

# PENGARUH PENGGUNAAN ABU BATA DAN SEMEN SEBAGAI BAHAN PENGISI (*FILLER*) TERHADAP UJI KARAKTERISTIK MARSHALL PADA CAMPURAN LASTON LAPIS ANTARA (AC-BC)

Fachrul Willian<sup>1)</sup>, Muhammad Shalahuddin<sup>2)</sup>, Gunawan Wibisono<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

<sup>2)</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email : [fachrul.willian6861@student.unri.ac.id](mailto:fachrul.willian6861@student.unri.ac.id)

## ABSTRACT

*Asphalt concrete is a mixture of asphalt, coarse aggregate, fine aggregate and filler. Many types of filler have been used to improve asphalt concrete performance. In this research, a combined of brick ash and portland cement was used as filler. As wasted products, this mixed filler can be used as an alternative replacement of Portland cement due to their similar chemical compounds. The specifications used follow the 2010 revision 3 Bina Marga General Specifications standard using the Marshall method. This research combined brick ash and portland cement at ratio of 0:100, 25:75, 50:50, 75:25 and 100:0, asphalt content varied were 5%, 5.5%, 6%, 6.5% and 7%. The optimum fillers contents for each variation i.e. 6.08%, 6.43%, 5.83%, 6.20% and 5.50% respectively. The results present that all variations fulfill specification. The variation suggested as a mixture is a variation off 100:0, because that variations fulfill the specified spesifications economically.*

**Keywords:** portland cement, brick ash, AC-BC, Bina Marga Specifications 2010 Revision

## A. PENDAHULUAN

Salah satu perkerasan jalan yang digunakan di Indonesia adalah campuran lapis beton aspal. Beton aspal merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi perkerasan lentur. *Asphalt Concrete Binder Course* yang merupakan bagian lapis dari permukaan di antara lapis fondasi atas (*Base course*) dengan lapis aus (*Wearing course*) yang terdiri dari campuran agregat bergradasi menerus dengan aspal keras dicampur pada suhu tertentu, dihamparkan, dan dipadatkan. Campuran beton aspal tersebut terdiri atas agregat kasar, agregat halus, *filler* dan menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. *Filler* yang biasa digunakan adalah semen portland, abu kapur atau abu batu. Namun tidak menutup kemungkinan penggunaan material lainnya sebagai *filler*.

Penelitian kali ini akan dicoba mengkombinasikan abu bata dengan semen portland sebagai pengganti *filler* dan meneliti lebih lanjut mengenai pengaruh dari pengkombinasian *filler* tersebut pada

campuran *Asphalt Concrete Binder Course*(AC-BC).

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah seberapa besar pengaruh penggunaan abu bata dan semen sebagai *filler* terhadap karakteristik *Marshall* pada campuran AC-BC dan berapa nilai persentase kadar aspal optimum karakteristik Marshall pada campuran AC-BC.

Tujuan penelitian ini adalah menguji nilai pada karakteristik *marshall*, mengkombinasikan bahan pengisi abu bata dan semen pada campuran aspal jenis AC-BC yang terdiri dari ketahanan dan kekuatan (*stability*), kelelahan plastis (*flow*), VMA, VIM, VFA dan *Marshall Quotient*, serta membandingkan hasil uji Marshall pada campuran laston lapis antara AC-BC pada kondisi kadar aspal optimum.

## B. TINJAUAN PUSTAKA

### B.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat (batuan dengan gradasi

tertentu) dan bahan pengikat, yang dihamparkan dan dipadatkan di atas tanah dasar untuk melayani beban lalu-lintas (Sukirman, 2003).

## B.2 Jenis dan Fungsi Lapisan Konstruksi Perkerasan Lentur

Konstruksi perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai pengikat. Lapisan perkerasan bersifat memikul dan menyebarkan beban ke tanah dasar.

### B.2.1 Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan merupakan lapisan yang terletak pada bagian atas dari jalan. Lapisan permukaan ini berfungsi sebagai menahan beban roda, kedap air, lapisan aus, dan dapat menyebarkan beban kelapisan bawah. Guna untuk memenuhi fungsi tersebut, pada umumnya lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama.

### B.2.2 Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas terletak diantara lapisan permukaan dan lapisan pondasi bawah. Material yang akan digunakan untuk lapis pondasi atas adalah material yang cukup kuat. Untuk lapis pondasi atas tanpa bahan pengikat umumnya menggunakan material dengan *CBR* minimum 90% dan Indeks Plastisitas (*PI*) 0 – 6. (Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3).

### B.2.3 Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapisan pondasi bawah terletak diantara lapisan pondasi atas dan lapisan tanah dasar. Material yang digunakan untuk lapis pondasi bawah dengan klasifikasi Agregat *Base* kelas B adalah material yang menggunakan material dengan *CBR* minimum 60% dan Indeks Plastisitas (*PI*) 0 – 10. Sedangkan untuk penggunaan Agregat *Base* kelas S adalah material yang menggunakan material dengan *CBR* minimum 50% dan Indeks Plastisitas (*PI*) 4 – 15. (Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3)

### B.2.4 Lapisan Tanah Dasar (*Sub Grade*)

Lapisan tanah dasar ini dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik, dan tanah yang didatangkan dari tempat lain kemudian dipadatkan jika tanah aslinya kurang baik.

## B.3 Parameter dan Formula Perhitungan

Parameter dan formula untuk menghitung hasil pengujian campuran aspal panas mengacu pada RSNI M-01-2003 (Bina Marga, 2003). Parameter dan formula perhitungan tersebut adalah sebagai berikut.

### B.3.1 Proporsi Agregat

Penentuan rancangan proporsi agregat dapat dihitung dengan cara analitis dan grafis. Pada cara grafis proporsi dapat ditentukan dengan potongan garis lurus terhadap nilai-nilai presentase lolos ayakan saringan pada tiap-tiap fraksi, sedangkan cara analitis dapat dihitung berdasarkan syarat pada invers matrik dengan menggunakan persamaan matrik seperti pada Persamaan 1

$$\begin{aligned} [A] \cdot X &= [B] \\ [A]^{-1} \cdot [A] \cdot X &= [A]^{-1} \cdot [B] \\ I \cdot X &= [A]^{-1} \cdot [B] \\ X &= [A]^{-1} \cdot [B] \end{aligned} \quad (1)$$

Keterangan :

X : Nilai rancangan proporsi agregat  $X_1, X_2, \dots, X_n$  (mewakili banyak fraksi material) (%),

[A] : Susunan bilangan matrik yang mewakili nilai lolos saringan masing-masing fraksi (%),

[B] : Susunan bilangan matrik yang mewakili nilai antara batas bawah dan batas atas gradasi agregat gabungan (%)

### B.3.2 Kadar Aspal Rencana

Perkiraan kadar aspal rencana berguna untuk menentukan kadar aspal optimum dari suatu campuran beraspal. Perkiraan kadar aspal rencana dapat dihitung dengan Persamaan 2.

$$\begin{aligned} P_b &= 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) \\ &+ 0,18 (\%FF) + C \end{aligned} \quad (2)$$

Keterangan :

- Pb : Perkiraan nilai kadar aspal tengah (%).
- CA : Agregat dari saringan terbesar sampai dengan tertahan saringan no. 4 (%).
- FA : Agregat yang lolos saringan no.4 sampai dengan tertahan saringan no.200 (%).
- FF : Agregat yang lolos saringan no.200 (%).
- C : Koefisien untuk Laston = 0,5 sampai 1.

### B.3.3 Kadar Aspal Efektif

Kadar aspal efektif (*Pbe*) campuran beraspal adalah kadar aspal total dikurangi jumlah aspal yang terserap oleh partikel agregat. Kadar aspal efektif dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.

$$Pbe = Pb \frac{Pba}{100} Ps \quad (3)$$

- Keterangan :
- Pbe : Kadar aspal efektif, persen total campuran, (%)
- Pb : Kadar aspal, persen total campuran, (%)
- Pba : Penyerapan aspal, persen total agregat, (%)
- Ps : Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran, (%)

### B.3.4 Berat Jenis Kering dan Semu Total Agregat

Dalam suatu campuran beraspal terdiri dari agregat kasar, halus dan bahan pengisi yang memiliki berat jenis yang berbeda – beda, baik berat jenis kering (*Bulk specific gravity*) dan berat jenis semu (*Apparent specific gravity*). Berat jenis kering dan semu total agregat dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 4 dan 5.

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_{sb1}} + \frac{P_2}{G_{sb2}} + \dots + \frac{P_n}{G_{sbn}}} \quad (4)$$

- Keterangan :
- $G_{sb}$  : Berat jenis kering agregat maksimum
- $P_1, P_2, \dots, P_n$  : Persentase masing-masing proporsi agregat
- $G_{sb1}, G_{sb2}, \dots, G_{sbn}$  : Berat jenis kering masing-masing agregat

$$G_{sa} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_{sa1}} + \frac{P_2}{G_{sa2}} + \dots + \frac{P_n}{G_{san}}} \quad (5)$$

- Keterangan :
- $G_{sa}$  : Berat jenis semu agregat maksimum
- $P_1, P_2, \dots, P_n$  : Persentase masing-masing proporsi agregat
- $G_{sa1}, G_{sa2}, \dots, G_{san}$  : Berat jenis semu masing-masing agregat

### B.3.5 Berat Jenis Efektif Total Agregat

Berat jenis efektif total agregat dapat dihitung dengan Persamaan 6.

$$G_{se} = \frac{G_{sb} + G_{sa}}{2} \quad (6)$$

- Keterangan :
- $G_{se}$  : Berat jenis efektif agregat total
- $G_{sa}$  : Berat jenis semu agregat total
- $G_{sb}$  : Berat jenis kering agregat total

### B.3.6 Berat Jenis Teoritis Maksimum Campuran

Berat jenis teoritis maksimum campuran pada masing-masing variasi kadar aspal diperlukan untuk menghitung kadar rongga pada masing-masing campuran dengan kadar aspal berbeda. Berat jenis teoritis maksimum dapat dihitung dengan Persamaan 7.

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}} \quad (7)$$

- Keterangan :
- $G_{mm}$  : Berat jenis maksimum campuran
- $P_{mm}$  : Persentase berat terhadap total campuran (%)
- $P_s$  : Persentase agregat terhadap total campuran (%)
- $G_{se}$  : Berat jenis efektif agregat total

### B.3.7 Berat Isi Benda Uji

Berat isi benda uji dapat dihitung dengan Persamaan 8.

$$G_{mb} = \frac{A}{B - C} \quad (8)$$

- Keterangan :
- $G_{mb}$  : berat isi campuran
- A : berat kering benda uji (gram)

- B : berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram)  
 C : berat benda uji di dalam air (gram)

### B.3.8 Rongga dalam Mineral Agregat (*Void in Mineral Aggregate, VMA*)

Rongga dalam mineral agregat adalah rongga udara yang ada di antara partikel agregat dalam campuran yang sudah dipadatkan, termasuk ruang yang berisi aspal dan dinyatakan sebagai persen volume total.

VMA dihitung berdasarkan BJ *Bulk* agregat dan dinyatakan sebagai persen volume *Bulk* campuran yang dipadatkan. Pengertian tentang VMA dapat diilustrasikan.

Nilai VMA dapat dihitung dengan Persamaan 9.

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \quad (9)$$

Keterangan :

- VMA: rongga udara pada mineral agregat (%)  
 $G_{mb}$  : berat isi campuran  
 $G_{sb}$  : berat jenis kering agregat maksimum  
 $P_s$  : kadar agregat, persen terhadap berat total campuran (%)

### B.3.9 Rongga dalam Campuran (*Void in Mixture, VIM*)

Rongga dalam campuran adalah ruang udara yang ada di antara partikel agregat yang telah diselubungi oleh aspal di dalam campuran yang telah dipadatkan dan dinyatakan dengan persen dari volume total. Nilai VIM dapat dihitung dengan rumus pada Persamaan 10.

$$VIM = 100 - \frac{G_{mb} \times 100}{G_{mm}} \quad (10)$$

Keterangan :

- VIM : rongga udara pada campuran, persen dari volume total (%)  
 $G_{mb}$  : berat isi campuran  
 $G_{mm}$  : berat jenis maksimum campuran

### B.3.10 Rongga Udara yang Terisi Aspal (*Void Filled Asphalt, VFA*)

Rongga terisi aspal adalah persen volume rongga di dalam rongga terisi aspal, tidak termasuk aspal yang diserap agregat.

Nilai VFA dapat dihitung dengan Persamaan 11.

$$VFA = 100 \times \frac{VMA - VIM}{VMA} \quad (11)$$

Keterangan :

- VFA : rongga udara yang terisi aspal (%)  
 VIM : rongga udara pada campuran, persen dari volume total (%)  
 VMA : rongga udara pada mineral agregat (%)

## B.4 Pengujian Campuran Aspal Beton

Campuran aspal beton dibentuk oleh agregat, aspal dan atau bahan tambahan yang dicampur dan dipadatkan pada suhu tertentu. Pengujian untuk campuran aspal beton antara lain pengujian volumetrik dan pengujian *Marshall*.

### B.4.1 Pengujian Volumetrik

Pengujian *volumetrik* dilakukan untuk mendapatkan berat jenis campuran dan untuk analisa rongga dalam campuran. Pengujian volumetrik berupa pengukuran tinggi, diameter, berat kering, berat dalam air dan berat jenuh kering permukaan benda uji.

### B.4.2 Pengujian Marshall

Pengujian *Marshall* merupakan pengujian untuk menentukan karakteristik dari suatu campuran beraspal yang dilihat dari nilai stabilitas, kelelahan (*flow*) dan *Marshall Quotient (MQ)*.

#### A. Stabilitas *Marshall*

Stabilitas benda uji adalah hasil yang diperoleh dari pembacaan arloji stabilitas pada saat pengujian yang telah dikali dengan kalibrasi alat dan faktor koreksi benda uji. Nilai stabilitas dapat dihitung dengan Persamaan 12

$$S = s \times k \times kb \quad (12)$$

Keterangan :

- S : Nilai stabilitas *Marshall* (kg)  
 s : Pembacaan nilai stabilitas pada proving ring dial (kg)  
 k : Nilai kalibrasi alat *Marshall*  
 kb : Angka koreksi benda uji

## B. Kelelahan (*Flow*)

Kelelahan adalah besarnya deformasi vertikal yang terjadi pada benda uji mulai saat awal pembebanan hingga benda uji mencapai batas maksimum stabilitas, sehingga benda uji sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam satuan mm.

## C. Hasil Bagi *Marshall* (*Marshall Quotient*)

*Marshall Quotient* adalah indikator kelenturan yang potensial terhadap keretakan perkerasan. Nilai MQ adalah hasil bagi nilai stabilitas dengan nilai *flow* yang dapat dihitung dengan Persamaan 13.

$$MQ = \frac{MS}{MF} \quad (13)$$

Keterangan :

MQ : *Marshall Quotient* (kg/mm)

MS : *Marshall Stability* (kg)

MF : *Marshall flow*(mm)

## B.5 Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar Aspal Optimum (KAO) adalah kadar aspal yang menghasilkan sifat campuran perkerasan yang terbaik dan telah memenuhi persyaratan Bina Marga.

## C. METODOLOGI PENELITIAN

### C.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dan deskriptif analisis. Penelitian ini digunakan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 sebagai acuan untuk menentukan campuran Laston *Asphalt Concrete Binder Course* dan pelaksanaan pengujiannya digunakan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berkaitan dengan pengujian Laston.

### C.2 Tahapan Pendahuluan

#### C.2.1 Pengambilan Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar dan medium (agregat tertahan saringan no.4), agregat halus (agregat lolos saringan no. 4 dan pasir), aspal (Pen. 60/70), *filler* atau bahan pengisi (abu bata).

Agregat berasal dari Kabupaten Kampar yang diperoleh dari *quarry* PT. Virajaya Riau Putra. *Filler* diperoleh dari limbah pecahan batu bata maupun serbuk yang berasal dari

bedeng pembakaran Kecamatan Tenayan Raya Kota Pekanbaru yang diambil secara acak dan diproses menjadi material lolos saringan no. 200 dengan cara menghancurkan menggunakan palu, kemudian diblender sehingga menjadi serbuk. Sedangkan aspal (Pen. 60/70) merk Cosmic diperoleh dari PT. Cosmic Indonesia.

#### C.2.2 Pengujian Material

Pengujian Material untuk memperoleh nilai parameter yang akan digunakan sebagai campuran laston *Asphalt Concrete Binder Course* yang diisyaratkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3

#### C.2.3 Pengujian Material

Pengujian Material untuk memperoleh nilai parameter yang akan digunakan sebagai campuran Laston *Asphalt Concrete Binder Course* yang diisyaratkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3.

#### C.2.4 Proporsi Agregat

Penelitian ini menggunakan cara analitis dalam menentukan proporsi agregatnya. Penelitian ini menggunakan beberapa fraksi agregat diantaranya adalah fraksi agregat kasar, agregat medium, agregat halus dan pasir yang dapat dilihat pada Tabel 1. Dari fraksi tersebut diambil nilai yang mewakili masing – masing fraksi digabungkan menjadi satu susunan bilangan matrik dengan nilai hasil adalah bilangan matrik nilai antara batas atas dan batas bawah persentase lolos saringan tersebut yang ditetapkan.

Tabel 1 Presentasi Lolos Saringan

Nomor Saringan		Gradasi Masing-fraksi (Persentase Lolos Saringan)				Spesifikasi Lolos Saringan	
mm	inch	Fraksi 1	Fraksi 2	Fraksi 3	Fraksi 4	Batas Bawah	Batas Atas
25,4	1"	100,00	100,00	100,00	100,00	100	100
19,00	3/4"	97,22	100,00	100,00	100,00	90	100
12,50	1/2"	61,41	100,00	100,00	100,00	75	90
9,50	3/8"	26,93	100,00	100,00	100,00	66	82
4,75	No. 4	5,48	59,10	100,00	100,00	46	64
2,36	No. 8	4,30	14,58	55,73	98,46	30	49
1,18	No. 16	4,40	5,05	46,44	90,69	18	38
0,60	No. 30	4,17	4,64	38,85	81,82	12	28
0,30	No. 50	3,91	4,23	32,53	55,01	7	20
0,15	No. 100	3,37	3,82	29,33	21,64	5	13
0,08	No. 200	2,49	3,35	16,89	14,88	4	8

Berdasarkan Teori matriks, diperoleh nilai proporsi masing – masing fraksi dan menggunakan persamaan 1.

$$\begin{aligned}
 [A] \cdot X &= [B] \\
 [A]^{-1} \cdot [A] \cdot X &= [A]^{-1} \cdot [B] \\
 I \cdot X &= [A]^{-1} \cdot [B] \\
 X &= [A]^{-1} \cdot [B]
 \end{aligned}$$

Adapun langkah – langkah menentukan proposi agregat menggunakan metode analitis matrik adalah sebagai berikut :

1. Menentukan susunan bilangan matriks dari matrik [A] dan matrik [B],

$$[A] = \begin{bmatrix} 97,22 & 100,00 & 100,00 & 100,00 \\ 5,48 & 59,10 & 100,00 & 100,00 \\ 4,40 & 5,05 & 46,44 & 90,69 \\ 3,37 & 3,82 & 29,33 & 21,64 \end{bmatrix}$$

dan [B] =  $\begin{bmatrix} 99,00 \\ 53,00 \\ 26,00 \\ 12,00 \end{bmatrix}$

2. Menggunakan persamaan 1, syarat invers matrik adalah dengan determinan matriks [A] untuk mencari nilai dari invers matriks [A]<sup>-1</sup>

Det [A] = -7.441.405 kemudian cari nilai dari invers matrik [A]

$$[A]^{-1} = \frac{1}{|A|} \cdot [A]$$

$$[A]^{-1} = \frac{1}{-4.667.000} \cdot \begin{bmatrix} 97,22 & 100,00 & 100,00 & 100,00 \\ 5,48 & 59,10 & 100,00 & 100,00 \\ 4,40 & 5,05 & 46,44 & 90,69 \\ 3,37 & 3,82 & 29,33 & 21,64 \end{bmatrix}$$

$$[A]^{-1} = \begin{bmatrix} 0,01035 & -0,01944 & 0,00423 & 0,02432 \\ 0,00124 & 0,01916 & -0,00948 & -0,05455 \\ -0,00149 & -0,00028 & -0,01225 & 0,05953 \\ 0,00019 & 0,00020 & 0,01762 & -0,02863 \end{bmatrix}$$

3. Setelah nilai invers matriks [A]<sup>-1</sup> diperoleh lakukan operasi perkalian matriks untuk mencari nilai X dengan syarat nilai matrik memiliki jumlah baris sama.

$$X = [A]^{-1} \cdot [B]$$

$$= \begin{bmatrix} 0,01035 & -0,01944 & 0,00423 & 0,02432 \\ 0,00124 & 0,01916 & -0,00948 & -0,05455 \\ -0,00149 & -0,00028 & -0,01225 & 0,05953 \\ 0,00019 & 0,00020 & 0,01762 & -0,02863 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 99,00 \\ 53,00 \\ 26,00 \\ 12,00 \end{bmatrix}$$

$$X = \begin{bmatrix} 0,40 \\ 0,24 \\ 0,23 \\ 0,13 \end{bmatrix}$$

4. Setelah nilai dari X diketahui, periksa ketelitian dari jumlah nilai dengan menjumlahkan seluruh bilangan X, yaitu nilai  $\sum X = 1,00$

5. Kemudian jabarkan susunan bilangan X, sebagai berikut :

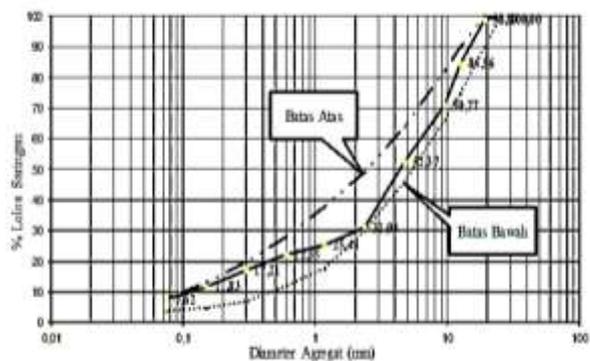
- X<sub>1</sub> = 0.40 → Fraksi 1
- X<sub>2</sub> = 0.24 → Fraksi 2
- X<sub>3</sub> = 0.23 → Fraksi 3
- X<sub>4</sub> = 0.13 → Fraksi 4

6. Setelah nilai proporsi masing – masing agregat diperoleh, kemudian plotkan data data proporsi yang telah dihitung berdasarkan nilai persentase lolos ayakan masing – masing fraksi sesuai ukuran saringan yang diisyaratkan. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 1.

- ➔ Fraksi 1= 40% Fraksi Agregat Kasar
- ➔ Fraksi 2 = 24% Fraksi Agregat Medium
- ➔ Fraksi 3= 23% Fraksi Agregat Halus
- ➔ Fraksi 4= 13% Fraksi Pasir

Tabel 2 Proporsi Agregat Gabungan AC-BC

Nomor Saringan	mm	inch	Perkiraan Proporsi (Masing – Masing Fraksi)				Spesifikasi Lolos Saringan		
			Fraksi 1 40%	Fraksi 2 24%	Fraksi 3 23%	Fraksi 4 13%	Jumlah	Batas Atas	Batas Bawah
25,4	1"		40,00	24,00	23,00	13,00	100,00	100	100
19,00	3/4"		38,89	24,00	23,00	13,00	98,89	90	100
12,50	1/2"		24,56	24,00	23,00	13,00	84,56	75	90
6,50	3/8"		10,77	24,00	23,00	13,00	70,77	66	82
4,75	No. 4		2,19	14,14	23,00	13,00	52,37	46	64
2,36	No. 8		1,92	3,30	12,82	12,80	31,04	30	40
1,18	No. 16		1,76	1,31	10,68	11,79	25,44	18	38
0,80	No. 20		1,67	1,11	8,94	10,64	22,33	12	38
0,30	No. 50		1,56	1,02	7,48	7,13	17,21	7	20
0,15	No. 100		1,33	0,92	4,73	2,81	11,83	5	13
0,08	No. 200		1,00	0,80	3,89	1,93	7,62	4	8



Gambar 1 Grafik Gradasi Agregat Gabungan AC-BC

7. Jika pada perhitungan nilai  $\sum X \neq 1,00$  maka ulangi tahapan perhitungan rancangan proporsi agregat dari point 1 sampai dengan poin 6. Pengulangan juga harus dilakukan jika nilai  $\sum X = 1,00$  dan nilai hasil plotting masing – masing nilai X

kedalam grafik gradasi gabungan tidak berada dibatas atas dan batas bawah gradasi agregat gabungan.

### C.2.5 Perkiraan Kadar Aspal dan Jumlah Sampel

Penentuan kadar aspal rencana ditentukan dengan menggunakan persamaan 2. Untuk mendapatkan kadar aspal yang optimum, maka dibuat benda uji dengan rentang 2 kadar aspal di bawah kadar aspal tengah dan 2 kadar aspal di atas kadar aspal tengah (-1,0%; -0,5%; P; +0,5%; +1%).

$$\begin{aligned}
 P_b &= 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%FF) + C \\
 &= 0,035(40+24) + 0,045(23+13) + 0,18(5,69) + 1 \\
 &= 2,24 + 1,62 + 1,0242 + 1 \\
 &= 5,89\% \approx 6\%
 \end{aligned}$$

Kemudian ditentukan nilai variasi kadar aspal tengah (-1,0%; -0,5%; P; +0,5%; +1%) rencana untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) adalah 5%; 5,5%; 6%; 6,5% dan 7%.

Berdasarkan variasi kadar aspal, kadar *filler* dan jenis pengujian yang akan dilakukan untuk mendapatkan nilai KAO, maka jumlah benda uji yang dibutuhkan adalah sebanyak 75 buah dengan uraian pada Tabel 3.

Tabel 3 Jumlah Spesimen Uji *Marshall*

Kadar Aspal (%)	Perbandingan Antara <i>Filler</i> Abu Bata dan Semen Portland					Jumlah Sampel (unit)
	0:100	25:75	50:50	75:25	100:0	
	A	B	C	D	E	
5	3	3	3	3	3	15
5,5	3	3	3	3	3	15
6	3	3	3	3	3	15
6,5	3	3	3	3	3	15
7	3	3	3	3	3	15
<b>Total</b>						<b>75</b>

### C.2.6 Perkiraan Kebutuhan Material

Setelah rancangan proporsi campuran agregat gabungan dan perkiraan kadar aspal rencana ditentukan maka tahapan selanjutnya adalah memperkirakan kebutuhan material yang akan dibuat menjadi 5 (lima) variasi *filler* terhadap variasi kadar aspal rencana dengan benda uji sebanyak 75 sampel. Untuk lebih jelasnya kebutuhan material yang akan digunakan dapat dilihat pada Tabel 4 dan

Berdasarkan perhitungan kebutuhan agregat diatas dapat ditentukan nilai dari kadar *filler* yang digunakan adalah 5,85%. Banyaknya *filler* yang diperlukan untuk masing-masing variasi kadar aspal dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4 Berat Agregat yang Diperlukan untuk Satu Campuran pada Masing-masing Variasi Kadar Aspal

Nomor Saringan		Perkiraan Proporsi (Masing - Masing Fraksi)				Jumlah	Spesifikasi Lolos Saringan	
		Fraksi 1 40%	Fraksi 2 24%	Fraksi 3 23%	Fraksi 4 13%		Batas Bawah	Batas Atas
25,4	1"	40,00	24,00	23,00	13,00	100,00	100	100
19,00	3/4"	38,89	24,00	23,00	13,00	98,89	90	100
12,50	1/2"	24,56	24,00	23,00	13,00	84,56	75	90
9,50	3/8"	10,77	24,00	23,00	13,00	70,77	66	82
4,75	No. 4	2,19	14,18	23,00	13,00	52,37	46	64
2,36	No. 6	1,92	3,50	12,82	12,80	31,04	30	49
1,18	No. 16	1,76	1,21	10,68	11,79	25,44	18	38
0,60	No. 30	1,67	1,11	8,94	10,64	22,35	12	28
0,30	No. 50	1,56	1,02	7,48	7,15	17,21	7	20
0,15	No. 100	1,35	0,92	6,73	2,81	11,83	5	13
0,08	No. 200	1,00	0,80	3,89	1,95	7,62	4	8

Tabel 5 Berat *Filler* yang Diperlukan untuk Satu Campuran pada masing-masing Variasi Kadar Aspal

Kadar Aspal (%)	Variasi <i>Filler</i> (%)	Kode Campuran	<i>Filler</i>		Total (gr)
			Abu Bata (gr)	Semen Portland (gr)	
3	0:100	A	0,00	33,66	33,66
	25:75	B	13,91	41,74	55,66
	50:50	C	27,83	27,83	55,66
	75:25	D	41,74	13,91	55,66
	100:0	E	55,66	0,00	55,66
5,5	0:100	A	0,00	33,37	33,37
	25:75	B	13,84	41,32	55,37
	50:50	C	27,68	27,68	55,37
	75:25	D	41,32	13,84	55,37
	100:0	E	55,37	0,00	55,37
6	0:100	A	0,00	33,07	33,07
	25:75	B	13,77	41,30	55,07
	50:50	C	27,54	27,54	55,07
	75:25	D	41,30	13,77	55,07
	100:0	E	55,07	0,00	55,07
6,5	0:100	A	0,00	34,78	34,78
	25:75	B	13,69	41,08	54,78
	50:50	C	27,39	27,39	54,78
	75:25	D	41,08	13,69	54,78
	100:0	E	54,78	0,00	54,78
7	0:100	A	0,00	34,49	34,49
	25:75	B	13,62	40,87	54,49
	50:50	C	27,24	27,24	54,49
	75:25	D	40,87	13,62	54,49
	100:0	E	54,49	0,00	54,49
<b>Jumlah (gr.)</b>			<b>688,41</b>	<b>688,41</b>	

## D. HASIL DAN PEMBAHASAN

### D.1 Hasil Pengujian Bahan Penyusun

Pengujian ini bertujuan untuk melihat apakah material yang digunakan layak untuk bahan campuran Laston dan memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 revisi 3.

#### D.1.1 Hasil Pengujian Aspal

Aspal yang digunakan adalah aspal dengan penetrasi 60/70 merek Cosmic. Hasil pengujian aspal dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil Pengujian Aspal Penetrasi 60/70

Sifat-sifat Material Yang Diuji	Standar Uji	Satuan	Hasil Uji	Spesifikasi		Keterangan	
				Min	Maks	Ya	Tic
Penetrasi, 25 °C, 100 gram, 5 detik	SNI-06-2456-1991	Dmm	62,2	60	70	√	
Penetrasi, ( Setelah TFOT )	SNI-06-2456-1992	%	-	54			√
Titik Lembek (Softening Point)	SNI 2434:2011	°C	55,85	48			√
Titik Nyala degan Cleveland Open Cup	SNI 2433:2011	°C	245	232			√
Daktilitas, 25 °C, 5 cm/menit	SNI 2432:2011	Cm	147,5	100			√
Daktilitas, ( Setelah TFOT )	SNI 2432:2012	Cm	-	100			√
Berat Jenis	SNI 2441:2011		1,032	1			√
Kehilangan Berat (TFOT)	SNI-06-2441-1991	% berat	0,022		0,8		√
<b>Viskositas</b>							
Suhu pemadatan ideal (viscositas = 280 cSt)		°C	147				√
Suhu pemadatan Min 250°C	AASHTO T 72-90	°C	149	135	155		
Suhu pemadatan Max 310°C		°C	145				
Suhu pencampuran ideal (viscositas = 170 cSt)		°C	155	149	160		
Suhu pencampuran Min 150°C		°C	156				√
Suhu pencampuran Max 190°C	AASHTO T 54-61	°C	153				

### D.1.2 Hasil Pengujian Agregat

Agregat yang diuji dalam penelitian ini adalah agregat kasar lolos saringan 1/2” sampai tertahan saringan no.8, agregat sedang lolos saringan no. 8 sampai tertahan saringan no. 200 dan agregat halus adalah agregat yang lolos saringan no. 200. Hasil pengujian agregat dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7 Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pengujian	Standar	Hasil Pengujian	Spesifikasi Min	Spesifikasi Maks
Absorpsi dengan metode Modified	100 peterson	-	-	4
Loss Agregat (%)	SNI 2417:2004	-	-	30
Kelengkapan agregat terhadap aspal (%)	SNI 2418:2011	97,38	95	
Berat pecah pada agregat kasar (%)	SNI 7618:2012	82,87	80,90	
Berat Jenis Bulk		2,33		
Berat Jenis SSD	SNI 01-1969-1990	2,59		
Berat Jenis Apparent		2,67		
Penyerapan		1,37		3%

Tabel 8 Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian	Standar	Hasil Pengujian	Spesifikasi Min	Spesifikasi Maks
Angkuritas dengan uji kadar air (%)	SNI 01-6877-2002	43,57	45	
Berat Jenis Bulk		2,63		
Berat Jenis SSD	SNI 01-1969-1990	2,87		
Berat Jenis Apparent		2,73		
Penyerapan		1,33%		3%

Secara umum dapat dilihat bahwa hasil pengujian agregat kasar dan halus telah memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan dan dapat digunakan sebagai bahan campuran beraspal Laston.

### D.1.3 Hasil Filler

Filler yang digunakan pada penelitian ini adalah Semen Portland. Berat jenis semen Portland dengan nilai sebesar 3,15 Kg.

### D.2 Hasil Pengujian Karakteristik AC-BC

Karakteristik campuran aspal beton dapat diketahui dengan menganalisa nilai berat isi, VIM, VMA, VFA, stabilitas, flow dan MQ. Dari data di atas untuk menentukan karakteristik Marshall dapat dijelaskan dengan penggunaan rumus sebagai berikut.

1. Berat Jenis Bulk total agregat (Persamaan 4)

$$G_{sb} = \frac{100}{\frac{40}{2,55} + \frac{24}{2,632} + \frac{23}{2,54} + \frac{13}{2,61}}$$

$$= 2,577 \text{ gr/cc}$$

2. Berat Jenis Apparent total agregat (Persamaan 5)

$$G_{sa} = \frac{100}{\frac{40}{2,65} + \frac{24}{2,73} + \frac{23}{2,57} + \frac{13}{2,64}}$$

$$= 2,647 \text{ gr/cc}$$

3. Berat Jenis Efektif Total Agregat (Persamaan 6)

$$G_{se} = \left[ \frac{2,577 + 2,647}{2} \right]$$

$$= 2,612 \text{ gr/cc}$$

4. Berat Jenis Teoritis total agregat (Persamaan 7)

$$G_{mm} = \left[ \frac{100}{\frac{93}{2,607} + \frac{7}{1,032}} \right]$$

$$= 2,358 \text{ gr/cc}$$

5. Berat Jenis Bulk campuran padat (Persamaan 8)

$$G_{mb} = \left[ \frac{1198,0}{1206,0 - 686,8,2} \right]$$

$$= 2,307 \text{ gr/cc}$$

6. Nilai VMA rongga dalam mineral agregat ( Persamaan 9 )

$$VMA = 100 - \frac{2,307 \times 93}{2,577}$$

$$= 16,732 \%$$

7. Nilai VIM rongga dalam campuran (Persamaan 10 )

$$VIM = 100 - \frac{2,307 \times 100}{2,358}$$

$$= 2,163 \%$$

8. Rongga terisi aspal VFA Persamaan 11)

$$VFA = 100 \times \frac{16,732 - 2,163}{16,732}$$

$$= 87,1 \%$$

9. Stabilitas (S) ( Persamaan 12 )

$$\text{Stabilitas} = 84 \times 13,543 \times 1 = 1137,6 \text{ Kg}$$

10. Kelelahan (flow)

Nilai kelelahan diperoleh dari pembacaan dial f = 5,13 mm

11. Marshall Quotient ( Persamaan 13 )

$$MQ = \frac{1137,6}{5,13}$$

$$= 221,76 \text{ Kg/mm}$$

Perhitungan di atas merupakan contoh perhitungan untuk sampel 2 pada campuran 100% filler semen tanpa abu bata dengan menggunakan kadar aspal 7%.

### D.3 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) Campuran AC-BC

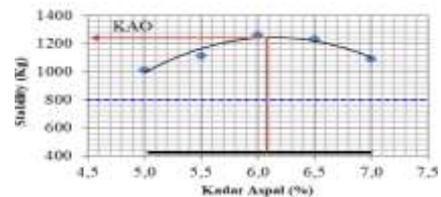
Metode yang digunakan dalam penentuan KAO adalah menggunakan SNI 06-2489-1991 dengan menganalisis karakteristik Marshall yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9 Hasil Pengujian Karakteristik Marshall untuk Mencari KAO

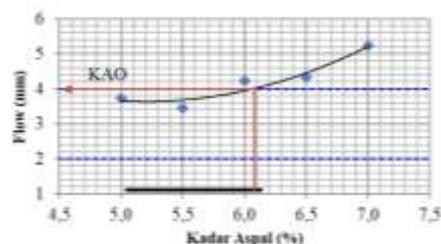
Uji - Uji Material Yang Diuji (Jenis Batu - Batu)	Kadar Aspal (%)	Hasil Pengujian Campuran Aspal					Spesifikasi	
		95%100%	10%10%	10%10%	10%20%	100%10%	Stb	MQ
% Rongga Dalam Mineral Agregat (VMA), %	5,0	13,21	13,78	14,23	14,72	15,22	14,11	13
	5,5	13,84	14,88	15,23	14,80	15,20		
	6,0	17,80	16,73	16,10	16,04	17,18		
	6,5	17,54	13,57	17,99	19,17	15,78		
	7,0	17,84	18,82	16,46	18,71	16,62		
% Rongga Dalam Campuran (VDM), %	5,0	5,33	5,83	6,32	7,77	5,97	3	5
	5,5	4,70	8,30	5,20	3,33	4,00		
	6,0	5,78	4,58	3,83	3,77	2,00		
	6,5	4,30	3,03	4,84	6,33	2,00		
	7,0	5,46	2,30	1,87	4,33	2,07		
% Rongga Terisi Aspal (VFA), %	5,0	63,82	64,28	71,99	58,06	73,88	80	
	5,5	70,30	33,41	68,17	76,87	74,32		
	6,0	87,81	72,97	76,22	78,31	70,70		
	6,5	73,87	87,12	73,19	68,19	87,33		
	7,0	80,78	86,64	89,72	76,08	87,58		
Stabilitas (Dengan Kalibrasi Alat), Kg	5,0	1013,00	1078,38	1144,86	1154,68	1282,33	800	
	5,5	1114,14	1057,57	1213,44	1354,50	1375,00		
	6,0	1281,88	1344,01	1411,30	1317,54	1416,32		
	6,5	1278,01	1182,78	1308,89	1164,82	1481,54		
	7,0	1088,94	1148,10	1182,90	1321,11	1544,44		
Kelelahan (Flow), mm	5,0	3,73	3,23	3,43	3,42	3,73	2	4
	5,5	3,44	3,87	3,37	3,86	3,78		
	6,0	4,22	3,82	3,61	3,77	4,23		
	6,5	4,33	3,83	3,78	3,86	4,07		
	7,0	5,23	4,00	4,48	3,71	4,60		
Marshall Quotient (Kg/mm)	5,0	272,47	325,06	341,29	318,87	348,23	250	
	5,5	324,76	273,31	363,36	351,00	358,30		
	6,0	303,94	325,04	398,63	401,87	343,03		
	6,5	284,12	323,93	348,46	324,11	370,09		
	7,0	309,26	309,34	317,79	361,32	352,23		

### D.3.1 Rekapitulasi Perubahan Nilai Karakteristik Marshall

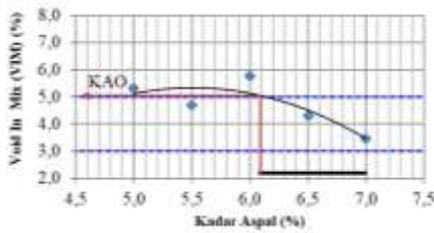
Nilai karakteristik Marshall pada tiap variasi agregat mengalami kenaikan dan penurunan yang dipengaruhi oleh penggantian agregat yang dapat dilihat pada Gambar 2 sampai dengan Gambar 7



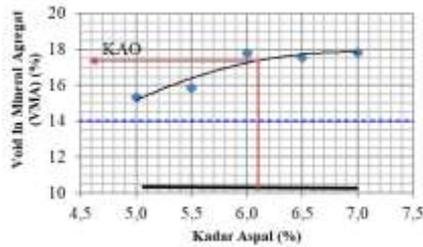
Gambar 2 Hasil Uji Karakteristik Marshall pada Nilai Stabilitas Terhadap Kadar Aspal Variasi Filler 0:100



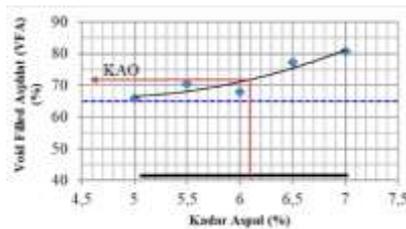
Gambar 3 Hasil Uji Karakteristik Marshall pada Nilai Flow Terhadap KAO Variasi Filler 0:100



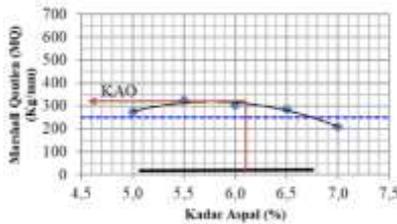
Gambar 4 Hasil Uji Karakteristik Marshall pada Nilai VIM Terhadap Kadar Aspal Variasi Filler 0:100



Gambar 5 Hasil Uji Karakteristik Marshall pada Nilai VMA Terhadap Kadar Aspal Variasi Filler 0:100



Gambar 6 Hasil uji karakteristik marshall pada nilai VFA terhadap kadar Aspal Variasi Filler 0:100



Gambar 7 Hasil uji karakteristik marshall pada nilai Marshall Quotient terhadap kadar Aspal Variasi Filler 0:100

Penentuan Kadar Aspal Optimum Variasi 50:50 dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10 Penentuan Kadar Aspal Optimum Variasi 50:50

No	Kriteria	Spesifikasi	Kadar Aspal	
1	Satability (Kg)	800		
2	Flow (mm)	2 - 4		
3	VIM (%)	3 - 5		
4	VFA (%)	Min 65		
5	VMA (%)	Min 15		
6	MQ (Kg/mm)	Min 250		
KAO (%)			$\frac{(6,05 + 6,11)}{2}$	6,08%

Dari Gambar 2 sampai dengan Gambar 7 dan Tabel 10 di atas, diperoleh kadar aspal optimum untuk komposisi filler 0% abu bata dan 100% semen adalah 6,08%. Sedangkan untuk komposisi filler 25% kombinasi abu bata dan 75% semen diperoleh KAO 6,43%. Untuk komposisi filler 50% kombinasi abu bata dan 50% semen diperoleh KAO 5,83%. Untuk komposisi filler 75% kombinasi abu bata dan 25% semen diperoleh KAO 6,20%. Untuk komposisi filler 100% kombinasi abu bata dan 0% semen diperoleh KAO 5,50%.

#### D.4 Karakteristik Marshall dengan Variasi Agregat pada Kondisi Kadar Aspal Optimum (KAO)

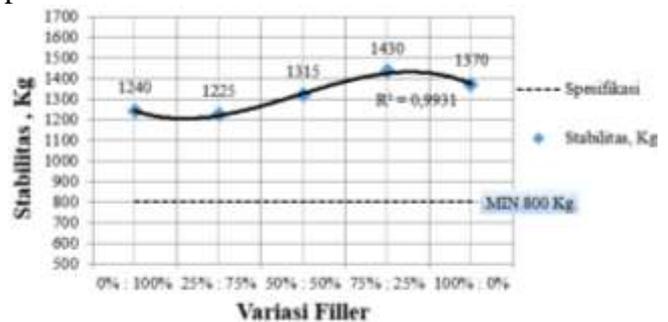
Dari hasil penelitian variasi agregat pada kondisi aspal optimum didapat nilai stabilitas, flow, VMA, VIM, VFA dan MQ memenuhi persyaratan. Untuk hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11 Perbandingan Nilai Karakteristik Marshall pada Kadar Aspal Optimum

Sifat-sifat material yang diuji	0% : 100%	25% : 75%	50% : 50%	75% : 25%	100% : 0%
Stabilitas (Dengan Kalibrasi Alat) , Kg	1240	1225	1315	1430	1370
Kelelahan (Flow), mm	3,98	3,90	3,40	3,82	3,88
% Rongga Dalam Campuran (VIM) , %	5,00	4,00	4,90	4,10	4,30
% Rongga Dalam Mineral Agregat (VMA) , %	17,25	17,00	16,75	16,60	15,50
% Rongga Terisi Aspal (VFA), %	72,00	78,00	71,00	76,00	74,00
Marshall Quotient (Kg/mm)	310	320	390	380	350
KAO	6,08	6,43	5,83	6,20	5,50

#### D.4.1 Stabilitas

Nilai stabilitas menunjukkan kemampuan suatu campuran untuk dapat menahan suatu deformasi yang diakibatkan oleh suatu beban. Untuk hasil pengujian stabilitas dapat dilihat pada Gambar 8.

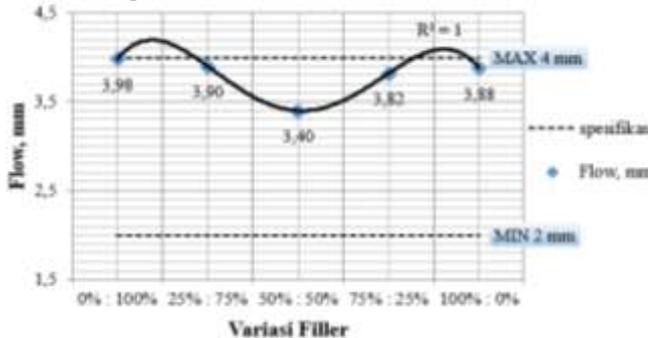


Gambar 8 Grafik Perbandingan Stabilitas pada tiap Variasi Agregat dengan Kadar Aspal Optimum

Dari Gambar 8, dapat dilihat bahwa hasil keseluruhan memenuhi standar yaitu 800 kg. Stabilitas paling rendah dihasilkan oleh komposisi *filler* 25:75 yaitu sebesar 1225 kg. Benda uji paling kaku dihasilkan oleh stabilitas tertinggi yaitu benda uji komposisi *filler* 75:25, yaitu sebesar 1430 kg.

#### D.4.2 Kelelahan (Flow)

Nilai *flow* menunjukkan tingkat kekakuan suatu perkerasan, nilai yang kecil cenderung menghasilkan perkerasan yang kaku dan getas.

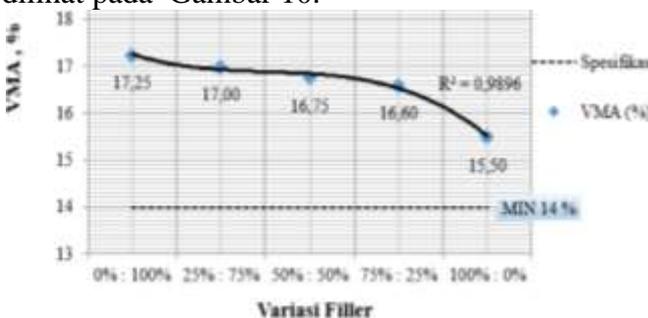


Gambar 9 Grafik Perbandingan *Flow* pada tiap Variasi Agregat dengan Kadar Aspal Optimum

Pada Gambar 9 dapat dilihat bahwa hasil keseluruhan memenuhi standar yaitu 2-4 mm. Nilai *flow* pada komposisi *filler* 50:50 menjadi nilai *flow* terendah dari komposisi *filler* lainnya, yaitu 3,40 mm. Untuk variasi 0:100 nilai *flow* yang diperoleh adalah sebesar 3,98 mm yang merupakan nilai *flow* tertinggi.

#### D.4.3 Voids in Material Aggregate (VMA)

Nilai *VMA* menyatakan rongga di antara partikel agregat dalam suatu campuran yang sudah dipadatkan. Hasil pengujian *VMA* dapat dilihat pada Gambar 10.

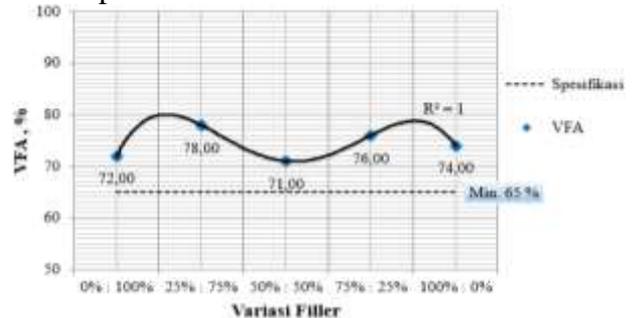


Gambar 10 Grafik Hubungan *VMA* dengan Variasi Agregat dengan Kadar Aspal Optimum

Dari Gambar 10 dapat dilihat bahwa hasil keseluruhan memenuhi standar yaitu 14%. Nilai *VMA* pada komposisi *filler* 0:100 sebesar 17,25%, menjadi nilai *VMA* tertinggi dibandingkan komposisi lainnya. Sedangkan pada komposisi *filler* 100:0 yaitu sebesar 15,50%, menjadi nilai *VMA* terendah.

#### D.4.4 Volume of Voids Filled with Asphalt (VFA)

*VFA* merupakan persentase rongga yang terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan. Hasil pengujian *VFA* dapat dilihat pada Gambar 11.

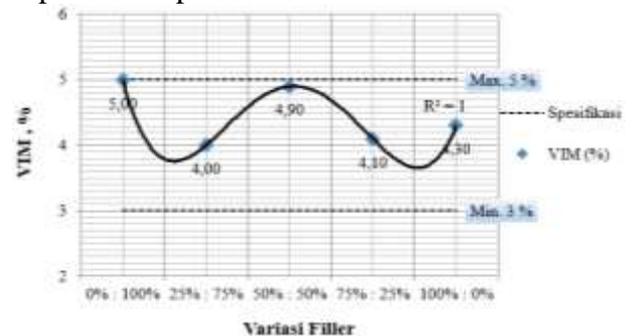


Gambar 11 Grafik Hubungan *VFA* dengan Variasi Agregat dengan Kadar Aspal Optimum

Dari Gambar 11 dapat dilihat bahwa hasil keseluruhan memenuhi standar yaitu 65%. Nilai *VFA* pada komposisi *filler* 25:75 mencapai 78% yang menjadi nilai *VMA* tertinggi dibandingkan komposisi *filler* lainnya. Pada nilai *VFA* dengan komposisi *filler* 50:50 yaitu sebesar 71 %, merupakan nilai *VFA* terendah.

#### D.4.5 Voids in Mixture (VIM)

*VIM* adalah rongga yang terdapat dalam total campuran beraspal. Hasil pengujian *VIM* dapat dilihat pada Gambar 12.

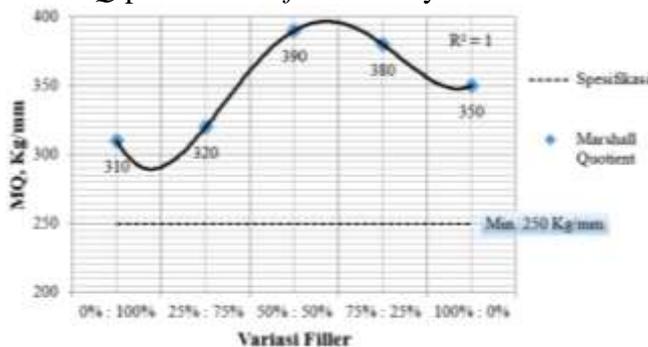


Gambar 12 Grafik Hubungan *VIM* dengan Variasi Agregat dengan Kadar Aspal Optimum

Dari Gambar 12 dapat dilihat bahwa hasil keseluruhan memenuhi standar yaitu 3-5 %. Pada variasi *filler* 25:75 dihasilkan nilai *VIM* sebesar 4 % yang merupakan nilai *VIM* terendah dari komposisi *filler* lainnya. Pada variasi *filler* 0:100 nilai *VIM* diperoleh yaitu sebesar 5% yang merupakan nilai *VIM* tertinggi dari komposisi *filler* lainnya.

#### D.4.6 Marshall Quotient (MQ)

Besarnya nilai *MQ* tergantung dari besarnya nilai stabilitas pada komposisi *filler* 0:100 merupakan nilai terendah dibandingkan komposisi lainnya, yaitu sebesar 310 kg/mm dan pada nilai *MQ* dengan komposisi *filler* 50:50 diperoleh nilai sebesar 390 kg/mm yang merupakan nilai *MQ* tertinggi dibandingkan nilai *MQ* pada variasi *filler* lainnya.



Gambar 13 Grafik Perbandingan Marshall Quotient pada tiap Variasi Agregat dengan Kadar Aspal Optimum

## E. KESIMPULAN DAN SARAN

### E.1 Kesimpulan

Dari penelitian dan pembahasan pada kondisi Kadar Aspal Optimum variasi agregat 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 dan 0:100 memenuhi karakteristik *Marshall*. Pada variasi agregat 100:0 yang direkomendasikan dengan nilai Stabilitas yang tinggi dan pengadaan kadar aspal yang kecil dengan Kadar Aspal Optimum 5,50 %.

### E.2 Saran

Untuk penyempurnaan hasil penelitian serta untuk mengembangkan penelitian yang lebih lanjut disarankan untuk melakukan penelitian diharapkan adanya penelitian tentang jumlah variasi agregat dan limbah beton yang berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bina Marga. 2010. *Seksi 6.3 Spesifikasi Campuran Beraspal Panas pada Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan Edisi 2010*. Jakarta : Direktorat Jendral Bina Marga.
- Dirjen Bina Marga. (2010). *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Revisi 3. Kementerian Pekerjaan Umum, Indonesia*.
- Elanora, 2010. *Variasi Tanah Lempung, Tanah Lanau Dan Pasir Sebagai Bahan Campuran Batu Bata*. Jurnal Teknobiologi, 1(2) 2010: 34 – 46. Fakultas Teknik. Pekanbaru : Universitas Riau
- Kementerian Pekerjaan Umum, 2010. *Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 3)*. Jakarta : Puslitbang Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Rochadi, M.T., dan Irianta, G., 2007, *Kualitas Bata Merah Dari Pemanfaatan Tanah Bantaran Sungai Banjir Kanal Timur*, Wahana Teknik Sipil, Vol. 12 No. 1, April 2007, Politeknik Negeri Semarang.
- Setiawan, Agus. 2010. *perencanaan campuran aspal beton dengan menggunakan filler portland cement*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Esentia, *Advanty*. 2014. *Pengaruh Penggantian Sebagian Filler Semen dengan kombinasi 40% Serbuk Batu Bata dan 60% Abu Cangkang Lokan Pada Campuran Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)*. Jurnal Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik. Bengkulu : Universitas Bengkulu.