

INVESTIGASI SIFAT ASPAL RAP (*RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT*) ARTIFISIAL MENGGUNAKAN BAHAN TAMBAH FILLER



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan Teknik
Sipil Fakultas Teknik**

Oleh:

DICKY LUQMANA

D 100 110 075

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2017**

HALAMAN PERSETUJUAN

**INVESTIGASI SIFAT ASPAL *RAP* (*RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT*)
ARTIFISIAL MENGGUNAKAN BAHAN TAMBAH FILLER**

PUBLIKASI ILMIAH

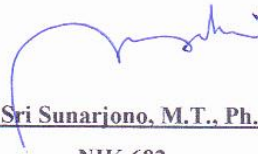
oleh:

DICKY LUOMANA

D 100 110 075

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.

NIK.682

HALAMAN PENGESAHAN

INVESTIGASI SIFAT ASPAL *RAP* (*RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT*)
ARTIFISIAL MENGGUNAKAN BAHAN TAMBAH FILLER

OLEH
DICKY LUOMANA

D 100 110 075

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Jumat, 23 Desember 2016
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.
(Ketua Dewan Penguji)
2. Senja Rum Harnaeni, ST., MT.
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Ir. Agus Riyanto, M.T.
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

(.....)

Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.

NIK 2682

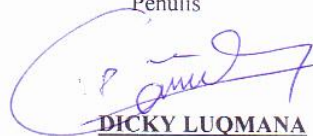
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 2017

Penulis



DICKY LUQMANA

D 100 110 075

INVESTIGASI SIFAT ASPAL *RAP* (*RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT*) ARTIFISIAL MENGGUNAKAN BAHAN TAMBAH FILLER

Abstrak

RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) umumnya digunakan untuk bahan perkerasan dengan metode pencampuran dingin. Namun penggunaan *RAP* sebagai bahan perkerasan memiliki kendala dalam hal kualitas. Penambahan *filler* pada campuran dingin dapat meningkatkan kekuatan (*strength*) dan pengaruh air dapat berkurang karena adanya ikatan antara partikel *filler* dengan bitumen tergantung jenis *filler* yang digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik aspal *RAP* dan pengaruh penambahan *filler* terhadap karakteristik aspal *RAP* tersebut. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dilakukan di laboratorium hingga didapat hasil yang sesuai. Penelitian meliputi pembuatan benda uji aspal *RAP* artifisial yaitu aspal baru yang dituangkan dengan cara di oven dengan suhu 85° selama ± 5 hari, kemudian aspal *RAP* artifisial ditambah *filler* semen, kapur, *fly ash* dan batubara dengan kadar penambahan 2%, 4% dan 6% terhadap berat aspal. Selanjutnya dilakukan pengujian penetrasi, titik lembek, daktilitas, titik nyala & titik bakar, kelekatan aspal terhadap agregat, berat jenis dan kehilangan berat akibat panas. Kemudian dilakukan analisis data hingga diperoleh nilai indeks penetrasi dan kekakuan aspal (*stiffness*). Berdasarkan hasil penelitian sifat aspal *RAP* artifisial menggunakan bahan tambah *filler*, dengan penambahan *filler* dapat membuat aspal *RAP* artifisial menjadi lebih lunak dan kepekaan aspal terhadap perubahan suhu juga meningkat. Aspal *RAP* artifisial mempunyai nilai penetrasi 32,4 (0,1 mm), sedangkan dengan penambahan *filler* semen 2% memiliki nilai penetrasi = 33 (0,1 mm), 4% = 33,7 (0,1 mm), 6% = 37,2 (0,1 mm), dengan penambahan *fly ash* 2% = 35,9 (0,1 mm), 4% = 38,8 (0,1 mm), 6% = 39,6 (0,1 mm), dengan penambahan kapur 2% = 34 (0,1 mm), 4% = 36,2 (0,1 mm), 6% = 38,4 (0,1 mm), serta dengan penambahan *filler* batubara 2% = 33 (0,1 mm), 4% = 33,9 (0,1 mm) dan 6% = 36,5 (0,1 mm).

Kata kunci : Pengaruh filler, Aspal *RAP* artifisial, Kapur, Semen, *Fly ash*, Batubara

Abstract

RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) is generally used for pavement material with cold mixing methods. However, the use of *RAP* as pavement material has disadvantages in terms of quality. The addition of filler to the cold mix can increase the strength and the influence of water can be reduced because of the bond between the filler particles with bitumen depending on the type of filler used. This study aims to investigate the characteristics of asphalt *RAP* and the effect of adding filler to the characteristics of the asphalt *RAP*. This study used an experimental method conducted in the laboratory to obtain the appropriate results. Research includes the manufacture of test specimens of asphalt *RAP* artificially is new asphalt elder manner in oven at 85° for ± 5 days, then asphalt *RAP* artificially plus filler cement, lime, fly ash and coal with high levels of addition of 2%, 4% and 6% the weight of the asphalt. Further testing penetration, softening point, ductility, flash point and burning point, viscosity of bitumen to aggregate, density and weight loss due to heat. Data analysis was then performed to obtain the index value and the penetration bitumen stiffness. Based on the research results using the artificial nature of the *RAP* asphalt filler material added, with the addition of filler can create artificially *RAP* asphalt becomes softer and asphalt sensitivity to temperature changes also increases. Asphalt artificially *RAP* has a value of penetration of 32.4 (0.1 mm), whereas with the addition of 2% cement filler has a value of penetration = 33 (0.1 mm), 4% =

33.7 (0.1 mm), 6% = 37.2 (0.1 mm), with the addition of fly ash 2% = 35.9 (0.1 mm), 4% = 38.8 (0.1 mm), 6% = 39.6 (0, 1 mm), with the addition of lime 2% = 34 (0.1 mm), 4% = 36.2 (0.1 mm), 6% = 38.4 (0.1 mm), and with the addition of coal filler 2 % = 33 (0.1 mm), 4% = 33.9 (0.1 mm) and 6% = 36.5 (0.1 mm).

Keywords: Effect of filler, artificially RAP Asphalt, Lime, cement, fly ash, coal

1.PENDAHULUAN

RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) adalah limbah sisa perkerasan jalan yang telah rusak atau habis umur rencananya. Untuk dapat digunakan sebagai bahan perkerasan baru *RAP* memiliki kendala dalam hal kualitas. *RAP* umumnya digunakan untuk perkerasan dengan metode pencampuran dingin. Agar kualitas dari campuran *RAP* ini mendekati atau bahkan lebih baik dari kualitas campuran aspal konvensional adalah dengan memperbaiki propertis dari *RAP* tersebut. Beberapa penelitian yang dilakukan sebelumnya, bahwa dengan penambahan *filler* pada campuran dingin dapat meningkatkan kekuatan (*strength*) dan pengaruh air dapat berkurang karena adanya ikatan antara partikel *filler* dengan bitumen tergantung jenis *filler* yang digunakan. Menurut Bruttler et al. (1999), peran *filler* dapat dibagi menjadi tiga mekanisme penguatan yaitu sebagai pengisi, penguatan secara fisik-kimia (karena interaksi antara aspal dan partikel *filler*) dan penguatan partikel. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat aspal *RAP* dan pengaruh penambahan *filler* terhadap karakteristik aspal *RAP* tersebut.

Banyak *filler* yang berbeda seperti debu kapur, abu vulkanik, lumpur, bubuk serpih, semen, lumpur mineral, kapur, abu batu, dan *fly ash* atau disebut juga sebagai jenis *filler* (Tunncliff, 1962). *Filler* ini penting karena luas permukaan yang terlibat, dan bahwa sifat dari jalan aspal dapat ditingkatkan dengan penggunaan *filler* termasuk kekuatan, plastisitas, jumlah void, perlawanan terhadap aksi air dan ketahanan terhadap pelapukan (Tunncliff, 1962). Kavussi dan Hicks (1997) menilai gradasi dan bentuk dari mineral pengisi mempengaruhi sifat reologi aspal mastik. Mereka menggunakan empat jenis mineral pengisi yaitu batu kapur, kuarsa, *fly ash* dan kaolin. Dalam penelitian ini kuarsa memiliki bentuk partikel besar dan bersudut, kapur memiliki bentuk bersudut tetapi agak lebih kecil dari kuarsa, *fly ash* memiliki bentuk partikel seperti bola dan lebih kecil dari kapur, dan kaolin memiliki bentuk partikel yang terbaik. Mereka menemukan bahwa partikel kecil dan berbentuk bola memiliki efek kurang pada penetrasi dan pelunakan dibandingkan dengan partikel yang besar dan berbentuk sudut, selain itu pada pengujian viskositas hasil menunjukkan bahwa partikel yang halus dan berbentuk bola memiliki viskositas tinggi. Mereka menyimpulkan bahwa ukuran partikel dan bentuk partikel mempengaruhi sifat aspal mastik. Chen dan Pheng (1998), meneliti tentang efek *filler* pada kekuatan tarik pada aspal mastik. Mereka menemukan pengaruh yang besar dari ukuran partikel pada kekuatan tarik aspal mastik yang mengandung silika.

Ukuran partikel yang lebih kecil memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi, selain itu semakin tinggi konsentrasi penambahan menyebabkan tumpang tindih antar partikel, sehingga kekuatan partikel yang komposit menjadi berkurang. Partikel-partikel yang lebih kecil memiliki luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan partikel-partikel yang besar, sehingga kekuatan tarik menjadi lebih tinggi. Muniandi et al, (2012) mengungkapkan bahwa terlepas dari jenis *filler*, semakin kecil ukuran partikel maka semakin tinggi nilai penetrasi, semakin besar ukuran partikel maka semakin tinggi nilai titik lembek, semakin besar ukuran partikel semakin tinggi nilai viskositas aspal. Selain itu dengan meningkatnya kadar penambahan aspal akan mengikat *filler* tersebut sehingga aspal menjadi kaku.

Aspal *RAP* dapat diperoleh dari proses ekstraksi, namun akan membutuhkan banyak material *RAP* dan waktu yang lama untuk mendapatkan aspal yang cukup untuk pengujian. Untuk efisiensi waktu serta biaya, penelitian ini tidak menggunakan aspal *RAP* asli melainkan aspal *RAP* artifisial atau aspal *RAP* tiruan.

Aspal *RAP* artifisial adalah aspal yang sengaja dituakan untuk penelitian. Pada umumnya aspal yang telah mengalami penuaan memiliki karakteristik yang keras dan getas karena proses oksidasi, namun perlu penyelidikan lebih lanjut tentang karakteristik dari aspal *RAP* artifisial ini. Untuk mengetahui karakteristik aspal *RAP* artifisial serta pengaruh penambahan *filler* terhadap sifat teknisnya, dilakukan pengujian karakteristik aspal diantaranya adalah pengujian penetrasi, titik lembek, berat jenis, kelekatan, titik nyala & titik bakar, daktilitas serta analisis tentang indeks penetrasi dan kekakuan aspal (*stiffness*) kemudian dibandingkan dengan karakteristik aspal baru. Apabila ternyata karakteristik aspal *RAP* artifisial jauh lebih rendah dari aspal baru, kemudian ditambahkan *filler* dengan harapan ada perubahan karakteristik. Diharapkan peran *filler* dalam aspal dapat meremajakan kembali aspal yang telah mengalami penuaan.

Dalam penelitian ini, *filler* yang digunakan adalah semen, kapur, *fly ash* dan batubara. Diharapkan dengan menggunakan 4 jenis *filler* yang berbeda, dapat diketahui pengaruh masing-masing *filler* terhadap karakteristik aspal *RAP* artifisial.

2.METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen hingga di dapat hasil yang sesuai. Penelitian ini dilakukan di dalam laboratorium teknik sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Penelitian yang dilakukan meliputi pemeriksaan bahan dan material, proses pengumpulan data, pengolahan data dan analisis data. Material yang digunakan adalah aspal *RAP artifisial* atau aspal tiruan yang dibuat dengan cara aspal penetrasi 60/70 dituakan dengan metode penuaan jangka panjang dan di oven dengan suhu 85⁰C selama ± 5 hari kemudian dicampur dengan bahan tambah (semen, kapur, *fly ash* dan batubara). Pembuatan benda uji dengan cara pencampuran aspal yang ditambah dengan

semen, kapur, *fly ash* dan batubara dengan kadar penambahan 2%, 4% dan 6% dari berat aspal. Pencampuran dilakukan dengan cara aspal dipanaskan terlebih dahulu kemudian dituangkan dalam cawan lalu ditambahkan semen, kapur, *fly ash* dan batubara secara perlahan sembari aspal terus diaduk agar campuran tidak menggumpal. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian pengujian penetrasi, berat jenis, titik nyala dan titik bakar, titik lembek, kelekatan, daktilitas dan kehilangan berat akibat panas serta analisis penetrasi indeks dan prediksi *stiffness* (kekakuan aspal). Jumlah benda uji dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini :

Tabel 1. Jumlah benda uji

NO	Jenis Pengujian	Aspal RAP Artifisial	Bahan Tambah											
			Semen			Kapur			Fly ash			Batubara		
			2%	4%	6%	2%	4%	6%	2%	4%	6%	2%	4%	6%
1	Penetrasi pada suhu 25 ⁰ C (0,1 mm)	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	Berat Jenis	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	Titik Lembek (⁰ C)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4	Titik Bakar & Titik Nyala (⁰ C)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
5	Kelekatan (%)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
6	Daktilitas (cm)	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
7	Kehilangan Berat Akibat Panas (%)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Jumlah	14	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
	Total		206											

3.HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pemeriksaan Karakteristik Aspal RAP Artifisial

Pemeriksaan ini untuk mengetahui karakteristik dari aspal RAP artifisial dibandingkan dengan spesifikasi umum Bina Marga 2010 divisi 6 revisi 3. Hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.1 di bawah ini :

Tabel 2. Hasil pemeriksaan karakteristik aspal RAP artifisial di bandingkan dengan Spesifikasi Umum Bina Marga (2010).

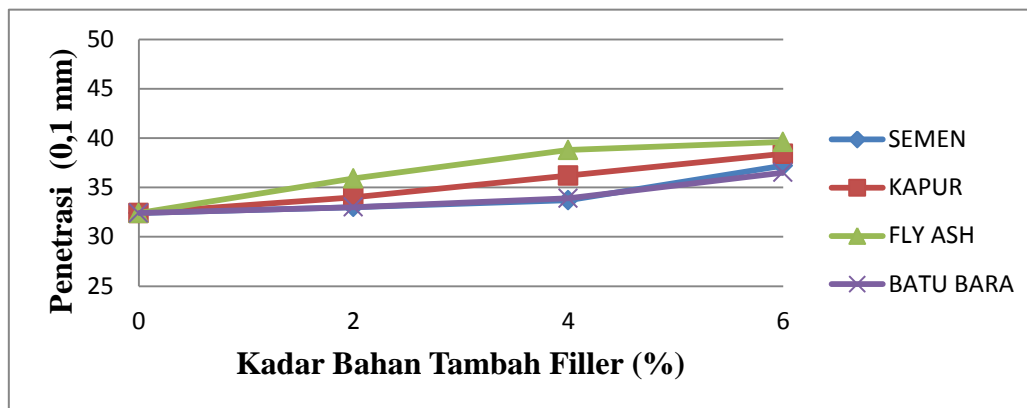
NO	Jenis Pengujian	Spesifikasi Aspal 60/70	Aspal RAP Artifisial	Keterangan Spesifikasi
1	Penetrasi pada suhu 25 ⁰ C (0,1 mm)	60/70	32,4	Tidak Memenuhi
2	Indeks Penetrasi	> -1	-1,176	Tidak Memenuhi
3	Titik Lembek (⁰ C)	≥ 48	58,5	Memenuhi
4	Daktilitas (cm)	> 1000	940	Tidak Memenuhi
5	Titik Nyala (⁰ C)	≥ 232	358	Memenuhi
6	Titik Bakar (⁰ C)	-	388	Memenuhi
7	Kelekatan (%)	Min 95	97,54	Tidak Memenuhi
8	Berat Jenis	≥ 1,0	0,99	Tidak Memenuhi
9	Kehilangan Berat (%)	≤ 0,8	0,30	Memenuhi

Dapat dilihat bahwa beberapa hasil pengujian tidak memenuhi spesifikasi aspal baru, hal ini sejalan dengan asumsi peneliti bahwa aspal telah mengalami penuaan karena lamanya proses pengovenan. Lamanya pengovenan menyebabkan proses oksidasi pada aspal sehingga tidak memenuhi spesifikasi aspal penetrasi 60/70.

3.2 Pemeriksaan Karakteristik Aspal RAP Artifisial Menggunakan Bahan Tambah Filler

3.2.1 Pemeriksaan Penetrasi

Pemeriksaan penetrasi dimaksudkan untuk mengetahui keras dan lunaknya aspal. Hasil pengujian penetrasi dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini :

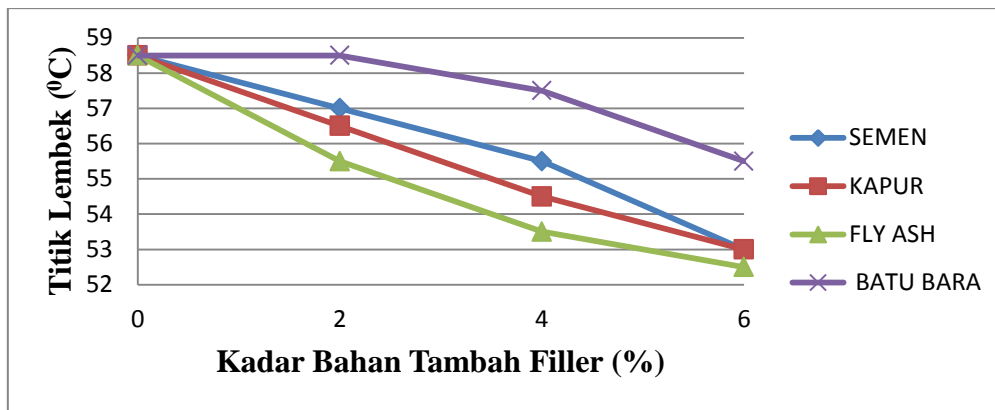


Gambar 1. Grafik hubungan penetrasi dengan kadar bahan tambah

Hasil pengujian menunjukkan dengan menggunakan bahan tambah nilai penetrasi aspal *RAP* artifisial menjadi lebih tinggi, hal ini mungkin karena bahan tambah tersebut bereaksi dengan aspal menjadi panas, sehingga semakin meningkat kadar penambahan nilai penetrasi semakin tinggi. Selain itu, ukuran partikel mempengaruhi nilai penetrasi karena partikel yang kecil memiliki luas permukaan yang lebih besar. Seperti yang dikemukakan oleh Muniandi et al, (2012) bahwa semakin kecil ukuran partikel maka semakin tinggi nilai penetrasi, dalam penelitian ini *fly ash* mempunyai butiran paling halus diantara yang lain dan batubara mempunyai butiran partikel yang paling besar dibanding yang lainnya, sehingga nilai penetrasi menggunakan bahan tambah *fly ash* lebih tinggi dan menggunakan bahan tambah batubara paling rendah.

3.2.2 Pemeriksaan Titik Lembek

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui suhu dimana aspal menjadi lunak. Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini :

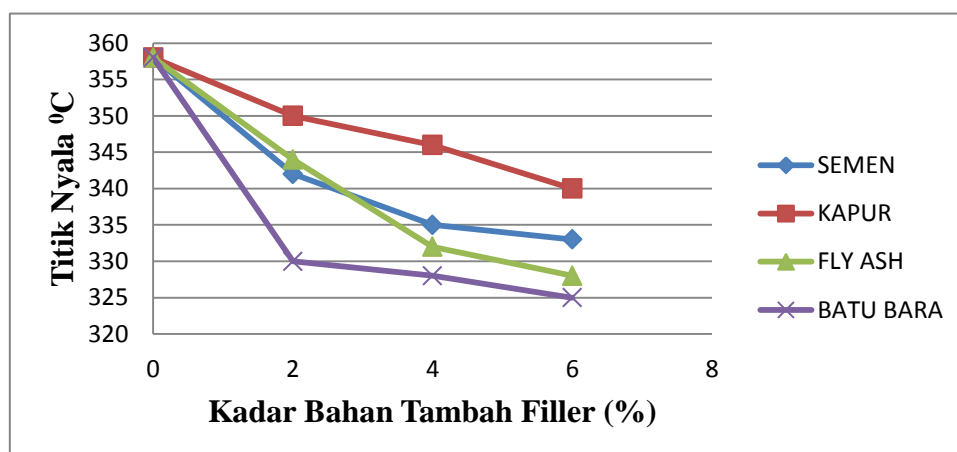


Gambar 2. Grafik hubungan titik lembek dengan kadar bahan tambah

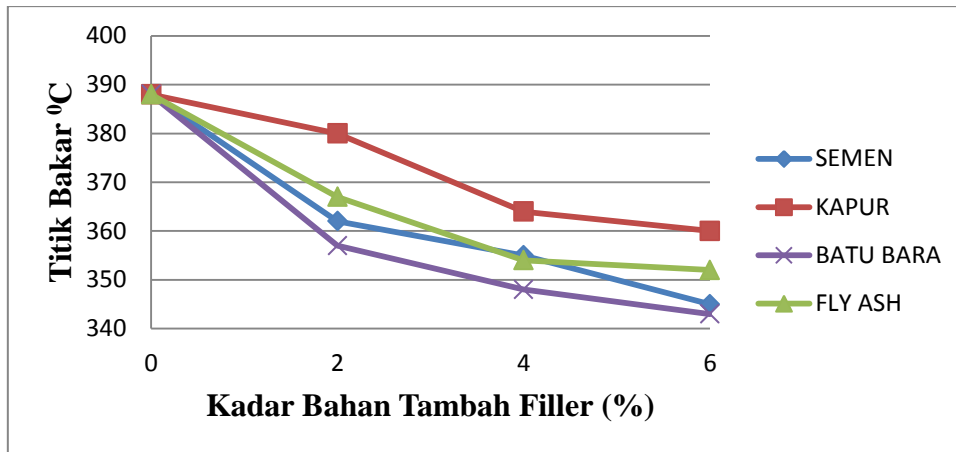
Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan bahan tambah filler nilai titik lembek aspal *RAP* artifisial dari yang semula 58,5 °C menjadi lebih rendah. Hal ini mungkin karena dengan penambahan bahan tambah aspal menjadi panas, sehingga cepat bereaksi ketika terjadi perubahan suhu seiring dengan meningkatnya kadar penambahan. Selain itu ukuran partikel juga mempengaruhi nilai titik lembek, semakin besar ukuran partikel maka semakin besar nilai titik lembek Muniandi et al, (2012). Seperti yang terlihat bahwa dengan menggunakan bahan tambah batubara nilai titik lembek adalah yang paling tinggi dibandingkan yang lainnya begitupun sebaliknya dengan *fly ash*, karena *fly ash* mempunyai ukuran partikel paling kecil dibandingkan yang lainnya sehingga mempunyai nilai titik lembek paling rendah.

3.2.3 Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui suhu dimana mulai terlihat percikan api dan nyala api sekurang-kurangnya 5 detik diatas permukaan aspal. Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini :



Gambar 3. Grafik hubungan titik nyala dengan kadar bahan tambah

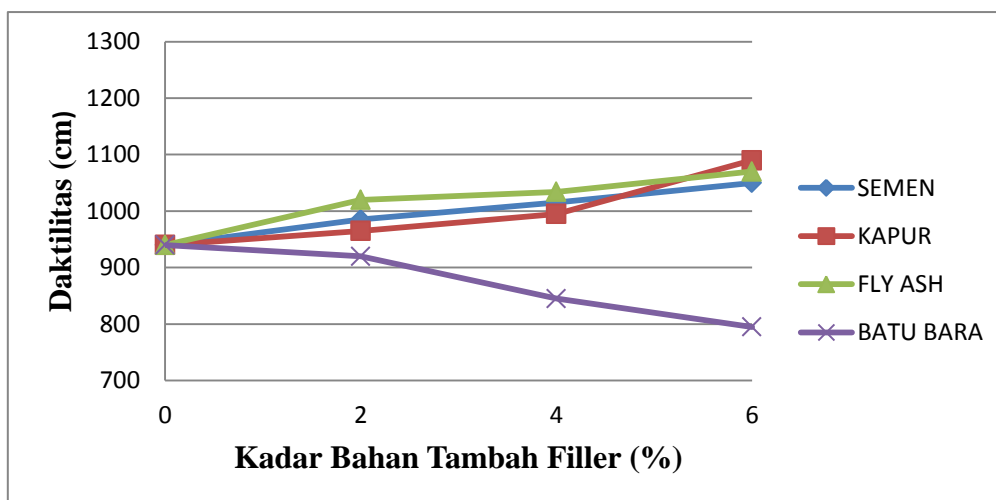


Gambar 4. Grafik hubungan titik bakar dengan kadar bahan tambah

Dari Gambar 3 dan Gambar 4, dapat dilihat bahwa dengan menggunakan bahan tambah nilai titik nyala dan titik bakar menjadi turun seiring dengan kadar penambahan. Dengan penambahan batubara mempunyai nilai titik nyala dan titik bakar paling rendah dibandingkan dengan semen, kapur dan *fly ash*. Hal ini karena batubara dapat menyimpan panas lebih besar dibandingkan 3 jenis bahan tambah lainnya, sehingga aspal *RAP* artifisial dengan bahan tambah batubara memiliki nilai titik bakar dan titik nyala paling rendah.

3.2.4 Pemeriksaan Daktilitas

Pengujian ini bermaksud untuk mengetahui nilai daktilitas aspal, daktilitas adalah jarak tepanjang yang dapat ditarik antar dua cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus, pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah ini :



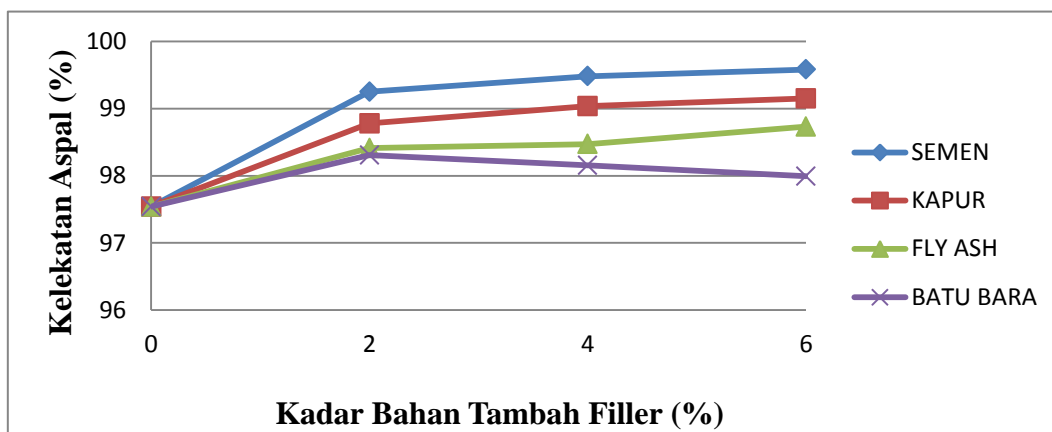
Gambar 5. Grafik hubungan daktilitas dengan kadar bahan tambah

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa dengan penambahan semen, kapur dan *fly ash* nilai daktilitas menjadi lebih tinggi, hal ini mungkin karena pengaruh dari bentuk partikel bahan tambah itu sendiri. Karena bahan tambah dengan partikel kecil memiliki luas permukaan yang lebih besar

dibandingkan partikel yang besar sehingga kekuatan tarik menjadi lebih tinggi. Akan tetapi dengan meningkatnya kadar penambahan menyebabkan tumpang tindih antar partikel sehingga kekuatan partikel yang komposit menjadi berkurang dan menyebabkan nilai daktilitas turun. Seperti yang terjadi apabila menggunakan bahan tambah batubara, dengan meningkatnya kadar penambahan nilai daktilitas menjadi turun karena batubara memiliki partikel yang lebih besar dibandingkan 3 bahan tambah lainnya. Akan tetapi dengan menggunakan bahan tambah semen, kapur dan fly ash dengan meningkatnya kadar penambahan nilai daktilitas juga mengalami peningkatan, hal ini terjadi karena mungkin dengan kadar penambahan sampai 6% dari berat aspal partikel-partikel bahan tambah tersebut masih komposit. Mungkin dengan kadar penambahan yang lebih tinggi kekuatan partikel yang komposit tersebut berkurang dan nilai daktilitas semakin turun.

3.2.5 Pemeriksaan Kelekatan Aspal

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui kelekatan aspal terhadap agregat. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 6 di bawah ini:

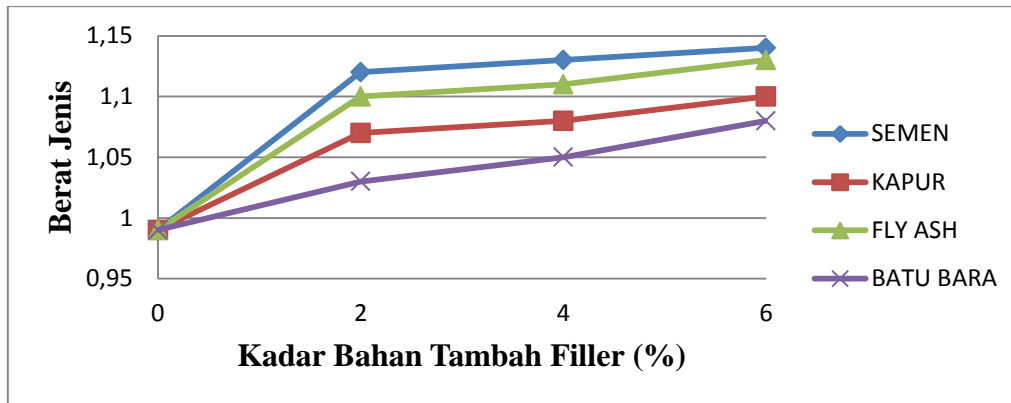


Gambar 6. Grafik hubungan kelekatan aspal dengan kadar bahan tambah

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai kelekatan aspal menjadi lebih tinggi dengan menggunakan bahan tambah. Hal ini karena pada proses pengujian benda uji direndam dalam air selama 24 jam, sedangkan semen akan mempunyai daya ikat yang kuat jika bersentuhan dengan air sehingga dengan bahan tambah semen mempunyai nilai kelekatan yang paling tinggi dibanding 3 bahan tambah lain.

3.2.6 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis aspal dengan *picnometer*. Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dan air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 7 di bawah ini :

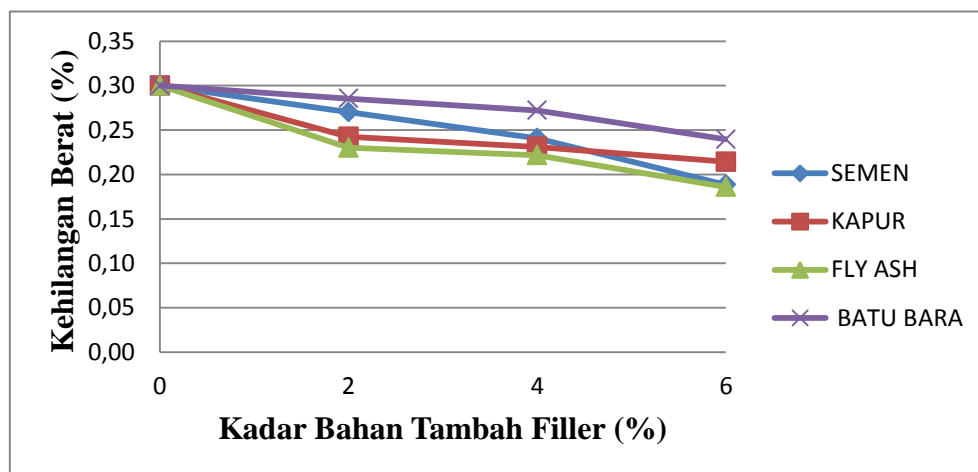


Gambar 7. Grafik hubungan berat jenis aspal dengan kadar bahan tambah

Dari hasil pengujian dapat dilihat bahwa nilai berat jenis dari yang semula 0,99 menjadi lebih tinggi seiring dengan meningkatnya kadar penambahan. Hal ini karena bahan tambah berbentuk padat, sehingga mempengaruhi berat jenis dari aspal tersebut. Nilai berat jenis aspal *RAP artificial* dengan bahan tambah semen paling tinggi karena mungkin berat jenis semen paling tinggi dibandingkan dengan 3 bahan tambah lain yaitu berkisar antara 3,1-3,3 g/cm³.

3.2.7 Pemeriksaan Kehilangan Berat Akibat Panas

Kehilangan berat akibat panas adalah pengurangan berat akibat penguapan bahan-bahan yang mudah menguap pada aspal. Penurunan berat yang besar menunjukkan banyaknya bahan-bahan yang hilang karena penguapan. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 8 di bawah ini:



Gambar 8. Grafik hubungan kehilangan berat dengan kadar bahan tambah

Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan menggunakan bahan tambah nilai kehilangan berat akibat panas menjadi turun seiring dengan meningkatnya kadar penambahan, hal ini karena bahan tambah berbentuk padat mungkin partikel-partikel bahan tambah mengikat minyak yang terkandung pada aspal sehingga menghambat proses oksidasi pada aspal. Dari 4 jenis bahan

tambah, *fly ash* memiliki nilai kehilangan berat paling rendah di bandingkan dengan 3 bahan tambah lainnya.

3.2.8 Penetrasi Indeks

Penetrasi indeks diperoleh dari sifat aspal yaitu nilai titik lembek dan nilai penetrasi yang menggambarkan tingkat kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur. Berdasarkan *The Shell Bitumen Handbook* bahwa nilai *penetration index* yang baik adalah antara -3 sampai +7. Jika nilai *penetration index* lebih kecil dari -3 maka menunjukkan bahwa bahan tersebut mudah terpengaruh oleh temperatur sekitarnya, jika nilai *penetration index* lebih besar dari +7 maka bahan tersebut tidak terpengaruh oleh suhu sekitarnya. Penetrasi indeks dapat dihitung dengan rumus :

$$A = \frac{\log \text{softening point } 800 - \log (\text{pen}25)}{T_{sp} - 25} \quad (1)$$

$$PI = \frac{20(1 - 25A)}{(1 + 50A)} \quad (2)$$

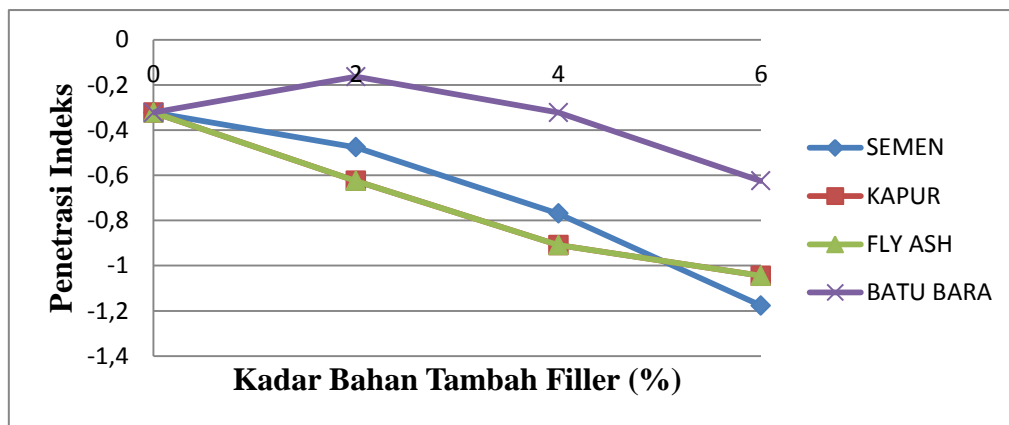
Keterangan :

A = Garis landai

PI = Indeks penetrasi

T_{sp} = Temperatur *softening point*

Hasil dituangkan dalam gambar sebagai berikut :



Gambar 9. Grafik hubungan penetrasi indeks dengan kadar bahan tambah

Dari hasil perhitungan dapat dilihat bahwa dengan menggunakan bahan tambah nilai *penetration index* menjadi turun seiring dengan meningkatnya kadar penambahan. Dengan menggunakan bahan tambah batubara mempunyai nilai *penetration index* paling tinggi dibandingkan dengan 3 bahan tambah lainnya, hal ini karena dengan penambahan batubara mempunyai nilai penetrasi yang rendah dan nilai titik lembek paling tinggi diantara 3 bahan tambah lainnya.

3.2.9 Prediksi *Stiffness*

Prediksi *stiffness* adalah nilai kekakuan aspal yang dipengaruhi oleh temperatur dan pembebanan. Untuk mengetahui nilai kekakuan aspal dapat menggunakan persamaan Ullitdz (*Shell*, 1978) di bawah ini :

$$S_b = 1,157 \times 10^{-7} \times t_1^{-0,368} \times 2,716PI^{(R)} \times (T^{(R)}_{RB} - T_{asp})^5 \quad (3)$$

Dengan :

- S_b = Kekakuan Aspal (Mpa)
- $T^{(R)}_{RB}$ = Titik Lembek Setelah Pemulihan ($^{\circ}C$)
- $T^{(R)}_{asp}$ = Temperatur Lapis Beraspal ($^{\circ}C$)
- $PI^{(R)}$ = Penetrasi Indek Setelah Pemulihan
- t_1 = Waktu Pembebanan (detik)

Persamaan diatas memiliki batasan validitas sebagai berikut :

- Waktu pembebanan (t_1) lebih besar dari 0,01 detik dan kurang dari 0,1 detik.
- Indeks penetrasi (PI) harus lebih besar dari -1 dan kurang dari +1.
- ($T^{(R)}_{RB} - T_{asp}$) harus lebih besar dari 10 dan lebih kecil dari $70^{\circ}C$

Untuk memperoleh nilai $T^{(R)}_{RB}$ dan $PI^{(R)}$ dapat diasumsikan dengan nilai penetrasi aspal awal $P^{(1)}$ dengan persamaan sebagai berikut :

$$P^{(R)} = 0,65P^{(1)} \quad (4)$$

$$T^{(R)}_{RB} = 98,4 - 26,35 \log (P^{(R)}) \quad (5)$$

$$PI^{(R)} = \frac{27 \log P^{(1)} - 21,65}{76,35 \log P^{(1)} - 232,82} \quad (6)$$

Keterangan :

- $P^{(1)}$ = Penetrasi awal

Untuk menghitung waktu pembebanan (t_1) dapat diasumsikan dengan menggunakan rumus :

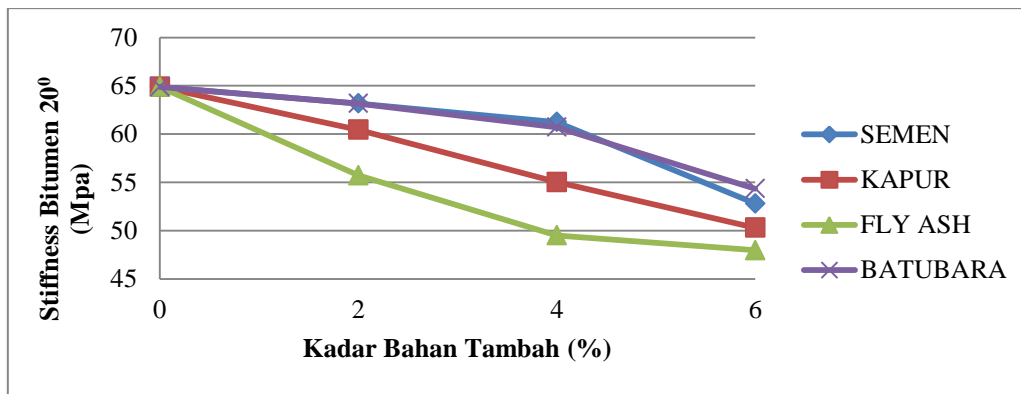
$$\log (t_1) = 5 \times 10^{-4} \times h_{asp} - 0,2 - 0,94 \log (v) \quad (7)$$

Keterangan :

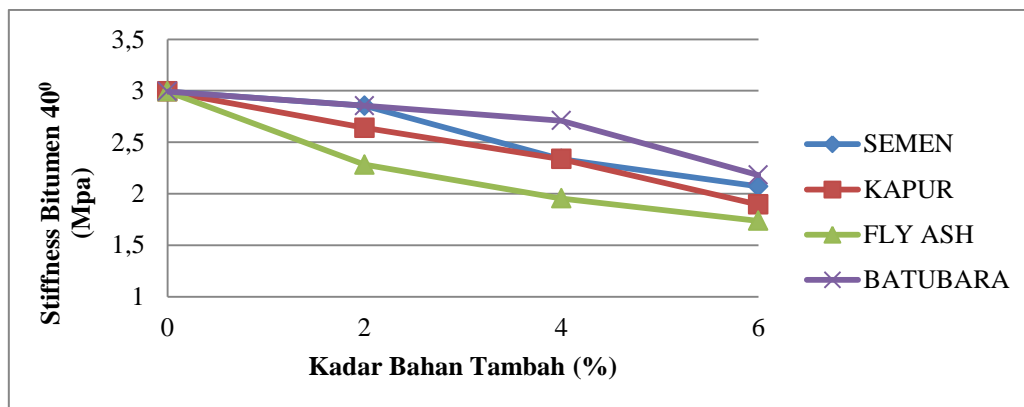
- h_{asp} = Tebal lapis beraspal (mm)
- v = Kecepatan kendaraan (km/jam)

Sumber : *S.F Brown and Janet M. Brunton*

Hasil perhitungan dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 10. Grafik hubungan *stiffness bitumen* pada suhu 20⁰C dengan kadar bahan tambah



Gambar 11. Grafik hubungan *stiffness bitumen* pada suhu 40⁰C dengan kadar bahan tambah

Dari Gambar V.10 dan Gambar V.11 dapat dilihat bahwa penambahan *filler* berpengaruh terhadap nilai *stiffness bitumen*. Sebagai contoh bahwa dengan asumsi kecepatan kendaraan (v) = 60 km/jam dan lama pembebanan (t_1) = 0,021, nilai *stiffness bitumen* aspal RAP artifisial pada suhu lapangan 20⁰C adalah 63,7 Mpa dan pada suhu 40⁰C adalah 2,97 Mpa, sedangkan dengan bahan tambah semen nilai *stiffness bitumen* pada suhu 20⁰ nilai adalah 62 Mpa dan pada suhu 40⁰ adalah 2,8 Mpa. Dari gambar diatas juga dapat dilihat bahwa dengan bahan tambah batubara nilai *stiffness* paling tinggi karena dengan bahan tambah batubara nilai penetrasi paling rendah, dengan nilai penetrasi rendah artinya aspal tersebut menjadi keras. Aspal yang keras akan lebih tahan suhu jika dibandingkan dengan aspal yang lunak.

4.PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

Karakteristik aspal *RAP artifisial* yang memenuhi ketentuan aspal penetrasi 60/70 dari Bina Marga (2010) Divisi 6 Revisi 3 adalah titik nyala, titik bakar, kehilangan berat akibat panas, titik lembek

dan indeks penetrasi, sedangkan berat jenis, penetrasi, kelekatan, dan daktilitas tidak memenuhi ketentuan.

Penggunaan bahan tambah *filler* dengan kadar penambahan 2%, 4% dan 6% dapat meningkatkan nilai dari karakteristik aspal *RAP artifisial*, diantaranya adalah :

Dengan menggunakan bahan tambah semen nilai penetrasi, indeks penetrasi, daktilitas, kelekatan aspal pada agregat, dan berat jenis aspal menjadi lebih tinggi. Sedangkan nilai titik lembek, titik nyala, titik bakar, *stiffness bitumen* dan kehilangan berat akibat panas mengalami penurunan dibandingkan dengan aspal *RAP artifisial* yang tidak menggunakan bahan tambah.

Dengan menggunakan bahan tambah kapur nilai penetrasi, indeks penetrasi, daktilitas, kelekatan aspal pada agregat, dan berat jenis menjadi lebih tinggi. Sedangkan titik lembek, titik nyala, titik bakar, *stiffness bitumen* dan kehilangan berat akibat panas mengalami penurunan dibandingkan dengan aspal *RAP artifisial* yang tidak menggunakan bahan tambah.

Dengan menggunakan bahan tambah *fly ash* nilai penetrasi, indeks penetrasi, daktilitas, kelekatan aspal pada agregat, dan berat jenis menjadi lebih tinggi. Sedangkan nilai titik lembek, titik nyala, titik bakar, *stiffness bitumen* dan kehilangan berat akibat panas mengalami penurunan dibandingkan dengan aspal *RAP artifisial* yang tidak menggunakan bahan tambah.

Dengan menggunakan bahan tambah batubara nilai penetrasi, indeks penetrasi, kelekatan aspal pada agregat, dan berat jenis menjadi lebih tinggi. Sedangkan nilai titik lembek, daktilitas, titik nyala, titik bakar, *stiffness bitumen* dan kehilangan berat akibat panas mengalami penurunan dibandingkan dengan aspal *RAP artifisial* yang tidak menggunakan bahan tambah.

PERSANTUNAN

Alhamdulillah puji syukur kepada Allah SWT karena atas izin-Nya penelitian ini dapat terselesaikan. Ibu dan bapak yang senantiasa memberikan dukungan dalam segala hal terutama dari segi do'a dan materi, saya ucapkan terimakasih. Terimakasih atas dukungan dana dari DITLITABMAS KEMENRISTEKDIKTI dan dukungan fasilitas dari LPPM UMS dalam penelitian ini. Terimakasih kepada Ir. Sri Sunarjono, MT., Ph.D, Senja Rum Harnaeni, ST., MT dan Ir. Agus Riyanto, MT yang telah membimbing, memberi arahan serta masukan dalam penelitian ini.

Terimakasih kepada teman-teman mahasiswa sipil UMS 2011, teman-teman kos, dan saudara PSHT 1922 yang telah memberikan semangat.

DAFTAR PUSTAKA

- Arianto, 2013, *Investigasi Karakteristik AC (Asphalt Concrete) Campuran Aspal Panas dengan Menggunakan Bahan RAP Artifisial*, Tugas Akhir. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Astuti, 2007, *Tinjauan Short and Long Term Oven Ageing Pada Proses Penuaan Aspal Dengan Campuran Asphalt Treated Base (ATB) Untuk Batu yang Berbeda*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Astuti, W.W, 2015. *Analisis Pengaruh Bahan Tambah Kapur Terhadap Karakteristik RAP (Reclaimed Asphalt Pavement)*. Tugas Akhir. UMS. Surakarta.
- Cahyo.P, 2013, *Investigasi Karakteristik RAP Artifisial*, Tugas Akhir. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Dwi Sistra, Mawid. 2016, *Analisis Karakteristik Modifikasi Aspal Penetrasi 60/70 dengan Ethilene Vinyl Acetate (EVA)*, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Dwina Archnita, 2003, *Pengaruh Berat Jenis Filler Pengganti terhadap Sifat Aspal*, Jurnal R 7 B Vol. 3 No. 2, Maret 2003, Padang, Sumatera Barat.
- Ganie, 2002, *Pengaruh Proses Penuaan Aspal Pada Kekakuan Campuran Hot Rolled Asphalt*, Tesis, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Kementrian Pekerjaan Umum, 2010, *Spesifikasi Umum*. Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- Liao, Min-Chih, 2007, *Small and Large Strain Rheological and Fatigue Characterisation of Bitumen-Filler Mastics*, Thesis, The University of Nottingham, England.
- Moraes R, Bahia Husein, 2015, *Effect of Mineral Filler Changes in Molecular Size Distribution of Asphalts during Oxidative Aging*, Jurnal, University of Wisconsin-Madison, USA.
- Muniandy R, Aburkaba E, Taha R, 2012, *Effect of Mineral Filler Type and Particle Size on Asphalt-Filler Mastic and Stone Mastic Asphalt Laboratory Measured Properties*, Jurnal Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University Putra Malaysia, Selangor, Malaysia.
- Natalita, 2002, *Proses Penuaan Aspal pada campuran SMA 0/11 tinjauan pada Short Term Oven Ageing (STOA)*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Permana, Rezza. 2009, *Studi Sifat-Sifat Aspal yang Dimodifikasi Limbah Tas Plastik*, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung.
- Simanjutak, Edwin P., 2013, *Studi Pengaruh Penggunaan Filler Semen, Serbuk Bentonit, dan Abu Terbang Batubara Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Lapisan Pondasi Atas (AC-BASE)*, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Sukirman, Silvia. 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Penerbit Nova, Bandung.
- Sukirman, Silvia. 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta : Granit
- Taylor, Richard. 2007, *Surface Interactions Between Bitumen and Mineral Fillers and Their Effects On The Rheology of Bitumen-Filler Mastics*, Thesis, The University of Nottingham, England.
- Tyan. I, 2013, *Pengaruh Penuaan Aspal Terhadap Karakteristik Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) Gradasi Kasar Dengan Acuan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010*, Tugas Akhir. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.