

**PENGEMBANGAN CAMPURAN BERGRADASI *SPLIT MASTIC ASPHALT* (SMA)
MENGUNAKAN BAHAN *RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT* (RAP) DAN
LIMBAH ARANG BATUBARA**



Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil

Oleh :

HAFIS MUSTOFA

D 100 100 024

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPILFAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

2016

HALAMAN PERSETUJUAN

PENGEMBANGAN CAMPURAN BERGRADASI *SPLIT MASTIC ASPHALT (SMA)*
MENGUNAKAN BAHAN *RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT (RAP)* DAN
LIMBAH ARANG BATUBARA

PUBLIKASI ILMIAH


oleh :

HAFIS MUSTOFA

D 100 100 024

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Pembimbing Utama


Ir. Sri Sunarjono, MT., PhD
NIK : 682

HALAMAN PENGESAHAN

PENGEMBANGAN CAMPURAN BERGRADASI *SPLIT MASTIC ASPHALT*
(SMA) MENGGUNAKAN BAHAN *RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT* (RAP)
DAN LIMBAH ARANG BATUBARA

Oleh:

HAFIS MUSTOFA

D 100 100 024

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari 26 Desember 2016

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Ir. Sri Sunarjono, MT., PhD
(Ketua Dewan Penguji)
2. Senja Rum Hernaeni, ST., MT
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Nurul Hidayati, ST., MT., PhD
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

(.....)



Dekan,

Ir. Sri Sunarjono, MT., PhD

NIK. 682

PERNYATAAN

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

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

Surakarta, 28 Desember 2016

Penulis



HAFIS MUSTOFA

D 100 100 024

**PENGEMBANGAN CAMPURAN BERGRADASI *SPLIT MASTIC ASPHALT*
(SMA) MENGGUNAKAN BAHAN *RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT* (RAP)
DAN LIMBAH ARANG BATUBARA**

Abstract

Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) is a long road pavement demolition materials. The research method is to make a mixture of graded SMA with RAP variation of 0 %, 50 %, 100 % of the total coarse aggregate and coal filler 0 %, 50 %, and 100 % of the total weight of the filler. The total weight of the specimen is 1200gr. Coarse aggregate fraction as much as 70 %, fine aggregate 19.5 %, and 10.5 % filler. Testing marshall total of 18 test specimens. Optimum Asphalt Content (KAO) obtained a value of 6.5 %. Variations of the test specimen that RAP content of 0 %, 50 %, and 100 % of the total coarse aggregates and coal filler content of 0 %, 50 %, and 100 % of the total weight of the filler. The test results on the test object with RAP levels rise VFWA value, and the flow tends to rise while the value of VMA, VIM, stability, and MQ (Marshall Quotient) tends to fall. While coal filler levels rise, then the value VFWA and flow to go up while the value of VMA, VIM, stability, and MQ (Marshall Quotient) down. RAP optimum levels, namely on the sample 6 with RAP appeal variasai new aggregate is 50: 50 and a filler content of coal 100%. RAP content of 50 %, 100 % and 100 % of coal filler made a chart to determine the optimum RAP content of 67 % of the total coarse aggregate, or 48 % of the total mixture.

Keywords : *Split Mastic Asphalt, RAP, Coal filler*

Abstract

Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) adalah bahan bongkaran perkerasan jalan lama. Metode penelitian yang dilakukan yaitu membuat campuran bergradasi SMA dengan variasi RAP 0 %, 50 %, 100 % dari total agregat kasar, dan *filler* batubara 0 %, 50 %, dan 100 % dari total berat *filler*. Berat total benda uji adalah 1200 gr. Fraksi agregat kasar sebanyak 70 %, agregat halus 19,5 %, dan *filler* 10,5 %. Pengujian marshall sebanyak 18 benda uji. Kadar Aspal Optimum (KAO) diperoleh nilai sebesar 6,5 %. Variasi benda uji yaitu kadar RAP 0 %, 50 %, dan 100% dari total agregat kasar dan kadar filler batubara sebesar 0 %, 50 %, dan 100 % dari total berat filler. Hasil pengujian pada benda uji dengan naiknya kadar RAP nilai VFWA, dan *flow* cenderung naik sedangkan nilai VMA, VIM, stabilitas, dan MQ (*Marshall Quotient*) cenderung turun. Sedangkan naiknya kadar filler batubara, maka nilai VFWA dan flow ikut naik sedangkan nilai VMA, VIM, stabilitas, dan MQ (*Marshall Quotient*) turun. Kadar RAP optimum yaitu pada sampel 6 dengan variasai RAP banding agregat baru yaitu 50 : 50 dan kadar filler batubara 100 %. Dari kadar RAP 50 %, 100 % dengan 100 % filler batubara dibuat grafik untuk menentukan kadar RAP optimum sebesar 67 % dari total agregat kasar atau 48 % dari total campuran.

Keywords : *Split Mastic Asphalt, RAP, Filler Batubara*

1. PENDAHULUAN

Dengan adanya isu lingkungan dalam konstruksi perkerasan jalan dengan menggunakan bahan alam mengalami penurunan jumlah dan akan habis. Penggunaan material alam yang sering dipakai sebagai perkerasan jalan diganti dengan material daur ulang / limbah industri dari perkerasan jalan, besi, limbah pembakaran batubara, dan material lainnya. Perkerasan jalan merupakan salah satu hal yang penting untuk menunjang pembangunan prasarana transportasi jalan yang ramah lingkungan, murah, dan tahan lama. Untuk itu, diperlukan inovasi metode perkerasan jalan yang mampu menghasilkan kualitas yang memenuhi standar namun dengan menggunakan material seefisien mungkin. Salah satu perkerasan jalan yang ramah lingkungan adalah dengan menggunakan metode daur ulang. Metode daur ulang ini memanfaatkan limbah dari lapisan perkerasan jalan. Limbah perkerasan jalan ini sering disebut *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP).

Selama ini campuran agregat aspal menitik beratkan pada pemakaian debu batu sebagai bahan pengisi (*filler*). Masalah yang timbul kemudian, bahwa pemakaian debu batu membutuhkan biaya yang lebih untuk menyediakannya, oleh karena itu diperlukan pemikiran untuk mendapatkan alternatif pemilihan bahan yang lain yang memenuhi syarat dan mudah mendapatkannya serta mempunyai nilai ekonomis. Berdasarkan hal tersebut maka dicoba untuk memanfaatkan limbah pembakaran batubara.

Salah satu bahan alternatif pengganti bahan aditif sebagai bahan tambah untuk campuran beton aspal adalah serat selulosa. Dedak padi adalah salah satunya serat selulosa alami pengganti serat selulosa aditif yang saat ini hanya untuk salah satu pakan ternak, untuk meningkatkan kegunaan dari dedak maka di coba untuk digunakan dalam penelitian ini.

Penelitian ini bertujuan untuk Mengetahui kinerja *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) dalam campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) grading 0/11 bila di kombinasi dengan fresh agregat kasar dan mengetahui kinerja limbah pembakaran batubara sebagai pengganti *filler* debu batu dalam campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) grading 0/11.

2. METODE

Split Mastic Asphalt (SMA) adalah Campuran dengan gradasi senjang (*gap graded*) yang mengandung sebagian besar agregat kasar, dan membentuk kerangka yang efisien untuk penyebaran beban. Agregat kasar di ikat bersama-sama oleh mastic, yang mengandung bahan pengisi (*filler*), serat (*fiber*) dan polimer dengan lapisan aspal yang cukup tebal (Furqon Affandi, 2010).

Split terdiri dari agregat kasar dengan jumlah fraksi yang tinggi, untuk *mastik* aspal terdiri dari campuran agregat halus, *filler* dan aspal dengan kadar yang relatif tinggi. Sedangkan untuk bahan tambahannya digunakan serat *selulosa*, yang berfungsi untuk menstabilkan aspal, serta menghasilkan mutu campuran beton aspal yang lebih tahan terhadap oksidasi, retak, *bleeding* yang disebabkan muatan lebih dan keausan akibat roda kendaraan.

Penggunaan agregat kasar dengan jumlah fraksi yang tinggi mengakibatkan agregat saling mengunci (*interlocking*) sehingga menghasilkan campuran aspal yang tahan terhadap *rutting*. Pada Gambar dapat dilihat bahwa campuran *Split Mastik Aspal* (SMA) terisi oleh agregat kasar yang saling mengunci (*interlocking*) sedangkan pada *Hot Mix Asphatl* (HMA) agregat terlihat seperti mengapung di dalam campuran. Oleh karena itu campuran *Split Mastic Aspal* (SMA) dengan kandungan agregat kasar dapat memberikan ketahanan terhadap alur atau *rutting* dibanding dengan campuran *Hot Mix Asphatl* (HMA). (Freddy L Roberts, 1996).

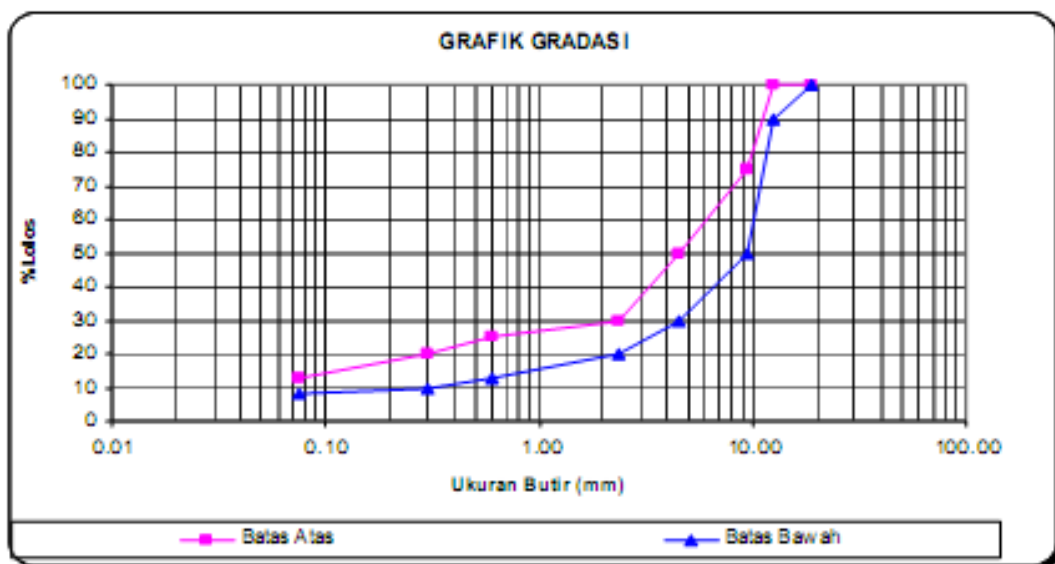
Tabel 1. Spesifikasi SMA grading 0/11

No	Jenis Pemeriksaan	Persyaratan
1	Agregat < 0,09 mm, % berat >2 mm, % berat >5 mm, % berat >8 mm, % berat > 11,2 mm, % berat	8-13 70-80 50-70 ≥25 ≤10
2	Aspal a. Jenis b. Kadar, (% berat)	AC 60/70 6-7,5
3	Additive a. Jenis b. Kadar, % berat	Serat selulosa 0,3%
4	Kriteria dari Marshall a. Pemadatan, tumbukan b. Stabilitas min (kg) c. Rongga terisi aspal d. Rongga dalam campuran (% campuran)	2x75 750 76-82 3-5 2-4

	e. Kekelahan /flow, (mm) f. Marshall Quotient	190-300
5	Tebal pengaspalan (cm)	3-5
6	Derajat kepadatan (%)	>97

Tabel 2. Spesifikasi Gradasi Agregat Pada Campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) 0/11

No	Ukuran Saringan (mm)	Lolos Saringan (%)	Ideal (%)
1	19	100	100
2	12,5	90-100	95
3	9,5	50-75	62,5
4	4,75	30-50	40
5	2,36	20-30	25
6	0,60	13-25	19
7	0,30	10-20	15
8	0,075	8-13	10,5



Gambar 1. Gradasi Campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Karakteristik Bahan

Hasil pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh RAP sebagai pengganti fresh agregat kasar dan filler batubara sebagai bahan pengganti filler debubatu terhadap campuran *Split Mastic Aspal (SMA)*.

Tabel 3. Hasil pemeriksaan fresh agregat kasar

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1	Abrasi <i>Los Angeles</i>	%	max. 30	28,38	Memenuhi
2	Kelekatan Agregat terhadap aspal	%	min. 95	100%	Memenuhi
3	Berat jenis semu		> 2,50	2,85	Memenuhi
4	Penyerapan (<i>Absorpsi</i>)	%	< 3,00	2,52	Memenuhi

Tabel 4. Hasil pemeriksaan RAP sebagai agregat kasar

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1	Abrasi <i>Los Angeles</i>	%	max. 30	31,44	Tidak memenuhi
2	Kelekatan Agregat terhadap aspal	%	min. 95	96%	Memenuhi
3	Berat jenis semu		> 2,50	2,28	Tidak memenuhi
4	Penyerapan (<i>Absorpsi</i>)	%	< 3,00	1,92	Memenuhi

Tabel 5. Hasil pemeriksaan agregat halus

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1	Berat jenis semu		> 2,50	2,73	Memenuhi
2	Penyerapan (<i>Absorpsi</i>)	%	< 5,00	2,46	Memenuhi
3	<i>Sand Equivalent</i>	%	min. 60	92,11	Memenuhi

Tabel 6. Hasil pemeriksaan kualitas aspal pen 60/70

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1	Penetrasi	(0,1 mm)	60-70	67,00	Memenuhi
2	Titik leleh	°C	≥48	49	Memenuhi
3	Titik nyala	°C	≥232	335	Memenuhi
4	Daktilitas	cm	≥100	150	Memenuhi
5	Berat jenis aspal		≥1,0	1,04	Memenuhi

Tabel 7. Hasil pemeriksaan *filler* debubatu

No	Jenis pemeriksaan	Nomor saringan	Spesifikasi	Hasil	Satuan	Keterangan
1	Gradasi lolos saringan	No. 200	Min 85	100	%	Memenuhi
2	Berat jenis	-		2,280		

Tabel 8. Hasil pemeriksaan *filler* Batubara

No	Jenis pemeriksaan	Nomor saringan	Spesifikasi	Hasil	Satuan	Keterangan
1	Gradasi lolos saringan	No. 200	Min 85	100	%	Memenuhi
2	Berat jenis			2,230		

Pengujian tahap pertama memeriksa karakteristik bahan material yang digunakan agar sesuai dengan persyaratan teknis sebagai bahan susun suatu campuran aspal panas. Cara pengujian dan persyaratan agregat meliputi keausan agregat, kelekatan terhadap aspal, berat jenis, peresapan terhadap aspal. Cara pengujian aspal meliputi titik lembek, titik nyala, penetrasi aspal, kehilangan berat, daktilitas, kelarutan dan berat jenis. Tahap ketiga menentukan Kadar aspal Optimum (KAO) dengan kadar aspal 5.5%, 6%, 6.5%, 7%, 7.5%, 8%, dan 8.5% dari total campuran, masing-masing 2 sample. Tahap keempat pembuatan benda uji pada nilai KAO yang telah ditentukan dengan RAP dan Filler batubara dengan variasi RAP 0%, 50%, 100% dan Filler batubara 0%, 50%, 100% dari total campuran, Pengujian *marshall test* dan membuat kesimpulan dan saran. Kadar aspal optimum adalah kadar aspal yang ideal dimana nilai stabilitas dan flow tidak mempengaruhi adanya penambah atau pengurangan kadar aspal dan di peroleh kadar aspal optimum 6,5%.

3.2 Pengaruh Proporsi RAP terhadap Karakteristik Marshall.

Hasil dari penelitian SMA yang telah dilakukan di laboratorium dengan 9 sample variasi terdapat di Tabel 8. Pengaruh variasi persentase RAP 0%, 50%, dan 100% dari berat agregat kasar diperoleh nilai nilai *VIM*, *VFWA*, Stabilitas, *Flow*, *Marshall Quotient* seperti yang terdapat Tabel 9. Analisis pengaruh RAP dilakukan dengan membandingkan antara sample dengan persentase filler batubara 0% (sample 1, sample 4, dan sample 7) kadar filler batubara 50% (sample 2, sample 5 dan sample 8) dan kadar filler batubara 100% (sample 3, sample 6 dan sample 9)

Tabel 9. Variasi sample

Sample	Aspal (%)	Kadar total agregat (100 - % Aspal - % Dedak)					Dedak (%)
		Agg. Kasar	RAP	Agg. Halus	Filler		
					Debubatu	A. Batubara	
1	6,5	70	0	19,5	10,5	0	7
2	6,5	70	0	19,5	5,25	5,25	7
3	6,5	70	0	19,5	0	10,5	7
4	6,5	35	35	19,5	10,5	0	7
5	6,5	35	35	19,5	5,25	5,25	7
6	6,5	35	35	19,5	0	10,5	7
7	6,5	0	70	19,5	10,5	0	7
8	6,5	0	70	19,5	5,25	5,25	7
9	6,5	0	70	19,5	0	10,5	7

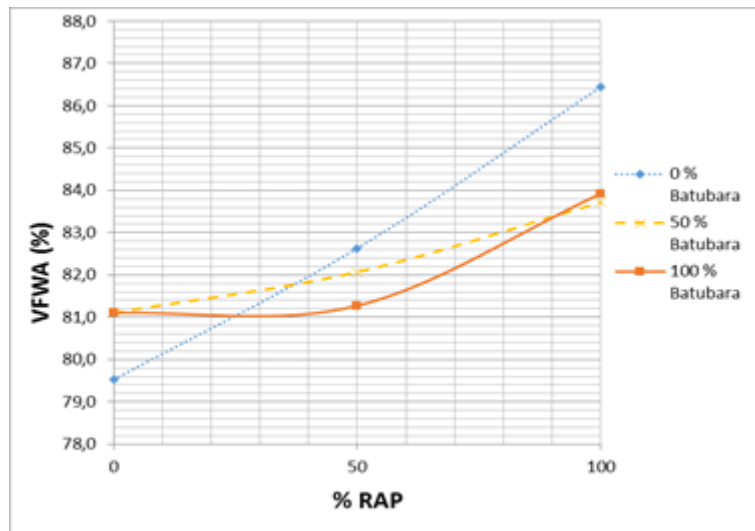
Tabel 10. Hasil *Marshall Test*

Sample	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	VMA (%)	Kepadatan (g/mm ³)	VFWA (%)	VIM (%)	MQ (kg/mm)
1	1012,51	3,52	18,56	2,334	78,64	3,97	287,65
2	1012,26	3,55	18,42	2,338	79,48	3,81	285,54
3	1006,04	3,56	18,11	2,347	81,03	3,44	282,99
4	942,65	3,82	17,34	2,369	85,50	2,53	247,08
5	903,07	3,85	17,27	2,371	85,98	2,45	234,89
6	949,95	3,86	17,17	2,374	86,55	2,33	246,10
7	755,60	4,00	16,76	2,386	88,99	1,85	192,98
8	800,05	4,03	16,56	2,392	90,24	1,62	198,50
9	761,50	4,06	16,52	2,393	90,59	1,57	187,79
Spesifikasi	<750	2-4	-	-	>76	3-5	190-300

Pengaruh RAP terhadap karakteristik Marshall test dapat dilihat pada grafik 1 sampai 7 di bawah ini :

1. Pengaruh variasi proporsi RAP dan Filler batubara terhadap VFWA (*Void Filled With Asphalt*).

Nilai VFWA (*Void Filled With Asphalt*) menunjukkan besarnya rongga dalam campuran yang terisi oleh aspal dinyatakan dalam prosentase. Besarnya nilai VFWA berpengaruh terhadap keawetan perkerasan, bertambahnya VFWA mengakibatkan perkerasan semakin kedap terhadap udara dan air.

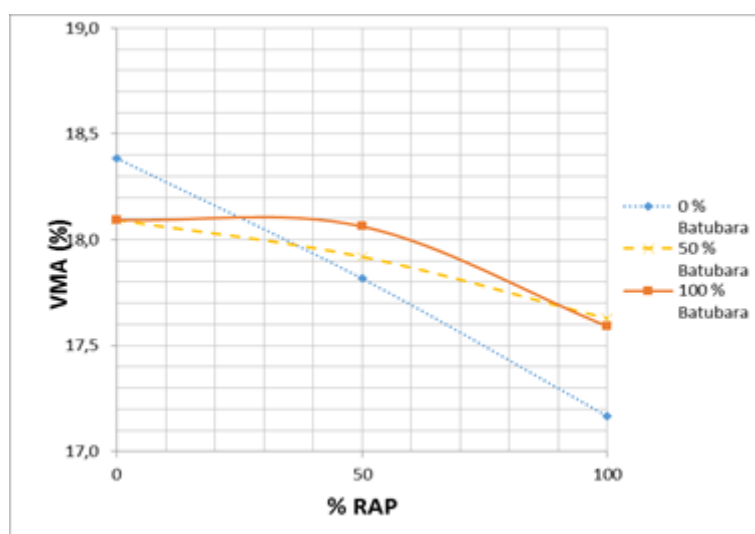


Gambar 2. Hubungan kadar RAP dan *Filler* batubara dengan *VFWA*

Gambar 2. memperlihatkan bahwa kadar RAP berpengaruh terhadap nilai *VFWA*. Semakin tinggi kadar RAP maka nilai *VFWA* semakin tinggi dikarenakan aspal yang terdapat pada *RAP* ikut mencair dan mengisi rongga dalam agregat. Nilai *VFWA* terendah dan tertinggi terletak pada persentase RAP 0 % dengan 0 % batubara dan RAP 100 % dengan batubara 0 %, yaitu 79,53 % dan 86,44 %. Sedangkan kadar batubara yang semakin tinggi mengakibatkan nilai *VFWA* cenderung turun. Hal ini terjadi karena filler batubara tercampur dengan aspal dan mengisi rongga-rongga udara semakin banyak.

2. Pengaruh variasi proporsi *RAP* dan *Filler* batubara terhadap *VMA* (*Void Content In Aggregate*)

Nilai *VMA* menunjukkan besarnya rongga dalam agregat yang dinyatakan dalam prosentase. Besarnya nilai *VMA* berpengaruh terhadap besarnya aspal yang mengisi.

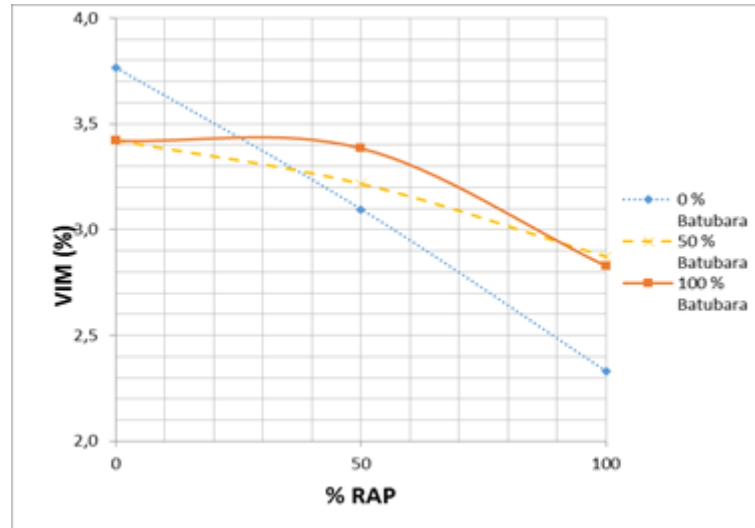


Gambar 3. Hubungan kadar RAP dan *Filler* batubara dengan *VMA*

Gambar 3. memperlihatkan bahwa kadar RAP berpengaruh terhadap nilai *VMA*. Semakin tinggi kadar RAP maka nilai *VMA* semakin rendah dikarenakan aspal lama pada RAP mencair dan mengisi rongga dalam campuran. Nilai *VMA* terendah dan tertinggi terletak pada persentase RAP 100 % dengan 0 % batubara dan RAP 50 % dengan batubara 100 %, yaitu 17,17 % dan 18,09 %. Sedangkan semakin tinggi kadar *Filler* batubara maka nilai *VMA* semakin tinggi dikarenakan batubara yang berada di sela-sela agregat membuat volume rongga bertambah, meskipun hanya sedikit.

3. Pengaruh variasi RAP dan *Filler* batubara terhadap *VIM* (*Void In Mix*)

Nilai *VIM* menunjukkan banyaknya rongga yang ada dalam campuran. Nilai *VIM* dipengaruhi oleh banyak hal diantara suhu pemadatan, gradasi agregat, kadar dan jenis bahan tambah serta kadar dan jenis aspal yang digunakan. Mengingat dalam penelitian ini suhu pemadatan, gradasi agregat serta kadar dan jenis aspal yang digunakan sama, maka faktor yang mempengaruhi nilai *VIM* hanya berdasarkan variasi kadar RAP dan *Filler* batubara yang digunakan.



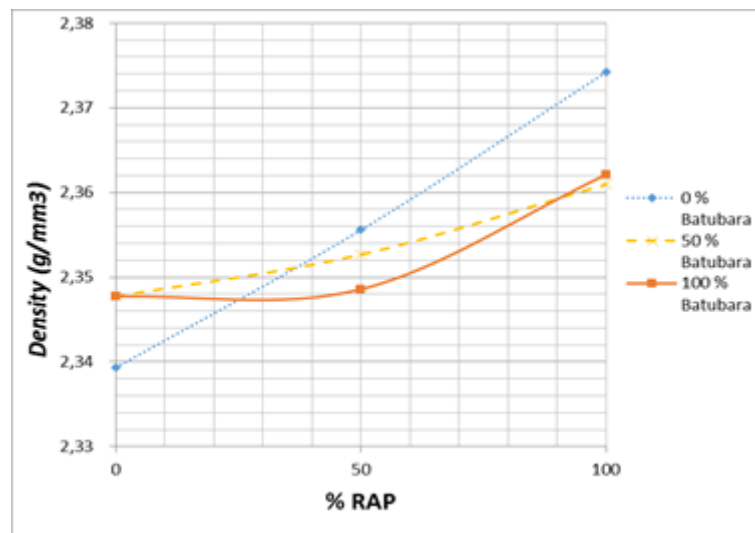
Gambar 4. Hubungan kadar RAP dan *Filler* batubara dengan *VIM*

Gambar 4. semakin tinggi kadar RAP, menghasilkan nilai *VIM* yang cenderung semakin menurun. Hal ini karena sisa aspal lama pada RAP mampu mengisi lebih banyak rongga udara yang terjadi. Pada waktu pemadatan, partikel agregat ini dapat merapat dan butir bahan pengisi akan mengisi rongga yang ada, sehingga dapat memperkecil rongga yang terjadi. Sedangkan kadar *Filler* batubara yang semakin tinggi mengakibatkan nilai *VIM*

cenderung naik, kecuali pada kadar RAP 100 % dari 100 % *Filler* batubara terjadi penurunan sebesar 0,21. Hal ini karena filler batubara dan sisa aspal lama pada RAP mampu mengisi lebih banyak rongga udara.

4. Pengaruh variasi *RAP* dan *Filler* batubara terhadap *Density*

Nilai *Density* diperoleh dari hasil bagi berat diudara setelah dipadatkan dengan volume campuran.

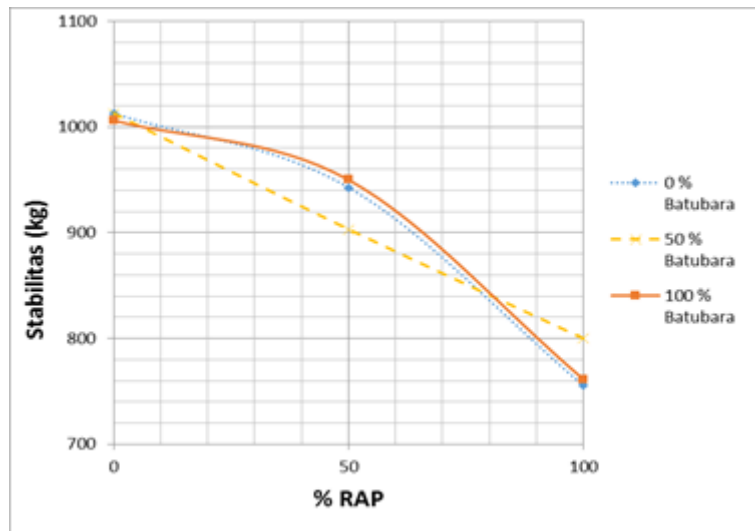


Gambar 5. Hubungan kadar RAP dan *Filler* batubara dengan *Density*

Pada Gambar 5. diatas terlihat bahwa dengan bertambahnya kadar *RAP* yang digunakan maka nilai *density* semakin tinggi. Hal ini dikarenakan kandungan sapol yang menempel pada *RAP* mencair dan mengisi rongga dalam agregat. Sedangkan semakin bertambahnya kadar *RAP* yang digunakan maka *density* pada kadar *Filler* batubara 0 % nilainya setabil, pada kadar *Filler* batubara 50 % nilainya menurun, dan pada kadar *Filler* batubara 100 % nilainya naik di kadar *RAP* 100 % kemudian turun kembali setelah melewati kadar *RAP* 50 %.

5. Pengaruh variasi *RAP* dan *Filler* batubara terhadap Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan lapis keras untuk menahan perubahan akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk.

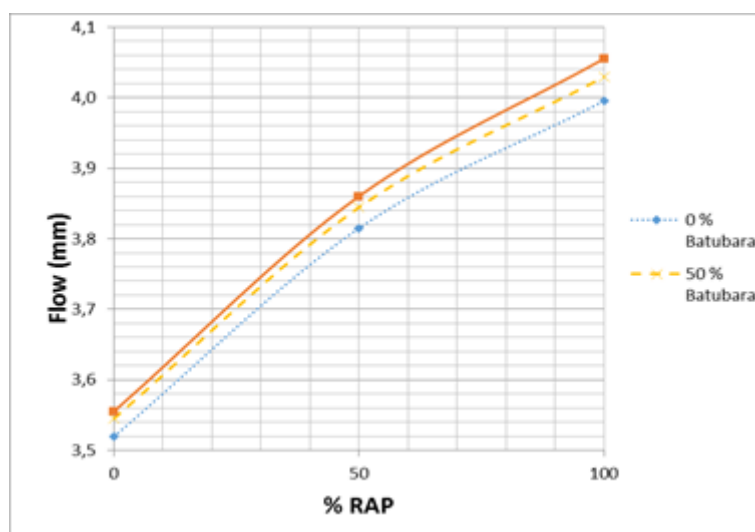


Gambar 6. Hubungan kadar RAP dan *Filler* batubara dengan Stabilitas

Gambar 6. seiring bertambahnya kadar RAP, nilai stabilitas cenderung turun, hal ini terjadi karena penambahan proporsi aspal dari RAP yang ikut mencair ketika dipanaskan, sehingga kadar aspal dalam campuran semakin besar. Sedangkan seiring bertambahnya kadar *Filler* batubara, nilai stabilitas cenderung turun kemudian naik lagi setelah kadar *Filler* batubara mencapai 100 %. Hal ini disebabkan karena kadar aspal yang ada diserap oleh *Filler* batubara, sehingga mengurangi peran aspal sebagai pengikat agregat kasar. Sehingga pada proporsi yang tepat akan membuat nilai stabilitas naik.

6. Pengaruh variasi RAP dan *Filler* batubara terhadap Flow

Flow atau kelelahan, yaitu menunjukkan besarnya *deformasi* yang terjadi pada suatu lapisan perkerasan akibat menahan beban yang diterima. Besarnya nilai *deformasi* yang terjadi pada lapisan perkerasan juga dipengaruhi nilai *VFWA*, *VIM* dan Stabilitas.

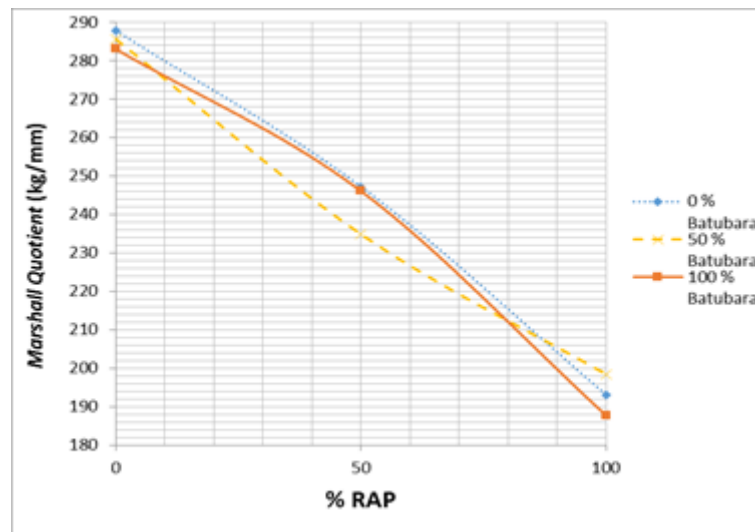


Gambar 7. Hubungan kadar RAP dan *Filler* batubara dengan *Flow*

Dari hasil penelitian memiliki nilai *flow* yang cenderung semakin naik seiring bertambahnya proporsi RAP, Dari hasil penelitian untuk pengaruh *Filler* batubara, memiliki nilai *flow* yang cenderung semakin naik dengan bertambahnya kadar *Filler* batubara. Hal ini disebabkan karena *Filler* batubara dapat berkolaborasi dengan aspal dalam campuran, yaitu dengan cara mengikat aspal. Sehingga campuran menjadi semakin kaku, dan mencegah *bleeding*.

7. Pengaruh variasi RAP dan *Filler* batubara terhadap Marshall Quotient (*MQ*)

Faktor yang mempengaruhi nilai *MQ* adalah stabilitas dan *flow*. Campuran yang mempunyai nilai *MQ* rendah berarti nilai stabilitasnya rendah disertai nilai *flow* yang tinggi, sehingga campuran tersebut akan mengalami deformasi yang cukup tinggi pada saat menerima beban lalu lintas. Sebaliknya pada campuran yang memiliki nilai *MQ* tinggi maka nilai stabilitasnya tinggi disertai nilai *flow* yang rendah, sehingga campuran akan menjadi getas/kaku dan bila menerima beban lalu lintas akan mudah mengalami retak.



Gambar 8. Hubungan kadar RAP dan *Filler* batubara dengan *MQ*

Hasil penelitian pada Gambar 8. menunjukkan bahwa meningkatnya pemakaian kadar RAP, nilai *MQ* semakin turun. Nilai *MQ* maksimum pada kadar RAP 0 % dengan 0 % *Filler* batubara, yaitu sebesar 287,65 kg/mm. Sedangkan meningkatnya pemakaian kadar *Filler* batubara pada campuran memberikan pengaruh terhadap penurunan nilai *MQ* dan pada kadar *Filler* batubara 100 % dengan RAP 50 % nilainya naik, hal ini dikarenakan nilai stabilitas menjadi naik dan nilai *flow* menjadi turun. Nilai *MQ* maksimum pada campuran dengan *Filler* batubara 0 %, dan RAP 0 % yaitu sebesar 287,65 kg/mm.

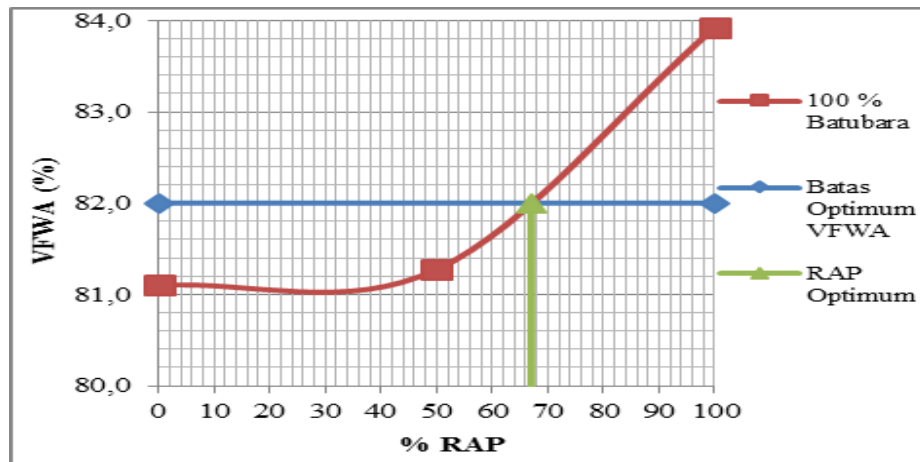
Dari grafik diatas menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase filler batubara maka nilai VIM naik dan nilai VFWA disebabkan filler batubara yang bercampur aspal mengisi rongga agregat sehingga nilai VIM naik, dan nilai VFWA semakin besar siring bertambahnya filler batubara dalam campuran. Sedangkan nilai pada stabilitas turun dan nilai flow naik. Pada nilai Marshall Quetient nilainya turun di 100% dan kembali naik di 50%, dikarenakan filler batubara yang tercampur aspal menjadi mastic sehingga dapat menambah kekuatan campuran itu sendiri.

3.3 Analisa Proporsi RAP dan Filler Batubara Berdasarkan Spesifikasi SMA.

Tabel 11. Propertis RAP dan Filler batubara terhadap spesifikasi SMA.

% Filler	% RAP			Propertis
	0	50	100	
0	✓	✓	✓	Stabilitas
	✓	✓	✓	Flow
	✓	X	X	VFWA
	✓	✓	✓	VIM
	✓	✓	✓	MQ
50	✓	✓	✓	Stabilitas
	✓	✓	X	Flow
	✓	X	X	VFWA
	✓	✓	✓	VIM
	✓	✓	✓	MQ
100	✓	✓	✓	Stabilitas
	✓	✓	X	Flow
	✓	✓	X	VFWA
	✓	✓	✓	VIM
	✓	✓	X	MQ

Tabel 11. digunakan untuk mencari persentase RAP maksimum yang dapat digunakan, dengan cara menarik garis pada grafik pada variasi sample yang menggunakan RAP maksimum. Setelah itu menarik garis horisontal pada batas spesifikasi atas dan menarik garis vertikal dari pertemuan garis antara batas atas dengan hasil penelitian yang hasilnya adalah kadar RAP maksimum yang dapat digunakan. Dari tabel 10 penggunaan RAP maksimum terdapat pada kadar filler batubara 100%, pada propertis VFWA.



Grafik 9. Hubungan VFWA dengan kadar RAP maksimum

Dari grafik 9. menunjukkan bahwa kadar RAP maksimum yang dapat di gunakan adalah 67% dari total agregat kasar dari total campuran, dengan kadar filler 100% dari total campuran.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian laboratorium mengenai RAP dan filler batubara sebagai berikut :

1. Dengan adanya penambahan filler batubara maka nilai VMA, VIM, Stabilitas dan Marshall Quetient naik sedangkan nilai VFWA, Flow dan Density nilainya turun, dan adanya penambahan RAP maka nilai VFWA, Density, dan Flow cenderung naik sedangkan nilai VIM, VMA, Stabilitas dan Marshall Quetient nilainya turun.
2. Analisis proporsi RAP optimum yang memenuhi spesifikasi yaitu sebesar 67 % dari total agregat kasar, dengan kadar Filler batubara 100% dari total campuran.

PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Koordinasi Perguruan Tinggi Swasta Wilayah VI Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan yang telah membantu pembiayaan penelitian ini sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Tahun 2015 Nomor : 007/K6/KM/SP2H/PENELITIAN_BATCH-1/2015, tanggal 30 Maret 2015. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada LPPM dan laboratorium UMS yang telah memberi fasilitas penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Bina Marga. (2010). *Spesifikasi Umum*. Semarang: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1987). *Petunjuk pelaksanaan lapis beton aspal (Lataston) untuk jalan dan jembatan*. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga.
- Razali, M. R. (2011). Penggunaan batu kapur super lolos #325 sebagai filler pengganti pada campuran Split Mastic Asphalt Grading 0/11. *Jurnal Program Studi Teknik Sipil Universitas Bengkulu*, 42-48.
- Riyanto, A. (1996). *Diklat jalan raya*. Surakarta: Progam studi teknik sipil universitas muhammadiyah surakarta.
- Suaryana, N. (2012). Kajian material Stone Matrix Asphalt Asbuton berdasarkan kriteria deformasi permanen. *Pusat Litbang Jalan dan Jembatan*, 42-47.
- Sukirman, S. (1992). *Perkerasan lentur jalan raya*. Bandung: NOVA.
- Sukirman, S. (2003). *Beton aspal campuran panas*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Tahir, A. (2011). Kinerja campuran Split Mastic Asphalt (SMA) yang menggunakan serat selulosa alami dedak padi. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Transportasi*, 27-41.
- Wikipedia. (2016, oktober Kamis). *Wikimedia Foundation*. Retrieved from Wikimedia Foundation, Inc: https://id.wikipedia.org/wiki/Batu_bara