

Kajian Keberkesanan Penggunaan Getah dalam Pembinaan Jalan Raya

Muhammad Khairul Ikhwan Mohd Mashuri¹, Sharifah Meryam Shareh Musa^{1,*}, Narimah Kasim¹, Rozlin Zainal¹ & Hamidun Mohd Noh¹

¹Jabatan Pengurusan Pembinaan, Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Parit Raja, Batu Pahat, Johor, 86400, MALAYSIA

*Corresponding Author

DOI: <https://doi.org/10.30880/rmtb.2021.02.02.037>

Received 30 September 2021; Accepted 01 November 2021; Available online 01 December 2021

Abstract: In hot weather, asphalt pavement will usually harden with age and will require more frequent maintenance. Hardening of age causes the asphalt to become hard and brittle and in turn will cause the road pavement layer to become inelastic which causes it to crack and break. The problem statement for this study is the issue of damage or cracking of the road faced by the residents of the surrounding area for the use of the road for daily affairs. This problem has affected the road users where cracks, potholes, has caused uneven roads and dangerous for users who ride motorcycles so that there are accidents that occur due to road damage that occurs. There are three objectives that are focused, namely to study the potential use of rubber in road construction, to study the level of effectiveness of the use of rubber in road construction and to study measures to increase the use of rubber in road construction. The methodology of this study uses a qualitative method that is using secondary data instruments and previous studies. The scope of this study is focused on the road on Federal Road FT01 Yong Peng - Segamat from Kampung Desa Temu Jodoh to Kampung Kwong Sai, Segamat. The results of this study shown, potential use of rubber in road construction to reduce the problem of road cracks that occur after using the method of mixing natural rubber into asphalt improve the quality and quality of roads in the study area.

Keywords: Road construction, Natural rubber, Asphalt, Roads, Latex

Abstrak: Dalam cuaca panas, turapan asfalt lazimnya akan mengeras usia dengan lebih cepat sehingga memerlukan penyelenggaraan yang lebih kerap. Pengerasan usia menyebabkann asfalt menjadi keras dan rapuh dan seterusnya akan menyebabkan lapisan turapan jalan raya akan menjadi tidak kenyal yang menyebabkan ia retak dan pecah. Penyataan masalah bagi kajian ini adalah isu kerosakan atau keretakan jalan raya yang dihadapi oleh penduduk kawasan sekitar bagi penggunaan jalan tersebut untuk urusan harian. Masalah yang dihadapi ini telah memberi kesan kepada

*Corresponding author: meryam@uthm.edu.my

pengguna jalan raya tersebut dimana keretakan, jalan berlubang, telah menyebabkan jalan tidak rata dan berbahaya bagi pengguna yang menaiki motorsikal sehingga terdapat kemalangan yang terjadi akibat kerosakan jalan yang berlaku. Terdapat tiga objektif yang difokuskan iaitu mengkaji potensi penggunaan getah dalam pembinaan jalan raya, mengkaji tahap keberkesanan penggunaan getah dalam pembinaan jalan dan mengkaji langkah-langkah meningkatkan penggunaan getah dalam pembinaan jalan raya. Metodologi kajian ini menggunakan kaedah kualitatif iaitu menggunakan instrumen data sekunder dan kajian lepas. Skop kajian ini difokuskan kepada jalan raya di Jalan Persekutuan FT01 Yong Peng – Segamat dari Kampung Desa Temu Jodoh hingga Kampung Kwong Sai, Segamat. Hasil kajian ini menunjukkan penggunaan getah dalam pembinaan jalan dapat mengurangkan masalah keretakan jalan raya yang berlaku selepas menggunakan kaedah campuran getah asli ke dalam asfalt bagi meningkatkan mutu dan kualiti jalan raya di kawasan kajian.

Kata Kunci: Pembinaan jalan, Getah asli, Asfalt, Jalan raya, Lateks

1. Pengenalan

Peningkatan jumlah penduduk di Malaysia telah menyebabkan penggunaan jaringan jalan raya juga meningkat. Mengikut anggaran Jabatan Perangkaan Malaysia, penduduk pada tahun 2019 dianggarkan meningkat kepada 32.6 juta orang dengan kadar pertumbuhan penduduk tahunan sebanyak 0.6% (Jabatan Perangkaan Malaysia, 2018). Dengan meningkatnya jumlah penduduk di Malaysia, jumlah kenderaan yang aktif berada di atas jalan raya sekitar tahun 2015 adalah sebanyak 18,619,514 buah kenderaan (Jabatan Pengangkutan Jalan, 2016). Semakin meningkat jumlah kenderaan yang berada di atas jalan raya, peningkatan pembinaan dan penyelenggaraan jalan raya juga akan meningkat. Dalam melaksanakan strategi meningkatkan penggunaan bahan dan teknologi inovatif dalam pembinaan dan penyelenggaraan jalan dalam Rancangan Malaysia Kesebelas (RMKe-11), Kementerian Kerja Raya (KKR) akan memperkasakan penggunaan teknologi baru seperti *recycle asphalt pavement*, PMA dan menggunakan bahan konkrit sekurang-kurangnya 5% daripada pembinaan jalan baru. Pelaksanaan dasar ini berterusan sejak Rancangan Malaysia Kesembilan yang lalu dan disambung dalam Rancangan Malaysia Kesepuluh ketika ini dan seterusnya RMKe-11 (Jabatan Kerja Raya, 2015).

1.1 Latar Belakang Kajian

Kajian ini dijalankan bagi mengkaji dan mengenalpasti keberkesanan penggunaan getah dalam pembinaan jalan raya. Pada masa ini, kebanyakan pembinaan turapan asfalt di negara ini menggunakan bitumen asli gred 80/100 dan 60/70 sebagai bahan pengikat dalam campuran asfalt. Namun, pada tahun 2015, pihak Lembaga Getah Malaysia (LGM) dan Jabatan Kerja Raya (JKR) menandatangani memorandum perjanjian (MoA) mengenai kerjasama penyelidikan projek pembangunan asfalt daripada getah beku bagi turapan jalan raya (Berita Harian, 2015). Kementerian Kerja Raya memaklumkan bahawa teknologi campuran asfalt (CMA) adalah antara kaedah penurapan jalan baharu yang boleh mengurangkan keretakan, aluran dan kos penyelenggaraan masa panjang yang menjimatkan. Selain itu, teknologi CMA juga satu penemuan baharu penggunaan getah untuk pembinaan jalan raya memperlihatkan usaha agensi kerajaan yang komited terhadap penyelidikan dan pembangunan (R&D) bagi menghasilkan produk serta teknologi baharu di negara ini demi kepentingan rakyat (BH Online, 2018).

1.2 Penyataan Masalah

Isu kerosakan jalan yang berlaku di lokasi kajian iaitu di Jalan Persekutuan FT01 Yong Peng – Segamat dari Kampung Desa Temu Jodoh hingga Kampung Kwong Sai, Segamat adalah jenis kerosakan jalan sedia ada seperti retak, *rutting*, *surface delamination*, *stripping* dan *excessive patching*. Kerosakan yang dialami adalah berpunca daripada penyelenggaraan yang diselenggara pada tahun 2002

oleh Perembun (M) Sdn. Bhd. Dimana kontraktor yang bertanggungjawab dalam menyelenggara jalan tersebut tidak mengikut spesifikasi yang ditetapkan. Akibatnya, jalan dilalui oleh pengguna di kawasan sekitar dan yang melalui jalan tersebut mengalami keretakan dan berlubang akibat penyenggaraan yang dilakukan oleh pihak yang bertanggungjawab tidak melaksanakan tugas dengan sebaik mungkin. Punca keretakan dan jalan yang berlubang juga disebabkan oleh muatan lori dan kenderaan yang banyak melalui jalan tersebut sehingga mengakibatkan jalan tersebut rosak (Kementerian Kerja Raya, 2018).

Oleh itu, dengan pelaksanaan yang dilakukan oleh JKR dan Lembaga Getah Malaysia (LGM) dalam usaha bekerjasama untuk menggunakan satu teknologi baharu dalam pembinaan jalan raya dimana menggunakan campuran getah asli dalam campuran asfalt merupakan salah satu langkah yang sangat produktif bagi meningkatkan ketahanan jalan raya. Penambahan getah asli juga dapat menjimatkan kos penyelenggaraan dan meningkatkan usia jalan tersebut.

1.3 Objektif Kajian

Berdasarkan persoalan kajian, terdapat tiga objektif telah disenaraikan seperti berikut:

- (i) Mengkaji potensi penggunaan getah dalam pembinaan jalan raya.
- (ii) Menilai tahap keberkesanan penggunaan getah dalam pembinaan jalan di kawasan kajian.
- (iii) Mengkaji langkah-langkah meningkatkan penggunaan getah dalam pembinaan jalan.

1.4 Skop Kajian

Skop untuk kajian ini meliputi keseluruhan pelaksanaan kajian yang dijalankan bagi meningkatkan lagi kefahaman dan pengetahuan mengenai tajuk yang telah dipilih. Kajian ini dijalankan dan menumpukan projek pembinaan semula jalan di Jalan Persekutuan FT001 dari Kampung Desa Temu Jodoh (Seksyen 134), hingga Kampung Kwong Sat (Seksyen 174) di Daerah Segamat, Johor. Ini merangkumi kaedah penggunaan campuran getah dalam asfalt bagi projek pembinaan semula jalan dan fungsi penggunaan getah dalam kerja-kerja pembinaan jalan tersebut dan secara tidak langsung dapat memberi keselesaan kepada penduduk sekitar yang berhampiran dan pengguna jalan raya

1.5 Kepentingan Kajian

Melalui kajian ini, dengan penggunaan teknik tersebut iaitu campuran getah asli dalam asfalt, pembinaan jalan raya atau turapan asfalt akan berada dalam tahap yang berpanjangan dan mempunyai ketahanan yang lebih lama dan dapat mengurangkan risiko keretakan dan kerosakan jalan yang berlaku dari beban yang diterima oleh kenderaan bermotor. Maka, manfaat daripada kajian yang dijalankan terhadap penggunaan teknologi tersebut adalah diharapkan dapat menjamin keselesaan pengguna jalan raya secara tidak langsung dapat memberikan kelesaan kepada komuniti persekitaran yang berhampiran dan jalan tersebut selamat digunakan pada bila-bila masa.

2. Kajian Literatur

2.1 Pengenalan

Secara amnya, kebanyakan pembinaan turapan asfalt di negara ini menggunakan bitumen asli gred 80/100 dan 60/70 sebagai bahan pengikat dalam campuran asfalt. Melalui perkembangan teknologi dan keperluan semasa, beberapa penambahbaikan telah dibuat ke atas kualiti bitumen bagi memastikan agar prestasi lapisan turapan jalan dapat ditingkatkan. Antara kaedah yang digunakan adalah menggunakan Polymer Modified Bitumen (PMB) sebagai bahan pengikat dalam campuran asfalt. Polymer Modified Asphalt (PMA) adalah merujuk kepada modifikasi yang dibuat ke atas bitumen asli dengan menambahkan bahan polimer bagi meningkatkan kualiti bitumen itu sendiri sekaligus meningkatkan kualiti bahan turapan jalan yang akan digunakan dalam pembinaan jalan. Walaupun PMA mampu untuk

meningkatkan hayat turapan kerana mempunyai daya tahan yang lebih baik, namun harganya sangat tinggi dan biasanya menjadi penyebab kepada peningkatan kos awalan projek.

2.2 Definisi Kandungan

2.2.1 Bitumen

Bitumen adalah bahan likat bukan kristal, berwarna hitam atau coklat gelap, yang tidak larut dalam air pada suhu 20 °C, tetapi larut dalam pelarut organik alifatik dan larut dalam karbon disulfida (CS₂), kloroform, eter, dan aseton. Bitumen memiliki kualiti pekat dan kalis air (Tinavallie, 2013). Ketumpatan bagi bitumen terletak di antara 1.01 hingga 1.04 g / cm³ pada suhu bilik dan ia bergantung pada gred sumber kasar dan paving (Baca dan Whiteoak, 2003). Bila merujuk kepada sumber semula jadi, minyak mentah berat umumnya disebut bitumen apabila ketumpatannya melebihi 1 g / cm³ pada suhu 15.6 °C (Speight, 1999). Terdapat empat jenis bitumen iaitu:

- (i) Bitumen Gred Paving
- (ii) Bitumen Teroksidasi
- (iii) Bitumen Pemotongan
- (iv) Emulsi Bitumen

2.2.2 Hot Mix Asphalt (HMA)

Hot Mix Asphalt (HMA) adalah gabungan kira-kira 95% batu, pasir, atau kerikil yang diikat bersama oleh simen asfalt, produk minyak mentah. Asphalt simen dipanaskan secara agregat, digabungkan, dan dicampurkan dengan agregat di dalam HMA. HMA dicampur, diletakkan, dan dipadatkan pada suhu tinggi, maka namanya. Penurapan konkrit aspal juga dapat ditempatkan pada suhu udara ambien, tetapi HMA adalah kaedah penempatan utama untuk jalan dan jalan raya. HMA biasanya digunakan pada lapisan tebal 4-8 inci, dengan lapisan bawah bertindak untuk menyokong lapisan atas, yang dikenal sebagai permukaan atau geseran. Agregat di lapisan bawah dipilih untuk mencegah kerosakan dan kerosakan, sementara agregat di permukaan dipilih untuk sifat geseran dan ketahanannya (Industrial Resources Council, 2018). Terdapat dua jenis asfalt lain iaitu:

- (i) Campuran Bergred Padat
- (ii) Asfalt Matriks Batu

2.2.3 Polymer Modified Bitumen (PMB)

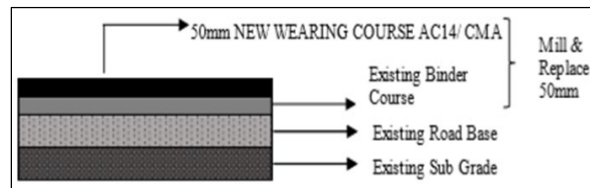
Polymer Modified Bitumen (PMB) adalah salah satu gred bitumen yang direka khas dan dinaiktaraf yang digunakan dalam pembuatan turapan jalan, jalan raya bagi jentera berat, dan penyelesaian atap rumah untuk menahan keadaan cuaca yang melampau. PMB adalah bitumen biasa dengan polimer tambahan, yang memberikan kekuatan tambahan, kesepaduan yang tinggi dan ketahanan terhadap keletihan, pelucutan dan ubah bentuk bagi menjadikannya bahan yang baik untuk infrastruktur (RAHA Bitumen, 2016). Apabila mengubah ciri-ciri yang ada dalam bitumen yang normal dengan membuat penambahan polimer, sama ada sifat elastomerik atau elastomer, bitumen tersebut akan menghasilkan campuran yang lebih padat dimana akan meningkatkan kekuatan yang lebih banyak dan ketahanan yang lebih tinggi terhadap parameter seperti rupa bentuk kekal untuk turapan jala raya (Bitumina, 2014). Jenis-jenis PMB yang digunakan adalah:

- (i) Elastomer
- (ii) Elastomer Termoplastik
- (iii) Plastik Thermoset
- (iv) Termoplastik

2.2.4 Cuplump Modified Asphalt (CMA)

Cuplump Modified Asphalt (CMA) adalah campuran gumpalan getah cawan, bitumen dan asfalt, yang merupakan bahan komposit yang terutama digunakan untuk penurapan permukaan jalan (Kumar,

2017). Getah asli dapat digunakan dengan berkesan sebagai bahan tambahan dalam pengubahsuaian aspal. Dinyatakan bahawa sifat elastomer getah asli berpotensi memberikan kestabilan yang tinggi, kekuatan koyakan yang sangat baik dan ketahanan terhadap keletihan yang dapat meningkatkan daya tahan turapan jalan (Kamal, 2019). Rajah 1 menunjukkan lapisan jalan raya menggunakan CMA.



Rajah 1: Lapisan jalan raya menggunakan CMA (Jabatan Kerja Raya, 2014)

2.2.4.1 Proses *Cuplump Modified Asphalt*

Penemuan ini menyediakan kaedah untuk menyediakan getah beku yang diubahsuai berasaskan getah dan cuplump, kaedah termasuk:

- (i) Menyediakan dan mencampurkan getah asli (*cuplump*) dan / atau getah sintetik dalam pengadun dalaman sebelum mencampurkan dengan bahan kimia getah tambahan untuk penyebatan pengisi, pengaktif dan pemecut untuk membentuk sebatian,
- (ii) Menambahkan jumlah bitumen yang telah ditentukan ke dalam pengadun dalaman kerana suhu sebatian mencapai sekurang-kurangnya 60 ° C,
- (iii) Menambahkan jumlah bitumen yang telah ditentukan lebih lanjut dalam pengadunan dalaman sebagai sebaik sahaja suhu sebatian mencapai sekurang-kurangnya 80 ° C dan membuang sebatian sebaik sahaja suhu sebatian tersebut mencapai sekurang-kurangnya 90 ° C, di mana sebatian tersebut merangkumi getah asli 100jam, bitumen 0-100 jam, 0-50 jam bahan karbon seperti itu sebagai karbon hitam, karbon nanotube atau graphene dan 0-50phr stearic acid (Said, 2017).

2.3 Jalan Raya

Jalan raya ialah jalan besar atau jalan utama yang menghubungkan satu kawasan dengan kawasan yang lain. Biasanya jalan ini mempunyai ciri-ciri tersebut:

- (i) Digunakan oleh kenderaan bermotor berat dan ringan.
- (ii) Digunakan untuk orang awam.
- (iii) Dibiayai oleh badan awam.
- (iv) Penggunaannya ditakluki oleh undangundang pengangkutan

Diingatkan bahawa bukan semua jalan yang ada dapat dilalui oleh kenderaan bermotor seperti denai-denai di dalam estet, jalan kebun dan sebagainya. Jalan yang terdapat di kawasan denai dan estet mempunyai kelebaran yang kecil dan biasanya digunakan oleh penjalan kaki dan motosikal sahaja (Meor Othman Hamzah, et al., 2001).

2.4 Piawaian Jalan Raya Piawaian

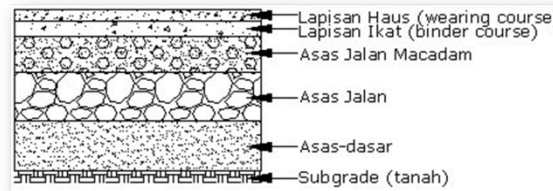
JKR menggolongkan jalan raya yang merentasi kawasan desa kepada tujuh heararki, iaitu R6, R5, R4, R3, R2, R1 dan R1a. Manakala jalan raya yang merentas kawasan Bandar kepada tujuh heararki juga iaitu U6, U5, U4, U3, U3, U2, U1 dan U1a. Piawaian ini bertujuan untuk:

- (i) Mewujudkan keseragaman dalam rekabentuk berdasarkan keperluan
- (ii) Menyediakan kemudahan jalan raya yang konsisten, selamat dan boleh dipercayai
- (iii) Dijadikan panduan untuk membuat keputusan yang kurang subjektif mengenai reka bentuk jalan raya.

2.5 Konsep Pembinaan Jalan Raya

Menurut Suparmoko (2002), tujuan pembangunan jalan raya pada umumnya adalah sebagai prasarana agar kenderaan dan pengangkutan dapat mengangkut penumpang atau barang ke destinasi masing-masing, bandar-bandar yang dilalui dan kos perjalanan serta kos mengangkut barang boleh dikurangkan. Pembangunan jalan raya dapat memudahkan pengguna jalan raya untuk bergerak melakukan pelbagai aktiviti dan tujuan. Semua pembangunan ini adalah untuk memberi keselesaan terhadap masyarakat ketika menggunakan jalan raya iaitu melalui pelbagai jenis pengangkutan. Jika dapat dilihat di bandarbandar yang pesat membangun terdapat banyak jenis pengangkutan yang digunakan oleh masyarakat untuk pelbagai tujuan.

Jalan raya biasanya terdiri daripada beberapa lapisan bahan binaan yang dibina di atas aras formasi seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2 di bawah.



Rajah 2: Struktur lapisan jalan (Modul Kejuruteraan Jalanraya dan Trafik, 2006)

2.6 Jenis dan Penyebab Kerosakan Turapan

Jalan Raya Pada asasnya kerosakan turapan adalah berpunca daripada tiga faktor iaitu faktor rekahan, faktor herotan dan faktor penyepaian (Manual for the Long Term Pavement Performance Project-DC, 1993). Lazimnya kerosakan yang berlaku kepada jalan kampung adalah sama dengan apa yang berlaku pada jalan raya. Pada kebiasaannya rekahan akan mula wujud di lapisan atas bahan bitumen. Bagi herotan pula, ia biasanya wujud diatas permukaan berbitumen dan dikenali sebagai 'rutting', dimana ia meninggalkan kesan kepada turapan hasil daripada cengkaman tayar. Faktor penyepaian pula berlaku pada permukaan atas lapisan berbitumen dan jika ia dibiarkan ia juga akan membawa kepada kehilangan bahan turapan yang lain seperti agregat. Kerosakan utama yang kebiasaannya berlaku pada permukaan jalan raya adalah:

- (i) Rutting
- (ii) Kedutan (*Corrugation*)
- (iii) Penyorongan (*Shoving*)

2.7 Getah

Getah merupakan sejenis polimer hidrokarbon kenyal yang terhasil dari koloid yang juga dikenali sebagai susu getah atau lateks dimana ianya berada dalam sap beberapa jenis pokok, antaranya adalah pokok getah. Terdapat juga getah tiruan yang dihasilkan secara sintetik.

2.7.1 Pemprosesan Getah

Pemprosesan getah terdiri daripada empat langkah dasar iaitu yang pertama pengunyahan, ketika elastomer dicukur dan molekul-molekul dipecah untuk memberikan aliran yang lebih mudah, manakala yang kedua adalah pencampuran, biasanya dilakukan segera setelah pengunyahan, ketika aditif digabungkan, yang ketiga adalah membentuk dari jisim likat, misalnya, dengan penyemperitan atau pengacuan, dan yang keempat adalah penyembuhan, apabila molekul polimer menjadi saling terkait dan bentuknya tetap (Britannica, 2016). Antara proses tersebut adalah:

- (i) Pengunyahan
- (ii) Pencampuran
- (iii) Pembentukan
- (iv) Penyembuhan

3. Metodologi Kajian

3.1 Pengenalan

Dalam menyiapkan laporan ini, pengkaji telah mengenalpasti beberapa kaedah yang telah dijalankan untuk mendapatkan maklumat yang berkaitan tentang pembinaan jalan raya. Pada dasarnya bentuk kajian bagi kajian ini merupakan dalam bentuk kajian kes. Data dan maklumat yang diperolehi dalam kajian ini amat berguna bagi pendekatan untuk lebih memahami kajian yang dijalankan berpandukan dengan objektif yang telah ditetapkan. Pelaksanaan kajian dalam menyiapkan laporan kajian ini telah dibahagikan kepada beberapa kaedah iaitu kajian literatur, kajian lepas, sumber lain, analisis, perbincangan dan kesimpulan.

3.2 Kaedah Pengumpulan dan Dapatan Data

Kaedah bagi memperoleh data yang dikehendaki untuk memastikan objektif kajian tercapai adalah melalui kaedah data sekunder. Kaedah data sekunder dijalankan dengan mencari data kajian lepas seperti jurnal, keratan akhbar, artikel dan sebagainya bagi membantu dalam mengumpul segala maklumat dan data untuk memastikan segala objektif yang telah ditetapkan akan tercapai.

3.3 Analisis Data

Segala data yang diperolehi hasil daripada data sekunder akan disatukan dan diteliti bagi mendapatkan hasil kajian dengan berpandukan objektif kajian. Analisis data yang telah dilakukan ini dengan menbandingkan data yang diperolehi daripada data sekunder seperti jurnal, artikel, tesis lepas dan sumber-sumber yang sah.

3.3.1 Analisis Kandungan

Menurut Iskandar (2008), analisis data kandungan dilakukan bagi mengukur kesahihan sesuatu data yang diperolehi. Melalui ini, hasil kajian telah diteliti dari segi isi kandungan dan maklumat yang telah diperolehi semasa proses rujukan data. Pemindahan hasil kajian telah dilakukan dalam bentuk yang lebih difahami.

4. Analisis dan Hasil Kajian

4.1 Pengenalan

Kajian tinjauan dan temubual merupakan kaedah awalan yang ingin digunakan dalam kajian ini dan juga pemantauan ke tapak projek serta sesi soal jawab dengan individu yang berkaitan dalam kerja-kerja pembinaan jalan tersebut dan yang mempunyai pengetahuan mengenai penggunaan getah dalam campuran asfalt. Namun disebabkan tiada maklum balas yang diberikan oleh pihak JKR Segamat dan juga kontraktor yang terlibat, pengkaji telah menukar kaedah pengumpulan data dengan menggunakan kaedah data sekunder. Kajian yang dilakukan ini, merujuk kepada beberapa faktor. Kriteria pemilihan tajuk kajian ini adalah kekerapan berlakunya kegagalan jalan raya di Malaysia, kesesuaian penggunaan *Cuplump Modified Asphalt* (CMA) serta pentingnya keselamatan kepada pengguna jalan raya. Segala masalah yang telah dikenalpasti ini digunakan sebagai panduan untuk merekabentuk semula jalan tersebut supaya segala masalah yang timbul dapat diatasi dengan berkesan.

4.2 Potensi Penggunaan Getah Dalam Pembinaan Jalan Raya

Hot mix asphalt (HMA) adalah gabungan agregat (kira-kira 94% - 96%) dan pengikat asfalt (4% - 6%) dari jumlah berat campuran. Walaupun peratusan bitumen agak kecil; ini secara signifikan menentukan prestasi dan ketahanan turapan lebih daripada agregat. Ini kerana faktor iklim seperti panas, hujan dan cahaya matahari mempengaruhi pengikat asfalt lebih banyak daripada pada agregat. Pada

masa lalu, penggunaan bitumen yang tidak berubah dalam pembinaan jalan sudah cukup untuk menampung beban dari arus lalu lintas. Walau bagaimanapun, beban lalu lintas yang semakin tinggi yang diletakkan di rangkaian jalan raya kini telah mencapai tahap kritikal. Ini disebabkan oleh peningkatan yang sangat pesat dalam jumlah kenderaan berat ditambah dengan kenaikan berat gandar yang dibenarkan menyebabkan kegagalan turapan fleksibel pramatang (Shafii M.A., 2017). Selain itu, jalur HMA menunjukkan kerentanan terhadap suhu melalui pelunakan pada suhu tinggi dan keretakan pada suhu rendah. Oleh itu, penting untuk meningkatkan kualiti pengikat asfalt dengan bahan yang dapat mengurangkan kerentanan suhu, memperkaya kohensi atau ikatan bitumen, meningkatkan kelikatan dan keanjalan pada jalan raya.

4.2.1 Kebolehan Getah Asli Terhadap Kerosakan Utama Jalan

Prestasi HMA adalah ketahanan pengikat asfalt terhadap pemusnahan gabungan haba, cuaca dan masa. Oleh kerana kerentanan pengikat asfalt terhadap variasi suhu, ia menjadi kaku pada suhu rendah dan cenderung retak di bawah tekanan. Untuk bitumen yang diubah suai NR; getah bertindak seperti tali elastik dalam menahan bitumen bersama-sama dan menghilangkan tekanan yang dikenakan semasa ia berkembang. Setelah kenaikan suhu bitumen berubah menjadi cecair likat dan mula mengalir. Tetapi kehadiran NR membantu menahan aliran dengan bertindak seperti membrane (Ruggles C S, 2004). Jadual 1 menerangkan tentang kebolehan getah asli dalam menangani setiap masalah kerosakan jalan yang boleh dialami pada permukaan jalan.

Jadual 1: Kebolehan getah dalam campuran asfalt

Bil.	Jenis Kerosakan	Kebolehan Penambahan Getah
1.	<i>Rutting</i> 	• Menurunkan nilai penembusan dan meningkatkan titik pelunasan bitumen PEN 80/100 dan menyimpulkan bahawa rintangan terhadap aliran bitumen meningkat dengan peningkatan peratusan getah asli. • Menghasilkan pengikat asfalt mempunyai nilai penembusan yang lebih rendah dengan titik pelembutan yang tinggi, indeks penembusan, pemulihan torsi dan ketahanan • Mengurangkan kadar ubah bentuk dengan meningkatkan kestabilan dinamik campuran asfalt.
2.	<i>Fatigue cracking</i> 	• Keletihan pengikat asfalt berkurang dengan peningkatan peratusan kekosongan udara • Memperoleh kekuatan sebelum meletakkannya pada beban siklik berulang • Gred agregat tengah mempunyai nilai prestasi terbaik jika dibandingkan dengan gradasi bawah dan atas
3.	<i>Stripping failure</i> 	• Kekuatan tegangan lebih besar untuk campuran yang diubah suai dengan getah dimana kekuatan <i>stripping</i> meningkat • Meningkatkan sifat kohesi dan kelekatan bitumen • Ikatan lekatan yang lebih baik dari zarah agregat
4.	Keretakan pada suhu rendah	• Semakin tinggi kandungan getah maka semakin besar daya tahan retak pengikat asfalt • Saiz partikel getah yang lebih kecil didapati lebih tahan terhadap keretakan haba

4.3 Tahap Keberkesanan Penggunaan Getah Dalam Pembinaan Jalan

Teknologi getah asli semakin tersebar dalam banyak aplikasi dalam meningkatkan penggunaannya pada berbagai bentuk produk. Malaysia adalah negara pengeluar getah yang terkemuka selepas

Thailand dan Indonesia. Bahan kejuruteraan ini telah berjaya dicuba selama bertahun-tahun dalam pembuatan tayar, sarung tangan (Suhawati *et al.*, 2014), dan juga bahan untuk pembinaan dan pembinaan jalan raya. Sebagai bahan jalan raya, dengan perilaku sebatian polimer organiknya, getah asli menjadi salah satu penyelesaian alternatif dalam meningkatkan sifat aspal untuk turapan asfalt.

Di antara getah asli yang digunakan dalam pengubahsuaian aspal dari penyelidikan sebelumnya kebanyakannya adalah dalam bentuk getah kerana pencampuran dengan getah asli memberikan produk yang paling cekap dibandingkan dengan bentuk lain dalam kuantiti yang sama (Smith, 1960). Walaupun keberkesannya sebagai pengubah, aplikasi berpotensi ini sepertinya dapat meningkatkan penggunaan domestik sebanyak mungkin untuk menambah nilai dalam urusan getah asli domestik dan pada masa yang sama memberikan prestasi keseluruhan yang lebih baik dalam campuran bitumen ke arah jalan fleksibel yang lebih baik. Jadual 2 telah membuktikan keberkesanan penggunaan getah dalam asfalt yang telah dikaji oleh beberapa pengkaji dalam kajian lepas.

Jadual 2: Keberkesanan penggunaan getah dalam pembinaan jalan

Bil.	Ciri-Ciri	Keberkesanan Kaedah Campuran Getah	Sumber
1.	Jangka Hayat	- Memperpanjang daya tahan turapan asphalt. - Memanjangkan jangka hayat jalan	- Tayruf <i>et al.</i>, (2012) - Polacco <i>et al.</i>, (2005)
2.	Ketahanan Fizikal	- Titik pelembutan yang lebih tinggi dan daya tahan penuaan serta mengurangkan tekanan pada turapan asphalt. - Kestabilan tinggi, kekuatan dan ketahanan keletihan yang sangat baik - Sifat dinamik yang sangat baik dengan kehilangan histeresis rendah, sifat suhu rendah yang baik dan mempunyai ikatan yang kuat dengan bahagian logam Asphalt yang diubahsuai getah mempunyai kekuatan dan ketahanan yang lebih banyak daripada asphalt konvensional. - Membuktikan ketahanan <i>rutting</i> dan keletihan turapan jalan meningkat. - Mempengaruhi prestasi jalan seperti peningkatan kelikatan, menjadikan turapan jalan lebih kuat dan meningkatkan ketahanannya. - Jalan berturap dengan getah asli yang diubahsuai mempunyai ketahanan dan kekuatan yang lebih tinggi daripada menggunakan asphalt konvensional	- Peralta (2012) - Tayruf <i>et al.</i>, (2012) - Vasavi dan Durga (2014) - Nrachai <i>et al.</i>, (2005) - Krishnapriya (2015) - Nopparat <i>et al.</i>, (2012) - AlKhateeb dan Ramadan (2015)
3.	Kualiti Asphalt	- Peningkatan kelikatan dan keanjalan - Kenaikan titik pelunakan dan pengurangan nilai penembusan - Peningkatan sifat fleksibiliti dan kestabilannya - Meningkatkan ketumpatan dan kestabilan campuran asphalt dan kandungan pengikat yang kurang optimum diperlukan. - Mengurangkan pelupusan agregat dan meningkatkan modulus yang tahan lasak	- Al-Mansob <i>et al.</i>, (2014) - Fernando, M.J. Nadarajah, M., (1969) - Nrachai <i>et al.</i>, (2005) - Krishnapriya (2015)

		sehingga meningkatkan keletihan dan ubah bentuk kekal.	
		• Tidak hanya meningkatkan daya tahan rut tetapi juga meningkatkan kehidupan keletihan dengan peningkatan modulus berdaya tahan.	
4.	Ketahanan Pada Faktor Cuaca	• Pada suhu tinggi meningkatkan kelikatan bitumen (penebalan) menjadikan permukaan jalan lebih tahan terhadap ubah bentuk di bawah beban berat semasa cuaca panas • Pada suhu rendah getah asli mengurangkan keretakan terma yang berkaitan dengan bitumen	• Collin s Ruggles <i>et al.</i>, (2014)
5.	Kos Penggunaan	• Menjimatkan kos penyelenggaraan	• Polacco <i>et al.</i>, (2005)

Beban pada sistem jalan raya telah mencapai tahap kritikal di banyak negara maju dan membangun. Peningkatan jumlah kenderaan berat ditambah dengan kenaikan berat gandar yang dibenarkan untuk kenderaan ini, telah menyebabkan peningkatan tekanan yang dramatik pada permukaan Asfalt. Tambahan pula, kesesakan dan kos ekonomi penyelenggaraan jalan telah menyebabkan keperluan untuk meningkatkan prestasi aspal dengan pengubahsuaian polimer. Jadual 3 telah membuktikan kegagalan asfalt dalam kaedah konvensional yang telah dikaji oleh beberapa pengkaji dalam kajian lepas.

Jadual 3: Kegagalan kaedah konvensional dalam pembinaan jalan

Bil	Jenis Kerosakan	Kegagalan Kaedah Konvensional Penerangan	Sumber
1	Keretakan Permukaan Jalan	• Turapan aspal konvensional cenderung mengalami banyak tekanan turapan terutamanya kegagalan keletihan, <i>rutting</i> dan juga kerosakan kelembapan. • Peningkatan beban lalu lintas, jumlah dan kesesakan menyebabkan peningkatan mendadak masalah dengan ubah bentuk ('Rutting') pada bulan-bulan Musim Panas dan Keretakan (Termal, Reflektif, dan Beban yang berkaitan) semasa cuaca sejuk di jalan asfalt. • Lalu lintas yang padat, berat muatan tinggi dan keadaan iklim tropika basah akan merosakkan jalan raya walaupun trotoar ini masih dalam perkhidmatan menyebabkan perbelanjaan besar untuk penyelenggaraan kerana kesesakan permukaan jalan. • Peningkatan pesat dalam jumlah kenderaan berat ditambah dengan peningkatan berat gandar yang dibenarkan yang membawa kepada kegagalan turapan fleksibel pramatang.	• Lundstrom <i>et al.</i>, (2004) • Colin s Ruggles <i>et al.</i>, (2014) • Zainal dan Rosli <i>et al.</i>, (2018) • Suleiman Abdulrahman <i>et al.</i>, (2020)
2	Faktor Cuaca Semasa	• Pada suhu rendah, aspal mengubah sifatnya menjadi pepejal keras dan kaku	• Peralta <i>et al.</i>, (2014)

menyebabkan kerapuhan dan menyebabkan kegagalan retak.	• Abdulnaser <i>et al.</i> , (2014)
• Turapan asphalt secara konvensional mempunyai batasan tertentu bahawa ia retak pada suhu tinggi dan melembutkan pada suhu rendah.	• Colin s Ruggles <i>et al.</i> , (2014)
• Pada suhu rendah bitumen membeku dan menjadi sangat kaku sehingga akan retak di bawah tekanan.	• Zainal dan Rosli <i>et al.</i> , (2018)
• Menunjukkan keterbatasan suhu, melembut ketika suhu tinggi dan retak ketika suhu rendah menyebabkan pengoksidaan aspal kerana proses penuaan.	• Suleiman Abdulrahman <i>et al.</i> , (2020)
• Menunjukkan kerentanan terhadap suhu melalui pelembutan pada suhu tinggi dan keretakan pada suhu rendah.	

4.4 Langkah-Langkah Meningkatkan Penggunaan Getah Dalam Pembinaan Jalan Raya

Penggunaan getah bukan sahaja dapat meningkatkan kualiti struktur jalan raya yang dibina, malahan dapat memberi manfaat kepada sektor industri getah dan juga dapat meningkatkan ekonomi bagi pekebun getah. Bagi meningkatkan penggunaan getah dalam campuran asfalt untuk pembinaan jalan raya, langkah-langkah dan saranan oleh beberapa pihak harus dijalankan. Jadual 4 menunjukkan langkah-langkah bagi meningkatkan penggunaan getah dalam pembinaan jalan raya.

Jadual 4: Langkah-langkah meningkatkan penggunaan getah

Bil.	Langkah-Langkah	Huraian
1.	Menggalakkan kerajaan untuk menggunakan kaedah CMA	• Mempertingkatkan penggunaan getah asli berbanding getah sintetik • Dapat mempertingkatkan ekonomi industri getah di Malaysia. • Membuka lebih banyak peluang pekerjaan kepada 440, 000 pekebun getah • Dapat meningkatkan kualiti jalan raya dalam negara
2.	Mengawal harga pasaran getah di Malaysia	• Memperlihatkan pasaran harga minyak sawit dan juga getah asli • Meningkatkan harga getah sekiranya permintaan getah terhadap kaedah CMA meningkat • Meningkatkan pendapatan pekebun getah
3.	Menggalakkan kontraktor bumiputera menggunakan CMA	• Kontraktor ketika ini lebih memilih kaedah konvensional berbanding CMA • Kaedah konvensional menggunakan kos yang lebih murah dan mudah mendapatkan bahan • Menghasilkan kualiti jalan yang kurang baik untuk tempoh jangka panjang • Penyelenggaraan berkala jika menggunakan kaedah konvensional. • Penggunaan CMA dapat meningkatkan kualiti jangka panjang dan menjimatkan kos penyelenggaraan berkala
4.	Memberi tumpuan pada penyelidikan dan pembangunan	• Menumpukan penyelidikannya kepada getah beku memandangkan kira-kira 90 peratus getah yang dihasilkan di Malaysia adalah getah beku. • Membantu pekebun kecil getah dalam pengeluaran getah beku dengan mencari inovasi baharu.

-
- Telah berjaya menarik perhatian negara-negara jiran dalam penyelidikan yang dijalankan
-

4.4 Perbincangan

Berdasarkan objektif pertama kajian ini iaitu potensi penggunaan getah dalam pembinaan jalan raya, didapati bahawa pembinaan jalan raya lestari pada masa kini ditingkatkan melalui teknologi hijau dan pendekatan terbaik adalah dengan mempertimbangkan sumber semula jadi yang boleh diperbaharui dalam pengubahsuaian atau penggantian pengikat. Bitumen yang diubahsuai dengan getah asli didapati dapat meningkatkan ketahanan keletihan, suhu dan kestabilan kelembapan turapan fleksibel dengan menebalkan bitumen sehingga meningkatkan ketahanan dari rekahan. Ia juga mengurangkan keretakan suhu rendah pengikat melalui penyerapan tekanan. Selanjutnya, getah memberikan kohesi dan lekatan bitumen yang lebih baik dengan agregat dan meningkatkan pemulihan elastik pengikat asfalt. Kesannya, permukaan jalan menjadi lebih tahan lama dan bebas daripada masalah. Getah asli mempunyai kekuatan gel basah yang tinggi; ia mempunyai kos yang rendah dan mempunyai sifat fizikal yang sangat baik.

Bagi objektif kedua pula adalah keberkesanan penggunaan getah dalam pembinaan jalan. Pengkaji mendapati bahawa lateks getah asli mempunyai rekod prestasi yang terbukti sebagai pengubah polimer yang berkesan untuk bitumen dalam pembinaan jalan raya yang diperoleh di UK, EU, Amerika Syarikat dan Asia selama 40-50 tahun yang lalu. Walau bagaimanapun, penggunaan berterusan diancam oleh polimer sintetik yang telah banyak melabur dalam pembangunan, promosi dan pemasaran alternatif yang sering kurang mesra alam dan lebih mahal. Perkembangan teknik makmal baru untuk penilaian juga telah memberi peluang kepada polimer baru ini untuk menunjukkan perbezaan yang tidak semestinya sama dengan peningkatan prestasi di lapangan.

Objektif yang ketiga adalah langkah-langkah meningkatkan penggunaan getah dalam pembinaan jalan raya dimana pengkaji mendapati bahawa pihak kerajaan harus memastikan penggunaan getah dalam pembinaan jalan raya dapat dipertingkatkan penggunaannya samada dalam negara mahupun di luar negara. Penggunaan teknologi ini bukan sahaja dapat meningkatkan kualiti permukaan jalan raya pada jangka masa panjang malahan dapat meningkatkan ekonomi dalam industri getah.

Cadangan bagi kajian lanjutan ini dilakukan agar dapat memberikan idea kepada kajian yang akan diteruskan lagi pada masa akan datang. Diharapkan kajian ini akan diteruskan lagi untuk memberikan lebih manfaat kepada pengguna jalan raya agar lebih selesa menggunakannya. Antara cadangan kajian lanjutan adalah seperti mengadakan pemantauan pada kawasan-kawasan yang sering berlaku kerosakan jalan di Malaysia, cadangan penggunaan bahan-bahan yang lebih bermutu dan tahan. Dan penggunaan kaedah yang lebih efektif dalam penyelenggaraan jalan raya.

5. Kesimpulan

Daripada kajian yang dijalankan didapati ketiga-tiga objektif kajian tercapai. Dengan kajian yang telah dijalankan ini diharap dapat membantu pihak yang berkaitan bagi mengatasi masalah struktur jalan raya di Malaysia serta dapat menjamin keselesaan pengguna jalan raya agar jalan tersebut selamat digunakan. Daripada kajian ini juga diharap dapat memberi ruang kepada kajian akan datang dengan mengkaji secara mendalam tentang kelebihan penggunaan getah asli pada masa akan datang.

Penghargaan

Penulis ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada pihak Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Universiti Tun Hussien Onn Malaysia di atas segala sokongan yang diberi.

Rujukan

- Abdulnaser Al-Sabaei, N. I. (2019). A Review of Using Natural Rubber In The Modification of Bitumen And Asphalt Mictures Used for Road Construction. *Journal Technology (Sciences & Engeneering)* 81:6, 81-88.
- Abu Bakar bin Yang. (2007). Artikel Air dan Pembangunan.
- Airey G D. (2002). *Constr. Build. Mater.* 16, 473–87 .
- Al-ani, T. M. (2009). Modification of Asphalt Mixture Performance by Rubber-Silicone Additive. *Anbar journal of Engineering Sciences*, 71.
- Al-Mansob, R. A., Ismail, A., Alduri, A. N., Azhari, C. H., Karim, M. R., & Yusoff, N. I. M. . (2014). Physical and rheological properties of epoxidized natural rubber modified bitumens. *Construction and Building Materials*, 63 , 242-248.
- Australia, B. B. (2012). Product and Applications - Types of bitumen . Retrieved from <http://www.bpbbitumen.com>
- Billiter, T. C., Davison, R. R., Glover, C. J., & Bullin, J. A. (1997). Physical properties of asphalt-rubber binder. *Petroleum Science and Technology*, 15(3-4), 205-236.
- Brian Balwin, Onuma Carmody and Terry Collins. (2004). Degradation of Asphalt Due to Diesel Spills on Roads. Retrieved from American Pavement Association.
- Chen, J. (2018, May 20). Bitumen. Retrieved from Investopedia: <https://www.investopedia.com/terms/b/bitumen.asp>
- Chen, X., & Huang, B. (2008). Evaluation of moisture damage in hot mix asphalt using simple performance and superpave indirect tensile tests. *Construction and Building Materials*, 22(9), 1950-1962.
- Critical Path Method. (2013, November). Retrieved from Tutorials Point: https://www.tutorialspoint.com/management_concepts/pdf/critical_path_method.pdf
- Critical Path Method. (2014). *Pediapress*, 1-2.
- D. Vasavi S., & Dr. K. Durga, R. . (2014). Effect of Natural Rubber on The Properties of Bitumen and Bituminous Mixes. *International Journal of Engineering and Technology (IJCIET)*, 5(10), 9-21.
- Degwekar, D. J. (2013). Critical Path Method & Its Significance In Project Management. *JARO EDUCATION*, 5-6.
- Franta I and Ducháček V . (1989). *Stud. Polym. Sci.* 1. 31-64.
- Fernando, M. J., & Nadarajah, M. . (1969). Use of natural rubber latex in road construction. *Rubber Res Inst Malaya J.*
- Francken, L. (Ed.). (2004). *Bituminous binders and mixes (Vol. 17).*, CRC Press.
- Gent, A. N. (2016, May 23). Rubber . Retrieved from *Encyclopaedia Britannia*: <https://www.britannica.com/science/rubber-chemical-compound>
- Grummoorthy, T. A. (2013). Improving The Ductility and Elastic Recovery of Bitumen-Natural Rubber Latex Blend. *UniTAR*, 22-28.
- Hanafee, A. (2006). Sektor Pertanian. Retrieved from Kuala Lumpur : Penerbitan Hartamas.
- Hays, J. (2008). Rubber In Malaysia. Retrieved from Facts And Details: http://factsanddetails.com/southeast-asia/Malaysia/sub5_4e/entry-3702.html
- IKRAM Interim. (1993). A Guide to Evaluation and Rehabilitation of Flexible Road Pavement.
- Jabatan Bekalan Air. (2015). *Latar Belakang Air Malaysia*.
- Jabatan Kerja Raya. (1992). A Guide to Visual Assessment of Flexible Pavement Surface Conditions.
- Jabatan Kerja Raya. (n.d.). *Arahan Teknik (Jalan) 2A/8A, Manual of Traffic Control Device*.
- Jaffry Zakaria, Nor Azlina Hasbullah. (2016). *Pelancongan Rekreasi Berasaskan Cabaran Dan Biodiversiti: Isu Dan Konflik. Adventure Tourism*.
- Jones, G. (2004). *People and Environment*. Englang, Person education limited.
- Junainah Tarmidi. (1993). *Pengajian Kejuruteraan Awam Tingkatan 5*. Retrieved from Kementerian Pendidikan Malaysia.
- Khair Mohd. Yusof. (1988). *Nota Panduan Politeknik*, Kementerian Pelajaran Malaysia. Kejuruteraan Jalanraya.
- Kintali Sai Nanda Kishore, A. G. (2015, July). A Study on Effect of Addition of Natural Rubber on the Properties of Bitumen & Bituminous Mixes. *International Journal of Science Technology & Engineering*, Vol. 2, Issue 01.
- Krishnapriya M., G. . (2015). Performance Evaluation of Natural Rubber Modified Bituminous Mixes. *International Journal of Civil, Structural, Environmental and Infrastructure Engineering Research and Development (IJCSEIERD)*, 5(1), 121-134.
- Lundstrom, R., Di Benedetto, H., & Isacson, U. (2004). Influence of asphalt mixture stiffness on fatigue failure. *Journal of materials in civil engineering*, 16(6), 516-525.
- Mason, P. (2003). *Tourism Impacts, Planning and Management*. Great Britain, Biddles Ltd.

- Meor Othman Hamzah, A. H. (2001). Rekabentuk Jalanraya Untuk Jurutera. Retrieved from Kuala Lumpur : Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Mohamed Farid Noh, B. K. (2018, February 11). Jalan guna campuran getah asli, manfaatkan pekebun kecil. Retrieved from Berita Harian Online: <https://www.bharian.com.my/berita/nasional/2018/02/387275/jalan-guna-campuran-getah-asli-manfaatkan-pekebun-kecil>
- Nopparat, V., Jaratsri, P., & Nuchanat, N. (2012). Modification of asphalt cement by natural rubber for pavement construction. Rubber Thai. J. 1, 32–39 . Journal home page: www.rubberthai.com.
- Norfazira Mohd Azahar, R. P. (2016). An Overview on Natural Rubber Application for Asphalt Modification. International Journal of Agriculture, Forestry and Plantation, Vol. 2.
- Norfazira Mohd Azhar et al., (2019). Engeneering Properties of Asphalt Binder Modified With Cup Lump Rubber. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 220.
- Nur Syafikah Ismail & Hendrik Lamsali. (2016). Recycling Awareness Among Universiti Utara Malaysia. School of Technology Management and Logistics, 1257-1264.
- Pang Li Li, Loh Fu Wei, Lee Kar Sing, Woh Mei Kuk & Kamaruddin Radzuan. (2016). STML Student's Perception On 3R Program In UUM . School of Technology Management and Logistics, 934-939.
- Peralta, J., Silva, H. M., Hilliou, L., Machado, A. V., Pais, J., & Williams, R. C. (2012). Mutual changes in bitumen and rubber related to the production of asphalt rubber binders. Construction and Building Materials, 36, 557-565.
- Polacco, G., Berlincioni, S., Biondi, D., Stastna, J., & Zanzotto, L. (2005). Asphalt modification with different polyethylenebased polymers. European Polymer Journal, 41(12), 2831-2844.
- Robinson, H. (2005). Polymers in asphalt (Vo.15, No. 11), iSmithers Rapra Publishing.
- Rodriguez, J. (2019, January 14). Three Hot Mix Asphalt Types. Retrieved from The Balance Small Business: <https://www.thebalancesmb.com/hot-mix-asphalt-types-844575>
- Rosmidzatul Azila. (2007, September 14). Biodiversiti dan Peranannya Terhadap Keseimbangan Alam Sekitar. Retrieved from Institut Kefahaman Islam Malaysia: <http://www.ikim.gov.my/index.php/2007/09/14/biodiversiti-dan-peranannya-terhadap-keseimbangan-alam-sekitar/>
- Ruggles, M. C. (2015). The Effecient Use of Environmentally-Friendly Natural rubber Latex in Road Construction-Past, Present and The Future. Retrieved from www.revertex.com.my
- Said. (2017). Method for Preparing Coagulated latex and Cup Lump Rubber Based Modified Bitumen. Jurnal Internasional Search Report, 21(3):1-15.
- Shaffie, E., Ahmad, J., Arshad, A. K., Kamarun, D., & Kamaruddin, F. . (2015). Stripping Performance and Volumetric Properties Evaluation of Hot Mix Asphalt (HMA) Mix Design Using Natural Rubber Latex Polymer Modified Binder (NRMB). InCIEC 2014, 873-884.
- Smith, W. (2018, March). Hot Mix Asphalt Pavement. Retrieved from Industrial Resources Council: <http://www.industrialresourcescouncil.org/Applications/HotMixAsphaltPavement/tabid/378/Default.aspx>
- Speight, J. (1999). The chemistry and technology of petroleum. 3rd ed. New York : Marcell Dekker.
- Suaryana, N. dan Sofyan, T.S. (2019, March). Performance Evaluation Of Hot Mixture Asphalt Using Concentrated Rubber Latex, Rubber Compound and Synthtic Polymer as Modifier. Civil Engerneering Dimension, Vol. 21, No. 1, 36-42.
- Tuntiworawit N, Lavansiri D and Phromsorn C. (2005). Proc. East. Asia Soc. Transp. Stud. 5, 79-94.
- Tuntiworawit, N., Lavansiri, D., Phromsorn, C., & Engineer, C. (2005). The modification of asphalt with natural rubber latex. In Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies (Vol. 5), 679-694.
- Turner, T. a. (1997). DSC studies of asphalts and asphalts components. In: Usmani, A.M. (eds). Asphalt Science and Technology, 59-101.
- Varkey Jy T, Rao S S and Thomas S. (1996). Polym. Plast. Technol. Eng. 35, 1–11 .
- Yusmarwati Yusof, Nur Syazwan Mohd Solhi. (2014). Kesan Pembangunan Jalan raya Terhadap Pembelajaran Pelajar dari Aspek Keselamatan. 8th MUCET, 2-5.
- Zainal Othman, M. R. (2018). Cuplump Modified Asphalt Mixture Along Jalan Kuala Lumpur-kuantan, daerah Temerloh, Pahang. MATEC Web of Conferences 250.