

PENGARUH PENGGUNAAN WCO SEBAGAI BAHAN PEREMAJA RAP TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN RAP-ASPAL BARU BERGRADASI SUPERPAVE

Miftahul Fauziah¹, dan Yuvri Darma Emsya²

¹ Universitas Islam Indonesia

² Universitas Islam Indonesia

Email : miftahul.fauziah@uii.ac.id

ABSTRAK

Daur ulang perkerasan membutuhkan bahan peremaja sebagai pengembali sifat-sifat yang hilang dari aspal RAP. Salah satu bahan peremaja yaitu WCO. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh WCO sebagai peremaja terhadap karakteristik campuran RAP-material baru dengan gradasi *superpave* melalui metode pengujian *Marshall*, *IRS*, *ITS*, *Cantabro* dan Permeabilitas. Penelitian diawali dengan pemeriksaan sifat-sifat dari aspal pen 60/70, aspal RAP serta agregat, selanjutnya menentukan komposisi campuran antara material RAP dan baru agar sesuai dengan gradasi *superpave*, kemudian menentukan nilai KAO pada setiap variasi kadar peremaja yaitu 0%, 2,69%, 5,37%, 8,06% dan 10,74% yang dilanjutkan dengan pengujian *Marshall*, *ITS*, *IRS*, *Cantabro* dan Permeabilitas, standar yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada Bina Marga (2010). Hasil yang didapatkan dari pengujian yang dilakukan menunjukkan penurunan nilai stabilitas seiring bertambahnya kadar peremaja kedalam campuran kadar 0% memberikan nilai stabilitas terbaik (2064,49 kg) dan kadar 10,74% memberikan stabilitas terkecil (1143,22 kg), sedangkan nilai *flow* campuran mengalami peningkatan seiring bertambahnya kadar peremaja, nilai *flow* terkecil sebesar 2,13 mm dan yang terbesar sebesar 3,53 mm berturut-turut pada kadar 0% dan 10,74%, nilai ini sesuai dengan standar Bina Marga, nilai *MQ* campuran mengalami penurunan seiring penambahan kadar peremaja. Nilai *IRS* campuran mengalami kenaikan dari kadar 0% hingga kadar 3% yang kemudian menurun, pada kadar 0%, 8,06% dan 10,74% tidak masuk ke spesifikasi >90%, sedangkan kadar 2,69% dan 5,37% masuk kedalam spesifikasi dengan nilai 94,28% dan 95%. Nilai *ITS* campuran mengalami penurunan pada kadar 0%-2,69% sebesar 16,25% dan menurun pada kadar 5,37%-8,06% sebesar 19,14%. Nilai *Cantabro* menurun pada kadar 0%, 2,69%, 5,37% dengan nilai 5,94%, 3,61%, 3,29% dan naik pada kadar 8,06% dengan nilai 3,96% kemudian turun pada kadar 10,74% sebesar 3,74%, semua nilai *cantabro* sesuai dengan spesifikasi <20%. Permeabilitas campuran masuk kedalam kategori drainase jelek hingga sedang-jelek.

Kata Kunci : *Waste Cooking Oil, Reclaimed Asphalt Pavement (RAP), Superpave.*

ABSTRACT

Recycled pavement requires rejuvenator as a return to the properties lost from RAP asphalt. One of the rejuvenator is WCO. The purpose of this study was to determine the effect of WCO as a rejuvenator on the characteristics of the RAP-new Material mixture with superpave gradations through Marshall, IRS, ITS, Cantabro and Permeability testing methods. The study started by examining the properties of 60/70 pen asphalt, asphalt of RAP and aggregate, then determining the composition of the mixture between RAP and new materials to fit the superpave gradation, then determining the KAO value for each variation of rejuvenator that is 0%, 2,69%, 5,37%, 8,06% and 10,74% followed by testing of Marshall, ITS, IRS, Cantabro and Permeability, The standard that used for this research referred to Bina Marga (2010), The results obtained from the tests showed the decrease of the value of stability following the increase of rejuvenator levels, in the content mixture 0% gave the best value of stability (2064.49 kg) and 10,74% content gave the smallest stability (1143.22 kg), whereas flow values increase with increasing levels of rejuvenator, the smallest flow values is 2,13 mm and the largest is 3,53 mm respectively on 0% and 10,74% content, this values suitable with Bina Marga standard, the MQ value become decrease while the increase of rejuvenator level. The IRS values have increase from 0% content level until 3% content level of rejuvenator and then decrease, on 0%, 8,06% and 10,74% rejuvenator level wasn't qualifyng >90%, while 2,69% and 5,37% rejuvenator content level qualifyng with 94,28% and 95% values. The ITS values decreased on 0%-2,69% rejuvenator in the amount of 16,25% and decrease on 5,37%-8,06% rejuvenator level with 19,14%. Cantabro values decrease for 0%, 2,69%, 5,37% with the amount of 5,94%, 3,61%, 3,29% and increase on 8,06% with amount of 3,96% and the decrease for 10,74% with 3,74%, all cantabro values qualifyng with specification of <20%. The permeability of the mixture become to the poor - moderate-poor drainage category.

Key Word : *Waste Cooking Oil, Reclaimed Asphalt Pavement (RAP), Superpave.*

PENDAHULUAN

Penggunaan material bekas yang dapat kembali difungsikan sebagai suatu barang yang dapat digunakan kembali semakin banyak digencarkan dewasa ini, hampir semua bidang keilmuan saat ini menuntut adanya inovasi penggunaan bahan daur ulang, tidak terkecuali dalam bidang konstruksi perkerasan jalan. Salah satu metoda untuk mengatasi atau meningkatkan struktur perkerasan jalan beraspal adalah dengan metode daur ulang. penggunaan metode daur ulang untuk mengatasi permasalahan perbaikan jalan atau rekonstruksi jalan dapat menghemat penggunaan aspal dan agregat, serta tidak merusak geometri jalan akibat penambahan lapisan perkerasan yang terus menerus (Sumantri dkk 2014).

Pemilihan bahan daur ulang mempertimbangkan sisi biaya, ekonomi serta lingkungan, pada penelitian ini menggunakan *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* sebagai material tambahan, Menurut Sukirman (1999) Kandungan resin dalam aspal daur ulang berkurang, resin merupakan cairan dalam aspal yang memberikan sifat adhesi pada aspal. Sehingga apabila pada saat melakukan peremajaan aspal tidak bisa mengembalikan kandungan resin dalam aspal, akan mengakibatkan daya ikat aspal terhadap agregat berkurang.

Pemerintah melalui PP No 18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) telah mendorong untuk pengolahan limbah B3 sehingga tidak mencemari lingkungan, minyak goreng bekas pakai (*WCO*) adalah salah satu limbah B3 yang berasal dari industri rumah tangga, menurut Suroso (2013) minyak goreng yang terus-menerus dilakukan pemanasan yang terlalu tinggi dan berulang menyebabkan terjadinya reaksi polimerisasi dan reaksi *Maillard* yang menyebabkan minyak mengental dan berwarna gelap. Senyawa polimer ini disebut juga resin.

Penelitian mengenai penggunaan minyak goreng sebagai bahan peremaja salah satunya dilakukan oleh Nono (2016) dengan melakukan penambahan bahan peremaja berupa bahan Petrokimia berupa minyak

goreng dan bitumen aspal untuk melihat pengaruh masing-masing penambahan bahan peremaja (*rejuvenator*) Penggunaan *RAP* dalam campuran beraspal panas, dengan aspal pen 60-70 tanpa bahan peremaja maksimum 10%, sedangkan dengan menambahkan bahan peremaja penggunaan *RAP* dapat mencapai 30%. Dari hasil pengujian diperoleh sifat campuran beraspal panas dengan memanfaatkan *RAP* yang terbaik adalah yang menggunakan peremaja ReJIRE, baik yang menggunakan 20% *RAP* maupun 30% .

Penelitian mengenai campuran perkerasan dengan peremaja juga dilakukan oleh Pradipta (2010), dimana dalam penelitiannya *rejuvenator* yang digunakan berupa residu oli yang membahas tentang hubungan variasi residu oli dan permeabilitas, kadar residu oli yang dipakai sebagai peremaja adalah 0%, 10% dan 20%, hasil pengujiannya menunjukkan adanya kecenderungan hubungan linear antara kandungan bitumen optimum dengan kadar residu oli untuk OBC total dan OBC residu.

Kasan (2009) juga meneliti mengenai karakteristik stabilitas dan stabilitas sisa campuran beton aspal daur ulang, menggunakan kadar peremaja berupa minyak solar dengan kadar 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%, hasil dari penelitiannya menunjukkan adanya penurunan nilai stabilitas akibat penambahan kadar peremaja, dan kadar peremaja yang masih memenuhi spesifikasi nilai stabilitas *marshall* adalah 3,29% dan 46,18% untuk nilai stabilitas sisa.

Penelitian lain yang menggunakan minyak goreng sebagai bahan *Rejuvenator* dilakukan oleh Asli dkk (2012) dari University of Malaya pada tahun 2012, mereka menggunakan *Waste Cooking Oil (WCO)*, dimana didapatkan kesimpulan bahwa penambahan minyak goreng bekas untuk *RAP* dapat menjadi alternatif bahan peremaja, penambahan minyak goreng bekas dengan berbagai variasi menghasilkan sifat serta karakteristik yang berbeda-beda ditinjau dari penetrasi, titik lembek, viskositas dan *ratio of asphaltenes to maltenes*.

Perbedaan penelitian yang akan dilakukan dengan sebelumnya adalah pada

penelitian ini mempelajari pengaruh *WCO* terhadap nilai karakteristik *marshall*, *ITS*, *IRS*, *Cantabro* dan permeabilitas, selain itu *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* yang digunakan berasal dari Satuan Kerja Pekerjaan Jalan Nasional (SATKER PJN) wilayah provinsi D.I. Yogyakarta pada ruas jalan Ring Road Selatan serta Penggunaan bahan peremaja (*rejuvenator*) berupa minyak goreng bekas pakai (*WCO*) digunakan dengan persentase 0%, 2,69%, 5,37%, 8,06% dan 10,74%.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan metode penelitian berupa eksperimental dengan cara melakukan pembuatan sampel berdasarkan variabel terikat dan bebas yang telah ditentukan kemudian diuji serta diolah untuk mendapatkan hasil dengan standar serta syarat yang telah ditentukan sesuai dengan SNI serta Bina Marga 2010.

Penelitian ini dilakukan melalui tahapan yang telah disusun sedemikian rupa sehingga dapat menghasilkan hasil penelitian yang sesuai dengan yang diharapkan, adapun tahapan dari penelitian yang dilakukan sebagai berikut

1. Tahap persiapan, tahap ini meliputi persiapan bahan dan alat yang akan digunakan dalam pembuatan sampel data.
2. Tahap pembuatan sampel untuk menentukan nilai KAO masing-masing kadar peremaja melalui pengujian *Marshall*.
3. Tahap uji sampel, pada tahap ini sampel yang telah dibuat diuji dengan alat yang sesuai serta terkalibrasi untuk mendapatkan hasil yang valid terhadap

karakteristik *Marshall*, *ITS*, *IRS*, *Cantabro* dan Permeabilitas campuran.

4. Tahap *data collection*, pada tahap ini data hasil pengujian yang didapatkan dari tahap uji sampel diambil untuk kemudian akan diolah.
5. Tahap analisis, tahap analisis adalah pengolahan data yang didapatkan sesuai dengan syarat dan ketentuan sehingga didapatkan hasil yang sesuai.
6. Tahap kesimpulan, pada tahap ini hasil yang telah didapatkan kemudian disimpulkan sesuai dengan tujuan yang di *set* pada penelitian ini.

Benda uji yang dipakai dalam pengujian ini berjumlah 135 buah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan material dilakukan sebelum memulai penelitian ini guna memastikan material yang digunakan dalam rangkaian pengujian yang akan dilaksanakan telah memenuhi standarisasi dari Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 Revisi 3, rangkaian pengujian dikerjakan di Laboratorium Jalan Raya Prodi Teknik Sipil FTSP UII, Yogyakarta dan Laboratorium Transportasi FTSL UGM, Yogyakarta.

Sifat fisik material

Pengujian ini terdiri dari pengujian agregat kasar dan halus, baik agregat baru yang berasal dari Sungai Clereng maupun agregat bekas yang berasal dari pembongkaran perkerasan di ruas jalan Ring Road Selatan Yogyakarta, serta aspal *RAP*, hasil pengujian terhadap material tersebut dapat dilihat pada Tabel 1., Tabel 2., Tabel 3., Tabel 4., Tabel 5..

Tabel 1. Hasil Pengujian Agregat Kasar Sungai Clereng

No	Jenis Pengujian	Satuan	Nilai persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis (<i>specific gravity</i>)	-	>2,5	2,68	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air	%	<3	1,935	Memenuhi
3	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	%	>95	98	Memenuhi
4	Keuasan dengan <i>Los Angeles</i> (500 putaran)	%	<40%	14,2	Memenuhi

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Halus Sungai Clereng

No	Jenis Pengujian	Satuan	Nilai persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis (<i>specific gravity</i>)	-	>2,5	2,699	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air	%	<3	2,35	Memenuhi
3	<i>Sand Equivalent</i>	%	>50	92,96	Memenuhi

Tabel 3. Hasil Pengujian Agregat Kasar Ruas Ring Road Selatan

No	Jenis Pengujian	Satuan	Nilai persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis (<i>specific gravity</i>)	-	>2,5	2,65	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air	%	<3	2,83	Memenuhi
3	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	%	>95	96	Memenuhi
4	Keuasan dengan <i>Los Angeles</i> (500 putaran)	%	<40%	20,613	Memenuhi

Tabel 4. Hasil Pengujian Agregat Halus Ruas Ring Road Selatan

No	Jenis Pengujian	Satuan	Nilai persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis (<i>specific gravity</i>)	-	>2,5	2,584	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air	%	<3	2,93	Memenuhi
3	<i>Sand Equivalent</i>	%	>50	88,18	Memenuhi

Tabel 5. Hasil Pengujian Aspal Bekas

No	Jenis Pengujian	Satuan	Standar	Hasil
1	Kadar Aspal	%		5,57
2	Penetrasi	(0,1 mm)		52
3	Titik lembek	°C		55

Tabel 6. Hasil Pengujian Aspal Pen 60/70

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1.	Berat Jenis	> 1,0	1,08	Memenuhi
2.	Penetrasi (0,1 mm)	60 – 70	61,5	Memenuhi
3.	Daktilitas (cm)	> 100	164	Memenuhi
4.	Titik Nyala (°C)	> 232	275	Memenuhi
5.	Kelarutan TCE (%)	> 99	99,21	Memenuhi
6.	Titik Lembek (°C)	> 48	49	Memenuhi

Hasil pengujian karakteristik telah memenuhi spesifikasi yang sesuai dengan peraturan yang ada, sehingga proses selanjutnya untuk membuat mencari nilai KAO dan pengujian karakteristik lainnya dapat dilakukan, penentuan nilai kadar aspal

optimum dilakukan menggunakan uji *Marshall*, dengan variasi *rejuvenator* berupa minyak goreng bekas dengan variasi 0%, 2,69%, 5,37%, 8,06% dan 10,74% sebanyak 15 sampel pada masing-masing kadar peremaja yang selanjutnya ditinjau dari nilai

stabilitas, *flow*, *VITM*, *VMA*, *VFWA*, *Density* dan *MQ* sehingga didapatkan nilai KAO sebanyak 5 macam yang dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Kadar Aspal Otimum Pada Masing-masing Kadar Peremaja

Kadar	
<i>Rejuvenator</i>	Aspal Otimum
0%	5,53%
2,69%	5,32%
5,37%	4,88%
8,06%	4,64%
10,74%	4,34%

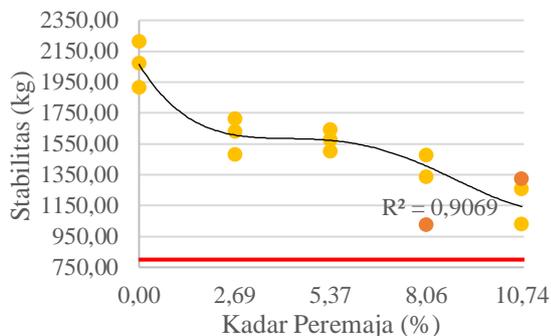
Pengaruh WCO sebagai *rejuvenator* Pada Campuran Dalam Kondisi KAO

Pengaruh penggunaan *WCO* sebagai peremaja dapat dilihat pada uraian berikut **Pengaruh WCO Terhadap Karakteristik Marshall**

Penggunaan *WCO* sebagai *rejuvenator* campuran terhadap karakteristik *Marshall* dapat dilihat pada penjelesan berikut.

1. Nilai Stabilitas

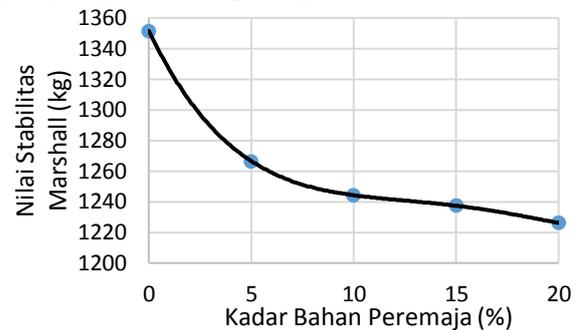
Analisis pengaruh kadar peremaja terhadap stabilitas campuran dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan Kadar Peremaja dengan Stabilitas

Dari grafik di atas maka terjadi hubungan berbanding terbalik antara penambahan kadar peremaja dan nilai stabilitas campuran, hal ini disebabkan oleh penambahan kadar peremaja dapat mengurangi daya lekat aspal sehingga kemampuan ikat antar agregat (*interlocking*) semakin buruk yang menyebabkan banyak terdapat rongga dalam campuran, nilai stabilitas campuran cenderung stabil ketika penambahan kadar peremaja sebesar 2,69% sampai 5,37%

dan kembali mengalami penurunan pada kadar peremaja 8,06% sampai 10,74%. Penurunan nilai stabilitas juga terdapat pada penelitian yang dilakukan oleh Kasan (2009) yang dapat dilihat pada gambar 2.



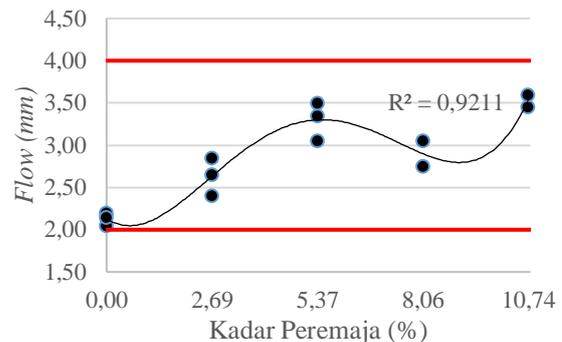
Gambar 2. Grafik Hubungan Nilai Stabilitas Marshall – Kadar bahan peremaja campuran aspal daur ulang pada kondisi Kadar aspal optimum

(Sumber : Kasan 2009)

Jika dilihat dari grafik di atas terjadi penurunan nilai stabilitas seiring penambahan kadar peremaja berupa minyak solar, menurut Kasan penurunan nilai stabilitas terjadi akibat semakin berkurangnya gaya ikat antar agregat (*interlocking*) dan semakin kecilnya daya lekat aspal terhadap asgregat.

2. Nilai Flow

Analisis pengaruh kadar peremaja terhadap nilai *flow* dapat dilihat pada Gambar 3.

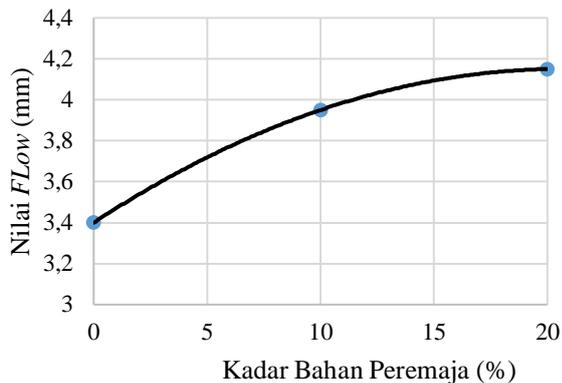


Gambar 3. Hubungan Kadar Peremaja dengan Flow

Dari grafik hubungan kadar peremaja terhadap nilai *flow* campuran, terjadi kecenderungan peningkatan nilai *flow* seiring bertambahnya kadar peremaja, hal ini disebabkan oleh kadar oil yang hilang dari aspal *RAP* digantikan oleh peremaja yang berupa *WCO* sehingga aspal lebih bersifat elastis dalam menerima beban, nilai *flow* tertinggi berdasarkan grafik terdapat pada

nilai kadar peremaja sebesar 10,74% yaitu 3,525 mm.

Penelitian lainnya dilakukan oleh Pradipta (2010) dimana nilai dari *flow* campuran cenderung naik seiring bertambahnya kadar peremaja yang diberikan, peremaja yang dipakai oleh Pradipta berupa residu oli, nilai *flow* hasil penelitian yang dilakukan oleh Pradipta dapat dilihat pada Gambar 4.

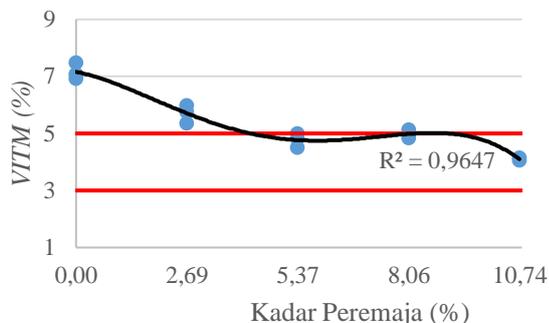


Gambar 4. Pengaruh Kadar Peremaja Residu Oli Terhadap nilai Flow

(Sumber : Pradipta 2010)

3. Nilai VITM

Analisis pengaruh kadar peremaja terhadap *VITM* campuran dapat dilihat pada Gambar 5.



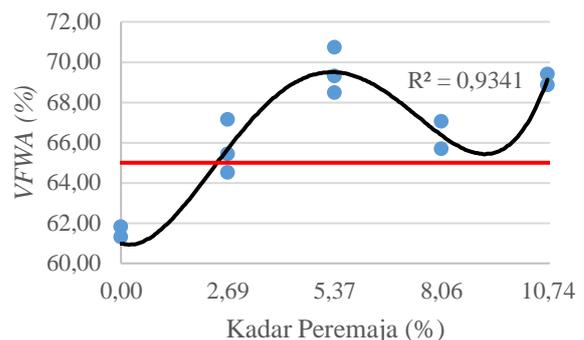
Gambar 5. Hubungan Kadar Peremaja dengan VITM

Berdasarkan grafik hubungan kadar peremaja dengan nilai *VITM* diketahui bahwa seiring bertambahnya nilai kadar peremaja maka nilai dari *VITM* semakin kecil, hal ini disebabkan oleh pertambahan kadar peremaja menyebabkan aspal *RAP* semakin lunak sehingga dapat semakin mudah menyelimuti agregat maupun mengisi rongga yang ada dalam campuran, berdasarkan tren yang terjadi maka nilai kadar peremaja 5,37% sampai dengan 10,74% memenuhi persyaratan nilai *VITM* sebesar 3-5%.

Hasil pengujian nilai *VITM* yang didapatkan sejalan dengan hasil yang didapatkan oleh Nono (2016), dimana nilai *VITM* yang didapatkan dengan peremaja berupa minyak goreng cenderung menurun, hal ini dikarenakan penambahan kadar peremaja dapat melunakkan aspal *RAP* sehingga aspal dapat menyelimuti agregat dengan mudah yang menyebabkan berkurangnya rongga dalam campuran

4. Nilai VFWA

Analisis pengaruh kadar peremaja terhadap *VFWA* campuran dapat dilihat pada Gambar 6., dari grafik dapat dilihat bahwa semakin besar kadar aspal yang ditambahkan maka semakin naik nilai *VFWA*, hal ini menunjukkan hubungan berbanding lurus antara keduanya, kenaikan nilai *VFWA* seiring penambahan kadar peremaja diakibatkan oleh kondisi aspal yang semakin lunak sehingga mampu mengisi rongga yang ada dalam campuran.



Gambar 6. Hubungan Kadar peremaja dan VFWA

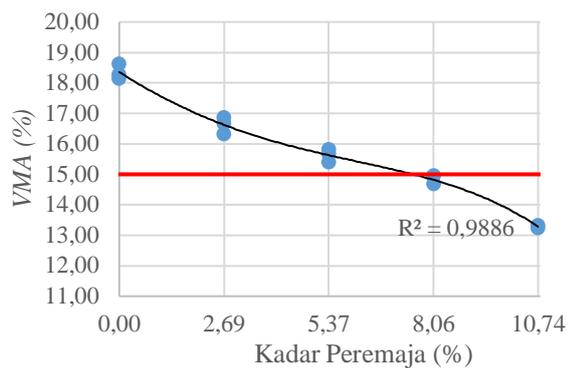
Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Nono (2016) bahwa nilai *VFWA* mengalami penurunan, hasil ini berbanding terbalik dengan hasil yang didapatkan oleh peneliti, penyebab terjadinya perbedaan dapat terjadi akibat perbedaan *rejuvenator* yang digunakan

5. Nilai VMA

Analisis pengaruh kadar peremaja terhadap *VMA* campuran dapat dilihat pada Gambar 7.

Berdasarkan grafik pada Gambar 5. dapat dilihat bahwa semakin bertambah kadar peremaja maka nilai *VMA* semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh rongga antar agregat yang diisi oleh aspal, pada kadar peremaja 0% sampai dengan 7,5% memenuhi standar dari Bina Marga namun pada kadar peremaja 7,6%-

10,74% nilai dari *VMA* tidak memenuhi persyaratan yang ditetapkan.

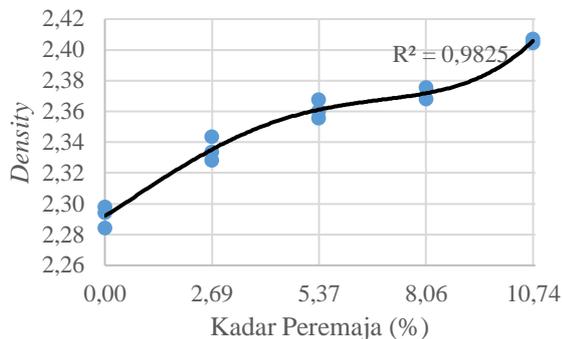


Gambar 7. Hubungan Kadar peremaja dan VMA

Penelitian yang dilakukan oleh Nono (2016) menunjukkan hasil yang serupa, penambahan kadar peremaja berupa minyak goreng cenderung menurunkan nilai *VMA* campuran, pada penelitiannya Nono menggunakan kadar peremaja 8,9% berupa minyak goreng,

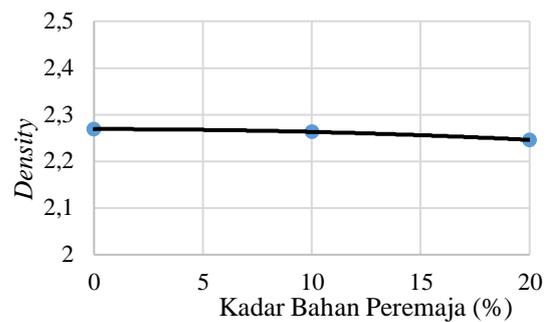
6. Nilai *Density*

Analisis pengaruh kadar peremaja terhadap *Density* campuran dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hubungan Kadar Peremaja dan Density

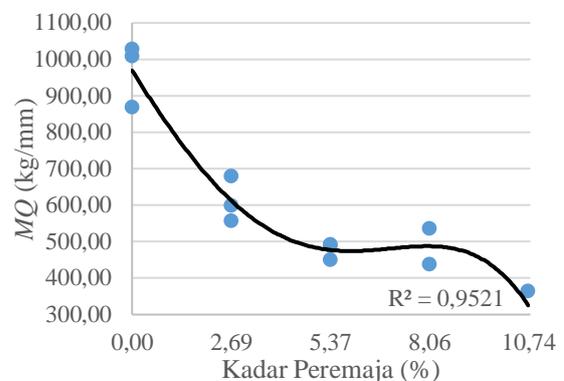
Dilihat dari Gambar 6. di atas dapat dilihat bahwa nilai *density* mengalami kenaikan pada kadar *WCO* 0% hingga kadar 10,74%. Hal ini dikarenakan penambahan kadar *WCO* sebagai *rejuvenator RAP* memudahkan aspal dalam mengisi rongga-rongga antar agregat, sehingga menyebabkan nilai dari *density* bertambah, seiring penambahan kadar *WCO*. Penelitian yang sama dilakukan oleh Pradipta (2010), berdasarkan hasil penelitiannya nilai *density* campuran terhadap penambahan kadar peremaja mengalami penurunan, grafik penurunan yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Pengaruh Kadar Peremaja Residu Oli Terhadap Nilai *Density*
(sumber : Pradipta 2010)

7. Nilai *MQ*

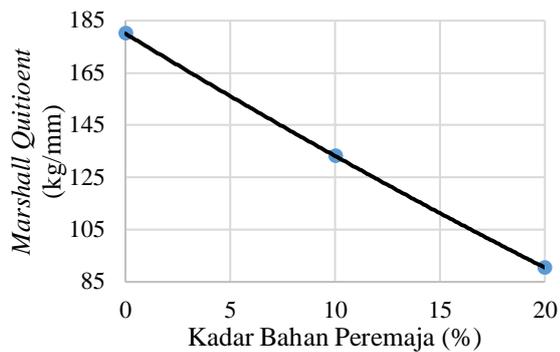
Analisis pengaruh kadar peremaja terhadap *MQ* campuran dapat dilihat pada Gambar 10.



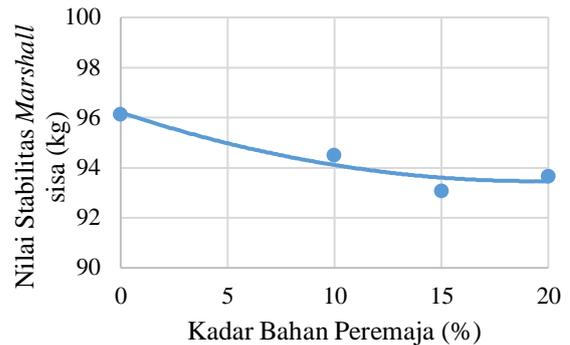
Gambar 10. Hubungan Kadar Peremaja dan MQ

Pada gambar 7. merupakan grafik hubungan antara kadar peremaja dan *MQ*, jika dilihat dari grafik maka terjadi penurunan nilai *MQ* pada kadar 0% hingga 5,37%, lalu cenderung stabil pada kadar peremaja 5,37% hingga 8,06% dan kembali turun pada kadar peremaja 8,06% hingga 10,74%. Penurunan nilai *MQ* terjadi akibat naiknya nilai *flow* dan turunnya stabilitas, sehingga dapat diartikan bahwa nilai *MQ* sangat dipengaruhi oleh besarnya stabilitas dan *flow* dari campuran.

Penurunan nilai *MQ* yang didapatkan dari hasil pengujian sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Pradipta (2010), dimana nilai *MQ* campuran dengan bahan peremaja berupa residu oli juga mengalami penurunan, untuk lebih jelas besar penurunan nilai *MQ* oleh Pradipta (2010) dapat dilihat pada Gambar 11.



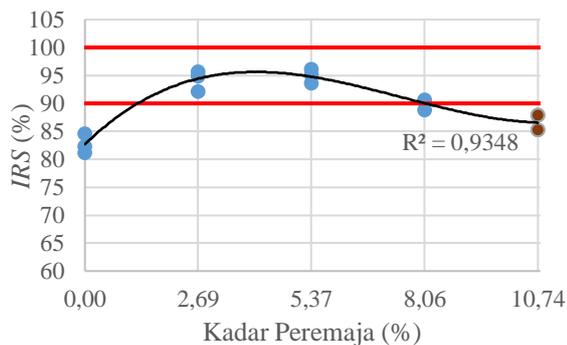
Gambar 11. Pengaruh Peremaja Residu Oli Terhadap Nilai MQ
(sumber : Pradipta 2010)



Gambar 13. Pengaruh Penggunaan Minyak Solar Terhadap Nilai IRS
(sumber : Kasan 2009)

Pengaruh WCO Terhadap Karakteristik IRS

Pengujian IRS (*Index of Retained Strength*) bertujuan untuk mengetahui *durability* campuran. Grafik pada hasil pengujian IRS dapat dilihat pada Gambar 12.



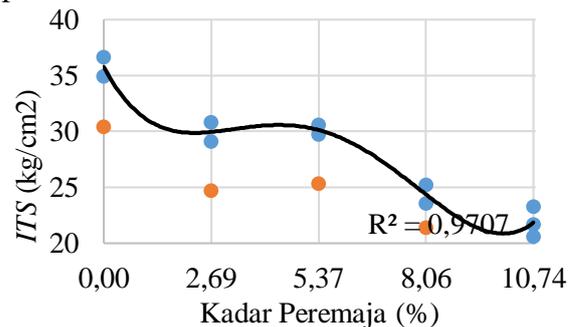
Gambar 12. Grafik Hubungan Kadar Peremaja dan IRS

Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa nilai stabilitas sisa meningkat pada kadar peremaja 0% hingga 2,69%, kemudian turun pada kadar peremaja 5,37% hingga 10,74%, menurut spesifikasi Bina Marga 2010, nilai stabilitas sisa minimum adalah 90%, nilai IRS pada penambahan kadar peremaja 2,69%, 5,37% dan 8,06% memenuhi spesifikasi yang ditentukan dengan nilai secara berturut-turut 94,28% dan 95%

Selain itu penelitian yang dilakukan oleh Kasan (2009) menunjukkan kecenderungan penurunan nilai IRS yang dapat dilihat pada Gambar 13., Penurunan nilai IRS menurut Kasan terjadi akibat kemampuan adhesi dari aspal RAP yang kurang baik seiring penambahan kadar peremaja berupa minyak solar kedalam campuran, sehingga menyebabkan *interlocking* antar agregat menurun.

Pengaruh WCO Terhadap Karakteristik ITS

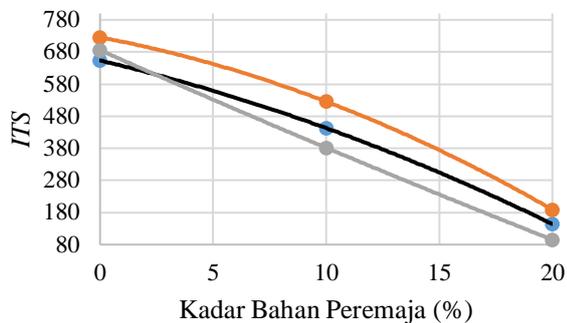
ITS (*Indirect Tensile Strength*) merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui besar nilai gaya tarik tak langsung pada campuran akibat beban lalu lintas, grafik hasil pengujian ITS dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Hubungan Kadar Peremaja dan ITS

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa nilai ITS campuran yang terdiri dari 30% material RAP yang diberikan bahan peremaja berupa WCO dengan kadar 0%, 2,69%, 5,37%, 8,06% dan 10,74% ditambah 70% material baru cenderung menurun, penurunan terjadi pada penambahan kadar peremaja 0% hingga 2,69%, kemudian stabil dan kembali turun pada kadar 5,37% hingga 10,74%, penurunan nilai ITS terjadi akibat penambahan kadar peremaja yang menyebabkan gaya *interlocking* antar material yang kurang baik. Pengujian serupa juga dilakukan oleh Pradipta (2010), menggunakan variasi bahan peremaja berupa residu oli dalam 3 variasi kadar aspal, didapatkan nilai ITS semua benda uji mengalami penurunan, hal ini sejalan dengan yang didapatkan oleh peneliti,

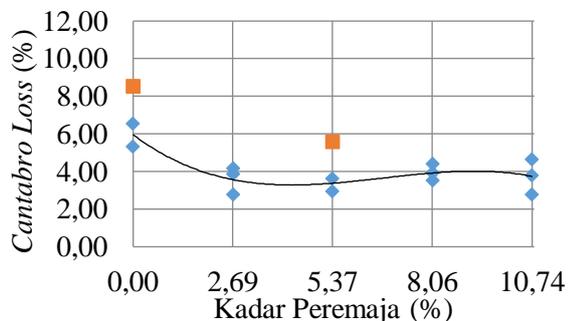
bahwa semakin banyak kadar peremaja yang digunakan maka semakin menurun nilai *ITS* campuran, penurunan nilai *ITS* yang dilakukan oleh Pradipta dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Pengaruh Kadar Peremaja Residu Oli Terhadap Nilai ITS
(sumber : Pradipta 2010)

Pengaruh WCO Terhadap Karakteristik Cantabro

Pengujian cantabro merupakan pengujian untuk mengetahui berat sampel yang hilang setelah dilakukan test abrasi menggunakan alat mesin Los Angeles. Nilai *Cantabro* hasil pengujian dilihat pada Gambar 16.



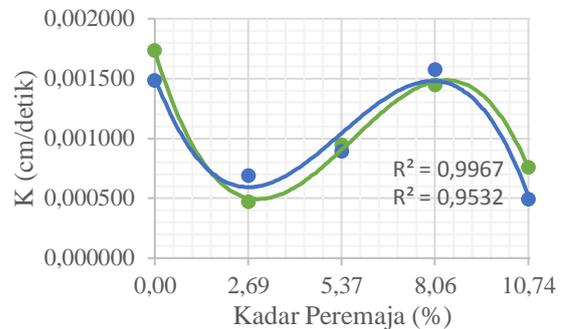
Gambar 16. Hubungan Kadar Peremaja dan Cantabro Loss

Dari grafik di atas maka dapat dilihat bahwa seiring penambahan kadar *WCO* maka nilai *Cantabro Loss* cenderung turun pada kadar 0% hingga 5,37% dan cenderung stabil pada penambahan kadar *WCO* 5,37% hingga 10,74%, sesuai dengan spesifikasi umum Bina Marga 2010 maka nilai *Cantabro Loss* yang didapatkan memenuhi persyaratan yang ditetapkan yaitu sebesar <20%.

Pengaruh WCO Terhadap Karakteristik Permeabilitas

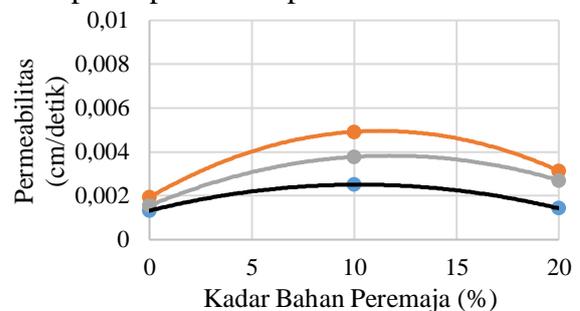
Pengujian permeabilitas bertujuan untuk mengetahui kedekatan campuran

dalam meloloskan air maupun udara yang dapat mempercepat proses puaan aspal serta pengelupasan aspal dari permukaan agregat, Grafik hasil pengujian permeabilitas dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Hubungan Kadar Peremaja dan Permeabilitas

Dari grafik yang terdapat pada Gambar 5.15 dapat dilihat bahwa nilai permeabilitas mengalami penurunan pada kadar *WCO* 0% hingga 2,69% serta pada kadar 8,06% hingga 10,74%, sedangkan pada kadar 2,69% hingga 8,06% mengalami kenaikan baik untuk tekanan 1:1 maupun tekanan 2:2, penurunan nilai permeabilitas disebabkan oleh rongga yang terdapat pada campuran, sehingga air dengan mudah masuk dan melewati campuran, dari pengujian yang dilakukan di laboratorium Transportasi UGM hasil pengujian untuk permeabilitas adalah buruk. Penelitian serupa dilakukan oleh Pradipta (2010), dimana pada penelitiannya didapatkan hasil nilai permeabilitas dalam kategori baik (*fair drainage*), hal ini dapat diakibatkan oleh penggunaan bahan peremaja yang berbeda serta penggunaan gradasi agregat dalam campuran, grafik nilai permeabilitas penelitian yang dilakukan oleh Pradipta dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Pengaruh Penggunaan Residu Oli Terhadap Nilai Permeabilitas Campuran
(Sumber : Pradipta 2010)

KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dari pengaruh kadar peremaja berupa *WCO* terhadap campuran *RAP* dan material baru dengan gradasi *superpave* dengan beberapa pengujian yang telah dilakukan sebagai berikut.

1. Karakteristik *marshall* yang terjadi pada campuran dengan menggunakan bahan peremaja cenderung mengalami penurunan untuk parameter stabilitas dan mengalami tren yang positif untuk parameter lainnya. Nilai stabilitas campuran tanpa bahan peremaja sebesar 2064,49 kg dan terus menurun hingga penambahan kadar peremaja 10,74% dengan nilai stabilitas 1143,22 kg, pada nilai *flow* seiring penambahan kadar peremaja ke dalam campuran, pada kadar 0% *WCO* didapatkan nilai *flow* sebesar 2,13 mm dan 3,53 mm untuk kadar *WCO* 10,74%, penambahan kadar peremaja berupa *WCO* kedalam campuran ternyata turut mempengaruhi rongga yang ada dalam campuran (*VITM*), nilai *VITM* mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar peremaja, pada kadar *WCO* 0% nilai *VITM* sebesar 7,16% terus menurun hingga kadar *WCO* 10,74% dengan nilai *VITM* 4,1%, pada parameter *VFWA* terjadi kenaikan seiring bertambahnya kadar peremaja, nilai *VFWA* terendah terdapat pada kadar peremaja 0% sebesar 66,19% dan tertinggi pada kadar 10,74% sebesar 69,14%. Sedangkan pada nilai *VMA* campuran terjadi penurunan seiring bertambahnya kadar peremaja. *Density* campuran dengan penambahan kadar peremaja menunjukkan tren yang meningkat seiring penambahan *WCO*, sedangkan pada parameter *Marshall Quotient* menunjukkan penurunan seiring bertambahnya kadar peremaja dalam campuran, penurunan ini akibat nilai stabilitas yang semakin menurun dan nilai *flow* yang semakin besar
2. Nilai *IRS* akibat penambahan kadar peremaja kedalam campuran mengalami peningkatan pada kadar 0% hingga 2,69%

dengan nilai 82,74% dan 94,29%, mencapai nilai optimum pada kadar 3% yang kemudian turun kembali hingga kadar peremaja 10,74% dengan nilai 86,625%, dari hasil yang didapatkan ini dapat disimpulkan bahwa campuran dengan bahan peremaja berupa *WCO* dapat menghadapi pengaruh cuaca dan beban lalu lintas dengan cukup baik, namun pada penambahan kadar peremaja sebesar 0%, 8,06% dan 10,74% tidak memenuhi standar yang ditetapkan yaitu sebesar >90%.

3. Pada nilai *ITS* campuran menunjukkan tren menurun setiap bertambahnya kadar peremaja, penurunan paling besar terjadi pada kadar 0% hingga 2,69% dengan besar persentase penurunan adalah 16,25%, kemudian cenderung stabil pada kadar peremaja 2,69% hingga 5,37% dan kembali menurun pada kadar 5,37% hingga 8,06% dengan besar penurunan 19,14%, hal ini menunjukkan bahwa kemampuan campuran dengan bahan peremaja *WCO* tidak terlalu baik dalam menahan kuat tarik.
4. Pengujian *Cantabro* yang dilakukan menunjukkan hasil yang cenderung stabil pada penambahan kadar peremaja 2,69% hingga 10,74% dengan nilai berkisar di angka $\pm 3,65\%$, penurunan pada nilai *cantabro* terjadi pada kadar peremaja 0% hingga 2,69% dengan besar penurunan mencapai 39,25%, namun sesuai dengan standar yang ditetapkan, dimana nilai *Cantabro* maksimal adalah 20%, maka semua penambahan kadar peremaja kedalam campuran sesuai dengan spesifikasi dengan nilai *cantabro* tertinggi campuran adalah 5,94%. Nilai *Cantabro* yang baik menunjukkan bahwa penambahan kadar peremaja dalam mengembalikan sifat *adhesi* aspal *RAP* sehingga gaya untuk mengikat agregat (*Interlocking*) meningkat.
5. Hasil permeabilitas campuran menunjukkan bahwa campuran material *RAP* dengan material baru masuk ke dalam kategori drainase jelek, namun hal ini tidak berarti jelek untuk campuran, hal ini menunjukkan bahwa kemampuan

campuran dalam meloloskan air cukup baik, karna campuran dapat melindungi lapisan dibawahnya sehingga dapat menjaga keawetan perkerasan secara keseluruhan.

6. Berdasarkan rangkaian hasil pengujian yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan nilai kadar peremaja yang dapat ditambahkan kedalam campuran adalah 3,5%-8%, penambahan kadar peremaja sebesar 3,5%-8% menghasilkan campuran yang stabil dan tidak getas serta sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh Bina Marga 2010.
7. Pengaplikasian inovasi bahan perkerasan dengan memanfaatkan WCO sebagai peremaja pada campuran material RAP dan material baru dapat digunakan, dilihat dari hasil karakteristik Marshall, ITS, IRS, Cantabro dan Permeabilitas yang memenuhi spesifikasi yang ada.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih peneliti sampaikan kepada pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini, semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat dan dapat menjadi referensi terhadap penelitian lainnya yang serupa, semoga melalui penelitian ini dapat menjadi alternatif pemecahan masalah limbah RAP dan WCO.

DAFTAR PUSTAKA

- Asli, H. Ahmadinia, E. dan Zargar M. 2012. *Investigation On Phisycal Properties Of Waste Cooking Oil-Rejuvenated Bitumen Binder*. University of Malaya. Malaysia
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2010. *Spesifikasi Umum Edisi 2010 Rev 3 Divisi 6*. Penerbit Bina Marga. Jakarta
- Nono. 2016. *Pengaruh Bahan Peremaja Terhadap Kinerja Campuran Beraspal Panas Bergradasi Menerus Menggunakan Daur Ulang Perkerasan Beraspal (The Influence Of Rejuvenator On Continuous Graded Hot Mixed Asphalt Performance Using Reclaimed Asphalt Pavement)*. Puslitbang Jalan dan Jembatan. Bandung

Setiyawan, YT. 2014. *Konstruksi Lapis Perkerasan AC-WC Daur Ulang Diperkuat Dengan Geogrid Pra-Tegang*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta

Strategic Highway Research Program (SHRP) A-407. 1994. *The Superpave Mix Design Manual for New Construction and Overlays*. Strategic Highway Research Program National Research Council. Washington

Sumantri, B. Santiko, H. Djakfar, L. Bowoputro, H. *Pengaruh Bahna peremaja oli bekas dan solar terhadap karakteristik marshall perkerasan daur ulang dengan asbuton*. Universitas Brawijaya. Malang

Sukirman, S., 1992, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung.

Sukirman, S. 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*, Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.

Suroso, AS. 2013. *Kualitas Minyak Goreng Habis Pakai*. Ditinjau dari Bilangan Peroksida, Bilangan Asam dan Kadar Air. Pusat Biomedis dan Teknologi Dasar Kesehatan, Badan Litbangkes, Kemenkes RI. Jakarta.

Pradipta, W. 2010. *Karakteristik permeabilitas pada aspal beton campuran hangat untuk campuran antara agregat baru-reclaimed asphalt pavement dan aspal-residu oli*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

Kasan, M. 2009. *Karakteristik Stabilitas Dan Stabilitas Sisa Campuran Beton Aspal Daur Ulang*. Mektek. Palu.