

Campuran Tanah dengan Sisa *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) sebagai Bahu Jalan Di Gebeng, Kuantan Pahang

Rozalina Ab Rashid^{1*}, Nik Nor Asima Ariffin¹

¹Department of Civil Engineering, Politeknik Sultan Haji Ahmad Shah, 25350 Kuantan, Pahang

*Corresponding author E-mail: rozalinarashid@polisas.edu.my

Abstrak

Penggunaan bitumen segar dan agregat dalam pembinaan turapan dan pemulihan boleh dikurangkan dengan menggunakan semula *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP). RAP adalah bahan sisa yang dihasilkan dari permukaan turapan lama atau yang telah rosak. Inovasi RAP telah diamalkan sejak tahun 1970-an dan beberapa cadangan daripada sebilangan penyelidik telah menemui penggunaan RAP dalam campuran tertentu diperkenalkan. Dengan menggunakan bahan RAP ini ianya akan menjimatkan kos dan menjadi bahan kitar semula. Kajian ini adalah merupakan kajian untuk menentukan campuran yang sesuai dengan tanah yang ada dengan RAP untuk bahu jalan di Bukit Goh, Kuantan. Daripada penyelidikan sebelum ini, tanah jika dicampurkan dengan bahan-bahan lain akan meningkatkan hasil dapatan. Dalam kajian ini, terdapat beberapa objektif yang akan dilaksanakan untuk menentukan campuran yang sesuai diantara tanah asal dan RAP. Untuk menentukan kandungan lembapan optimum serta tahap pemadatan untuk bahu jalan. Untuk menentukan campuran kadar campuran yang optimum tanah dan RAP bawah ujian California Bearing Ratio (CBR) untuk bahu jalan. Sampel tanah dan RAP diujian di makmal dengan menggunakan *sieve analysis*. Ujian pemadatan untuk tanah dan ujian CBR untuk mendapatkan kekuatan campuran berdasarkan peratus nisbah 10S, 2S8RAP, 5S5RAP, 8S2RAP dan 10RAP.

Kata Kunci: reclaimed asphalt pavement (RAP); tanah asal; ujian pemadatan; ujian CBR; peratus nisbah campuran

1.0 PENGENALAN

Setiap jalan atau lebuhraya memerlukan bahu jalan, ia juga merupakan satu kemudahan tambahan bagi jalan atau lebuhraya. Bahu jalan merupakan kawasan rizab jalan di tepi sesebuah jalan raya atau lebuhraya (Road Shoulder, 2008). Secara amnya ia kosongkan daripada sebarang jenis kenderaan, namun demikian sekiranya berlaku kecemasan ataupun kerosakan kenderaan, pemandu boleh beralih ke bahu jalan untuk keluar daripada aliran trafik dengan selamat. Bahu jalan juga berguna sebagai langkah mengelak kemalangan jalan raya dengan menyediakan ruang untuk pemandu beralih ke tepi sekiranya kenderaan dari arah hadapan gagal beralih ke lorong sepatutnya akibat hilang kawalan. Kenderaan kecemasan seperti ambulans dan kereta polis juga boleh menggunakan bahu jalan bagi mengelakan kesesakan di laluan utama. Oleh yang demikian, bahu jalan juga turut dikenali sebagai lorong kecemasan.

Ketika ini, sering didapati bahu jalan yang dibina akan mudah rosak yang mana antara puncanya ialah kualiti bahan yang rendah. Kualiti bahan yang rendah ini maksudkan penggunaan bahu jalan yang tidak berturap di kawasan jalan atau lebuhraya yang tidak sepatutnya. Ini kerana untuk menjimatkan perbelanjaan pembinaan bahu jalan tersebut, tetapi bahu jalan yang tidak sesuai juga akan menjejaskan jalan raya dan akan memerlukan kos yang tinggi juga untuk menyelenggara jalan tersebut (Ossa et al., 2016).

Kos pembinaan bahu jalan ini dapat dijimatkan dengan menggunakan bahan kitar semula sebagai bahan pengikat. Sedangkan jalan raya yang menanggung beban yang tinggi mampu menggunakan bahan mesra alam, apatah lagi bahu jalan yang tidak akan menanggung beban sebanyak jalan raya.

1.2 Penyataan Masalah

Turapan direka khusus untuk menampung beban yang diharapkan sepanjang hayat reka bentuk jalan. Jenis pelantar berbeza dari turapan yang fleksibel melalui turapan konkrit separa tegar kepada konkrit. Selepas beberapa tahun perkhidmatan, turapan akan merosot dan kerosakan permukaan akan berlaku. Untuk mengatasi keadaan ini, pemulihan dan penyelenggaraan dapat memperlambat kemerosotan turapan tetapi tidak dapat menghentikannya (Poulikakos *et al.*, 2014). Kitar semula bahan turapan bitumen didapati sebagai kaedah terbaik untuk meminimumkan penggunaan sumber semula jadi dan menyelesaikan masalah pembuangan bahan.

Pada masa kini, Jabatan Kerja Raya, Malaysia telah mengeluarkan berita tentang kerosakan yang berlaku di jalan-jalan tempatan terutama bahu jalan di kawasan luar bandar. Sebab-sebab berlakunya kemerosotan dapat dilihat oleh lapisan kekuatan dan ketebalan, reka bentuk campuran, perubahan beban lalu lintas, dll. (Behiry, 2013). Di samping itu, masalah pelupusan dari perindustrian semakin meningkat dengan kuantiti bahan sisa yang dibuat.

1.3 Objektif Kajian

Tujuan kajian ini adalah untuk menentukan campuran bituminus yang berikut:

- i. Mengetahui pasti saiz-saiz zarah yang ada dalam tanah asal dan RAP.
- ii. Untuk menentukan nisbah campuran yang optimum antara tanah asal dan RAP di bawah ujian California Bearing Ratio (CBR) untuk bahu jalan.

2.0 KEPENTINGAN KAJIAN

Kajian penting ini adalah untuk memberi tumpuan lebih kepada menggunakan turapan asfalt (RAP) yang telah direkabentuk sebagai bahan untuk bahu jalan raya dan juga keupayaan RAP yang signifikan untuk meningkatkan sifatnya.

Selain itu, kajian ini juga menyediakan data yang boleh dipercayai dari kerja eksperimen kerana kajian yang lebih sedikit dijalankan di RAP untuk bahu jalan. Maklumat dan data dari kajian ini boleh digunakan untuk masa depan dan mungkin membantu penyelidik lain untuk menubuhkan keperluan dan spesifikasi pada pembinaan bahu jalan.

Kajian ini menfokuskan penstabilan tanah dengan mencampurkan sisa RAP sebagai agen penstabil untuk bahu jalan di kawasan kajian. Tujuan kajian adalah untuk menambahbaik sifat tanah asal dengan mencampurkan RAP mengikut nisbah campuran yang sesuai. Kajian ini menfokuskan penstabilan tanah dengan mencampurkan sisa RAP sebagai agen penstabil untuk bahu jalan di kawasan kajian. Tujuan kajian adalah untuk menambahbaik sifat tanah asal dengan mencampurkan RAP mengikut nisbah campuran yang sesuai.

3.0 METODOLOGI

Bahan yang dicadangkan yang akan digunakan dalam kajian ini adalah tanah dan RAP. Dalam Peringkat I kajian ini, tanah dan RAP diuji secara berasingan. Tanah dan RAP diuji dalam analisis ayak untuk menentukan had limit saiz butiran yang digunakan. Setelah mendapatkan ciri-ciri sampel, Peringkat II adalah untuk menentukan kandungan lembapan tanah dengan melakukan ujian pepadatan. Seterusnya ujian CBR dijalankan untuk mencari nisbah campuran yang sesuai dengan tanah yang dicadangkan. Jadual 1 menunjukkan nisbah campuran dan label yang digunakan dalam kajian ini.

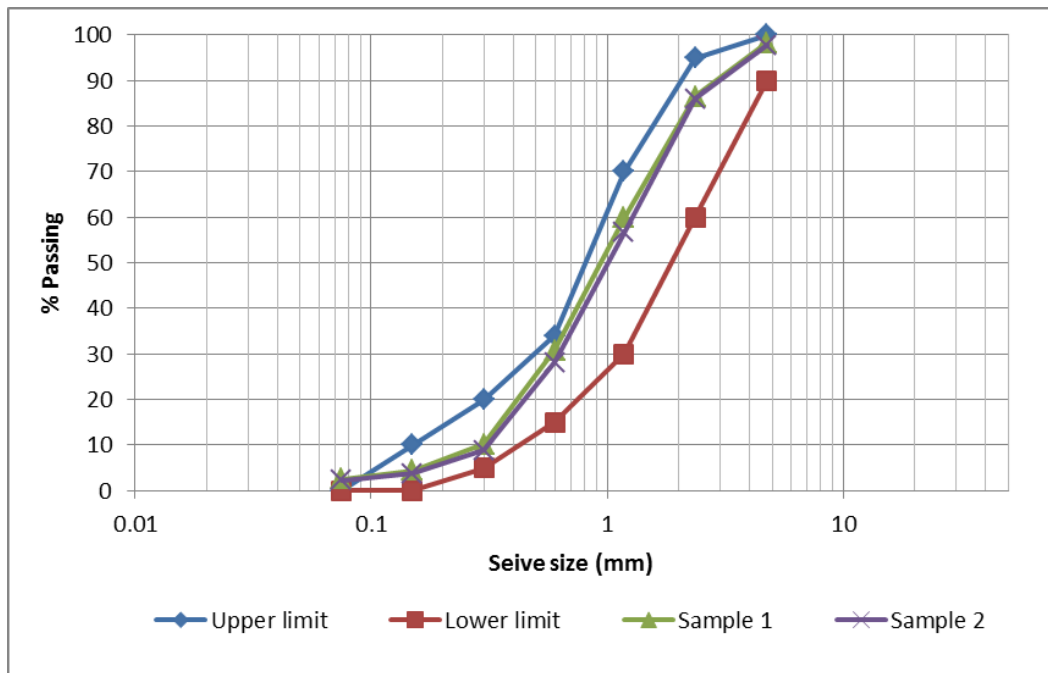
Jadual 1: Sampel campuran

Jenis Sampel	Penerangan
10S	100% Tanah
8S2RAP	80% Tanah + 20% RAP
5S5RAP	50% Tanah + 50% RAP
2S8RAP	20% Tanah + 80% RAP
10RAP	100% RAP

4.0 DAPATAN DAN ANALISIS

4.1 Analisis Ayak Untuk Tanah

Ujian sifat tanah dilakukan pada sampel tanah yang dikumpulkan di sepanjang jalan Gebeng mengikut prosedur BS1377 Bahagian 2, (1990). Rajah 1 dan Jadual 2 menunjukkan hasil analisis ayak tanah di mana dua sampel tanah diuji.



Rajah 1: Analisis ayak tanah

Jadual 2 menunjukkan pengagihan saiz zarah untuk sampel 2 tanah yang diuji. Nilai maksimum saiz zarah yang dikekalkan untuk tanah adalah pada ukuran ayakan 1,18 mm yang mengandungi 29% yang tertahan.

Daripada analisis ayakan tanah di kawasan dua sample tanah telah di sediakan. Hasil ayakan menunjukkan saiz zarah tanah Gebeng adalah pasir kasar kerana peratus tanah banyak tertahan pada saiz ayak 0.6-2.0 mm iaitu sebanyak 58% bermakna separuh daripada sample tertahan pada saiz ayak tersebut. Cu bagi tanah ialah 4 dan Cc adalah 1.67. Jika $Cu > 4$, $1 < Cc < 3$ maka tanah ini adalah *well graded gravel*. Berdasarkan lengkung tanah menunjukkan masih lagi dalam had limit.

Jadual 2: Analisis ayak tanah sampel 2

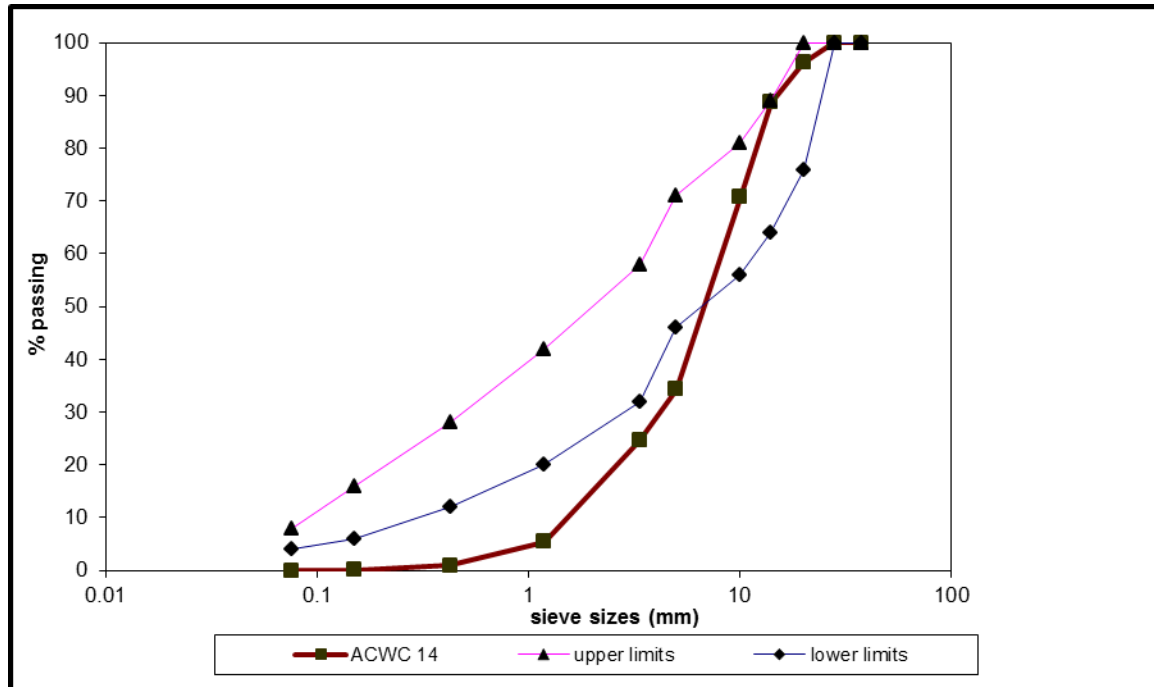
BS sieve size	Weight retained (g)	% Retained	Cum. % Retained
4.75 mm	11.5	2.3	2.3
2.36 mm	58.5	11.7	14.0
1.18 mm	146.8	29.4	43.1
600 μ m	142.9	28.6	72.0
300 μ m	96.1	19.2	91.2
212 μ m	18.5	3.7	94.9
150 μ m	6.8	1.3	96.2
75 μ m	.9	.6	97.8
Total	500	100.0	

4.2 Analisis Ayak Asphalt Tebusguna (RAP)

Ciri - ciri yang terdapat pada RAP dipengaruhi oleh prestasi hasil daripada campuran yang ditebusguna iaitu kekakuan (*stiffness*) pengikat atau bitumen. Bitumen yang terdapat pada RAP adalah lebih likat dan mempunyai nilai penusukan yang rendah berbanding bitumen segar akibat penuaan. Peratusan RAP yang terkandung dalam *asphalt wearing course* biasanya 4.5% hingga 6%. Kandungan asphalt yang terdapat dalam RAP mempunyai kadar penusukan yang rendah dan kelikatan yang tinggi bergantung kepada tempoh perkhidmatan turapan (Epps et al, 1978).

Perubahan ciri-ciri pengikat kebiasaannya dipengaruhi oleh faktor seperti berapa lama turapan tersebut di dalam servis, kandungan udara dan tahap kerosakan kelembapan yang terdapat pada turapan berasfalt original. Perubahan ciri-ciri pengikat meningkat sekiranya kesemua faktor tersebut meningkat.

Rajah 2 dan Jadual 3 menunjukkan hasil analisis ayak untuk sisa RAP yang tidak digunakan hasil daripada milling yang dibuat akibat daripada kemerosotan jalan raya. Daripada analisis ayakan untuk RAP didapati nilai maksimum saiz zarah yang dikekalkan untuk tanah adalah pada ukuran ayakan 5 mm yang mengandungi 36% yang tertahan. Ini menunjukkan saiz butiran RAP yang telah mengalami proses kitar semula mempunyai pelbagai saiz.



Rajah 2: Analisis ayak RAP

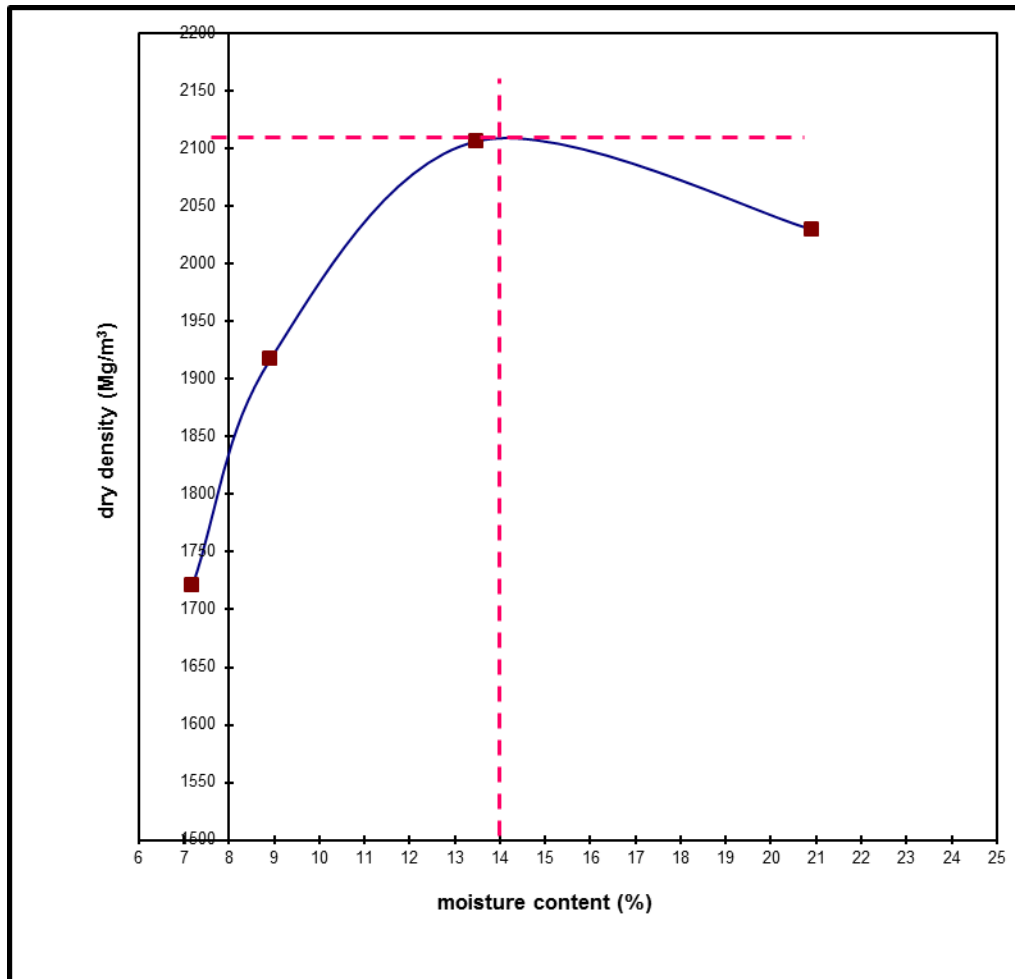
Jadual 3: Analisis ayak RAP

SIEVE ANALYSIS RAP					
BS Sieve	weight retained (g)	% retained	% passing	% spec. limits	
				lower limits	upper limits
37.5 mm	0.0	0.0	100.0	100	100
28.0 mm	0.0	0.0	100.0	100	100
20.0 mm	57.1	3.8	96.2	76	100
14.0 mm	112.0	7.5	88.7	64	89
10.0 mm	270.6	18.0	70.7	56	81
5.0 mm	545.7	36.4	34.3	46	71
3.35 mm	144.8	9.7	24.6	32	58
1.18 mm	288.5	19.2	5.4	20	42
425 um	67.9	4.5	0.9	12	28
150 um	11.7	0.8	0.1	6	16
75 um	1.7	0.1	0.0	4	8
Total	1500.0				

4.3 Ujian Pemadatan Untuk Tanah

Ujian pemadatan adalah proses dimana zarah pepejal dibungkus dengan lebih dekat dengan cara mekanikal, sehingga meningkatkan ketumpatan kering bahan. Kaedah penentuan ketumpatan kering apabila bahan yang stabil dipadatkan dengan cara yang dinyatakan di atas pelbagai kandungan lembapan. Julat ini termasuk Kandungan Lembapan Optimum (OMC) yang mana Ketumpatan Kering Maksimum (MDD) untuk tahap pemadatan ini diperolehi. Objektif ujian pemadatan tanah dilakukan bagi tujuan mencari peratusan air yang bersesuaian digunakan dalam campuran tanah semasa ujian CBR.

Graf pemadatan ditunjukkan dalam Rajah 3, ianya ditentukan menggunakan Modified Proctor. Nilai kepadatan kering maksimum (MDD) dan kandungan lembapan optimum (OMC) untuk tanah 100% diringkaskan dalam Jadual 4. MDD tanah 100% adalah 2106.43 dan OMC adalah 13.48%.



Rajah 3: Ujian pepadatan

Jadual 4: Rumusan ujian mampatan tanah

Peratus air	MDD (Kg/m ³)	OMC (%)
6%	1721.06	7.19
10%	1916.31	8.92
14%	2106.43	13.48
22%	2030.02	20.90

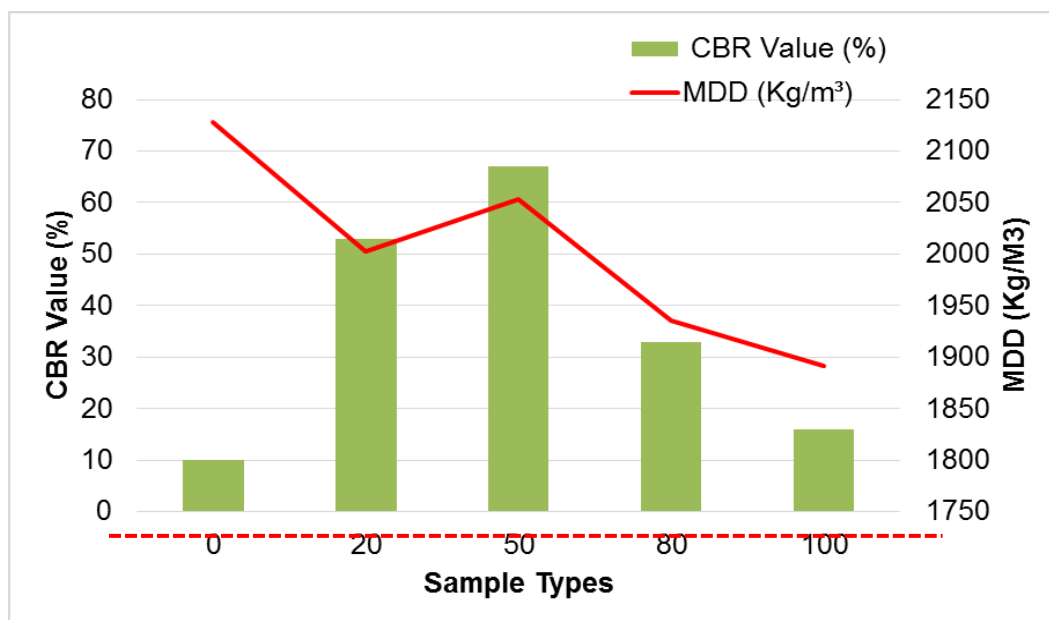
4.4 Ujian California Bearing Ratio (CBR)

CBR dijalankan dengan beban ujian penembusan di makmal untuk tanah dan RAP. Ujian CBR adalah ujian penembusan yang bertujuan untuk menilai kekuatan tanah dan RAP untuk mencapai keperluan bahu jalan. Keputusan yang diperolehi oleh ujian ini digunakan bersama dengan lengkung empirikal untuk menentukan keupayaan galas tanah dan RAP dan membandingkan kekuatan standard dari BS 1377 bahagian 4 1990 ujian CBR.

Rajah 4 menunjukkan keputusan campuran tanah dan RAP. Hasilnya menunjukkan keputusan nilai CBR, MDD dan OMC berdasarkan campuran 14% air dari jisim tanah pada setiap campuran. Menurut Arahan Teknik Jalan Pindaan (2013) reka bentuk turapan fleksibel untuk subgrade, bahan yang mempunyai nilai 5% CBR dianggap sebagai bahan yang boleh digunakan untuk pembinaan bahu jalan. Ini bermakna sisa RAP sahaja mempunyai kekuatan yang cukup untuk campuran reka bentuk bahu jalan. Sisa RAP boleh menggantikan tanah sebagai bahu jalan. Tanah hari ini sukar dicari dan mesti diimport dari luar. Tanah dalam kajian ini juga baik dalam nilai CBR sebanyak 10%. Kandungan sisa RAP 100% dengan nilai CBR 16%. Secara keseluruhan, keputusan nilai CBR yang diperolehi untuk peratusan kandungan sisa RAP boleh digunakan sebagai bahu jalan.

Hasil kajian menunjukkan bahawa semua campuran peratusan sisa RAP yang digunakan dalam kajian ini boleh digunakan sebagai pengganti bahu jalan. Nilai CBR untuk bahu jalan sebagai bahan penghancur menjalankan bahan keperluan CBR bernilai 80% keperluan minimum sebagai jalan raya mengikut JKR / SPJ / 2008. Dalam kes ini, reka bentuk untuk bahu jalan untuk memuatkan trafik tidak lebih daripada 20% untuk kes kecemasan sebagai lorong berhenti untuk kenderaan itu ke manuever di tepi jalan. Ia boleh dipertimbangkan sehingga nilai tahap struktur untuk keperluan minimum 80% oleh piawaian JKR.

Nilai tertinggi CBR adalah pada 5S5RAP manakala nilai terendah CBR ialah 10S. Ini menunjukkan tanah 100% kuat dengan nilai CBR adalah 10% manakala dengan RAP 100%, nilai CBR adalah 16%. Hasil campuran ini memberikan nilai CBR yang lagi tinggi. Jadi RAP boleh digunakan sebagai bahan campuran untuk membuat pembinaan bahu jalan.



Rajah 4: Hubungan antara CBR dan MDD

Jadual 5: Rumusan keputusan ujian CBR

Sample No	CBR Parameter		
	CBR Value (%)	MDD (Kg/m ³)	OMC (%)
10S	10	2128.5	14.17
8S2RAP	53	2003	10.10
5S5RAP	67	2053	8.02
2S8RAP	33	1935	2.17
10RAP	16	1892	0.73

5.0 KESIMPULAN DAN CADANGAN

Kajian ini dijalankan untuk mengkaji nisbah campuran yang sesuai di antara tanah asal dan juga turapan Asphalt tebusguna (RAP). Hasil dapatan yang pertama mendapati saiz-saiz zarah tanah masih dalam limit yang dibenarkan. Manakala untuk RAP saiz zarah yang diperolehi daripada hasil ayakan, mendapati ada yang terkeluar dari limit. Ini menunjukkan perubahan saiz akibat daripada proses milling. Hasil campuran yang pelbagai saiz ini akan memberikan ikatan yang baik dimana dua bahan ini akan saling memenuhi antara satu sama lain.

Hasil keputusan ini, ujikaji yang dijalankan didapati semua campuran adalah melebihi 5% nilai CBR yang sesuai untuk digunakan sebagai bahu jalan di Gebeng. Campuran 5S5RAP adalah merupakan campuran yang paling tinggi nilai CBR iaitu 67%.

Faktor kebolehtelapan air antara tanah bercampur dengan RAP tidak memberikan ikatan yang kuat. Kajian ini perlu dilihat dari segi kebolehtelapan air. Bahan tambahan lain yang boleh dicampurkan dengan tanah dan RAP untuk menghasilkan kekuatan terikat yang lebih tinggi harus dikaji semula. Keputusan kajian ini mendapati bahawa OMC untuk RAP ini adalah 0%. Oleh itu, kajian seterusnya perlu dilakukan supaya RAP menjadi sebagai lapisan saluran kerana RAP sebagai faktor fizikal yang bertetulang bitumen yang bersalut.

Menurut Edil et al. (2012), RAP menunjukkan keupayaan terbaik untuk mengalirkan air apabila berkaitan dengan agregat kitar semula dan semula jadi yang lain. Menurut Hoppe et al. (2015), RAP boleh diramal untuk menyalurkan saluran bawah tanah yang tidak mencukupi kerana sama dengan bahan hidrofilik yang memerlukan saiz liang yang sama.

6.0 RUJUKAN

- Arulrajah, A., Piratheepan, J., and Disfani, M. M. (2014). Reclaimed Asphalt Pavement and Recycled Concrete Aggregate Blends in Pavement Subbases: Laboratory and Field Evaluation. *Journal of Materials in Civil Engineering/ American Society of Civil Engineers*.
- Asphalt Recycling and Reclaiming Association*. (2001). *Federal Highway Administration* (Vol. 53).
- Behiry, A.E.A.E.M. (2013). Evaluation of Steel Slag and Crushed Limestone Mixtures as Subbase Material in Flexible Pavement. *Ain Shams Engineering Journal*, 4(1), 43–53.
- Edil, T. B., Tinjum, J. M., and Benson, C. H. (2012). Recycled Unbound Materials. *Minnesota Department of Transportation*, (MN/RC 2012-35)
- Epps, J. A., Little, D. N., O’Neal, R. J., and Gallaway, B. M. (1978). *Mixture Properties of Recycled Central Plant Materials*, Recycling of Bituminous Pavements, West Conshohocken, Pennsylvania.
- Hoppe, E. J., Lane, D. S., Fitch, G. M., and Sameer Shetty. (2015). Feasibility of Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Use As Road Base and Subbase Material. *A Report: Virginia Center for Transportation Innovation and Research University of Virginia, Charlottesville, Virginia VCTIR 15-R6*, 1–42.
- Ossa, A., García, J. L., and Botero E, E. (2016). Use of Recycled Construction and Demolition Waste (CDW) Aggregates: A Sustainable Alternative for the Tavegment Construction Industry. *Journal of Cleaner Production*, 135, 379–386.
- Poulikakos, L. D., Santos, S. dos, Bueno, M., Kuentzel, S., Hugener, M., and Partl, M. N. (2014). Influence of Short and Long Term Aging on Chemical, Microstructural and Macro-mechanical Properties of Recycled Asphalt Mixtures. *Construction and Building Materials*, 51, 414–423.
- Road Shoulder. (2008). Retrieved from www.igam.info