

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KERAMIK SEBAGAI FILLER PADA LAPISAN PERKERASAN ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE (AC-WC)

Hamka Wakkang^{1*}, Feri Fadli², Ramdiana³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Parepare, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel:

Dikirim: tgl-bulan-tahun

Revisi: tgl-bulan-tahun

Diterima: tgl-bulan-tahun

Tersedia online: tgl-bulan-tahun

Keywords:

Ceramic Waste; AC-WC; Marshall Characteristics.

ABSTRACT

Activity in the field of building development produces a lot of waste. Especially in renovation or refurbishment building activity. The results of the renovation of many old materials that will be removed and replaced with new materials, for instance ceramic. This study examines (1) what is the proportion of ceramic powder in the AC-WC pavement mix (2) how is the effect of adding ceramic powder to Marshall characteristic of AC-WC pavement mixture. The objectives of this research are (1) to know the proportion of ceramic powder level on AC-WC pavement mixture (2) the effect of adding ceramic powder to Marshall characteristic of AC-WC pavement mixture. This research refers to the general specification of Bina Marga in 2010 revision I. The results of the research on the addition of 50% ceramic obtained VMA, MQ, stability, flow, VFB meet the specifications and VIM values are not met. Addition of 100% ceramic obtained VMA, stability, MQ, VFB, and flow meet the specification, for VIM value no one meets. The addition of ceramic powder to Marshall characteristic only has an effect on stability and flow improvement whereas VIM does not meet the specification so that the use of ceramic powder as filler in AC-WC mixture can not be used.

ABSTRAK

Kegiatan di bidang pembangunan banyak menghasilkan limbah. Terutama pada kegiatan renovasi atau pemugaran ulang suatu bangunan. Hasil dari renovasi tersebut banyak material lama yang akan dibuang dan digantikan dengan material baru, salah satunya keramik. Penelitian ini mengkaji (1) berapa proporsi kadar serbuk keramik pada campuran perkerasan AC-WC (2) bagaimana pengaruh penambahan serbuk keramik terhadap karakteristik Marshall campuran perkerasan AC-WC. Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui proporsi kadar serbuk keramik pada campuran perkerasan AC-WC (2) pengaruh penambahan serbuk keramik terhadap karakteristik Marshall campuran perkerasan AC-WC. Penelitian ini mengacu pada spesifikasi umum Bina Marga tahun 2010 revisi I. Hasil penelitian pada penambahan 50% keramik diperoleh VMA, MQ, stabilitas, flow, VFB memenuhi spesifikasi dan nilai VIM tidak ada yang memenuhi. Penambahan 100% keramik diperoleh VMA, stabilitas, MQ, VFB, dan flow memenuhi spesifikasi, untuk nilai VIM tidak ada yang memenuhi. Penambahan serbuk keramik terhadap karakteristik Marshall hanya berpengaruh pada peningkatan stabilitas dan flow sedangkan VIM tidak ada yang memenuhi spesifikasi sehingga penggunaan serbuk keramik sebagai filler pada campuran AC-WC tidak bisa dipakai.

*Penulis Korespondensi:

Nama Penulis Korespondensi,
Program Studi Teknik Sipil,
Universitas Muhammadiyah
Parepare,
Jl Jenderal Ahmad Yani KM. 6,
Kota Parepare, Indonesia.

Email:

penuliskorespondensi@email.com

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



I. PENDAHULUAN

Campuran aspal panas atau yang sering disebut *hotmix* merupakan jenis campuran yang sering dibuat, diamparkan dan dipadatkan dalam kondisi panas. Salah satu jenis *hotmix* yang umumnya dipakai di Indonesia adalah *Asphalt Concrete* (AC). AC/aspal beton itu sendiri terbentuk dari agregat kasar, agregat halus, aspal sebagai bahan perekat dan *filler* sebagai bahan pengisi [4].

Persyaratan *filler* harus dalam kondisi kering, bebas dari gumpalan-gumpalan dan lolos ayakan diameter 75 micron. Berdasarkan ketentuan tersebut, dalam aplikasi di lapangan, *filler* sering menggunakan semen karena mudah didapat. Selain itu, semen juga mengandung kapur tohor 60-65%, silica 20-24% dan alumina sekitar 4-8%. Kandungan bahan tersebut mempengaruhi stabilitas dan viskositas campuran aspal. Namun hal tersebut tidak menutup kemungkinan adanya penggunaan *filler* lain selama masih memenuhi

ketentuan yang disyaratkan [4].Limbah merupakan sisa suatu usaha atau kegiatan. Kegiatan di bidang pembangunan yang paling banyak menghasilkan limbah yaitu pembangunan rumah, pembangunan gedung perkantoran atau pembangunan infrastruktur lainnya, terutama saat dilakukannya kegiatan renovasi atau pemugaran ulang suatu bangunan. Hasil dari renovasi tersebut banyak material lama yang akan dibuang dan digantikan dengan material baru, salah satunya keramik. Pecahan keramik yang tidak terpakai lagi akan mengotori lingkungan apabila tidak bisa dimanfaatkan kembali. Untuk itu penulis akan melakukan penelitian penambahan keramik pada campuran aspal bertujuan untuk mengurangi dan memanfaatkan keramik yang tidak terpakai (limbah). Limbah keramik yang tidak terpakai di dapatkan dari sisa-sisa bahan bangunan perumahan/pondokan di Kota Parepare. Penulis melihat banyak sekali keramik yang tidak terpakai dan dibuang begitu saja. Penulis mengumpulkan limbah keramik tersebut lalu memberi upah pada salah satu tukang yang bekerja untuk di olah menjadi serbuk keramik. Keramik yang telah hancur dan kurang halus ditumbuk kembali di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare hingga lolos saringan no. 200. Serbuk keramik ini lah yang menjadi bahan utama penelitian penulis dalam campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa masing-masing proporsi kadar serbuk keramik pada campuran lapisan perkerasan *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dan bagaimana pengaruh penambahan serbuk keramik terhadap karakteristik *Marshall* pada campuran lapisan perkerasan *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC).

Pada hasil penelitian sebelumnya diperoleh kepadatan dan stabilitas *marshall* dengan abu granit memiliki nilai lebih tinggi dari pada campuran dengan abu keramik. Pada seluruh rentang kadar aspal, nilai *flow* campuran dengan *filler* abu keramik lebih tinggi dari pada campuran dengan *filler* abu granit, nilai tertinggi pada abu keramik sebesar 6,63 mm, sedangkan abu granit sebesar 4,87 mm. *Marshall Quotient* untuk kedua jenis *filler*, nilai terendah terjadi pada kadar aspal tertinggi (25%) yaitu sebesar 396 kg/mm untuk *filler* abu keramik dan pada kadar aspal (5 %) yaitu sebesar 452 kg/mm untuk *filler* abu granit. *Filler* abu granit memiliki nilai VFA lebih tinggi daripada abu keramik, namun nilai VMA lebih rendah. Sedangkan nilai Rongga udara dalam campuran (VIM), *filler* abu keramik lebih tinggi dari pada abu granit [8].

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang akan dilakukan pada campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) adalah

Marshall test dengan menggunakan Limbah Keramik sebagai *filler* yang ditambahkan pada semen. Semua bahan yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada spesifikasi umum yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga tahun 2010 Revisi I.

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi pengambilan agregat (kasar dan halus) dan aspal pen 60/70 yaitu PT. Lumpue Indah yang berlokasi di Parepare, sedangkan limbah keramik diperoleh dari sisa-sisa pekerjaan lantai Pondok Alwan 2, Jalan Jend. Ahmad Yani km 6, Parepare. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan dan Aspal Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare dan penelitian ini dilakukan pada bulan Maret - April 2017.

C. Persiapan Bahan dan Peralatan

Bahan-bahan yang perlu dipersiapkan untuk pembuatan benda uji nantinya berupa agregat, *filler*, aspal penetrasi 60/70 dan limbah keramik kw1. Peralatan yang akan digunakan berupa alat pemeriksaan agregat, alat pemeriksaan aspal penetrasi 60/70 dan alat pemeriksaan benda uji/ *bricket*.

D. Prosedur Pembuatan Benda Uji

Setelah semua pemeriksaan agregat memenuhi spesifikasi, langkah selanjutnya yaitu melakukan rancangan campuran *mix design* untuk mendapatkan komposisi agregat dan kadar aspal. Bahan-bahan yang digunakan dalam campuran benda uji yaitu agregat kasar, agregat halus dan *filler*. Agregat dan *filler* ditimbang sesuai ukurannya berdasarkan gradasi yang diinginkan. Berat total agregat campuran adalah berat agregat yang dapat menghasilkan satu benda uji padat setinggi 6,35 cm dengan diameter 10,2 cm. Umumnya berat agregat campuran adalah ± 1200 gram.

1) *Persiapan Benda Uji*: Bersihkan bahan-bahan yang akan digunakan untuk campuran benda uji lalu keringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 24 jam. Setelah itu, pisahkan agregat dan *filler* ke dalam wadah berupa nampan/loyang agar mudah pada saat pengambilan. Bersihkan cetakan benda uji lalu buat alas benda uji sesuai dengan diameter cetakan. Sebelum penuangan, bagian dalam cetakan dilapisi oli agar benda uji tidak melekat dengan cetakan dan mempermudah pengeluaran benda uji dari cetakan.

2) *Pembuatan campuran*: Panaskan agregat dan *filler* yang diperlukan dengan cara disangrai dengan suhu diatas 110°C. Panaskan juga aspal hingga mencapai suhu diatas 110°C lalu timbang kadar aspal yang diperlukan dari komposisi campuran yang telah didapat, setelah itu tuangkan aspal sesuai jumlah yang dibutuhkan ke dalam agregat dan *filler*. Aduk campuran hingga merata.

3) *Pemadatan campuran*: Setelah campuran aspal tercampur merata diatas suhu 110°C, pindahkan kedalam cetakan yang telah dilapisi kertas saring yang bagian dasarnya telah dilapisi kertas dan ditusuk-tusuk pada pinggir cetakan dan bagian tengah cetakan yang telah terisi campuran. Lepaskan leher cetakan, ratakan permukaan campuran dengan sendok semen sehingga menjadi sedikit cembung. Letakan cetakan diatas alat pemadat kemudian ditumbuk sebanyak 75 kali. Setelah selesai cetakan dibalik dan dilakukan penumbukan kembali sebanyak 75 kali.

4) *Perawatan benda uji*: Benda uji yang telah dipadatkan dikeluarkan dari cetakan dengan dongkrak hidrolik *extruder* dengan meletakkan pelat pengeluar benda uji pada bagian atas cetakan dan lepaskan pelat dasar cetakan. Keluarkan benda uji dengan hati-hati dan rendam benda uji selama kurang lebih 1 hari.

E. Sampel

Penggunaan sampel/benda uji pada penelitian ini terdiri dari 5 variasi kadar aspal dengan 3 kombinasi penggunaan keramik dan semen. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada tabel dibawah :

Tabel 1. Penentuan Benda Uji

Kadar Aspal	Keramik (K) : Semen (S)			Total
	Kombinas i I	Kombinas i II	Kombinas i III	
	0 (K) : 100 (S)	50 (K) : 50 (S)	100 (K) : 0 (S)	
Pb - 1	3	3	3	9
Pb - 0.5	3	3	3	9
Pb	3	3	3	9
Pb + 0.5	3	3	3	9
Pb + 1	3	3	3	9
	Total			45

F. Prosedur Marshall Untuk Campuran

Prosedur pengujian ini digunakan dalam desain dan evaluasi untuk campuran perkerasan aspal. Ada dua ciri utama dalam metode percobaan *Marshall* untuk campuran aspal yakni, stabilitas dan *flow* test. Stabilitas dari campuran ditentukan sebagai suatu beban maksimum yang diperoleh melalui pembebanan benda uji pada temperatur standar saat dilakukan test yaitu 60° C. Kelelahan plastis (*flow*) diukur sebagai suatu perubahan bentuk dalam satuan 0.1 mm. Dalam percobaan ini usaha yang dilakukan adalah untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum pada tipe campuran agregat.

Benda uji yang kita buat ditimbang dan direndam dalam air selama 1 jam, selanjutnya dikeluarkan dan ditimbang lagi dalam keadaan kering permukaan jenuh. Kemudian benda uji direndam dalam bak perendam pada suhu 60° C selama 30 menit.

Pengujian *Marshall* dilakukan dalam waktu tidak lebih dari 30 detik sejak diambil dari waterbath. Pembacaan untuk stabilitas dilakukan pada pembebanan tertinggi dalam kg pada arloji dan *flow* dicatat pada pembebanan puncak tersebut dalam satuan 0.1 mm. Jika tinggi benda uji tidak persis sama dengan 63,5 mm, maka hasil pembacaan arloji harus dikalikan dengan suatu faktor koreksi benda uji, sementara pembacaan arloji stabilitas juga harus dikalikan dengan angka koreksi proving ring. Dari hasil penimbangan benda uji sebelum dilakukan pembebanan dapat dihitung persen rongga dalam campuran, dan persen rongga terisi aspal. Data penelitian yang didapat menggunakan metode tabel dan grafik untuk memperoleh hubungan antara penggantian *filler* semen dengan menggunakan limbah keramik dan kapur terhadap karakteristik *Marshall*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pemeriksaan Agregat:

1) *Pemeriksaan Agregat Kasar*: Pemeriksaan agregat kasar yang dilakukan pada penelitian ini meliputi, pemeriksaan berat jenis, *Los Angeles Abrasion* dan Kelekatan aspal terhadap agregat. Untuk hasil pengujiannya dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 2. Hasil pemeriksaan agregat kasar

No	Jenis Pengujian	Hasil Pemeriksaa n		Spesifikasi	Sat	Ket
		1 - 2	0.5 - 1			
1	Berat Jenis					
	a. Berat Jenis Bulk	2.626	2.633			
	b. Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh	2.683	2.687	Min. 2.5		Gr
	c. Berat Jenis Semu	2.784	2.783			
	d. Absorpsi	2.161	2.040	Maks. 3		%
2	Los Angeles Abrasion	24.20		Maks. 40		%
3	terhadap aspal panas	97.29		Min. 95		%

Dari beberapa percobaan agregat kasar diatas semua memenuhi spesifikasi. Pada pengujian berat jenis *bulk cipping* 1-2 dan 0.5-1 yaitu 2.626 gr dan 2.633 gr, untuk berat jenis kering permukaan jenuh *cipping* 1-2 dan 0.5-1 didapat 2.683 gr dan 2.687 gr. Untuk berat jenis semu *cipping* 1-2 dan 0.5-1 yaitu 2.784 gr dan 2.783 gr. Untuk absorpsi / penyerapan *cipping* 1-2 dan 0.5-1 didapat 2.161 % dan 2.040 %. Dan untuk pemeriksaan *los angeles* / abrasi didapat nilai 24,20 %. Sedangkan untuk kelekatan terhadap aspal panas didapat 97,29 %. Dapat

dilihat nilai yang didapatkan dari hasil pengujian telah memenuhi spesifikasi agregat kasar yang ditentukan oleh Bina Marga maka agregat ini dapat digunakan.

1) *Pemeriksaan agregat halus*: Pemeriksaan agregat halus yang dilakukan pada penelitian ini meliputi: pemeriksaan berat jenis. Untuk hasil pengujiannya dapat dilihat pada tabel dibawah :

Tabel 3. Hasil pemeriksaan agregat halus

No	Jenis Pengujian	Hasil Pemeriksaan Abu Batu	Spesifikasi	Sat	Ket
1	Berat Jenis				
	a. Berat Jenis Bulk	2.54			
	b. Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh	2.605	Min. 2.5	Gr	
	c. Berat Jenis Semu	2.715			
	d. Absorpsi	2.533	Maks. 3	%	

Dari hasil pengujian agregat dapat dilihat nilai berat jenis *bulk* didapat 2,540 gr. Untuk berat jenis kering permukaan jenuh didapat 2,605 gr. Untuk berat jenis semu didapat 2,715 gr. Sedangkan untuk absorpsi/penyerapan didapat 2,533 %. Dapat dilihat nilai yang didapatkan dari hasil pengujian telah memenuhi spesifikasi agregat kasar yang ditentukan oleh Bina Marga maka agregat ini dapat digunakan.

B. Hasil Pemeriksaan Aspal

Tabel 4. Hasil pemeriksaan

No	Pengujian	Contoh Nomor		Hasil	Spesifikasi	Sat
		1	2	Rata-rata		
1	Penetrasi	66,4	65,8	66,10	60 - 79	mm
2	Berat jenis	1,025	1,035	1,03	Min. 1,02	Gr/cc
3	Daktalitas	134	135	134,5	Min. 100	cm
4	Kehilangan Berat	0,029	0,032	0,030	Min. 0,02	%

Tabel di atas menunjukkan hasil pengujian aspal antara lain nilai penetrasi yang didapatkan rata-ratanya yaitu 66,10 mm memenuhi spesifikasi antara 60-79 mm. Nilai berat jenis yang didapatkan rata-ratanya adalah 1,030 Gr/cc memenuhi spesifikasi. Selanjutnya nilai daktalitas yang didapatkan rata-ratanya adalah 134,5 cm memenuhi spesifikasi dan yang terakhir yaitu pengujian kehilangan berat nilai rata-ratanya adalah 0,030 % telah memenuhi spesifikasi minimal 0,02 %. Setelah melakukan pengujian terhadap sampel aspal, didapatkan bahwa karakteristik aspal tersebut memenuhi persyaratan yang di tentukan oleh Departemen Pekerjaan Umum dan dapat digunakan dalam penelitian.

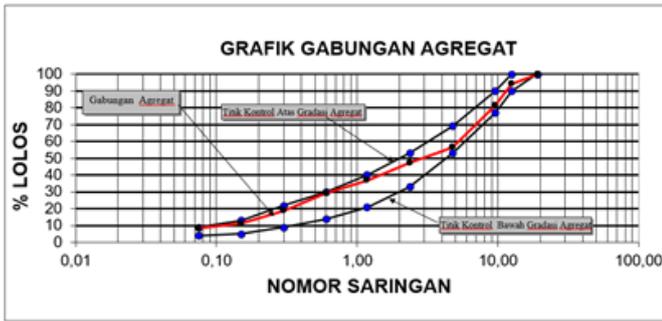
C. Analisa Gabungan Agregat

Gabungan agregat untuk 0% Keramik + 100% Semen dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 5. Analisa gabungan agregat 0% Keramik + 100% Semen

Nomor Saringan		1	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No.100	No.200
		1/2"	25	19,1	12,5	9,52	4,75	2,36	1,18	0,60	0,30	0,15	0,075
Batu Pecah 1 - 2	% Pass	100	100	100	67,11	27,98	11,50	1,48	-	-	-	-	-
	% Batch	18	18	18	12,08	5,04	2,07	0,27	-	-	-	-	-
Batu Pecah 0.5 - 1	% Pass	100	100	100	100	80,02	11,79	0,95	-	-	-	-	-
	% Batch	30	30	30	30	25,60	3,00	0,25	-	-	-	-	-
Abu Batu	% Pass	100	100	100	100	100	98,18	90,50	69,95	54,40	32,46	17,52	12,13
	% Batch	50	50	50	50	50	48,96	44,99	34,97	27,37	16,54	9,14	6,45
0 Keramik / 100 semen	% Pass	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	% Batch	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Gabungan Agregat		100	100	100	94,08	81,04	56,57	45,77	36,97	29,37	18,54	11,14	8,45
	Spesifikasi	100	100	100	90-100	72-90	54-69	39,1-53	31,6-40	23,1-30	22-15,5	9-15	4-10

Untuk grafik analisa gabungan agregat dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

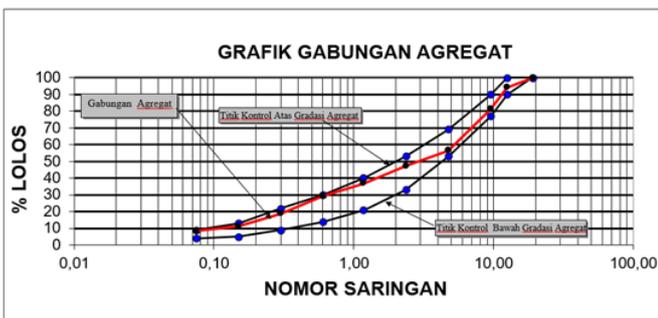


Gambar 1. Grafik gabungan agregat 0% keramik + 100% semen
 Gabungan agregat untuk 50% keramik + 50% semen dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 6. Analisa gabungan agregat 50% keramik + 50% semen

Nomor Saringan													
	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No.100	No.200	
	37,5	25	19,1	12,5	9,52	4,75	2,36	1,18	0,60	0,30	0,15	0,075	
Batu Pecah 1 - 2	% Pass	100	100	100	67,11	27,98	11,50	1,48	-	-	-	-	
18%	% Batch	18	18	18	12,08	5,04	2,07	0,27	-	-	-	-	
Batu Pecah 0.5 - 1	% Pass	100	100	100	100	80,02	11,79	0,95	-	-	-	-	
30%	% Batch	30	30	30	30	24,00	3,54	0,29	-	-	-	-	
Abu Batu	% Pass	100	100	100	100	97,92	89,99	69,95	54,73	33,09	18,27	12,90	
50%	% Batch	50	50	50	50	48,96	44,99	34,97	27,37	16,54	9,14	6,45	
50 Keramik/50 Semen	% Pass	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
2%	% Batch	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	
Gabungan Agregat		100	100	100	94,08	81,04	56,57	44,77	36,97	29,37	18,54	11,14	
Spesifikasi		100	100	100	90-100	72-90	54-69	39,1-53	31,6-40	23,1-30	22-15,5	9-15	

Untuk grafik analisa gabungan agregat dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



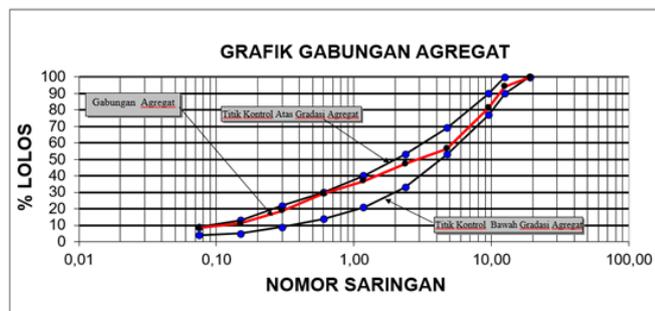
Gambar 2. Grafik gabungan agregat 50% keramik + 50% semen

Gabungan agregat untuk 100% keramik + 0% semen dapat dilihat pada table berikut ini:

Tabel 7. Analisa gabungan agregat 100% keramik + 0% semen

Nomor Saringan		1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No.100	No.200
		37,5	25	19,1	12,5	9,52	4,75	2,36	1,18	0,60	0,30	0,15	0,075
Batu Pecah 1 - 2	% Pass	100	100	100	67,11	27,98	11,50	1,48	-	-	-	-	-
18 %	% Batch	18	18	18	12,08	5,04	2,07	0,27	-	-	-	-	-
Batu Pecah 0.5 - 1	% Pass	100	100	100	100	80,02	11,79	0,95	-	-	-	-	-
30 %	% Batch	30	30	30	30	24,00	3,54	0,29	-	-	-	-	-
Abu Batu	% Pass	100	100	100	100	100	97,92	89,99	69,95	54,73	33,09	18,27	12,90
50 %	% Batch	50	50	50	50	50	48,96	44,99	34,97	27,37	16,54	9,14	6,45
100 Keramik/ 0 Semen	% Pass	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2 %	% Batch	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Gabungan Agregat		100	100	100	94,08	81,04	56,57	44,77	36,97	29,37	18,54	11,14	8,45
Spesifikasi		100	100	100	90- 100	72- 90	54- 69	39,1- 53	31,6- 40	23,1- 30	22- 15,5	9-15	4-10

Untuk grafik analisa gabungan agregat dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3. Grafik gabungan agregat 100% keramik + 0% semen

Pada gambar 1, 2 dan 3 diatas menunjukkan bahwa gabungan agregat berada pada titik control batas atas dan control batas bawah gradasi agregat. Jadi semua agregat memenuhi spesifikasi lapisan aspal AC-WC.

D. Penentuan Kadar Aspal Rencana (Pb)

Setelah melakukan pengujian terhadap agregat dan aspal yang akan digunakan, maka langkah selanjutnya yaitu menentukan kadar aspal rencana (Pb). Dari tabel 5, 6 dan 7 Analisa gabungan agregat diatas dapat ditentukan nilai kadar aspal rencana (Pb) untuk campuran benda uji.

(Pb). Rumus yang digunakan yaitu :

$$Pb = 0.035 (\%AK) + 0.045 (\%AH) + 0.18 (\% BP) + \text{Konstanta}$$

Keterangan :

AK = Agregat kasar, 100 - No. 8

AH = Agregat halus, No. 8 - No. 200

BP = Bahan pengisi / filler, No. 200

Konstanta = 0.5 - 1 untuk Lataston

• Perhitungan (Pb) untuk sampel 0% keramik + 100% semen :

$$AK = 52.45$$

$$AH = 39.10$$

$$BP = 8.45$$

$$\text{Konstanta} = 0.5$$

$$PB = 0.035 (52.45) + 0.045 (39.10) + 0.18 (8.45) + 0.5 = 5.62 \approx 5.50$$

• Perhitungan (Pb) untuk sampel 0% keramik + 100% semen :

$$AK = 52.45$$

$$AH = 39.10$$

$$BP = 8.45$$

$$\text{Konstanta} = 0.5$$

$$PB = 0.035 (52.45) + 0.045 (39.10) + 0.18 (8.45) + 0.5 = 5.62 \approx 5.50$$

• Perhitungan (Pb) untuk sampel 0% keramik + 100% semen :

$$AK = 52.45$$

$$AH = 39.10$$

$$BP = 8.45$$

$$\text{Konstanta} = 0.5$$

$$PB = 0.035 (52.45) + 0.045 (39.10) + 0.18 (8.45) + 0.5 = 5.62 \approx 5.50$$

E. Hasil Pengujian Marshall

Hasil pengujian ini bertujuan untuk mencari kadar aspal optimum (KAO). Dari hasil pengujian kadar aspal rencana (Pb) didapatkan nilai sebesar 5.5%. Setelah didapatkan nilai Pbnya maka dilakukan pengujian pada beberapa variasi kadar aspal dengan Pb sebagai acuannya, variasi kadar aspalnya adalah sebagai berikut (4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0% dan 6.5%). Kadar aspal optimum (KAO) didapat dari tengah-tengah rentang karakteristik Marshall, yaitu VMA, VIM, VFB, Stabilitas, Flow dan Marshall Quotient yang memenuhi syarat campuran AC-WC.

Hasil pengujian Marshall untuk 0% keramik + 100% semen dapat dilihat pada tabel dibawah :

Tabel 8. Pengujian Marshall untuk 0% keramik + 100% semen

No	Parameter pengujian	Variasi Kadar Aspal					Spesifikasi
		4.5	5	5.5	6	6.5	
1	Berat	2,26	2,27	2,28	2,27	2,25	
	Isi	2	3	4	2	3	
2	Stabilitas	833,20	868,70	891,10	819,97	798,09	Min. 800
	Flow	1,81	1,98	2,01	2,03	2,05	Min. 2 mm
4	MQ	460,67	439,62	445,38	405,20	390,78	Min. 200 kg
5	VIM	5,796	5,000	4,176	4,327	4,773	3% - 6%
6	VMA	18,005	18,015	18,001	18,815	19,863	Min. 18%
7	VFB	67,86	72,4	76,89	77,12	76,01	Min. 65%

Pada pengujian stabilitas, yang memenuhi spesifikasi yaitu variasi kadar aspal 4.5, 5.0, 5.5, 6.0. Kelelahan / *flow* yang memenuhi spesifikasi kadar aspal yaitu 5.5, 6.0, 6.5. dan untuk *Marshall Quotient*, VIM, VMA dan VFB semua memenuhi spesifikasi dari kadar aspal 4.5 sampai dengan 6.5.

Hasil pengujian Marshall untuk 50% keramik + 50% semen dapat dilihat pada tabel dibawah :

Tabel 9. Pengujian Marshall untuk 50% keramik + 50% semen

No	Parameter Pengujian	Variasi Kadar Aspal					Spesifikasi
		4.5	5	5.5	6	6.5	
1	Berat	2,176	2,176	2,174	2,188	2,185	
	Isi	6	6	4	8	5	
2	Stabilitas	783,71	834,63	839,26	776,28	753,42	Min. 800
	Flow	1,93	2,07	2,16	2,23	2,28	Min. 2 mm
4	MQ	405,39	403,52	389,17	347,56	330,92	Min. 200 kg
5	VIM	9,3693	9,043	8,784	7,875	7,674	3% - 6%
6	VMA	21,115	21,504	21,944	21,825	22,304	Min. 18%
7	VFB	55,648	57,947	59,970	63,926	65,615	Min. 65%

Pada pengujian stabilitas, yang memenuhi spesifikasi yaitu kadar aspal 5.0% dan 5.5%. Pada VMA dan MQ semua memenuhi spesifikasi di setiap kadar aspal. Untuk VIM yang tidak ada yang memenuhi spesifikasi di setiap kadar aspalnya, VFB yang memenuhi spesifikasi hanya pada kadar aspal 6.5%. Dan untuk *flow* hanya pada kadar aspal 4.5% yang tidak memenuhi spesifikasi.

Hasil pengujian Marshall untuk 100% keramik + 0% semen dapat dilihat pada tabel berikut :

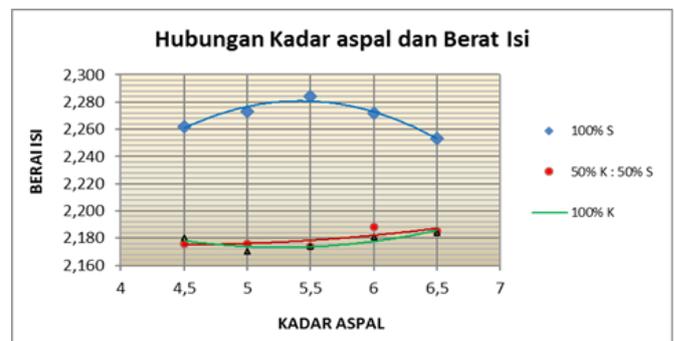
Tabel 10. Pengujian Marshall untuk 100% keramik + 0% semen

No	Parameter Pengujian	Variasi Kadar Aspal					Spesifikasi
		4.5	5	5.5	6	6.5	
1	Berat	2,18	2,17	2,17	2,18	2,18	
	Isi	0	0	4	1	4	
2	Stabilitas	832,28	868,07	891,02	904,77	935,80	Min. 800
	Flow	1,93	1,98	2,02	2,03	2,06	Min. 2 mm
4	MQ	430,59	437,72	440,37	444,97	455,13	Min. 200 kg
5	VIM	9,235	9,271	8,774	8,138	7,688	3% - 6%
6	VMA	20,998	21,700	21,935	22,048	22,316	Min. 18%
7	VFB	55,066	57,280	60,004	63,108	65,592	Min. 65%

Pada pengujian stabilitas, VMA dan MQ semua kadar aspal memenuhi spesifikasi. Untuk VIM yang tidak ada yang memenuhi spesifikasi di setiap kadar aspalnya, VFB yang memenuhi spesifikasi pada kadar aspal 6.00% dan 6.5%. Dan untuk *flow* pada kadar aspal yang memenuhi spesifikasi yaitu 5,5%, 6.00% dan 6.50%.

F. Hubungan Kadar Aspal Dan Karakteristik Marshall

1) *Kadar Aspal dan Berat Isi/Kepadatan*: Kepadatan/*Density* menunjukkan besarnya kepadatan suatu campuran yang telah dipadatkan. Semakin besar nilai *density* menunjukkan bahwa kerapatannya semakin baik.

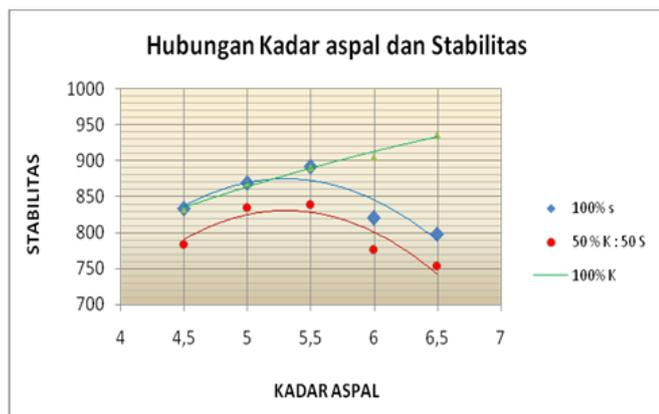


Gambar 4. Grafik hubungan kadar aspal dan berat isi

Terlihat bahwa semakin tinggi kadar aspal semakin tinggi nilai kepadatan nilai *density*. hal ini terjadi dikarenakan semakin banyaknya kadar aspal yang mengikat agregat agar semakin rapat satu sama lain. Namun demikian, nilai *density* dari ketiga jenis *filler* tersebut hanya *filler* semen yang memenuhi spesifikasi Bina Marga yaitu minimal 2.2 gr/cm².

2) *Kadar Aspal dan Stabilitas*: Stabilitas diartikan sebagai kemampuan lapis perkerasan dalam menerima beban lalu-lintas tanpa terjadi deformasi permanen seperti gelombang, alur atau retak. Stabilitas yang

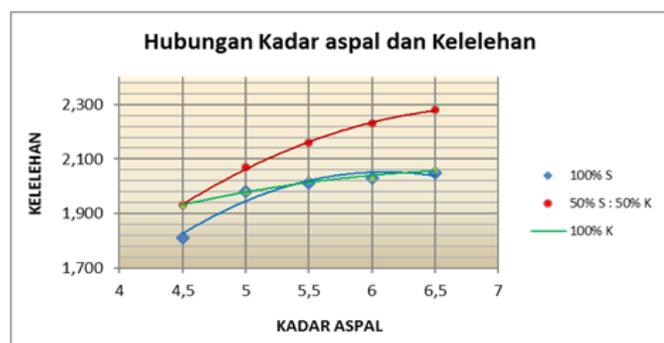
terlalu tinggi juga kurang baik mengingat perkerasan akan menjadi kaku dan bersifat getas.



Gambar 5. Grafik hubungan kadar aspal dan stabilitas

Terlihat bahwa campuran *filler* semen 100% mempunyai nilai stabilitas lebih tinggi dibandingkan dengan *filler* keramik 50% : *filler* semen 50% maupun *filler* keramik 100%. Hal ini terjadi karena campuran dengan *filler* keramik 50% : *filler* semen 50% dan *filler* keramik 100% mempunyai rongga didalam campuran lebih besar dibandingkan *filler* semen 100% sehingga interlocking antar agregat tidak berjalan baik. kondisi ini yang menyebabkan stabilitas campuran *filler* keramik 50% : *filler* semen 50% dan *filler* keramik 100% nilainya lebih rendah dibandingkan dengan campuran *filler* semen 100%. Dilihat dari ketiga jenis campuran *filler* nilai stabilitas yang memenuhi spesifikasi Bina Marga yaitu campuran *filler* semen 100% dan campuran *filler* keramik 100%.

3) *Kadar Aspal dan Kelelahan*: Kelelahan *Flow* menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis keras akibat beban yang diterimanya. Nilai *flow* yang tinggi menandakan campuran bersifat plastis, dan lebih mampu mengikuti deformasi akibat adanya beban. Sebaliknya nilai *flow* yang rendah maka campuran akan bersifat kaku dan getas tidak mampu mengikuti deformasi akibat beban yang diderita.

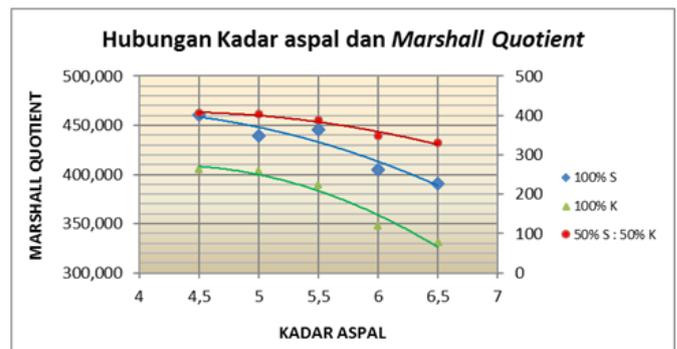


Gambar 6. Grafik hubungan kadar aspal dan kelelahan

Terlihat bahwa yang menggunakan *filler* semen 100% dan *filler* keramik 100% mempunyai nilai *flow* lebih rendah dibandingkan campuran dengan *filler* keramik

50% : *filler* semen 50%. Hal ini terjadi karena *filler* semen 100% dan *filler* keramik 100% mengisi diantara rongga agregat dengan baik sehingga campuran menjadi lebih padat. Campuran yang padat bila menerima beban maka deformasi yang terjadi menjadi kecil.

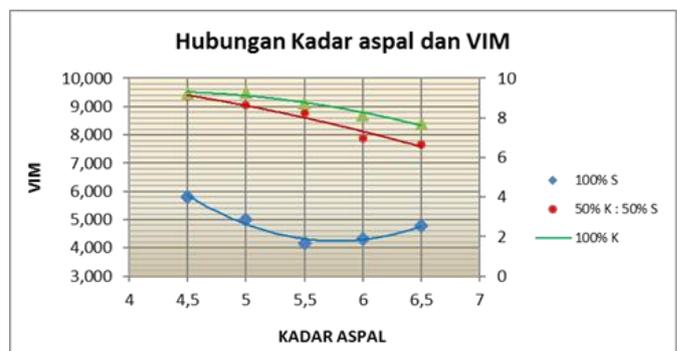
4) *Kadar aspal dan Marshall Quotient*: *Marshall Quotient* (MQ) merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan kelelahan *Flow*. Semakin besar nilai MQ, maka campuran akan bersifat kaku. Dan sebaliknya semakin kecil nilai MQ, maka lapisan akan bersifat lentur/plastis.



Gambar 7. Grafik hubungan kadar aspal dan Marshall Quotient

Terlihat bahwa pada campuran dengan *filler* semen 50% : keramik 50% mempunyai nilai MQ lebih tinggi dibandingkan dengan *filler* semen 100% dan *filler* keramik 100%. Hal ini terjadi karena nilai stabilitas *filler* semen 50% : *filler* keramik 50% dan *flow*nya rendah dibandingkan dari campuran *filler* semen 100% dan *filler* keramik 100%. Dilihat dari nilai MQnya baik campuran semen 100%, semen 50% : keramik 50%, dan keramik 100% sudah memenuhi standar Bina Marga yaitu minimal 200 Kg/mm.

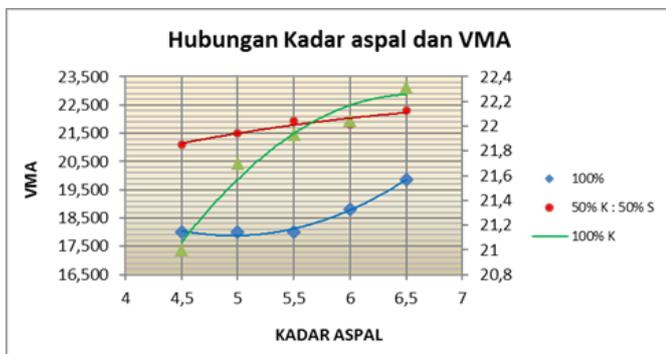
5) *Kadar aspal dan VIM (Void In Mixture)*: *VIM (Void In The Mix)* menunjukkan banyaknya pori dalam campuran. Semakin besar nilai VIM menunjukkan semakin porous campuran, sehingga aspal akan cepat teroksidasi, sehingga keawetan menurun. Nilai VIM yang terlalu rendah juga kurang menguntungkan, karena tidak menyediakan rongga yang cukup bila terjadi pemadatan tambahan akibat beban lalu-lintas.



Gambar 8. Grafik hubungan kadar aspal dan VIM

Terlihat bahwa dengan menggunakan filler semen 100% ,persentase rongga dalam campuran lebih kecil dibandingkan dengan penggunaan filler semen 50% : filler keramik 50%, dan filler keramik 100%. Hal ini terjadi karena kadar aspal yang menyelimuti rongga pada filler semen 50% : filler keramik 50% dan filler keramik 100% lebih kecil sedangkan rongga diantara agregat semakin besar ,sehingga menyebabkan presentase rongga didalam campuran juga menjadi besar .

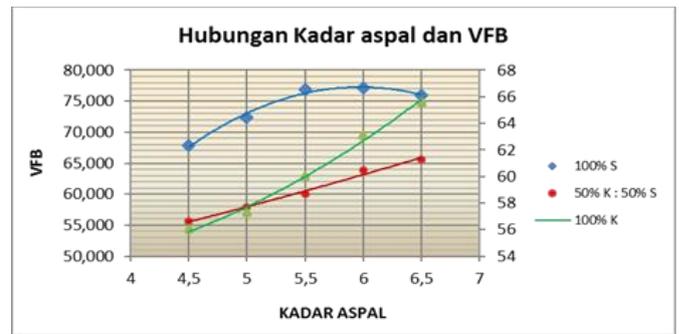
6) *Kadar aspal dan VMA (Void In Mineral Aggregate):VMA (Void In Mineral Aggregate)* menunjukkan banyaknya rongga dalam agregat yang digunakan, semakin banyak rongga dalam agregat maka semakin banyak aspal yang diserap oleh agregat dan sebaliknya semakin sedikit rongga dalam agregat semakin sedikit pula aspal yang terserat oleh agregat.



Gambar 9. Grafik hubungan kadar aspal dan VMA

Terlihat bahwa dengan menggunakan filler semen 100%,presentase rongga terhadap agregat lebih kecil dibandingkan dengan penggunaan filler semen 50% : filler keramik 50 % dan keramik 100% .Hal ini terjadi karena semen memiliki tingkat kehalusan yang tinggi jadi volume rongga diantara butiran agregat lebih kecil dibandingkan dengan filler semen 50% : filler keramik 50% dan keramik 100%.Namun demikian ,nilai VMA dari ketiga jenis filler memenuhi spesifikasi Bina Marga yaitu minimal 15%.

7) *Kadar aspal dan VFB Void Filled Bitumen:* VFB *Void Filled Bitumen* akan menunjukkan persen aspal yang terdapat di dalam rongga antar butiran. Semakin besar nilai VFB maka semakin banyak aspal yang terisi di dalam rongga, sehingga kekedapan campuran terhadap air dan udara semakin besar pula. Tapi bila jumlah aspal didalam campuran melebihi jumlah rongga, maka akan terjadi *bleding* (peristiwa keluarnya aspal dari campuran).



Gambar 10. Grafik hubungan kadar aspal dan VFB

Terlihat pada campuran filler semen 100 % mempunyai nilai VFB yang lebih tinggi dibandingkan dengan filler semen 50% : filler keramik 50% dan filler keramik 100% .Hal ini terjadi karena jumlah rongga diantara agregat (VMA) pada campuran filler semen 50% : keramik 50% dan keramik 100% lebih tinggi dibandingkan dengan jumlah rongga diantara agregat (VMA) pada campuran filler semen 100% sehingga kadar aspal yang sama jumlah rongga yang tidak terselimuti aspal pada campuran filler semen 50% : keramik 50% dan keramik 100% menjadi lebih banyak ,akibatnya nilai VFB rendah.

G. *Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)*

Kadar aspal optimum adalah jumlah aspal yang digunakan dalam campuran agar dapat tercapai mencapai persyaratan Stabilitas, Flow, VMA, VIM, VFB, Density dan Marshall Quotient. Penentuan kadar aspal optimum untuk menetapkan besarnya kadar aspal efektif dalam campuran yang diperlukan untuk pembuatan benda uji baru dengan komposisi agregat sama tetapi dengan kadar aspal optimum yang telah ditentukan.

- Penentuan KAO untuk benda uji 0% keramik : 100% semen.

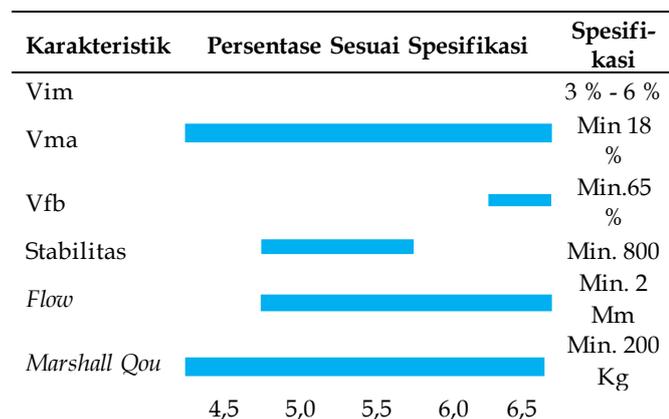
Tabel 11. Penentuan KAO untuk 0% keramik + 100% semen

Karakteristik	Persentase Sesuai Spesifikasi	Spesifikasi
Vim	4,5 - 6,5	3 % - 6 %
Vma	4,5 - 6,5	Min 18 %
Vfb	4,5 - 6,5	Min.6 5 %
Stabilitas	4,5 - 6,5	Min. 800
Flow	4,5 - 6,5	Min. 2 Mm
Marshall Qou	4,5 - 6,5	Min. 200 Kg

Grafik diatas menunjukkan nilai VIM *VoidInMixture*, VMA *Void Mineral Agregat* , VFB dan MQ *MarshallQuotient* terpenuhi pada setiap kadar aspal. Sementara untuk nilai stabilitas terpenuhi pada kadar aspal 4,5% - 5,5% sementara nilai *flow* terpenuhi pada kadar aspal 5,5% - 6,5% jadi nilai KAO berada pada kadar aspal 5,5%.

- Penentuan KAO untuk benda uji 50% keramik : 50% semen

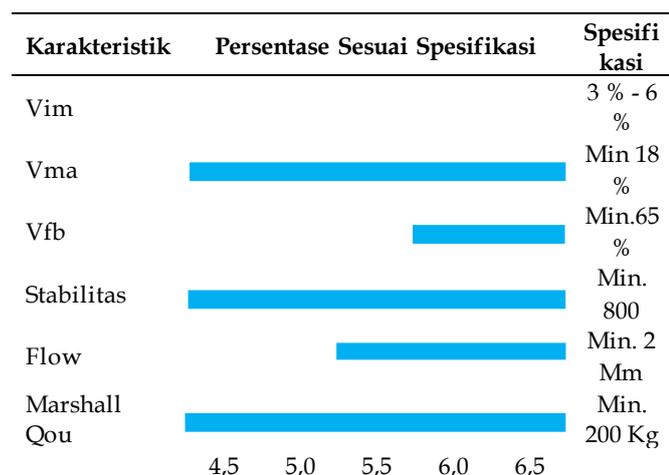
Tabel 12. Penentuan KAO untuk 50% keramik + 50% semen



Grafik diatas menunjukkan nilai VMA *Void Mineral Agregat* dan MQ *MarshallQuotient* terpenuhi pada setiap kadar aspal. Sementara untuk nilai VIM tidak ada yang memenuhi spesifikasi. Untuk nilai VFB hanya padar kadar 6,5% yang memenuhi spesifikasi. Pada nilai stabilitas terpenuhi pada kadar aspal 5,0% - 5,5% sementara nilai *flow* terpenuhi pada kadar aspal 5,0% - 6,5% jadi nilai KAO tidak ada kadar aspal yang memenuhi.

- Penentuan KAO untuk benda uji 100% keramik : 0% semen

Tabel 13. Penentuan KAO untuk 100% keramik + 0% semen



Grafik diatas menunjukkan nilai VMA, Stabilitas dan MQ (*MarshallQuotient*) terpenuhi pada setiap kadar aspal. Untuk nilai VMA tidak ada yang memenuhi spesifikasi. Nilai VFB yang memenuhi berada pada kadar aspal 6,00% dan 6,50%. Sedangkan untuk nilai *flow*

yang memenuhi berada pada kadar 5,5% - 6,5%. Jadi nilai KAO tidak ada yang memenuhi spesifikasi.

I. SIMPULAN

Setelah melakukan penelitian penambahan limbah keramik sebagai filler pada lapisan perkerasan AC-WC maka dapat ditarik kesimpulan bahwa pada proporsi campuran 0% keramik + 100% semen diperoleh VIM, VMA, VFB, MQ, stabilitas, dan *flow* memenuhi spesifikasi. Pada proporsi campuran 50% keramik + 50% semen VMA, MQ, stabilitas, *flow*, VFB memenuhi spesifikasi dan nilai VIM tidak ada yang memenuhi. Pada proporsi campuran 100% keramik + 0% semen diperoleh VMA, stabilitas, MQ, VFB, dan *flow* memenuhi spesifikasi, untuk nilai VIM tidak ada yang memenuhi. Pengaruh penambahan serbuk keramik terhadap karakteristik *Marshall* hanya berpengaruh pada peningkatan stabilitas dan *flow* campuran, sedangkan untuk VIM tidak ada yang memenuhi sehingga penggunaan serbuk keramik sebagai *filler* pada campuran perkerasan AC-WC tidak dapat dipakai karena hanya menambah pori dalam campuran yang mengakibatkan keawetan aspal menurun.

REFERENSI

- [1] Astuti Ambar. Pengetahuan Keramik. Yogyakarta, Indoensia : Gajah Mada University Press, 1997.
- [2] ASTM C.125-1995:61. *Standard Definition of Terminology Relating to Concrete and Concrete Agregates*. ASTM International.
- [3] Bina Marga. *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan*. Jakarta, Indonesia: Direktorat Bina Teknik, 2010.
- [4] Departemen Pekerjaan Umum, *Spesifikasi Umum Bina Marga, Divisi 6, Metode Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar*, 2010.
- [5] Departemen Pekerjaan Umum. *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya*. SKBI - 2.4.26, 1987.
- [6] Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Jakarta, Indonesia: Departemen Pekerjaan Umum, 2000.
- [7] Direktorat Jenderal Bina Marga. *Undang-Undang RI No. 13/1980 Tentang Jalan*. Jakarta, Indonesia: Direktorat Jenderal Bina Marga Departmen Pekerjaan Umum, 1980.
- [8] Fasdarsyah, Mukhlis, dan Sulaiman "Pengaruh penambahan *filler* granit dan keramik pada campuran laston AC-WC terhadap karakteristik uji *marshall*." *Teras Jurnal*, Vol.4, No.1, Mar 2014.
- [9] Hadihardaja, Joetata. *Sistem Transportasi*. Jakarta, Indonesia : Universitas Guru Darma, 1997.
- [10] Hakim, et.al. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Lampung, Indonesia: Penerbit Universitas Lampung, 1986.
- [11] Indiani, Eva dan Ngurah, Ayu. *Keramik Porselen Berbasis Feldspar Sebagai Bahan Isolator Listrik*. Semarang, Indonesia: Universitas Diponegoro, 2009.
- [12] Joelianingsi. *Peningkatan Kualitas Genteng Keramik dengan Penambahan Sekam Padidan Daun Bambu*, Bogor, Indonesia: Makalah Pribadi Falsafah Sains (PPS 702) Sekolah Pasca Sarjana/S3, Institut Pertanian Bogor, 2004
- [13] McPhee, K. *An Introduction to Inorganic Dielectrics*. IRE Transaction on Component Part. Vol. 6, hlm 3-33.
- [14] Puslitbang Pemukiman. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI-1982)*. Bandung, Indonesia: Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman, 1982.