk setiap satu kilometer jalan raya adalah sebanyak RM33750. Kos

bagi agregat tidak dianalisis dalam kajian ini, manakala tiada kos yang dikira untuk TK kerana ianya boleh didapati dengan mudah dan kadang-kadang percuma.

JADUAL 3. Perbandingan kos campuran konvensional dan campuran terubah suai

Tempurung Kelapa (%)	Kos Campuran Konvensional (RM/km)	Kos Campuran Terubah Suai (RM/km)
10 TK	33750	31360
20 TK	33750	31798
30 TK	33750	32001
40 TK	33750	32299

## KESIMPULAN

Berdasarkan keputusan daripada ujikaji yang dibuat terhadap prestasi rayapan untuk campuran terubahsuai dan campuran kawalan, kesimpulan berikut telah diperolehi.

Penggunaan tempurung kelapa sebagai bahan ganti agregat bersaiz 10 mm memberi kesan positif terhadap kekuatan di dalam ujian tegangan tidak langsung modulus kebingkasan.

Penggunaan tempurung kelapa pada peratusan 10% dapat mengurangkan penggunaan bahan pengikat asphalt pada kadar 22.4%.

Nilai tegangan tidak langsung modulus kebingkasan pada peratusan 10% tempurung kelapa menunjukkan prestasi yang baik berbanding campuran konvensional.

## PENGHARGAAN

Penulis merakam penghargaan kepada Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) dan Pusat Penyelidikan Pengangkutan Bandar Mapan (SUTRA) kerana menyediakan peralatan untuk melakukan penyelidikan ini.

## RUJUKAN

- AASHTO. 2001. *Guide for Design of Pavement Structures*. Washington: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Almansob, R.A., Ismail, A. & Mohammed, A.A. 2013. Comparison between mixtures of asphalt with palm oil shells and coconut shells as additives. *Jurnal Kejuruteraan* 25: 25-31.
- ASTM, D4123. 1995. *Standard Test Method for Indirect Tension Test for Resilient Modulus of Bituminous Mixture*. Conshohocken, Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- ASTM. 2000. *Standard Test Method for Theoretical Maximum Specific Gravity and Density of Bituminous Paving Mixtures*. Conshohocken, Pennsylvania: American Society for Testing and Materials D 2041.
- ASTM. 2007. *Annual Book: Road and Paving Materials Pavement Management Technologies*. Conshohocken, Pennsylvania: American Society for Testing and Materials.
- Behera, G.C. & Behera, R.K. 2013. Effect of coconut shell aggregate on normal strength concrete. *International Journal of Engineering Research & Technology* 2(6): 2405-2415.
- Ganiron Jr., T.U. 2013. Sustainable management of waste coconut shells as aggregates in concrete mixture. *Journal of Engineering Science and Technology Review* 6(7): 7-14.
- Hamim, A., Ahmad, S. & Zakaria, M. 2012. Evaluation of Malaysian hot-mix asphalt properties at different aggregate gradations. *Australia Journal of Basic and Applied Science* 6(7): 9-14.
- Ismail, S., Kwan, W.H. & Ramli, W. 2013. Sustainable aggregates: the potential and challenge for natural resources conservation. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 101: 100-1009.
- Kambli, P.S. & Mathapati, S.R. 2014. Application coconut shell as coarse aggregate in concrete: a technical review. *International Journal of Engineering and Application* 2(12): 67-70
- Kukarni, V.P. & Gaikwad, S.K.B. 2013. Comparative study on coconut shell aggregate with conventional concrete. *International Journal of Engineering and Innovative Technology* 2(12): 67-70
- Mansour, S., Yetkin, Y., Mcgennis, R.B. & Kennedy, T.W. 1999. *Evaluation of Superpave Gyratory Compactors*. Technical Report. University of Texas.
- Maria, T. & Albuquerque, B.H. 2014. Potential utilization of green coconut in asphalt paving in Rio de Janeiro and its benefits for the environment. *Transport Research Arena 2014 Proceeding*. hlm. 01-07.
- Public Work Department Malaysia. 2008. *Standard Specification of Road Work*. Kuala Lumpur.
- Public Work Department Malaysia. 2012. *Jadual Kadar Harga Kerja-kerja Kecil dan Memperbaiki*. Kuala Lumpur.
- Reddy, B.D., Jyothi, S.A. & Shaik, F. 2014. Experimental analysis of the use of coconut shell as coarse aggregate. *Journal of Mechanical and Civil Engineering* 10(6): 06-13
- Shelke, A.S., Ninghot, K.R., Kunjekar, P.P. & Gaikwal, S.P. 2014. Coconut shell as partial replacement for coarse aggregate: review. *International Journal of Civil Engineering Research* 5(3): 211-214.
- Shraddha, D., Hitali, F., Pradeep, D. & Varpe, S. 2014. Suitable concrete by partially replacing coarse aggregate using coconut shell. *Journal on Today's Ideas Tomorrow Technologies* 2(1):1-14.
- Silva Dias, T.M. & Silva, B.H.A. 2014. Potential utilization of green coconut in asphalt paving in Rio de Janeiro and its benefits for the environment. *Transport Research Arena 2014 Proceeding* hlm. 01-07.
- Yerramala, A. & Ramachandrudu, C. 2012. Properties of concrete with coconut shell as aggregate replacement. *International Journal of Engineering Invention* 1(6): 21-31.

Amiruddin Ismail  
 Nazieha Mohd Isa\*  
 Pusat Penyelidikan Pengangkutan Bandar Mapan (SUTRA)  
 Jabatan Kejuruteraan Awam dan Struktur  
 Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina  
 Universiti Kebangsaan Malaysia  
 43600 UKM Bangi  
 Selangor Darul Ehsan, Malaysia  
 Telefon: +60389216107

\*Penulis koresponden; email: naziehaisa@siswa.ukm.edu.my