



Journal of Applied Engineering Sciences

Volume 5, Issue 2, May 2022

P-ISSN 2615-4617

E-ISSN 2615-7152

Open Access at : <https://ft.ekasakti.org/index.php/JAES/index/>

ANALISIS PERBANDINGAN PEMAKAIN FILLER SEMEN DAN FILLER LIMBAH ABU BATU BARA PADACAMPURAN ASPAL PANAS (AC-WC)

COMPARISONAL ANALYSIS OF CEMENT FILLER USERS WITH COAL ASH WASTE FILLER IN HOT ASPHALT MIXTURE (AC-WC)

Ihsanul Arifin¹⁾, Adrian Fadhli²⁾ Sicilia Afriyani³⁾

Program Studi Teknik Sipil, fakultas Teknik Dan Perencanaan, Universitas Ekasakti¹²³

E-mail: ihsanul_4rifin@gmail.com

INFO ARTIKEL

Koresponden

Ihsanul Arifin

ihsanul_4rifin@gmail.com

Kata kunci

filler semen, filler Abu Batu Bara, Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC).

Open Access at:

<https://ojs-ft.ekasakti.org/index.php/JAES/>

Hal: 018 - 036

ABSTRAK

Asphalt Concrete Wearing Course adalah lapisan perkerasan konstruksi perkerasan lentur. Jenis filler yang dapat digunakan adalah abu batu, semen *portland*, kapur, fly ash. Penggunaan filler dalam campuran aspal sangat terbatas. Dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah filler semen dan filler limbah limbah abu batubara memenuhi spesifikasi bina marga 2020. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kajian dan menganalisa dari perbandingan uji marshall [nilai density, rongga udara (VMA), persentase rongga (VFB), rongga udara dalam campuran (VIM), stabilitas, flow, marshall question. Perencanaan campuran dilakukan dua tahap pembuatan. Pembuatan benda uji tahap pertama dengan menggunakan filler semen, tahap kedua dengan menggunakan filler limbah abu batubara. Untuk bahan pengisi tersebut masing masing dibuat 12 benda uji, dengan kadar aspal optimum 6%. Hasil uji marshall yang didapatkan nilai density pada penggunaan filler semen lebih tinggi dari filler limbah abu batubara. Untuk nilai VMA pada penggunaan filler semen lebih rendah dari filler limbah abu batubara. Untuk nilai VFB pada penggunaan filler semen lebih tinggi dari filler limbah abu batubara. Untuk nilai VIM pada penggunaan filler semen lebih rendah dari filler limbah abu batubara. Untuk nilai stabilitas pada penggunaan filler semen lebih tinggi dari filler limbah abu batubara. Untuk nilai flow dan MQ pada penggunaan filler semen lebih tinggi dari filler limbah abu batubara. Dengan ini pada penggunaan filler semen yang memenuhi spesifikasi bina marga 2020 pada pemakaian 1%, 2%. Pada pemakaian filler limbah abu batubara yang memenuhi spesifikasi pada pemakaian 2%.

Copyright © 2022 JAES. All rights reserved.

ARTICLE INFO

Ihsanul Arifin
ihsanul_arifin@gmail
.com

Keywords:
cement filler, Coal Ash filler, Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)

Open Access at:
<https://ojs-ft.ekasakti.org/index.php/JAES/>

Page: 018 - 036

ABSTRACT

Asphalt Concrete Wearing Course is a flexible pavement construction pavement layer. Types of filler that can be used are stone ash, portland cement, lime, fly ash. The use of filler in asphalt mixtures is very limited. This study was conducted to determine whether cement filler and coal ash waste filler meet the 2020 Bina Marga specifications. This study aims to study and analyze the comparison of the Marshall test [density value, air cavity (VMA), percentage of voids (VFB), voids of air in the mixture (VIM), stability, flow, marshall question]. Mix planning is carried out in two stages of manufacture. The first stage of the test object is using cement filler, the second stage is using coal ash waste filler. For the filler material, 12 specimens are made, each with an optimum asphalt content of 6%. The results of the marshall test showed that the density value for using cement filler was higher than that of coal ash waste filler. The VFB value in the use of cement filler is higher than coal ash waste filler. For the value of VIM on the use of cement filler is lower than coal ash waste filler. For the stability value in the use of cement filler is higher than coal ash waste filler. For flow and MQ values the use of cement filler is higher than coal ash waste filler. With this, the use of cement filler that meets the specifications of Bina Marga 2020 at 1%,2% usage.

Copyright © 2022 JAES. All rights reserved

PENDAHULUAN

AC-WC (Asphalt Concrete Wearing Course) adalah lapisan perkerasan konstruksi perkerasan lentur. Perkerasan jenis ini merupakan campuran homogen antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada temperatur tertentu. Dalam lapisan perkerasan campuran" (Fithra, 2017). Lapisan yang terdapat pada perkerasan lentur adalah lapisan aspal beton tahan aus (AC-WC). Dibandingkan dengan lapisan lain, ini adalah lapisan yang mudah rusak karena lapisan ini kendaraan dan akan menerima gesekan kendaraan secara langsung. Untuk mencegah terjadinya kerusakan pada lapisan tersebut kami mencoba dengan menggunakan material pengganti agregat sesuai dengan spesifikasi. Pada lapisan AC-WC ini material pengganti yang digunakan yaitu semen dan limbah abu batubara digunakan sebagai filler. Penelitian ini di lakukan di PT. Pratama Putra Sejahtera. Pada penelitian ini, kadar bahan pengisi antara 1% hingga 4% dari total berat campuran aspal beton. Jenis bahan pengisi yang dipilih adalah semen dan limbah abu batubara. Berdasarkan uraian tersebut maka penulis menyusun skripsi dengan judul, yaitu Analisa perbandingan

pemakaian filler Semen dengan filler Limbah Abu batu bara pada campuran aspal panas (AC-WC).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kajian dan menganalisa dari perbandingan uji marshall sebagai berikut:

- a. Density.
- b. rongga udara(VMA)
- c. persentase rongga (VFB)
- d. rongga udara dalam campuran(VIM)
- e. Stabilitas.
- f. Flow.
- g. marshall question

dengan memakai bahan pengisi semen/portland cemen dengan bahan pengisi limbah abu batubara dengan persentase filler 1%,2%,3%,4% dalam campuran aspal beton Wearing course (AC-WC).

Untuk mengetahui apakah campuran pemakain filler semen/portland cemen dengan bahan pengisi limbah abu batubara dengan persentase filler 1%,2%,3%,4% dalam campuran aspal beton Wearing course (AC-WC) memenuhi speksifikasi.

METODE PENELITIAN

Jadwal, Tempat Penelitian dan Sumber bahan.

penelitian dilakukan di Labotorium PT. Pratama Putra Sejahtera Nagari kuncir, kecamatan X Koto Di Atas, Kabupaten Solok, Sumatera Barat. Penelitian dilakukan 27 Desember sampai 16 Januari 2022.

Jenis Penelitian

Penelitian yang digunakan adalah eksperimen yang dilakukan di laboratorium PT. Pratama Putra Sejahtera dengan sistem menghitung campuran aspal panas (Hot Mix) dengan variasi filler 1%,2%,3%,4% dengan kadar aspal optimum 6%. Aspal yang digunakan sebagai pengikat adalah pen 60/70. Standar yang metode pengujian mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) dan AASHTO.

Variabel Penelitian

Berikut variabel yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- a. variasi filler 1%,2%,3%,4% terhadap kadar aspal optimum.
- b. parameter penelitian terdiri dari nilai density, rongga udara (VMA), persentase rongga (VFB), rongga udara dalam campuran (VIM), stabilitas, flow, marshall question.

Teknik Pengumpulan data

Jenis data dalam penelitian ini terdiri dari :

a. Data Primer

Data primer adalah Pengujian perbandingan pemakain filler semen dan limbah abu batu bara dengan persentase 1%,2%,3%,4% pada campuran AC-WC terhadap nilai density, rongga udara(VMA), persentase rongga (VFB), rongga udara dalam

campuran(VIM),stabilitas,flow,marshall question dilakukan di laboratorium PT.Pratama Putra Sejahtera.

b. Data Sekunder

Data sekunder penelitian ini adalah Kadar aspal optimum 6%,data pemeriksaan agregat yang diperoleh dari PT.Pratama Putra Sejahtera dan data hasil pemeriksaan karakteristik aspal dari laboratorium PT.Pratama Putra Sejahtera.

Metode Analisa Data

Volumetrik Test

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui volume dan kepadatan campuran aspal. Adapun tahap pengujiannya sebagai berikut:

- a. Benda uji di timbang berat nya dalam keadaan kering
- b. Benda uji direndam dalam air dengan suhu ruangan selama 24 jam
- c. Setelah direndam 24 jam,kemudian timbang berat dalam air
- d. Lakukan uji SSD atau benda uji di timbang dalam keadaan kering permukaan.

Marshal Test

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai stabilty dan kelehan yang dihubungkan dengan nilai kepdatan sehingga di dapat nilai void (rongga) pada tiap benda uji.

Langkah dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

- a. Benda uji direndam selama kurang lebih 24 jam
- b. Benda uji di rendam dalam water batch (bak perendaman) selama 30 menit dengan suhu 60 °C
- c. Benda uji dikeluarkan kemudian diletakkan pada alat uji marshal untuk dilakukan pengujian.
- d. Dari hasil pengujian ini didapat nilai stabilitas dan kelelahan (flow).
- e. Perhitungan nilai stabilitas, VIM, VMA, VFMA, Kadar aspal efektif, marshal quetion dan kekuatan sisa marshal didapatkan dengan rumus 2.1 sampai 2.6

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Aspal Biasa Penetrasi 60/70

Dari hasil pengujian penelitian di laboratorium yang dilakukan oleh PT.Pratama Putra Sejahtera, untuk aspal biasa penetrasi 60/70 diperoleh hasil pengujian sifat fisik aspal yang meliputi Penetrasi, Titik Lembek, Titik Nyala, Kehilangan Berat, Kelarutan, Daktalitas, dan Berat Jenis, dimana dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut ini:

Tabel 1 Hasil Pemeriksaan Aspal Penetrasi 60/70

Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	Persyaratan		Satuan
		Min	Max	
Penetrasi (25°C, 5 dtk)	63	60	79	Mm

Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	Persyaratan		Satuan
		Min	Max	
Titik Lembek	49	48	58	°C
Titik Nyala	> 335	200	-	°C
Kehilangan Berat	0,01	-	0,40	% berat
Kelarutan	99,82	99	-	% berat
Daktalitas	> 150	100	-	Cm
Berat Jenis	1.031	1	-	gr/cc

Sumber : hasil pemeriksaan oleh laboratorium PT.Pratama Putra Sejahtera

Pengujian Agregat

pengujian agregat, didapat hasil yaitu gradasi material, kombinasi gradasi material, berat jenis dan penyerapan material agregat.

Tabel 2 Gradasi Material

SIEVE	GRADATION MATERIAL (% PASSING)				
	Agregat 1-2	Agregat 0,5 - 1	Abu Batu	Semen	Limbah Abu Batubara
3/4"	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	92.18	80.79	100.00	100.00	100.00
3/8"	88.48	59.25	100.00	100.00	100.00
# 4	0.35	39.56	99.84	100.00	100.00
# 8		31.16	52.88	100.00	100.00
# 16		0.79	40.73	100.00	100.00
# 30			26.25	100.00	100.00
# 50			16.69	100.00	98.14
# 100			10.40	99,97	97.14
# 200			8.15	98.32	96.36

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium oleh penulis

Dari hasil gradasi pada tabel 4.2 Perhitungan Gradasi Dapat dilihat pada lampiran 2

Campuran

Dari penelitian di laboratorium untuk campuran yang memakai filler semen dengan filler limbah abu batubara, hasil pengujian Marshall meliputi nilai *Density*, *VIM (Voids In Mix)*, *VFB (Voids Filled Bitumen)*, *VMA (Voids Mineral Agregat)*, *Stabilitas*, *Flow*, *Marshall Quotient*, yang akan dibandingkan terhadap kedua jenis campuran aspal panas.

Tabel 3 Berat Penimbangan Material untuk Pembuatan Briket Marshal Aspal Penetrasi 60/70 dengan Filler semen dan kadar aspal 6%.

Semen					
Filler	Ayakan			Aspal	Berat Total
	No ¾-No 4	No 4 - No 8	No 8 - No 0		
1%	369,31 kg	436,65 kg	322,04 kg	72,00 kg	1200,00 kg
2%	369,31 kg	441,95 kg	316,74 kg	72,00 kg	1200,00 kg
3%	369,31 kg	447,36 kg	311,33 kg	72,00 kg	1200,00 kg
4%	369,31 kg	452,67 kg	306,03 kg	72,00 kg	1200,00 kg

Sumber: Hasil Perhitungan Laboratorium oleh penulis

Perhitungan Berat Penimbangan material Filler Semen:

Filler 1%:

a. Ayakan No ¾-No 4

$$\begin{aligned}
 &= (\text{Lolos Ayakan No } 3/4 - \text{Tertahan Ayakan No } 4) \times 0,94 \times 1200/100 \\
 &= (100 - 67,26) \times 0,94 \times 1200 / 100 \\
 &= 369,31 \text{ Kg.}
 \end{aligned}$$

a. Ayakan No 4-No 8

$$\begin{aligned}
 &= (\text{Tertahan Ayakan No } 8) \times 0,94 \times 1200/100 \\
 &= (38,71) \times 0,94 \times 1200 / 100 \\
 &= 436,65 \text{ Kg.}
 \end{aligned}$$

b. Ayakan No 8-No 0

$$\begin{aligned}
 &= (\text{Tertahan Ayakan No } 4 - \text{No } 8) \times 0,94 \times 1200 / 100 \\
 &= (67,26 - 38,71) \times 0,94 \times 1200 / 100 \\
 &= 322,04 \text{ Kg.}
 \end{aligned}$$

c. Aspal

$$\begin{aligned}
 &= \text{Kadar Aspal} \times 1200 \\
 &= 6\% \times 1200 \\
 &= 72 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas didapatkan berat penimbangan material dengan menggunakan filler semen 1%, untuk hasil perhitungan filler 2%, 3%, 4% dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Berat Penimbangan Material untuk Pembuatan Briket Marshal Aspal Penetrasi 60/70 dengan Filler Limbah Abu Batu Bara dan kadar aspal 6%.

Limbah abu Batu bara					
Filler	Ayakan			Aspal	Berat Total
	No ¾-No 4	No 4 - No 8	No 8 - No 0		
1	369,31	436,65	322,04	72,00	1200,00
2	369,31	442,06	316,63	72,00	1200,00
3	369,31	447,36	311,33	72,00	1200,00
4	369,31	452,67	306,03	72,00	1200,00

Sumber: Hasil Perhitungan laboratorium oleh penulis

Perhitungan Berat Penimbangan material Filler Limbah Abu Batubara:

- a. Filler 1% :

$$\text{Ayakan No } \frac{3}{4}\text{-No 4} = (\text{Lolos Ayakan No } \frac{3}{4} - \text{Tertahan Ayakan No 4}) \times 0,9 \times 1200 / 100$$

$$= (100 - 67,26) \times 0,94 \times 1200 / 100$$

$$= 369,31 \text{ Kg.}$$
- b. Ayakan No 4-No 8 = (Tertahan Ayakan No 8) x 0,94 x 1200/100

$$= (38,71) \times 0,94 \times 1200 / 100$$

$$= 436,65 \text{ Kg.}$$
- c. Ayakan No 8-No 0 = (Tertahan Ayakan No 4 - No 8) x 0,94 x 1200 / 100

$$= (67,26 - 38,71) \times 0,94 \times 1200 / 100$$

$$= 322,04 \text{ Kg.}$$
- d. Aspal

$$= \text{Kadar Aspal} \times 1200$$

$$= 6\% \times 1200$$

$$= 72 \text{ Kg}$$

Dari hasil perhitungan di atas didapatkan berat penimbangan material dengan menggunakan filler Limbah abu batu bara 1%, untuk hasil perhitungan filler 2%, 3%, 4% dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5 Hasil Uji Marshall Campuran Jenis AC-WC dengan filler semen.

karakteristik	Filler Semen				Specifition
	1%	2%	3%	4%	
Density (gr/cc)	2,298	2,306	2,318	2,345	
Stabilitas(kg)	1001,6	1042,0	947,7	844,4	Min 800 Kg
VMA (%)	17,68	17,38	16,95	15,98	Min 14 %
VFB(%)	77,97	79,63	82,07	88,05	Min 65 %
VIM (%)	3,89	3,54	3,04	1,91	3.5 - 5,5 %
FLOW (mm)	3,49	3,66	3,73	3,96	Min 3,00 mm
MQ (kg/mm)	257,3	284,5	254,3	213,4	Min 250 Kg/mm

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium oleh penulis

Perhitungan Uji Marshall Campuran Jenis AC-WC dengan filler semen.

1. Density

no sampel	% filler	Density (gr/cc)				
		berat udara (gr)	Berat dlm air (gr)	berat ssd (gr)	Volume (gr)	Density (Gr/cc)
1	1%	1196,2	676,6	1197,1	520,5	2,298
2		1195,1	677,9	1197,7	519,8	2,299
3		1196,3	676,1	1196,9	520,8	2,297
Rata rata						2,298

a. $\text{Volume} = \text{berat ssd} - \text{berat dalam air}$
 $= 1197,1 - 678,6$
 $= 520,5 \text{ gr}$

$\text{Density} = \text{berat udara} / \text{volume}$
 $= 1196,2 / 520,5$
 $= 2,298 \text{ gr/cc}$

b. $\text{Volume} = \text{berat ssd} - \text{berat dalam air}$
 $= 1197,7 - 677,9$
 $= 519,8 \text{ gr}$

$\text{Density} = \text{berat udara} / \text{volume}$
 $= 1195,1 / 519,8$
 $= 2,299 \text{ gr/cc}$

c. $\text{Volume} = \text{berat ssd} - \text{berat dalam air}$
 $= 1196,9 - 676,1$
 $= 520,8 \text{ gr}$

$\text{Density} = \text{berat udara} / \text{volume}$
 $= 1196,3 / 520,8$
 $= 2,297 \text{ gr/cc}$

2. Stabilitas

a. Filler 1%

1). $\text{Stabilitas} = \text{Bacaan} \times \text{Kalibrasi Alat} \times 0,454$
 $= 73 \times 29,68 \times 0,454$
 $= 983,7 \text{ kg.}$

2). $\text{Stabilitas} = \text{Bacaan} \times \text{Kalibrasi Alat} \times 0,454$
 $= 76 \times 29,68 \times 0,454$
 $= 1024,1 \text{ kg.}$

3). $\text{Stabilitas} = \text{Bacaan} \times \text{Kalibrasi Alat} \times 0,454$
 $= 74 \times 29,68 \times 0,454$
 $= 997,1 \text{ kg.}$

3. Voids Mineral Agregat (VMA)

a. Filler 1%

1) $\text{VMA} = 100 - \text{Density} (100 - \text{Kadar Aspal}) / \text{BJ Efektif Agg}$

$$= 100 - 2,298 (100 - 6) / 2,624$$
$$= 17,68 \%$$

$$2) \text{VMA} = 100 - \text{Density} (100 - \text{Kadar Aspal}) / \text{BJ Efektif Agg}$$
$$= 100 - 2,299 (100 - 6) / 2,624$$
$$= 17,64 \%$$

$$3) \text{VMA} = 100 - \text{Density} (100 - \text{Kadar Aspal}) / \text{BJ Efektif Agg}$$
$$= 100 - 2,297 (100 - 6) / 2,624$$
$$= 17,71 \%$$

4. Void In Mix (VIM)

a. Filler 1%

$$1) \text{VIM} = 100 - (100 \times \text{density} / \text{Gmm})$$
$$= 100 - (100 \times 2,298 / 2,391)$$
$$= 3,90 \%$$

$$2) \text{VIM} = 100 - (100 \times \text{density} / \text{Gmm})$$
$$= 100 - (100 \times 2,299 / 2,391)$$
$$= 3,85 \%$$

$$3) \text{VIM} = 100 - (100 \times \text{density} / \text{Gmm})$$
$$= 100 - (100 \times 2,297 / 2,391) = 3,94 \%$$

5. VFB (Voids Filled Bitumen)

a. Filler 1%

$$1) \text{VFB} = 100 \times (\text{VMA} - \text{VIM}) / \text{VMA}$$
$$= 100 \times (17,68 - 3,90) / 17,68$$
$$= 77,96 \%$$

$$2) \text{VFB} = 100 \times (\text{VMA} - \text{VIM}) / \text{VMA}$$
$$= 100 \times (17,64 - 3,85) / 17,64$$
$$= 78,19 \%$$

$$3) \text{VFB} = 100 \times (\text{VMA} - \text{VIM}) / \text{VMA}$$
$$= 100 \times (17,71 - 3,94) / 17,71 = 77,77 \%$$

6. FLOW

a. Filler 1%

$$1) \text{Flow} = \text{Hasil Bacaan Alat}$$
$$= 3,50 \text{ mm}$$

$$2) \text{Flow} = \text{Hasil Bacaan Alat}$$
$$= 3,45 \text{ mm}$$

$$3) \text{Flow} = \text{Hasil Bacaan Alat}$$
$$= 3,52 \text{ mm}$$

6. Marshaal Question (MQ)

a. Filler 1%

$$1) \text{Mq} = \text{Stabilitas} / \text{Flow}$$
$$= 983,7 / 3,50$$
$$= 252,4 \text{ kg/mm}$$

$$2) \text{Mq} = \text{Stabilitas} / \text{Flow}$$

$$= 1024,1/3,45$$

$$= 266,1 \text{ kg/mm}$$

3)Mq = Stabilitas / Flow

$$= 997,1/3,52$$

$$= 253,2 \text{ kg/mm}$$

Dari hasil perhitungan marshall di atas didapatkan nilai density, stabilitas, VMA, VIM, VFB, flow, marshall question dengan menggunakan filler semen 1%, untuk hasil perhitungan filler 2%, 3%, 4% dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6 Hasil Uji Marshall Campuran Jenis AC-WC dengan filler limbah abu batubara.

karakteristik	Filler Limbah Abu Batu Bara				Specifition
	1%	2%	3%	4%	
Density (gr/cc)	2,297	2,294	2,293	2,289	
Stabilitas	777,0	880,3	866,9	826,4	Min 800 Kg
VMA	17,70	17,83	17,87	18,01	Min 14 %
VFB	77,84	77,17	76,99	76,24	Min 65 %
VIM	3,92	4,07	4,11	4,28	3.5 - 5,5 %
FLOW	3,35	3,51	3,58	3,63	Min 3,00 mm
MQ	198,1	251,1	241,9	227,9	Min 250 Kg/mm

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium oleh penulis

Perhitungan Uji Marshall Campuran Jenis AC-WC dengan filler Limbah Abu Batubara.

1. Density

no sampel	% filler	Density (gr/cc)				
		brt udara	Brt dlm air	Brt ssd	volume	density
1	1%	1199,2	679,3	1201,4	522,1	2,297
2		1198,2	679,3	1200,7	521,4	2,298
3		1197,9	677,8	1199,3	521,5	2,297
Rata rata						2,297

1. Volume = berat ssd - berat dalam air

$$= 1199,2 - 679,3$$

$$= 522,1 \text{ gr}$$

Density = berat udara / volume

$$= 1199,2 / 522,1$$

$$= 2,297 \text{ gr/cc}$$

2. Volume = berat ssd - berat dalam air
 $= 1200,7 - 679,3$
 $= 521,4 \text{ gr}$

$$\text{Density} = \text{berat udara} / \text{volume}$$
$$= 1191198,2 / 521,4$$
$$= 2,298 \text{ gr/cc}$$

3. Volume = berat ssd - berat dalam air
 $= 1199,3 - 677,8$
 $= 521,5 \text{ gr}$

$$\text{Density} = \text{berat udara} / \text{volume}$$
$$= 1197,9 / 521,5$$
$$= 2,297 \text{ gr/cc}$$

2. Stabilitas

a. Filler 1%

1). Stabilitas = Bacaan x Kalibrasi Alat x 0,454
 $= 58 \times 29,68 \times 0,454$
 $= 781,5 \text{ kg.}$

2). Stabilitas = Bacaan x Kalibrasi Alat x 0,454
 $= 55 \times 29,68 \times 0,454$
 $= 741,1 \text{ kg.}$

3). Stabilitas = Bacaan x Kalibrasi Alat x 0,454
 $= 60 \times 29,68 \times 0,454$
 $= 808,5 \text{ kg.}$

3. Voids Mineral Agregat (VMA)

a. Filler 1%

1)VMA = $100 - \text{Density} (100 - \text{Kadar Aspal}) / \text{BJ Efektif Agg}$
 $= 100 - 2,297 (100 - 6) / 2,624$
 $= 17,71 \%$

2)VMA = $100 - \text{Density} (100 - \text{Kadar Aspal}) / \text{BJ Efektif Agg}$
 $= 100 - 2,298 (100 - 6) / 2,624$
 $= 17,68 \%$

3)VMA = $100 - \text{Density} (100 - \text{Kadar Aspal}) / \text{BJ Efektif Agg}$
 $= 100 - 2,297 (100 - 6) / 2,624$
 $= 17,71 \%$

4. Void In Mix (VIM)

a. Filler 1%

1)VIM = $100 - (100 \times \text{density} / \text{Gmm})$
 $= 100 - (100 \times 2,297 / 2,391)$
 $= 3,94 \%$

2)VIM = $100 - (100 \times \text{density} / \text{Gmm})$
 $= 100 - (100 \times 2,2998 / 2,391)$
 $= 3,89 \%$

3)VIM = $100 - (100 \times \text{density} / \text{Gmm})$
 $= 100 - (100 \times 2,297 / 2,391)$
 $= 3,94 \%$

5. VFB (Voids Filled Bitumen)

a. Filler 1%

1)VFB = $100 \times (\text{VMA} - \text{VIM}) / \text{VMA}$

$$= 100 \times (17,71 - 3,94) / 17,71$$

$$= 77,77 \%$$

$$2) \text{VFB} = 100 \times (\text{VMA} - \text{VIM}) / \text{VMA}$$

$$= 100 \times (17,68 - 3,89) / 17,68$$

$$= 78 \%$$

$$3) \text{VFB} = 100 \times (\text{VMA} - \text{VIM}) / \text{VMA}$$

$$= 100 \times (17,71 - 3,94) / 17,71$$

$$= 77,77 \%$$

6. FLOW

a. Filler 1 %

$$1) \text{Flow} = \text{Hasil Bacaan Alat}$$

$$= 3,35 \text{ mm}$$

$$2) \text{Flow} = \text{Hasil Bacaan Alat}$$

$$= 3,30 \text{ mm}$$

$$3) \text{Flow} = \text{Hasil Bacaan Alat}$$

$$= 3,40 \text{ mm}$$

6. Marshaal Question (MQ)

a. Filler 1 %

$$1) \text{Mq} = \text{Stabilitas} / \text{Flow}$$

$$= 781,5 / 3,35$$

$$= 198,4 \text{ kg/mm}$$

$$2) \text{Mq} = \text{Stabilitas} / \text{Flow}$$

$$= 741,1 / 3,30$$

$$= 190,5 \text{ kg/mm}$$

$$3) \text{Mq} = \text{Stabilitas} / \text{Flow}$$

$$= 808,5 / 3,40$$

$$= 205,3 \text{ kg/mm}$$

Dari hasil perhitungan marshall di atas didapatkan nilai density, stabilitas, VMA, VIM, VFB, flow, marshall question dengan menggunakan filler Limbah abu batu bara 1 %, untuk hasil perhitungan filler 2 %, 3 %, 4 % dapat dilihat pada tabel 7.

Pembahasan

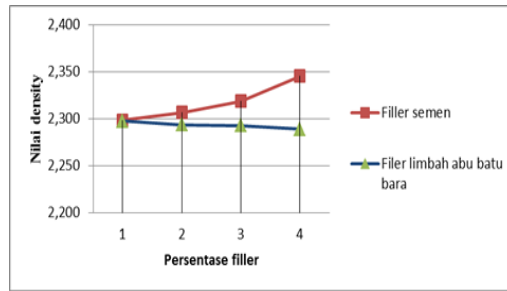
Density

Tabel 7 Hasil Pengujian Density Campuran Aspal Panas (AC-WC)

Filer	Density (gr/cc)			
	1%	2%	3%	4%
Semen	2,298	2,306	2,318	2,345
Limbah Abu batu bara	2,290	2,298	2,308	2,315

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium oleh penulis.

Pada tabel 7 campuran dengan memakai filler semen 1 % 2 % 3 % 4 % pada pemakaian kadar aspal optimum naik, berpengaruh terhadap nilai VIM pada filler 3 %, 4 % tidak memenuhi spesifikasi dibandingkan dengan campuran yang memakai filler limbah abu batubara 1 % 2 % 3 % 4 % nilai densiti turun, berpengaruh terhadap nilai Stabilitas filler 1 % dan nilai Marshal question filler 1 %, 3 %, 4 % tidak memenuhi spesifikasi umum bina marga(2020).



Gambar 1. Grafik Nilai density

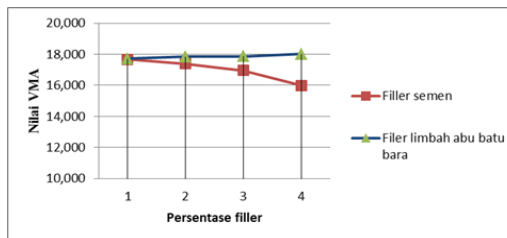
VMA (Voids Mineral Agregat)

Tabel 8 Hasil Pengujian Voids Mineral Agregat (VMA) Campuran Aspal Panas (AC-WC).

Filer	VMA (%)			
	1 %	2 %	3 %	4 %
Semen	17,68	17,38	16,95	15,98
Limbah Abu batu bara	17,70	17,83	17,87	18,01

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium oleh penulis

Pada Tabel 8 didapat bahwa pemakaian filler Semen 1%, 2%, 3%, 4% nilai VMA turun, berpengaruh terhadap nilai VIM filler 3%, 4% dan nilai Marshal question 4% tidak memenuhi spesifikasi umum bina marga(2020), dibandingkan dengan pemakaian filler abu batubara nilai VMA naik, berpengaruh terhadap nilai marshal question 1%, 3%, 4% tidak memenuhi spesifikasi umum bina marga(2020).



Gambar 2. Grafik VMA

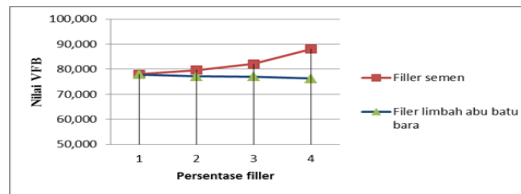
VFB (Voids Filled Bitumen)

Tabel 9 Hasil Pengujian Voids Filled Bitumen (VFB) Campuran Aspal Panas (AC-WC)

Filer	VFB (%)			
	1 %	2 %	3 %	4 %
Semen	77,97	79,63	82,07	88,05
Limbah Abu batu bara	77,84	77,17	76,99	76,24

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium oleh penulis.

Pada tabel 9 didapat bahwa pemakaian filler semen 1%,2%,3%,4% nilai VFB naik berpengaruh terhadap nilai VIM pada filler 3%, 4% dan nilai marshal question tidak memenuhi spesifikasi umum bina marga(2020) dibandingkan dengan pemakaian filler abu batubara dengan persentase yang sama nilai VFB turun, berpengaruh terhadap nilai marshall question 1%, 3%, 4% dan nilai stabilitas 1% tidak memenuhi spesifikasi umum bina marga(2020).



Gambar 3. Grafik Nilai VFB

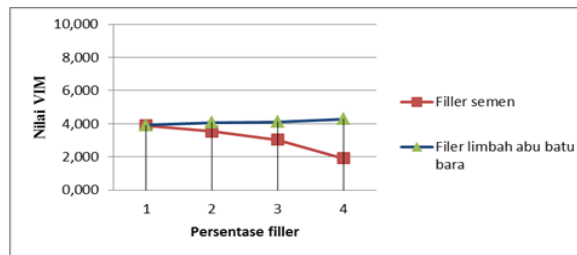
VIM (Void In Mix)

Tabel 10 Hasil Pengujian *Voids In Mix* (VIM) Campuran Aspal Panas (AC-WC)

Filer	VIM(%)			
	1%	2%	3%	4%
Semen	3,89	3,54	3,04	1,91
Limbah Abu batu bara	3,92	4,07	4,11	4,28

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium oleh penulis.

Pada tabel 10 didapat bahwa pemakaian filler semen 1%,2% nilai VIM memenuhi spesifikasi umum bina marga(2020) pada filler 3%, 4% tidak memenuhi spesifikasi umum bina marga(2020), dibandingkan dengan pemakaian filler abu batubara dengan filler 1%,2%,3%,4% nilai VIM naik, hal ini mengidentifikasikan bahwa semakin tinggi nilai filler semakin semakin padat campuran hal ini mengurangi nilai rongga udara dan berpengaruh terhadap nilai marshall question pada pemakaian filler 1%, 3%, 4% dan nilai stabilitas filler 1% tidak memenuhi spesifikasi umum bina marga(2020).



Gambar 4. Grafik Nilai VIM

Stabilitas

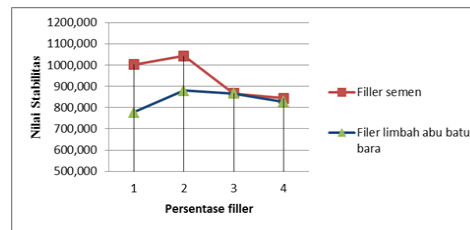
Tabel 11 Hasil Pengujian Stabilitas Campuran Aspal Panas (AC-WC).

Filer	Stabilitas (kg)			
	1%	2%	3%	4%
Semen	1001,6	1042,0	947,7	844,4

Filer	Stabilitas (kg)			
	1%	2%	3%	4%
Limbah Abu batu bara	777,0	880,3	866,9	826,4

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium oleh penulis.

Di lihat pada tabel 11 didapat bahwa pemakain filler semen 1%,2% nilai stabilitas naik, pada filler 3%,4% nilai stabilitas turun berpengaruh terhadap nilai vim pada pemakai filler 3%,4% dan nilai marshal question filler 4% tidak memenuhi spesifikasi umum bina marga(2020), dibandingkan dengan pemakain filler abu batubara dengan persentase yang sama, penambahan filler semen 1% tidak memenuhi spesifikasi umum bina marga(2020) 2%,3% nilai stabilitas naik pada pemakain filler 4% nilai stabilitas turun, berpengaruh terhadap nilai marshal question filler 1%,3%,4% tidak memenuhi spesifikasi umum bina marga(2020). Hal ini mengidentifikasi campuran semakin halus akan mengurangi nilai stabilitas.. Penurunan nilai stabilitas disebabkan kurangnya daya ikat antara agregat, sehinga menurunkan kelekatan dan gesekan antara agregat.



Gambar 5. Grafik Nilai Stabilitas

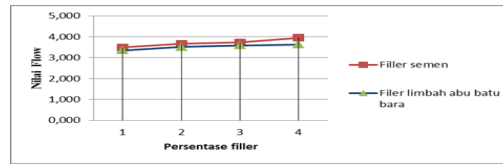
Flow

Tabel 12 Hasil Pengujian Flow Campuran Aspal Panas (AC-WC)

Filer	FLOW (mm)			
	1%	2%	3%	4%
Semen	3,49	3,66	3,73	3,96
Limbah Abu batu bara	3,35	3,51	3,58	3,63

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium oleh penulis.

Pada tabel 12 didapat bahwa pemakain filler Semen 1%,2%,3%,4% nilai Flow naik, berpengaruh terhadap nilai Vim filler 3%, 4% dan nilai Marshall question tidak memenuhi spesifikasi umum bina marga(2020), dibandingkan dengan pemakain filler abu batubara dengan persentase yang sama nilai Flow naik, berpengaruh terhadap nilai marshall question pada pemakain filler 1%, 3%, 4% dan nilai stabilitas filler 1% tidak memenuhi spesifikasi umum bina marga(2020).



Gambar 6. Grafik Nilai Flow

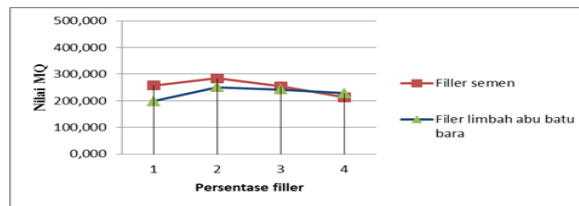
MQ (Marshall Quotient)

Tabel 13 Hasil Pengujian *Marshall Quotient* (MQ) Campuran Aspal Panas (AC-WC).

Filer	MQ (Kg/mm)			
	1 %	2 %	3 %	4 %
Semen	257,3	284,5	254,3	213,4
Limbah Abu batu bara	198,1	251,1	241,9	227,9

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium oleh penulis.

Pada tabel 13 nilai MQ dengan memakai filler semen 1%,2%,3% naik, pemakaian filler 4% turun tidak memenuhi spesifikasi umum bina marga(2020). Dibandingkan dengan filler limbah abu batubara 1%,2%,3% tidak memenuhi spesifikasi umum bina marga(2020), filler 2% memenuhi syarat spesifikasi, hal ini dikarenakan limbah abu batubara akan menambah gaya lentur karena filler limbah abu batubara tidak memiliki daya lekat yang kuat seperti semen.



Gambar 7. Grafik Nilai MQ

KESIMPULAN

Persentase filler semen dan Filler limbah abu batu bara yang digunakan 1%,2%,3%,4%. Diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Hasil Uji karakteristik marshal yang diperoleh sebagai berikut :

Density

campuran dengan memakai filler semen 1% 2% 3% 4% pada pemakaian kadar aspal optimum naik, berpengaruh terhadap nilai VIM pada filler 3%, 4% tidak memenuhi spesifikasi dibandingkan dengan campuran yang memakai filler limbah abu batubara 1% 2% 3% 4% nilai densiti turun, berpengaruh terhadap nilai Stabilitas filler 1% dan nilai Marshal question filler 1%, 3%, 4% tidak memenuhi spesifikasi umum bina marga(2020).

Stability

Campuran dengan memakai filler semen 1%,2% nilai stabilitas naik, pada filler 3%,4% nilai stabilitas turun berpengaruh terhadap nilai vim pada pemakai filler 3%,4% dan nilai marshal question filler 4% tidak memenuhi spesifikasi umum bina marga(2020), dibandingkan dengan pemakain filler abu batubara dengan persentase yang sama, penambahan filler semen 1% tidak memenuhi spesifikasi umum bina marga(2020) 2%,3% nilai stabilitas naik pada pemakain filler 4% nilai stabilitas turun, berpengaruh terhadap nilai marshal question filler 1%,3%,4% tidak memenuhi spesifikasi umum bina marga(2020). Hal ini mengidentifikasi campuran semakin halus akan mengurangi nilai stabilitas.. Penurunan nilai stabilitas disebabkan kurangnya daya ikat antara agregat, sehingga menurunkan kelekatan dan gesekan antara agregat..

Flow

Campuran memakai filler Semen 1%,2%,3%,4% nilai Flow naik, berpengaruh terhadap nilai Vim filler 3%, 4% dan nilai Marshal question tidak memenuhi spesifikasi umum bina marga(2020), dibandingkan dengan pemakain filler abu batubara dengan persentase yang sama nilai Flow naik, berpengaruh terhadap nilai marshall question pada pemakain filler 1%, 3%, 4% dan nilai stabilitas filler 1% tidak memenuhi spesifikasi umum bina marga(2020).

VMA (Voids Mineral Agregat)

Camuran pemakain filler Semen 1%,2%,3% ,4% nilai VMA turun, berpengaruh terhadap nilai VIM filler 3%, 4% dan nilai Marshal question 4% tidak memenuhi spesifikasi umum bina marga(2020), dibandingkan dengan pemakain filler abu batubara nilai VMA naik , berpengaruh terhadap nilai marshal question 1%, 3%, 4% tidak memenuhi spesifikasi umum bina marga(2020).

VFB (Voids Filled Bitumen)

Campuran pemakain filler semen 1%,2%,3%,4% nilai VFB naik berpengaruh terhadap nilai VIM pada filler 3%, 4% dan nilai marshal question tidak memenuhi spesifikasi umum bina marga(2020) dibandingkan dengan pemakain filler abu batubara dengan persentase yang sama nilai VFB turun, berpengaruh terhadap nilai marshall question 1%, 3%, 4% dan nilai stabilitas 1% tidak memenuhi spesifikasi umum bina marga(2020).

.VIM (Void In Mix)

Campuran pemakain filler semen 1%,2% nilai VIM memenuhi spesifikasi umum bina marga(2020) pada filler 3%, 4% tidak memenuhi spesifikasi umum bina marga(2020), dibandingkan dengan pemakain filler abu batubara dengan filler 1%,2%,3%,4% nilai VIM naik, hal ini

mengidentifikasi bahwa semakin tinggi nilai filler semakin semakin padat campuran hal ini mengurangi nilai rongga udara dan berpengaruh terhadap nilai marshall question pada pemakain filler 1%, 3%, 4% dan nilai stabilitas filler 1% tidak memenuhi spesifikasi umum bina marga(2020).

MQ (Marshall Quotient)

Nilai MQ dengan memakai filler semen 1%,2%,3% naik, pemakain filler 4% turun tidak memenuhi spesifikasi umum bina marga(2020). Dibandingkan dengan filler limbah abu batubara 1%,2%,3% tidak memenuhi spesifikasi umum bina marga(2020), filler 2% memenuhi syarat spesifikasi, hal ini dikarenakan limbah abu batubara akan menambah gaya lentur karena filler limbah abu batubara tidak memiliki daya lekat yang kuat seperti semen.

2. Dari Hasil Perhitungan Karakteristik marshall di dapat kan pada pemakain filler yang memenuhi persyaratan karakteristik marshall sesuai spesifikasi pada pemakain filler semen 1%, dan 2%. Pada pemakain filler Limbah abu batubara yang memenuhi persyaratan marshall sesuai spesifikasi pada pemakain filler limbah abu batubara 2%

DAFTAR PUSTAKA

Artikel Jurnal:

- Fithra, H. (2017). Hubungan Antara Konsistensi Perancangan, Pelaksanaan dan Pengendalian Mutu Aspal Beton Terhadap Penurunan Kinerja Jalan.
- Setya Budi A.F., Liem F.N & Alokabel, K (2017) "Studi komparasi pengaruh variasi penggunaan nilai konstanta aspal rencana terhadap nilai stabilitas pada campuran aspal beto terhadap karakteristik uji marshall"
- Simanjuntak, E. P. (2013). STUDI PENGARUH PENGGUNAAN VARIASI FILLER SEMEN, SERBUK BENTONIT, dan ABU TERBANG BATUBARA TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL BETON LAPIS LAPISAN PONDASI ATAS (AC-BASE). *Jurnal Teknik Sipil USU*, 2(1).
- Tarmizi, T., Saleh, S. M., & Isya, M. (2018). Pengaruh Substitusi Semen Portland Dan Fly Ash Batubara Pada Filler Abu Batu Terhadap Asphalt Concrete-Binder Course (Ac-Bc). *Jurnal Teknik Sipil*, 1(3), 749-760.

Laman Internet:

- SNI 03-1968-1990 "Metode Pengujian Tentang Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus. Pusjatan Balitbang Pekerjaan Umum"

Balai Bahan Dan Perkerasan Jalan ,Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan Departemen Pekerjaan Umum 2009."Modul Pengendalian Mutu Pekerjaan Aspal dan Agregat"

BSSNI, 2011. SNI 2441-2011 Cara Uji Berat Jenis Aspal Keras. Jakarta

Direktorat Jenderal Bina Marga,Kementrian Pekerjaan Umum 2020.Spesifikasi Umum. 2020 "Divisi 6 Perkerasan Aspal"