

# THE INVESTIGATION ON MIX PROPORTION'S CHARACTERISTIC OF RECYCLE MATERIAL MADE OF RAP (RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT) ARTIFISIAL

## INVESTIGASI KARAKTERISTIK CAMPURAN DAUR ULANG MENGGUNAKAN BAHAN RAP (RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT) ARTIFISIAL

### Cahyo Pramudyo

Alumni Prodi Teknik Sipil - UMS  
Jln. A. Yani Pabelan Kartasura  
Tromol Pos I Surakarta 57162  
Telp. (0271) 717417 ext 245  
cahyo\_pramudyo@ymail.com

### Ariyanto

Alumni Prodi Teknik Sipil - UMS  
Jln. A. Yani Pabelan Kartasura  
Tromol Pos I Surakarta 57162  
Telp. (0271) 717417 ext 245

### Sri Sunarjono

Pusat Studi Transportasi, Prodi  
Teknik Sipil - UMS  
Jln. A. Yani Pabelan Kartasura  
Tromol Pos I Surakarta 57162  
Telp. (0271) 717417 ext 425  
[ssunarjono@gmail.com](mailto:ssunarjono@gmail.com)

### Abstraksi

Perkembangan teknologi telah mendorong ditrapkannya teknik daur ulang pada bidang transportasi. Akhir-akhir ini, muncul teknologi baru untuk mendaur ulang material bekas bongkaran aspal tersebut dengan cara menambahkan bahan peremaja atau bahan adiditive untuk kemudian dijadikan material perkerasan jalan yang baru. Dalam penelitian ini, peneliti mencoba menyelidiki karakteristik menggunakan bahan tiruan RAP sehingga data-data sumber bahan diketahui. RAP artifisial juga dapat disebut RAP tiruan atau RAP imitasi. RAP ini dibuat dengan cara menuakan aspal baru dengan cara pemanasan di laboratorium sehingga didapat sifat dan karakteristik yang ekuivalen dengan RAP yang diambil dari lapangan. Hasil pemeriksaan fisik RAP artifisial didapat nilai ekstrasi sebesar 4,03%, nilai keausan 33,28% dan nilai kelekatan aspal terhadap agregat sebesar 98,11%. Karakteristik agregat penyusun RAP artifisial setelah di lakukan ekstraksi didapat berat jenis dari agregat kasar sebesar 2,89, berat jenis agregat halus penyusun sebesar 2,57 dan nilai keausan dari agregat adalah 29,68%. Karakteristik aspal penyusun RAP setelah mengalami penuaan didapat nilai penetrasi sebesar  $27,8 \times 10^{-1}$  mm, berat jenis adalah 1,15, titik lembek pada suhu 54,5°C, titik nyala pada suhu 270 °C, titik bakar pada suhu 329 °C dan nilai daktilitas adalah sebesar 950. Nilai kadar air optimum adalah sebesar 1,2%. Nilai CBR untuk RAP dengan metode tanpa perendaman (unsoaked) didapat nilai 100 % sebesar 61,8 %, sedangkan hasil pemeriksaan CBR untuk RAP dengan metode dengan perendaman (soaked) didapat nilai CBR 100% sebesar 50,8%. RAP artifisial yang tidak ditambah aspal dan agregat baru tidak dapat digunakan untuk material penyusun lapis bahu jalan tanpa penutup aspal, lapis pondasi bawah atau lapis pondasi atas. Penambahan agregat baru pada campuran dimaksudkan untuk memperbaiki gradasi RAP Artifisial dan meningkatkan daya dukung campuran, sedangkan penambahan sebanyak 4,083%, 4,583%, 5,083%, 5,583, dan 6,083 % dilakukan untuk memperbaiki kualitas bitumen yang terdapat dalam RAP Artifisial yang orientasinya berubah akibat penuaan, selain untuk penyegaran bitumen penambahan aspal dilakukan untuk mencari kadar aspal optimum campuran.

Kata kunci : Daur Ulang Perkerasan Jalan, RAP Artifisial, Sifat fisis RAP, Sifat penyusun RAP, CBR

### LATAR BELAKANG

Perkembangan teknologi telah mendorong diterapkannya teknik daur ulang pada bidang transportasi. Salah satu bahan yang dapat di daur ulang adalah bongkaran aspal. Bahan ini dapat menjadi limbah yang tidak bermanfaat dan menimbulkan permasalahan baru bagi lingkungan sekitar. Akhir-akhir ini, muncul teknologi baru untuk mendaur ulang material bekas bongkaran aspal tersebut dengan cara menambahkan bahan peremaja atau bahan adiditive untuk kemudian dijadikan material perkerasan jalan yang baru. Teknologi daur ulang ini memberikan berbagai keuntungan teknis, sosial dan lingkungan, antara lain mengurangi penggunaan bahan alam natural (agregat dan aspal), mengurangi dampak sosial dan ramah lingkungan.

Pada penelitian sebelumnya, RAP yang digunakan adalah RAP yang di ambil dari lapangan. Pengambilan sampel RAP lapangan terdapat bebeRAPa masalah antara lain tidak diketahui jenis perkerasan atau lokasi ruas jalan sumber bahan RAP tersebut. Selain itu bahan RAP lapangan biasanya mengandung kontaminasi benda seperti tumbuhan, akar dan tanah yang akan mengurangi kekuatan RAP itu sendiri. Dalam penelitian ini, peneliti mencoba menyelidiki karakteristik menggunakan bahan tiruan RAP sehingga data-data sumber bahan diketahui. Bahan RAP ini dapat digunakan untuk penelitian dan pengembangan teknologi RAP dapat dikembangkan lebih lanjut.

## TINJAUAN PUSTAKA

RAP artifisial juga dapat disebut RAP tiruan atau RAP imitasi. RAP ini dibuat dengan cara menuakan aspal baru dengan cara pemanasan di laboratorium sehingga didapat sifat dan karakteristik yang ekuivalen dengan RAP yang diambil dari lapangan. Pembuatan RAP artifisial ini dibuat dengan metode yang di temukan oleh Brown & Scholz.

Brown & Scholz (2000) menemukan bahwa campuran beraspal yang disimpan dalam keadaan lepas (di laboratorium) pada suhu 135° C selama 4 jam setara dengan nilai kekakuan sebuah benda uji yang diperoleh dilapangan telah mengalami proses penuaan selama produksi, pengangkutan dan pelaksanaan. Sedangkan campuran beraspal sejenis yang baru dibuat namun disimpan terlebih dahulu dalam oven selama 120 jam atau ± 5hari pada suhu 85°C, interval nilai modulusnya hampir sama dengan perkerasan lentur yang memiliki kinerja baik kira-kira selama 15 tahun.

He and Wong (2007) menemukan bahwa jenis RAP (berbeda *ageingnya*) dan proporsi RAP (0%, 20%, 40% dan 60%) tidak signifikan mempengaruhi ketahanan terhadap permanent *deformation*. Benda uji dipadatkan menggunakan *Marshall Compactor* dengan jumlah blow yang sama. Hal ini membenarkan bahwa efek energi pemadatan lebih signifikan terhadap ketahanan *permanentdeformation* daripada efek agregat. Peneliti dari Hong Kong ini juga menemukan bahwa benda uji yang mengandung jenis aspal lunak (100 pen) mempunyai ketahanan terhadap *permanent deformation* yang lebih baik dari pada benda uji yang mengandung jenis aspal keras (60 pen). Bila dikaitkan dengan *workability* selama proses pencampuran, benda uji mengandung aspal pen 100 berpotensi mempunyai distribusi binder yang lebih baik dari pada benda uji mengandung aspal pen 60. Hal ini dapat dijadikan indikasi bahwa benda uji dengan distribusi binder yang lebih baik akan memiliki ketahanan terhadap *permanent deformation* yang lebih baik.

Pengujian RAP Artifisial yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik RAP artifisial adalah pemeriksaan sifat fisik RAP artifisial, pemeriksaan agregat penyusun RAP, Pemeriksaan bitumen penyusun RAP, Pemeriksaan CBR dan Marshall test RAP artifisial.

## BAHAN DAN METODE KAJIAN

Penelitian ini dilaksanakan di dalam laboratorium teknik sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Penelitian ini menggunakan metode uji coba hingga di dapat hasil yang sesuai. Material yang digunakan adalah sisa perkerasan lentur dari praktikum bahan perkerasan teknik sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Bagan alir penelitian dapat dilihat pada gambar 1:

## KAREKTERISTIK RAP ARTIFISIAL

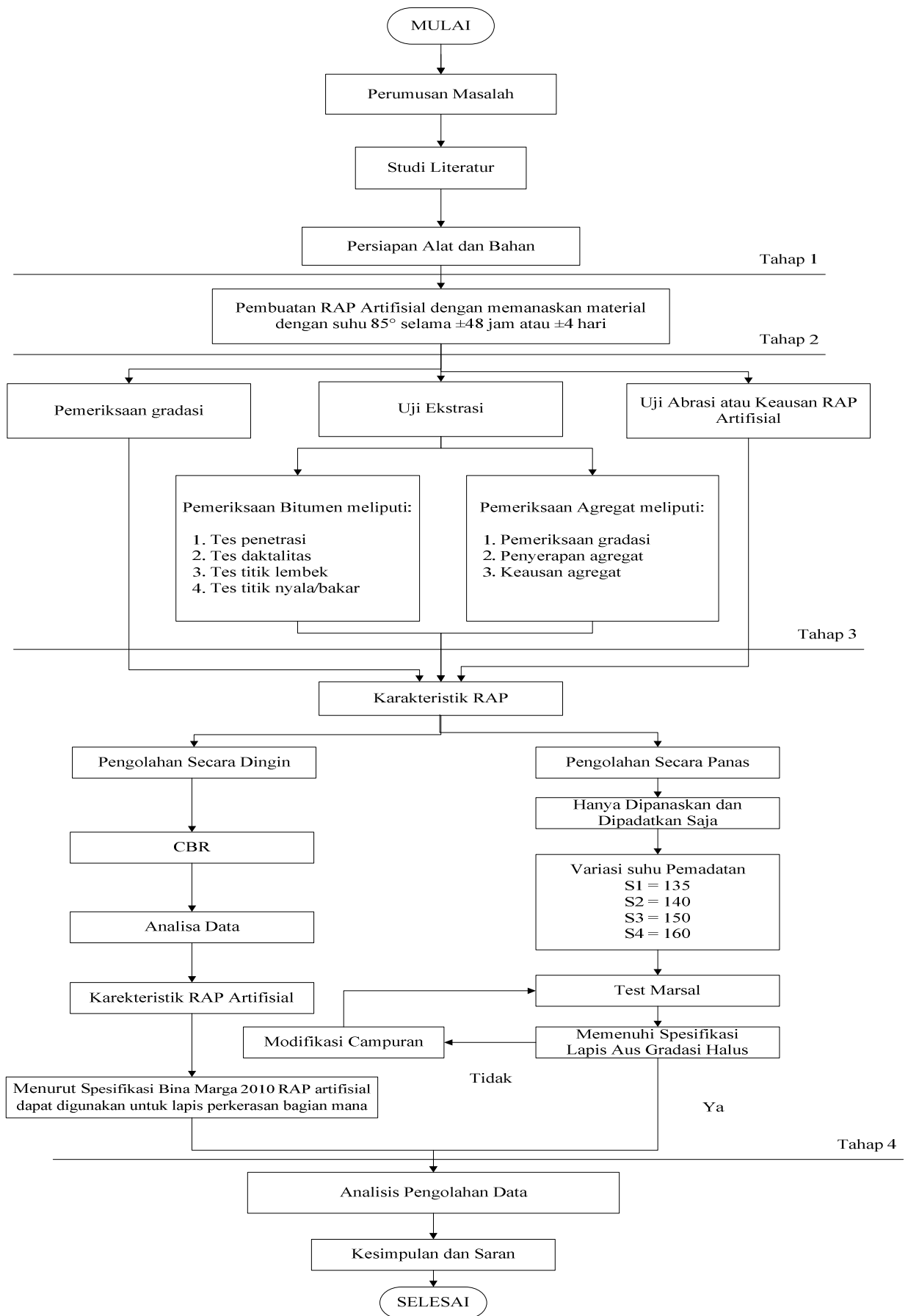
Pengujian karakteristik RAP Artifisial dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik yang dimiliki oleh RAP Artifisial setelah dilakukan penuaan.

### Sifat-sifat fisik

Hasil pengujian fisik RAP Artifisial dapat dilihat pada Tabel 1.

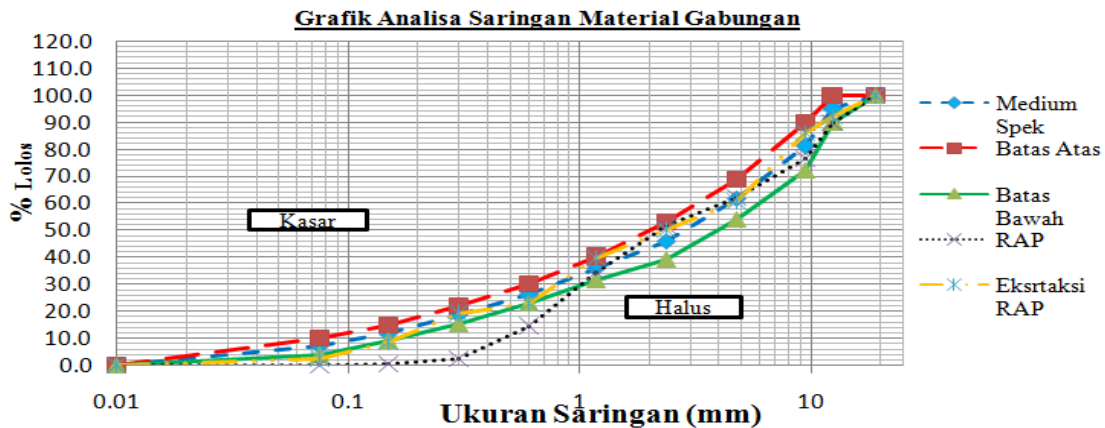
Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik RAP Artifisial

No.	Pengujian	Hasil	Satuan		
1	Ekstraksi RAP	- Kadar aspal	4,03 %		
2	Berat jenis dan penyerapan agregat	- Berat jenis bulk	Kasar 3,05	Halus 2,57	-
		- Berat jenis SSD	3,08	2,63	-
		- Berat jenis semu	3,14	2,74	-
		- Penyerapan	1	2,46	%
3	Abrasi	- Sebelum diekstraksi	33,28	%	
		- Sesudah diekstraksi	29,68	%	
4	Kelekatan agregat terhadap aspal	- kelekatan	98,11	%	
5	Penetrasi aspal hasil ekstraksi	- Penetrasi	27,8	x10 <sup>-1</sup> mm	
6	Berat jenis aspal	- Berat jenis	1,15	-	
7	Titik lembek aspal	- Titik lembek	54,5	°C	
8	Titik nyala dan titik bakar	- Titik nyala	270	°C	
		- Titik Bakar	346	°C	
9	Daktalitas aspal hasil ekstraksi	- Daktalitas	950	mm	



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

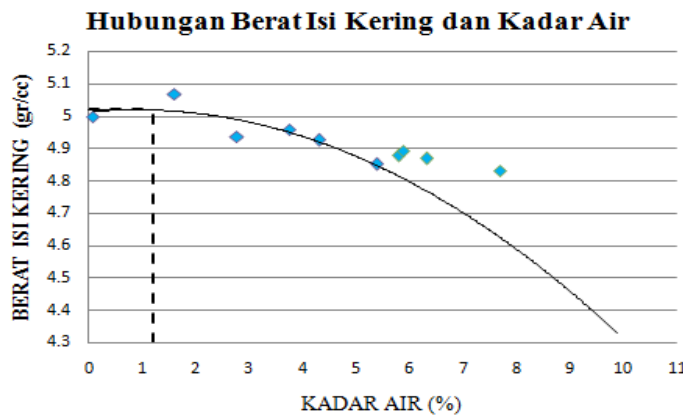
Hasil gradasi analisa saringan RAP Artifisial digambarkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Analisa Saringan RAP Sebelum Diekstraksi dan Sesudah Diekstraksi

**Pemeriksaan Daya Dukung Dan Kepadatan**

Grafik hubungan berat isi kering ( $\gamma_d$ ) dan kadar air ( $w$ ), Grafik hubungan berat isi kering dengan kadar air ditampilkan pada Gambar 4:



Gambar 3. Grafik hubungan berat isi kering ( $\gamma_d$ ) dan kadar air ( $w$ )

Kesimpulan dari pembacaan Grafik di atas adalah di dapat kadar air optimum 1,2 % dan berat volume kering 5,02 (g/cm<sup>3</sup>). Kadar air seperti tidak rasional karena material RAP masih terselimuti aspal sehingga daya resapnya sangat kecil. Selain itu pemadatan yang dilakukan menggunakan alas berlubang sehingga air yang tidak bias terserap keluar dari lubang tersebut.

**Pemeriksaan Daya Dukung Dan Kepadatan Dengan Mesin CBR**

Hasil pemeriksaan CBR untuk RAP dapat dilihat pada Tabel 2. Di bawah ini

Tabel 2. Hasil pemeriksaan CBRRAP Artifisial

(%) Berat Isi Kering	Nilai CBR (%) unsoaked	Nilai CBR (%) Soaked
100 %	61,8	50,8
95%	52	45,7
90%	46,1	40,5

**PENGUNAAN RAP ARTIFISIAL MENURUT BINA MARGA 2010**

Setiap bagian jalan memiliki spesifikasi tertentu yang diatur pada Spesifikasi Bina Marga 2010. Spesifikasi bagian jalan yang kemungkinan dapat disusun dari material RAP artifisial dapat dilihat pada Tabel 3:

Tabel 3. Spesifikasi Bagian Jalan Yang Kemungkinan Dapat Disusun Dari Material RAP Artifisial Menurut Bina Marga

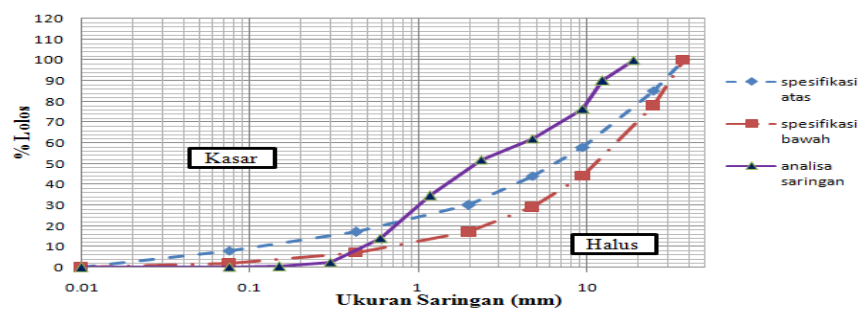
Sifat- sifat	Pondasi Atas	Pondasi Bawah	Bahu Jalan Tanpa Penutup Aspal
Abrasi dari Agregat Kasar (SNI 2417;2008)	0-40%	0-40%	0-40%
Indek Plastisitas (SNI 1966;2008)	0-6	0-10	4-15
Hasil kali Indek Plastisitas dengan % Lolos Ayakan no. 200	Maks 25	-	-
Batas Cair (SNI 1967;2008)	0-25%	0-35%	0-35%
Bagian yang lunak (SNI 03-4141-1996)	0-5%	0-5%	0-5%
<i>CBR</i> (SNI 03-1744-1989)	Min. 90%	Min. 60%	Min. 50%

Sedangkan ukuran dari dari masing- masing lapisan adalah seperti pada Tabel 4. dibawah ini:

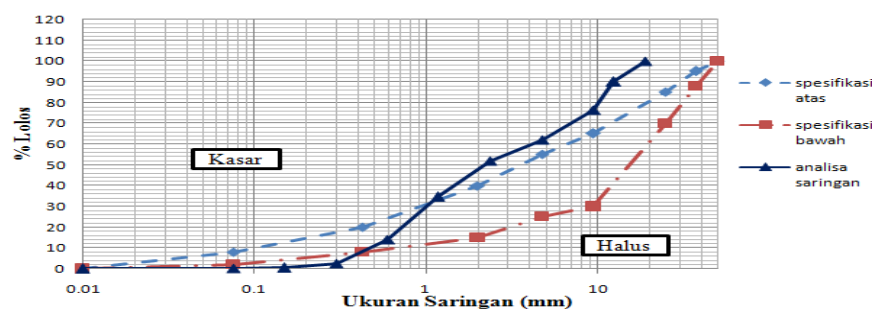
Tabel 4. Ukuran Dari Dari Masing- Masing Lapisan Menurut Bina Marga 2010

Ukuran Ayakan		Persen Berat Yang Lolos		
ASTM	(mm)	Kelas A	Kelas B	Kelas S
2”	50	-	100	-
1 ½”	37,5	100	88-95	-
1”	25,0	78-85	70-85	89-100
¾ “	9,5	44-58	30-65	55-90
No. 4	4,75	29-44	25-55	40-75
No. 10	2,0	17-30	15-40	26-59
No.40	0.425	7-17	8-20	12-33
No. 200	0,075	2-8	2-8	4-22

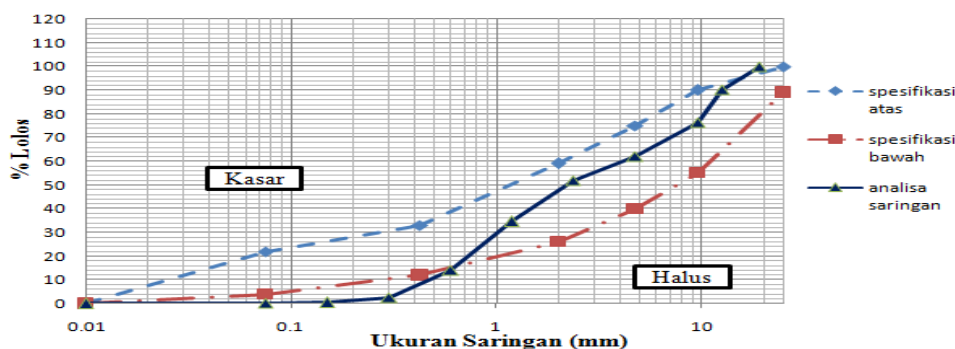
Dari analisis data didapat nilai *CBRRAP* artifisial sebesar 50,8 % dan nilai keausan *RAP* artifisial adalah sebesar 29,26%. Sesuai dari tabel 5.7 dan 5.8 gradasi *RAP* terhadap spesifikasi lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah, dan lapis bahu jalan tanpa penutup aspal, untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. Grafik Spesifikasi Lapis Pondasi Atas Dan Hasil Uji Analisis Saringan RAP Artifisial



Gambar 5. Grafik Spesifikasi Lapis Pondasi Bawah Dan Hasil Uji Analisis Saringan RAP Artifisial



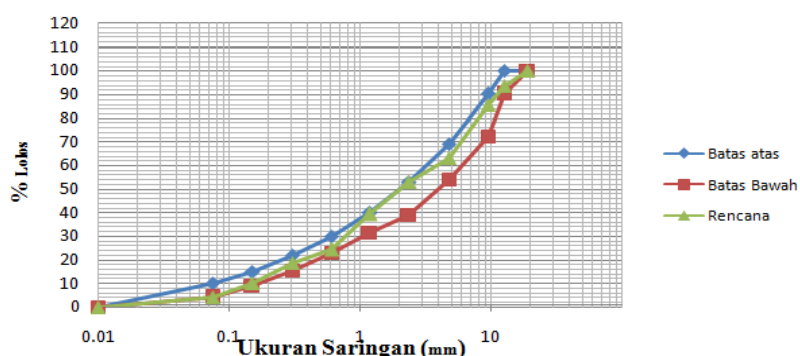
Gambar 6. Grafik Spesifikasi Lapis Bahu Jalan Tanpa Penutup Aspal Dan Hasil Uji Analisis Saringan RAP Artifisial. Dari data diatas maka RAP artifisial tidak dapat digunakan untuk lapis bahu jalan tanpa penutup aspal karena tidak masuk spesifikasi lapis bahu jalan tanpa penutup aspal.

Dari pembahasan diatas material RAP artifisial tanpa penambahan material baru tidak dapat digunakan untuk material penyusun lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah maupun lapis bahu jalan tanpa penutup aspal. Apabila ingin digunakan untuk lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah maka harus ditambah dengan agregat baru yang memiliki karakteristik lebih baik dan ukuran yang lebih besar sehingga nilai *CBR* dan ukuran gradasi bisa diperbaiki. Sedangkan untuk lapis bahu jalan tanpa penutup aspal hanya perlu penambahan agregat baru untuk memperbaiki gradasi dari RAP artifisial.

## MODIFIKASI RAP ARTIFISIAL UNTUK DIGUNAKAN SEBAGAI LAPIS AUS

### Perbaikan gradasi RAP

Perbaikan gradasi dimaksudkan agar gradasi RAP artifisial dapat sesuai dengan spesifikasi untuk lapis uas. Hasil gradasi analisa saringan RAP Artifisial dan penggabungan agregat baru digambarkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Analisa Saringan RAP Artifisial 60% dengan Agregat baru 40%.

### Pengujian Marshall

Pengujian *marshall* yang dilakukan yaitu menggunakan material campuran 100% RAP Artifisial dan dengan campuran RAP Artifisial 60% + Agregat baru 40%. Hasil pengujian dengan menggunakan 100% RAP Artifisial ditabelkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian dengan menggunakan 100% RAP Artifisial

sifat-sifat campuran	syarat	Suhu pematatan ( $^{\circ}\text{C}$ )				
		125	130	140	150	160
PenyeRAPan aspal (%)	Max 1,2	1,35				
Tumbukan per bidang	75	75				
Rongga dalam campuran ( <i>VIM</i> ) (%)	3,5-5,0	20,90	20,35	16,19	19,93	9,61
Rongga dalam agregat ( <i>VMA</i> ) (%)	min 15	27,7	27,56	24,14	27,87	18,96
Rongga terisi aspal (%)	min 65	20,90	23,91	32,53	30,05	55,02
<i>Stabilitas Marshall</i> (kg)	min 800	859,14	1373,88	1657,99	1403,88	1296,24
Pelelehan (mm)	min 3	2,49	2,62	2,74	2,69	2,73

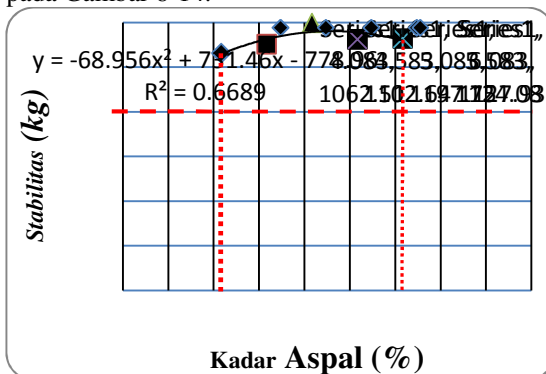
Marshall Quotient (kg/mm)	min 250	345,04	524,38	605,11	521,89	474,81
---------------------------	---------	--------	--------	--------	--------	--------

Sedangkan hasil pengujian marshall yang menggunakan campuran RAP Artifiisial 60% dan agregat baru sebesar 40% ditabelkan pada Tabel 3.

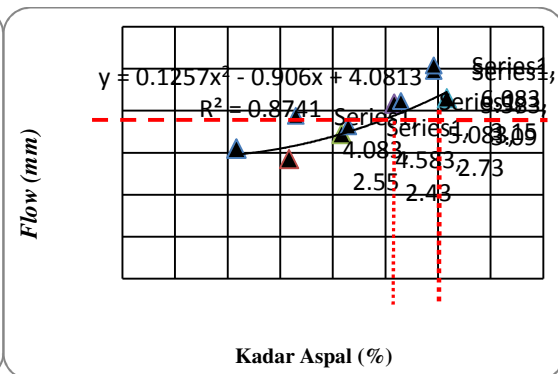
Tabel 3. Hasil Uji Marshall RAP Artifiisial + Agregat dan Baru

Sifat-sifat campuran	Syarat	Suhu pematatan (°C)				
		125	130	140	150	160
		Kadar aspal (%)				
		4,083	4,583	5,083	5,583	6,083
Penyerapan aspal (%)	maks 1,2	1,27				
Jumlah tumbukan per bidang	75	75				
Rongga dalam campuran (VIM) (%)	3,5-5,0	15,77	11,39	5,87	4,93	2,77
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	min 15	23,08	20,04	16,07	16,22	15,32
Rongga terisi aspal (%)	min 65	26,15	36,32	54,12	60,63	73,38
Stabilitas Marshall (kg)	min 800	1062,51	1102,64	1197,75	1124,08	1127,93
Pelelehan (mm)	min 3	2,55	2,43	2,73	3,09	3,15
Marshall Quotient (kg/mm)	min 250	384,38	423,35	478,88	401,51	358,37
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	min 90	Pada saat kadar aspal optimum 5,9%				
		84,02				

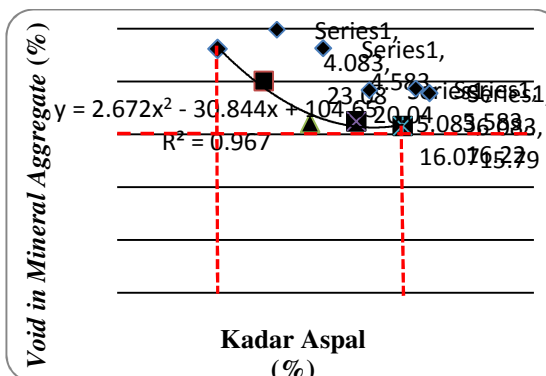
Gambar grafik pengujian hasil tes marshall dengan menggunakan penyegaran agregat dan bitumen baru disajikan pada Gambar 8-14.



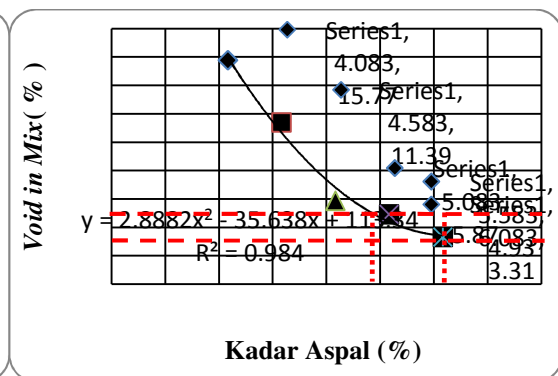
Gambar 8. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas



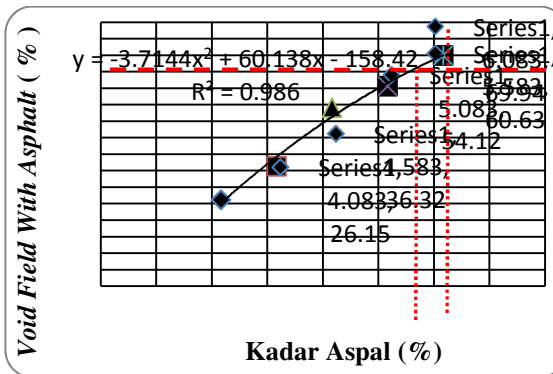
Gambar 9. Grafik hubungan Kadar aspal dengan Flow



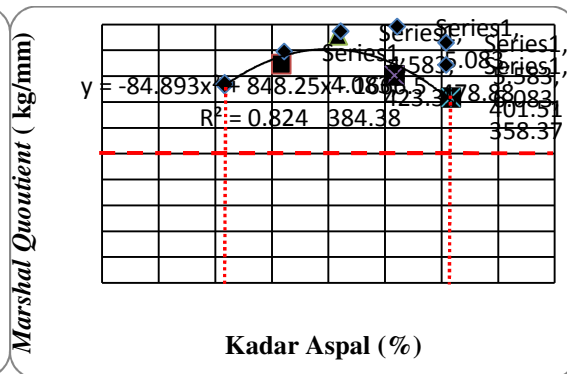
Gambar 10. Grafik hubungan Kadar aspal dengan VMA



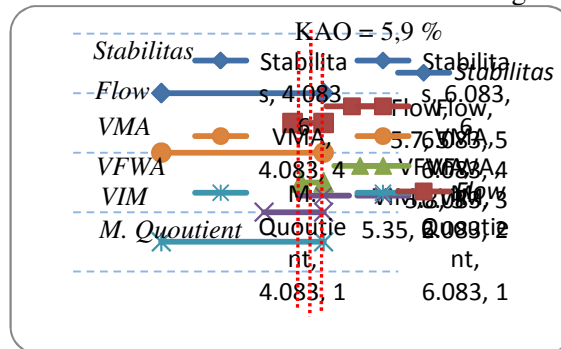
Gambar 11. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VIM



Gambar 12. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VFWA



Gambar 13. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan MQ



Gambar 14. Grafik Kadar Aspal Optimum

**KESIMPULAN**

1. Hasil pemeriksaan fisik RAP artifisial didapat nilai ekstrasi sebesar 4,03%, nilai keausan 33,28%
2. Pemeriksaan agregat penyusun RAP artifisial setelah ekstraksi didapat berat jenis dari agregat kasar penyusun sebesar 2,89, berat jenis agregat halus penyusun sebesar 2,57, nilai keausan dari agregat penyusun RAP artifisial adalah 29,68%, dan nilai kelekatan aspal terhadap agregat sebesar 98,11%
3. Pemeriksaan aspal penyusun RAP artifisial setelah dituakan didapat nilai penetrasi aspal penyusun sebesar  $27,8 \times 10^{-1}$  mm, berat jenis dari aspal penyusun adalah 1,15, titik lembek aspal penyusun pada suhu 54,5°C, titik nyala aspal penyusun pada suhu 270°C, titik bakar aspal penyusun pada suhu 346 °C dan nilai daktilitas adalah sebesar 950.
4. Nilai kadar air optimum adalah sebesar 1,2%,
5. Nilai CBR untuk RAP dengan metode tanpa perendaman (*unsoaked*) didapat nilai 100 % sebesar 61,8 %, CBR 95 % sebesar 52%, dan CBR 90 % sebesar 46,1% sedangkan hasil pemeriksaan CBR untuk RAP dengan metode dengan perendaman (*soaked*) didapat nilai CBR 100% sebesar 50,8%, CBR 95 % sebesar 45,7%, dan CBR 90 % sebesar 40,5%.
6. RAP artifisial yang tidak ditambah aspal dan agregat baru tidak dapat digunakan untuk material penyusun lapis bahu jalan tanpa penutup aspal, lapis pondasi bawah atau lapis pondasi atas. Apabila ingin digunakan untuk lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah maka harus ditambah dengan agregat baru yang memiliki karakteristik lebih baik dan ukuran yang lebih besar sehingga nilai CBR dan ukuran gradasi bisa diperbaiki. Sedangkan untuk lapis bahu jalan tanpa penutup aspal hanya perlu penambahan agregat baru untuk memperbaiki gradasi dari RAP artifisial
7. Karakteristik campuran Beton Aspal RAP Artifisial 100% tanpa menggunakan tambahan bitumen dan agregat baru tidak memenuhi persyaratan AC sebagai Lapis Aus Gradasi Halus sehingga harus dilakukan modifikasi penambahan agregat dan bitumen baru untuk memperbaiki karakteristik campuran sehingga memenuhi spek yang telah ditentukan pada campuran AC lapis Aus Gradasi Halus. Pada campuran 100% RAP Artifisial menghasilkan nilai pengujian secara rata-rata antara lain Marshall Stability 1318,23Kg, Flow 2,65mm, VIM 32,48 %, VMA 25,16%, VFWA 17,30%, dan Marshall Quotient 494,25kg/mm.

Karakteristik ampuran Beton Aspal yang sudah dimodifikasi menggunakan agregat dan bitumen baru pada kadar aspal optimum sebagian besar sudah memenuhi persyaratan AC sebagai Lapis Aus Gradasi Halus, akan tetapi pada saat pengujian Stabilitas Marshall Sisa campuran tersebut belum memenuhi persyaratan sebagai Lapis Aus Gradasi Halus. Hasil pengujian yang didapat dari campuran 60%



RAPartifisial dan Agregat baru 40% pada kadar aspal optimum 5,9% adalah *Marshall Stability* 1226,7 Kg, *Flow* 3,11mm, *VIM* 3,20%, *VMA*15,11%, *VFWA* 68,21%, *Marshall Quotient* 395,0 5Kg/mm, dan *Stabilitas Marshall* Sisa 84,02%.

8. Gradasi material RAP Artifisial hasil ekstraksi mendapatkan hasil yang tidak sesuai dengan Campuran AC Lapis Aus Gradasi Halus pada Bina Marga Devisi 6.3 2010 sehingga perlu dilakukan blending agregat supaya dapat memenuhi spek yang telah ditentukan. Hasil hasil blending agregat antara lain:
  - a. Dilakukan penambahan dan pengurangan agregat material RAP Artifisial untuk desain campuran 100% RAP Artifisial supaya memenuhi gradasi spek yang sesuai Bina Marga Devisi 6.2010. untuk campuran AC lapis aus gradasi halus.
  - b. Dilakukan blending agregat dengan menggunakan cara *trial goal seek* untuk desain campuran RAP Artifisial dengan penambahan agregat baru. Prosentase penggunaan agregat RAP Artifisial sebesar 60% (36,1% agregat kasar dan 23,9% agregat halus) dan agregat baru sebesar 40% (18,3% agregat kasar dan 21,7% agregat halus).
  - c. Penambahan bitumen pada saat mix desain dengan penyegaran bitumen baru perhitungan empirisnya didapatkan dari gradasi material RAP Artifisial sebesar 5,083%, kadar aspal RAP Artifisial didapatkan hasil dari ekstraksi sebesar 4,03% atau aspal yang ada pada 60% RAP Artifisial sebesar 2,420%. Penambahan bitumen pada interval 0,5% ke bawah dan 0,5% ke atas perhitungan empiris, sehingga didapatkan penambahan bitumen sebesar 1,663%, 2,163%, 2,663%, 3,163% dan 3,663%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adiwidia. 2009. *Pengujian Marshall Beton Aspal Yang Menggunakan Pasir Alam Dari Pantai Lampu Satu di Kabupaten Merauke-Papua*\_\_\_Vol. XX, NO. 2 : 47.
- Aminsyah, M. 2010. *Pengaruh Kepipihan Dan Kelonjongan Agregat Terhadap Perkerasan Lentur Jalan Raya*\_\_\_ Vol. 6, No. 1 : 26-30.
- Anonim. 1989. *Tata Cara Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen* , Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- Arifin, M.Z. 2011. Penggunaan Lumpur Lapindo Sebagai Filler Pada Perkerasan Lentur Jalan Raya. *Rekayasa Sipil*, Vol. 5, No. 3 : 154-155.
- Danny Kelana Girry, 2010, Karakteristik Daya Dukung Material RAP (*reclaimed asphalt pavement*) Sebagai Bahan Daur Ulang Perkerasan Jalan. Skripsi tidak diterbitkan. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Departemen pekerjaan umum, 2010, *Spesifikasi Umum*, Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta
- Hardiyatmo, H.C, 2011, *Perancangan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah* . Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Kusharto, Harry. 2004. Pengaruh Penggunaan Pasir Pantai Terhadap Marshall Dalam Campuran Aspal Beton. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, Vol. 12, No. 3 : 92.
- Kusharto, Harry. 2007. Pengaruh Gradasi Agregat Terhadap Perilaku Campuran Beton Aspal. *Teknik Sipil dan Perencanaan*, Vol. 9, No. 1 : 57.
- Sukirman, Silvia, 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Penerbit Nova, Bandung.
- Sunarjono, Sri, 2006, *Evaluasi Engineering Bahan Perkerasan Jalan Menggunakan Rap Dan Foamed Bitumen*, Jurnal, UMS, Surakarta.
- Suwantoro, 2010, Optimalisasi Penggunaan Material Hasil *Cold Milling* Untuk Daur Ulang Lapisan Perkerasan Jalan Beton Aspal Type AC/Asphalt Concrete, Jurnal, ITS, Surabaya.