

## BAB IV

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 PENGAMBILAN SAMPEL DAN MATERIAL

##### 4.1.1. Kronologis Pengambilan Sampel Material

Pada penelitian ini proses pengambilan sampel material dilakukan di *stok pile* milik PT. Bumi Indah Matani. Material yang ada di *stok pile* di tumpuk berdasarkan jenisnya. Cara pengambilan contoh agregat mengacu pada *SNI 03 – 6889 – 2002*. Sampel agregat kasar dan halus diambil dari timbunan agregat berbentuk kerucut hasil produksi *stone crusher*. Peralatan yang di gunakan adalah sekop, karung atau kantong plastik. Cara pengambilannya adalah menentukan tempat pengambilan contoh agregat pada tempat timbunan. Setelah ditentukan timbunan material yang akan diambil, ukur panjang kemiringan timbunan agregat lalu di bagi menjadi 3 (*Systematic Random Sampling*) untuk mendapatkan suatu sampel yang mewakili keseluruhan populasi.

Pengambilan sampel dilakukan dengan cara menyekop agregat yang berada masing-masing tumpukan dan dimasukan kedalam karung yang berukuran  $\pm 25$  kg, sesuai kebutuhan dan masukan ke dalam karung lalu diberikan tulisan keterangan material dengan spidol pada karung sebagai tanda pada material tersebut. Pengambilan sampel yang pertama yaitu batu pecah 3/4'' lalu diikuti dengan batu pecah 1/2'', pasir dan abu batu masing-masing sebanyak  $\pm 40$  kg. Untuk aspal dari PT. Bumi Indah sebanyak 10 kg. *Filler* abu batu bara diambil dari PLTU Bolok sebanyak  $\pm 20$ kg.

##### 4.1.2. Data

Data berupa pengujian – pengujian yang dilakukan di laboratorium antara lain yaitu data primer dan data sekunder. Data primer meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi pengujian analisa sarinagan, bahan lolos saringan 200, pengujian abrasi, pengujian marshall serta pengujian penggunaan abu batu bara sebagai *filler* eksternal terhadap karakteristik *marshall* melalui variasi penggunaan abu batu bara dan semen. Sedangkan data sekunder yaitu data aspal penetrasi 60/70.

## 4.2 Analisa data

### 4.2.1. Agregat Kasar

#### A. Pengujian Analisa Saringan

Material yang digunakan pada pengujian analisa saringan adalah batu pecah ukuran 3/4'' dan batu pecah ukuran 1/2''. Dapat di jelaskan pada tabel 4.1 dan 4.2 berikut.

**Tabel 4.1 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar (Batu Pecah ¾)**

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) =		Berat benda uji II (g) =		Rata-Rata
				Persen Tertahan		Persen Lolos		
(ASTM)	(mm)	I	II	I	II	I	II	
3/4	19,0	-	-	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
1/2	12,5	2.399	1.265	74,00	65,21	26,00	34,79	30,40
3/8	9,50	2.926	1.749	90,25	90,15	9,75	9,85	9,80
No.4	4,75	3.241	1.937	99,97	99,85	0,03	0,15	0,09
No.8	2,36							
No.16	1,18							
No.30	0,600							
No.50	0,300							
No.100	0,150							
No.200	0,075							

*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, September 2023*

**Tabel 4.2 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar (Batu Pecah ½)**

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) =		Berat benda uji II (g) =		Rata-Rata
				2.615		2.809		
(ASTM)	(mm)	I	II	Persen Tertahan		Persen Lolos		Rata
				I	II	I	II	
3/4	19,0	0	0	0	0	100	100	100
1/2	12,5	0	0	0	0	100	100	100
3/8	9,50	-	-	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
No.4	4,75	2.540	2.665	97,13	94,87	2,87	5,13	4,00
No.8	2,36	2.607	2.780	99,69	98,97	0,31	1,03	0,67
No.16	1,18	2.611	2.783	99,85	99,07	0,15	0,93	0,54
No.30	0,60	2.613	2.613	99,92	93,02	0,08	6,98	3,53
No.50	0,30							
No.100	0,15							
No.200	0,075							

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, September 2023

Tujuan dari pengujian analisa saringan ini adalah untuk menentukan pembagian butiran dari agregat kasar dan agregat halus dengan menggunakan saringan. Pengujian analisa saringan batu pecah 3/4" dan analisa saringan batu pecah 1/2" pada tabel 4.1 dan tabel 4.2 memenuhi standar spesifikasi *Bina Marga* 2018 yaitu agregat kasar lolos 100% saringan 3/4" dan tertahan pada saringan No.8.

**B. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air batu pecah ¾ dan ½**

Agregat yang dipakai dalam pengujian ini adalah agregat dengan ukuran 3/4", 1/2', dan 3/8" atau agregat yang tertahan saringan No.8 yang berasal dari *Stok Pile* milik PT. Bumi Indah Matani. Hasil perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan tabel 4.4 berikut ini.

**Tabel 4.3 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar (Batu Pecah ¾)**

Uraian		A	B	Satuan	
Berat benda uji kering permukaan jenuh	BJ	3260	1949	gram	
Berat benda uji di dalam air	BA	2050	1225	gram	
Berat benda uji kering oven	BK	3245	1940	gram	
Uraian		A	B	Rata-Rata	Spec
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2,682	2,680	<b>2,681</b>	-
Berat Jenis (ssd)	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2,694	2,692	<b>2,693</b>	-
Berat Jenis (apparent)	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2,715	2,713	<b>2,714</b>	-
Penyerapan Air	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	0,462	0,464	<b>0,463</b>	<b>Max 3</b>

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, September 2023

**Tabel 4.4 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar (Batu Pecah ½)**

Uraian		A	B	Satuan	
Berat benda uji kering permukaan jenuh	BJ	2638	2840	gram	
Berat benda uji di dalam air	BA	1634	1743	gram	
Berat benda uji kering oven	BK	2611	2808	gram	
Uraian		A	B	Rata-Rata	Spec
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2,601	2,560	<b>2,580</b>	-
Berat Jenis (ssd)	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2,627	2,589	<b>2,608</b>	-
Berat Jenis (apparent)	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2,672	2,637	<b>2,655</b>	-
Penyerapan Air	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	1,034	1,140	<b>1,087</b>	<b>Max 3</b>

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, September 2023

Proses pengujian berat jenis *bulk*, berat jenis *SSD*, berat jenis *apparent* dan penyerapan air pada agregat kasar dilakukan secara berurutan, dikarenakan pada pengujian tersebut memiliki kebutuhan parameter yang sama dan saling terkait yaitu beratbenda uji kering oven, berat benda uji permukaan jenuh dan berat benda uji dalam air, sehingga pengujian tersebut dapat dilakukan pada hari yang bersamaan dan menjadi satu paket pengujian.

Pengujian berat jenis dan penyerapan air untuk material agregat kasar. Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah ¾” dan batu pecah ½”. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui berat jenis curah (*Bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD*), berat jenis semu (*Apparent*) dan penyerapan air (*Absorption*). Hasil pengujian

penyerapan air agregat kasar yang terdapat pada tabel 4.3 dan tabel 4.4 memenuhi standar pengujian yang disyaratkan yakni memaksimum penyerapan air 3% (SNI 03- 1969-1990).

### C. Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles (Abrasi)

Pengujian ini dilakukan pada material batu pecah yang lolos saringan ukuran 3/4', 1/2'' dan tertahan saringan 3/8''. Maksud dari pengujian ini adalah untuk mengetahui angka keausan yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lolos saringan No.12, hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut ini.

**Tabel 4.5 Hasil Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles (Abrasi)**

PENGUJIAN KEAUSAN AGREGAT DENGAN MESIN LOS ANGELES (SNI 03 - 2417 - 2008)						
Nama Contoh : Batu Pecah 3/4 dan 1/2						
Saringan				GRADASI PEMERIKSAAN		
Bukaan Saringan	Lolos		Bukaan Saringan	Tertahan	Berat (a)	Berat (b)
(mm)	ASTM		(mm)	ASTM	gram	gram
19,1	(3/4")		12,7	(1/2")	2500	2500
12,7	(1/2")		9,52	(3/8")	2500	2500
Jumlah Berat (a)					5000	5000
Berat tertahan saringan No.12 sesudah percobaan (b)					4135	3908
Keausan (%) (c)					21,58	21,84
Keausan Rata - rata =					21,70	
Ket : Keausan (c) = ((a-b)/a) x 100%						

*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, September 2023*

Hasil pengujian Abrasi agregat kasar yang terdapat pada Tabel 4.5 memenuhi syarat yakni maksimum 40 % (SNI 03-2417-1991). Nili keausan agregat adalah 21.70%.

## 4.2.2. Agregat Halus

### A. Pengujian Analisa saringan

Material yang digunakan pada pengujian analisa saringan adalah abu batu dan pasir. Hasil pengujian analisa saringan agregat halus dapat di lihat pada tabel 4.6 dan tabel 4.7 berikut ini.

**Tabel 4.6 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus ( Abu Batu )**

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) = 1500				Rata-Rata
				Berat benda uji II (g) = 1500				
(ASTM)	(mm)	I	II	Persen Tertahan		Persen Lolos		Rata
		I	II	I	II	I	II	
3/4	19,0	0	0	0	0	100	100	100
1/2	12,5	0	0	0	0	100	100	100
3/8	9,50	0	0	0	0	100	100	100
No.4	4,75	0	0	0,0	0,0	100,0	100,0	100,0
No.8	2,36	392	425	26,13	28,33	73,87	71,67	72,77
No.16	1,18	839	953	55,93	63,53	44,07	36,47	40,27
No.30	0,60	1085	1183	72,33	78,87	27,67	21,13	24,40
No.50	0,30	1235	1314	82,33	87,60	17,67	12,40	15,03
No.100	0,150	1338	1385	89,20	92,33	10,80	7,67	9,23
No.200	0,075	1411	1428	94,07	95,20	5,93	4,80	5,37

*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, September 2023*

**Tabel 4.7 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus ( Pasir Alam Takari )**

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) = 4029				Rata-Rata
				Berat benda uji II (g) = 4177				
(ASTM)	(mm)	I	II	Persen Tertahan		Persen Lolos		Rata
		I	II	I	II	I	II	
3/4	19,0	0	0	0	0	100	100	100,00
1/2	12,5	0	0	0	0	100	100	100,00
3/8	9,50	0	0	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
No.4	4,75	0	0	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
No.8	2,36	502	547	12,46	13,10	87,54	86,90	87,22
No.16	1,18	1505	1649	37,35	39,48	62,65	60,52	61,58
No.30	0,60	2652	2809	65,82	67,25	34,18	32,75	33,46
No.50	0,30	3672	3783	91,14	90,57	8,86	9,43	9,15
No.100	0,15	3934	4068	97,64	97,39	2,36	2,61	2,48
No.200	0,075	4010	4141	99,53	99,14	0,47	0,86	0,67

*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, September 2023*

Pengujian analisa saringan agregat halus abu batu dan analisa saringan agregat halus pasir pada tabel 4.6 dan tabel 4.7 memenuhi standar spesifikasi *Bina Marga* 2018 yaitu agregat halus abu batu dan agregat halus pasir lolos 100 % saringan No. 8 dan tertahan pada saringan No. 200.

## B. Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air

Agregat yang dipakai dalam pengujian ini adalah abu bata dan pasir atau agregat yang lolos saringan No.4 yang berasal dari *Stok Pile* milik PT. Bumi Indah Matani. Hasil perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat halus dapat dilihat pada tabel 4.8 dan tabel 4.9 berikut ini:

**Tabel 4.8 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus (Abu Batu )**

No. Contoh		A	B	Satuan	
Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)	500	500	500	gram	
Berat piknometer + air (25°C)	B	672,5	685,8	gram	
Berat piknometer + air + benda uji	Bt	979,6	992,8	gram	
Berat benda uji kering oven (Bk)	BK	491,0	490,0	gram	
		A	B	Rata-Rata	Spec
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{B + 500 - Bt}$	2,545	2,539	<b>2,542</b>	-
Berat Jenis kering permukaan jenuh	$\frac{500}{B + 500 - Bt}$	2,592	2,591	<b>2,591</b>	-
Berat Jenis (apparent)	$\frac{Bk}{B + Bk - Bt}$	2,670	2,678	<b>2,674</b>	-
Penyerapan Air	$\frac{500 - Bk}{Bk} \times 100\%$	1,833	2,041	<b>1,937</b>	<b>Max 3</b>

Sumber: Hasil Perhitungan, September 2023

**Tabel 4.9 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus ( Pasir Alami)**

No. Contoh		A	B	Satuan	
Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)	500	500	500	gram	
Berat piknometer + air (25°C)	B	669,0	677,9	gram	
Berat piknometer + air + benda uji	Bt	970,8	975,3	gram	
Berat benda uji kering oven (Bk)	BK	490,0	495,0	gram	
		A	B	Rata-Rata	Spec
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{B + 500 - Bt}$	2,472	2,443	<b>2,458</b>	-
Berat Jenis kering permukaan jenuh	$\frac{500}{B + 500 - Bt}$	2,523	2,468	<b>2,495</b>	-
Berat Jenis (apparent)	$\frac{Bk}{B + Bk - Bt}$	2,604	2,505	<b>2,554</b>	-
Penyerapan Air	$\frac{500 - Bk}{Bk} \times 100\%$	2,041	1,010	<b>1,525</b>	<b>Max 3</b>

Sumber: hasil perhitungan , September 2023

Pengujian berat jenis dan penyerapan air untuk material agregat halus. Agregat halus yang digunakan adalah abu batu dan pasir. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui berat jenis curah (*Bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD*), berat jenis

semu (*Apparent*) dan penyerapan air (*Absorption*). Hasil pengujian penyerapan air agregat halus yang terdapat pada tabel 4.8 dan tabel 4.9 memenuhi standar pengujian yang disyaratkan yakni penyerapan air 3 % (*SNI 03-1969-1990*).

#### 4.2.3. Filler

Bahan pengisi (*filler*) adalah bahan yang harus kering dan bebas dari gumpalan dan mempunyai sifat nonplastik dan mengandung bahan yang lolos saringan No.200 (0,075) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya (bina marga 2018, revisi 2) pengujian yang dilakukan adalah Analisa saringan.

##### A. Pengujian Analisa Saringan

Material yang digunakan pada pengujian analisa saringan adalah *filler* semen kupang dan abu batu bara. Hasil pengujian analisa saringan *filler* dapat dilihat pada Tabel 4.10 dan 4.11 berikut ini.

**Tabel 4.10 Pengujian Analisa Saringan ( filler semen )**

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) = 500		Berat benda uji II (g) = 500		Rata-Rata
				Persen Tertahan		Persen Lolos		
(ASTM)	(mm)	I	II	I	II	I	II	
1	25	0	0	0	0	100	100	100
3/4	19,0	0	0	0	0	100	100	100
1/2	12,5	0	0	0	0	100	100	100
3/8	9,50	0	0	0	0	100	100	100
No.4	4,75	0	0	0	0	100	100	100
No.8	2,36	0	0	0	0	100	100	100
No.16	1,18	0	0	0	0	100	100	100
No.30	0,60	0	0	0	0	100	100	100
No.50	0,30	3	4	0,6	0,8	99,4	99,2	99,30
No.100	0,15	11	10	2,2	2,0	97,8	98,0	97,90
No.200	0,075	22	22	4,4	4,4	95,6	95,6	95,60

*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, September 2023*



**Tabel 4.11 Pengujian Analisa Saringan ( filler Fly Ahs )**

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) = 500				Berat benda uji II (g) = 500		Rata-Rata
				Persen Tertahan		Persen Lolos				
(ASTM)	(mm)	I	II	I	II	I	II			
3/4	19,0	0	0	0	0	100	100	100		
1/2	12,5	0	0	0	0	100	100	100		
3/8	9,50	0	0	0	0	100	100	100		
No.4	4,75	0	0	0	0	100	100	100		
No.8	2,36	0	0	0	0	100	100	100		
No.16	1,18	0	0	0	0	100	100	100		
No.30	0,60	0	0	0	0	100	100	100		
No.50	0,30	5	6	1,0	1,2	99,0	98,8	98,90		
No.100	0,15	11	14	2,2	2,8	97,8	97,2	97,50		
No.200	0,075	68	54	13,6	10,8	86,4	89,2	87,80		

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, September 2023

Pengujian analisa saringan *filler* semen kupang dan abu batu bara pada tabel 4.10 dan tabel 4.11 memenuhi standar spesifikasi *Bina Marga* 2018 yaitu *filler* 100 % saringan No 200.

#### 4.2.4. Rencana Gradasi Agradat Gabungan

Untuk membuat komposisi agregat gabungan maka di perlukan data hasil gradasi dari fraksi kasar (*CA*), atau fraksi agregat kasar yang tertahan saringan No 4, faraksi halus (*FA*) atau fraksi halus yang lolos saringan No.4 tetapi tertahan saringan No 200, dan bahan pengisi (*FF*) atau bahan pengisi lolos saringan No. 200. Tujuan dibuat komposisi agregat gabungan yaitu untuk menentukan besarnya persentase dari masing- masing fraksi sehingga hasil persentasi itu dapat di peroleh perkiraan kadar aspal (*Pb*) atau biasa di sebut dengan kadar aspal tengah.

Komposisi agregat gabungan dapat diketahui dengan cara grafis (penggambaran kurva hubungan antara persentase lolos agregat dan ukuran saringan berada di dalam kurva batas atas dan kurva batas bawah (Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018). Perhitungan persentase agregat gabungan dan penggambaran kurva hubungannya dapat di lihat pada Tabel 4.12 dan 4.13 berikut ini.

**Tabel 4.12 Rancangan Gradasi Benda Uji Semen**

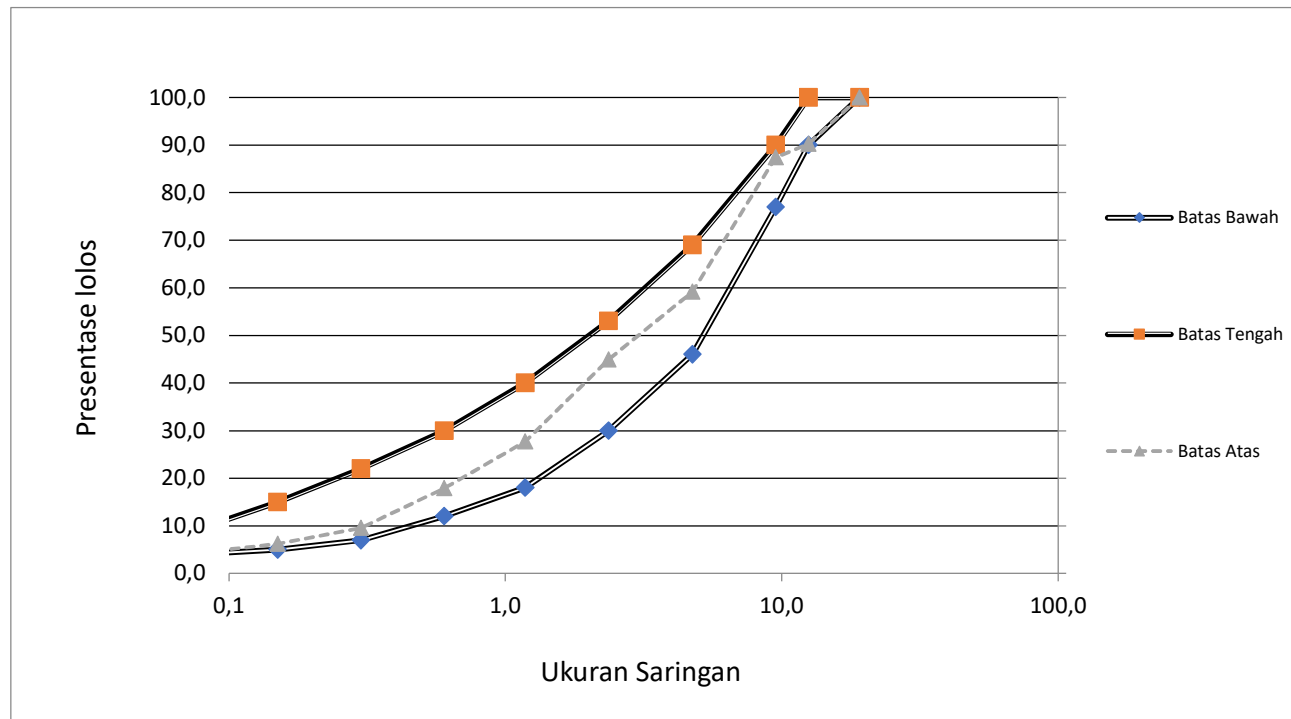
Uraian		GRADASI SEMEN									
Inc mm		3/4 "	1/2 "	3/8 "	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200
		19,1	12,5	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,15	0,08
Data Gradasi											
Batu Pecah 3/4" Ex. Takari		100,00	30,40	9,80	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Batu Pecah 1/2" Ex. Takari		100,00	100,00	100,00	4,00	0,67	0,54	3,53	0,00	0,00	0,00
Abu Batu Ex. Takari		100,00	100,00	100,00	100,00	72,77	40,27	24,40	15,03	9,23	5,37
Pasir Alam Ex. Takari		100,00	100,00	100,00	100,00	87,22	61,58	33,46	9,15	2,48	0,67
Filler (Semen) Ex. Kupang		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	99,30	97,90	95,60
Combinasi Agregat											
Batu Pecah 3/4" Ex. Takari	<b>14,00%</b>	14,00	4,26	1,37	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Batu Pecah 1/2" Ex. Takari	<b>28,00%</b>	28,00	28,00	28,00	1,12	0,19	0,15	0,99	0,00	0,00	0,00
Abu Batu Ex. Takari	<b>42,00%</b>	42,00	42,00	42,00	42,00	30,56	16,91	10,25	6,31	3,88	2,25
Pasir Alam Ex. Takari	<b>14,00%</b>	14,00	14,00	14,00	14,00	12,21	8,62	4,68	1,28	0,35	0,09
Filler (Semen) Ex. Kupang	<b>2,00%</b>	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,99	1,96	1,91
Total Campuran	<b>100,0%</b>	<b>100,00</b>	<b>90,26</b>	<b>87,37</b>	<b>59,13</b>	<b>44,96</b>	<b>27,68</b>	<b>17,92</b>	<b>9,58</b>	<b>6,18</b>	<b>4,26</b>

*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, September 2023*

Hasil pengujian gradasi agregat yang terdapat pada Tabel 4.12 memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2010 disyaratkan yakni :

- a. Agregat kasar batu pecah 3/4'' 100 % lolos saringan ukuran 3/4'' dan tertahan pada saringan No 8
- b. Agregat sedang batu pecah 1/2'' 100 % lolos saringan ukuran 1/2'' dan tertahan pada saringan No. 8
- c. Agregat halus abu batu 100 % lolos saringan No 8 dan tertahan pada saringan No.200
- d. Agregat halus pasir 100 % lolos saringan No 8 dan tertahan pada saringan No 200
- e. *Filler* lolos saringan No. 200 minimum 75%
- f. Jumlah total persentase lolos setiap ukuran saringan berada di antara batas minimum dan maksimum spesifikasi . berikut adalah gambar kurva gradasi agregat gabungan.

**GRAFIK GABUNGAN *ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (AC WC) SEMEN***



**Gambar 4.1 Kurva Gradasi Agregat Gabungan Laston AC-WC pada filler semen**

*Sumber: Hasil Perhitungan Laboratorium, September 2023*

**Tabel 4.13 Rancangan Gradasi Benda Uji Fly Ash**

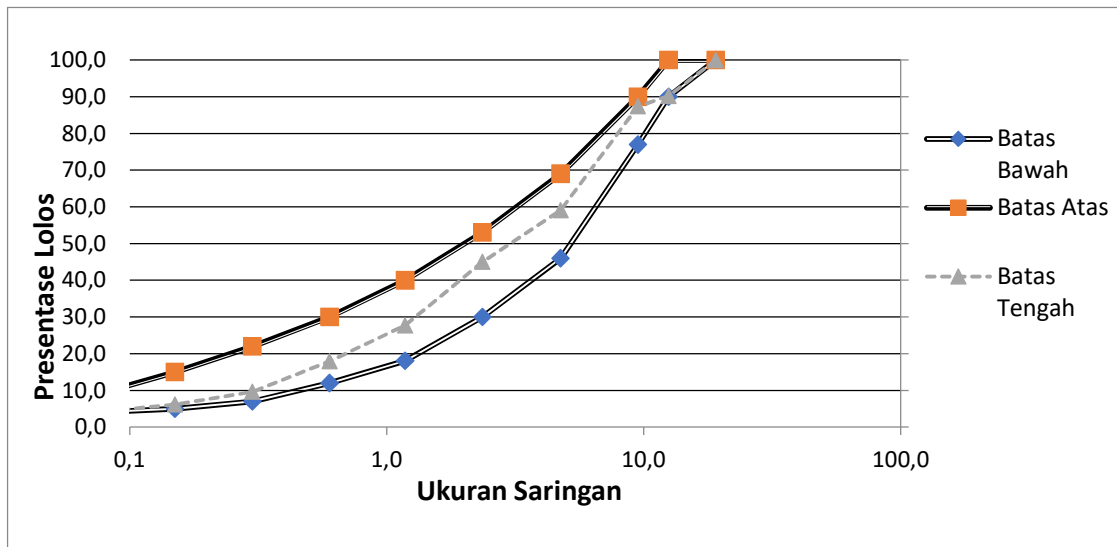
Uraian		GRADASI FLY ASH									
Inc mm		3/4 "	1/2 "	3/8 "	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200
Data Gradasi											
Batu Pecah 3/4" Ex. Takari		100,00	30,40	9,80	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Batu Pecah 1/2" Ex. Takari		100,00	100,00	100,00	4,00	0,67	0,54	3,53	0,00	0,00	0,00
Abu Batu Ex. Takari		100,00	100,00	100,00	100,00	72,77	40,27	24,40	15,03	9,23	5,37
Pasir Alam Ex. Takari		100,00	100,00	100,00	100,00	87,22	61,58	33,46	9,15	2,48	0,67
Filler (abu terbang fly ash) Ex. Kupang		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	98,90	97,50	87,80
Combinasi Agregat											
Batu Pecah 3/4" Ex. Takari	<b>14,00%</b>	14,00	4,26	1,37	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Batu Pecah 1/2" Ex. Takari	<b>28,00%</b>	28,00	28,00	28,00	1,12	0,19	0,15	0,99	0,00	0,00	0,00
Abu Batu Ex. Takari	<b>42,00%</b>	42,00	42,00	42,00	42,00	30,56	16,91	10,25	6,31	3,88	2,25
Pasir Alam Ex. Takari	<b>14,00%</b>	14,00	14,00	14,00	14,00	12,21	8,62	4,68	1,28	0,35	0,09
Filler (abu terbang fly ash) Ex. Kupang	<b>2,00%</b>	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,98	1,95	1,76
<b>Total Campuran</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,00</b>	<b>90,26</b>	<b>87,37</b>	<b>59,13</b>	<b>44,96</b>	<b>27,68</b>	<b>17,92</b>	<b>9,57</b>	<b>6,18</b>	<b>4,10</b>

*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, September 2023*

Hasil pengujian gradiasi agregat yang terdapat pada Tabel 4.13 memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2018 disyaratkan yakni :

- a. Agregat kasar batu pecah 3/4'' 100 % lolos saringan ukuran 3/4'' dan tertahan pada saringan No 8
- b. Agregat sedang batu pecah 1/2'' 100 % lolos saringan ukuran 1/2'' dan tertahan pada saringan No. 8
- c. Agregat halus abu batu 100 % lolos saringan No 8 dan tertahan pada saringan No.200
- d. Agregat halus pasir 100 % lolos saringan No 8 dan tertahan pada saringan No 200
- e. *Filler* lolos saringan No. 200 minimum 75%
- f. Jumlah total persentase lolos setiap ukuran saringan berada di antara batas minimum dan maksimum spesifikasi . berikut adalah gambar kurva gradasi agregat gabungan

**Grafik Gabungan Asphalt Concrete Wearing Course (Ac Wc) Fly Ash**



**Gambar 4.2 Kurva Gradasi Agregat Gabungan Laston AC-WC pada filler fly ash**

*Sumber: Hasil Perhitungan Laboratorium, September 2023*

#### 4.2.5. Penentuan Kadar Aspal Rencana (Pb)

Kadar aspal rencana dapat ditentukan setelah diperoleh gradasi agregat gabungan dari masing-masing fraksi agregat yang telah memenuhi spesifikasi Bina Marga Tahun 2018, Revisi 2. Untuk perhitungan kadar aspal rencana atau kadar aspal perkiraan dengan rumusan sebagai berikut:

$$Pb = 0.035 (\%CA) + 0.045 (\%FA) + 0.18 (\%Filler) + \text{Konstanta}$$

Keterangan :

CA = Proporsi fraksi kasar (100-persen lolos saringan No. 4)

FA = Proporsi fraksi halus (% lolos saringan No. 4 - % lolos saringan No. 200)

FA = Proporsi fraksi bahan pengisi (% lolos saringan No. 200)

K = Konstanta untuk AC-BC

Berikut ini adalah penentuan kadar aspal rencana (Pb) dengan masing-masing variasi komposisi campuran.

#### A. Filler semen

Tabel 4.14 Rencana Benda Uji Marshall AC-WC dengan Kadar Aspal Rencana (Pb)

URAIAN	NILAI	SATUAN
Proporsi Fraksi Kasar (CA)	40,87	%
Proporsi Fraksi Halus (FA)	54,87	%
Proporsi Fraksi Bahan Pengisi (FF)	4,26	%
Nilai Konstanta (K) ditetapkan	1,00	%
Perkiraan Kadar Aspal (Pb)	<b>5,67</b>	%
Rumus : $Pb = 0.035(CA) + 0.045(MA) + 0.18(FF) + K$		

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, September 2023

Perkiraan awal kadar aspal rencana (Pb)

$$\begin{aligned} Pb &= 0.035(CA) + 0.045(MA) + 0.18(FF) + K \\ &= 0,035 (40,87) + 0,045 (54,87) + 0.18(4.26) + 1.0 \\ &= 5,67\% \end{aligned}$$

Rangkuman hasil perhitungan berat tiap tiap campuran pada kadar aspal rencana(normal) dapat di lihat pada table 4.14.

### B. Filler fly ash

Tabel 4.15 Rencana Benda Uji Marshall AC-WC dengan Kadar Aspal Rencana (Pb)

U R A I A N	NILAI	SATUAN
Proporsi Fraksi Kasar (CA)	40,87	%
Proporsi Fraksi Halus (FA)	55,03	%
Proporsi Fraksi Bahan Pengisi (FF)	4,10	%
Nilai Konstanta (K) ditetapkan	1,00	%
Perkiraan Kadar Aspal (Pb)	<b>5,65</b>	%
Rumus : $Pb = 0.035(CA) + 0.045(MA) + 0.18(FF) + K$		

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Perkiraan awal kadar aspal rencana (Pb)

$$\begin{aligned}
 Pb &= 0.035(CA) + 0.045(MA) + 0.18(FF) + K \\
 &= 0,035 (40,87) + 0,045 (55,03) + 0.18(4.10) + 1.0 \\
 &= 5,65\%
 \end{aligned}$$

Rangkuman hasil perhitungan berat tiap tiap campuran pada kadar aspal rencana(normal) dapat di lihat pada table 4.15



#### 4.2.6. Rancangan Benda Uji Marshall AC-WC dengan Kadar Aspal Rencana (Pb)

Setelah didapatkan hasil kadar aspal perkiraan (Pb) campuran Laston AC-BC maka ditetapkan 5 variasi kadar aspal 2 dibawah Pb dan 2 diatas Pb dengan selisih 0,5% dapat dilihat pada tabel berikut.

##### A. Rancana campuran proposi awal filler *Semen*

Kadar aspal rencana atau kadar aspal perkiraan (Pb) untuk campuran laston (AC-WC) pada filler fly ash adalah 5,67% dibulatkan menjadi 6,0%. Berdasarkan kadar aspal perkiraan di atas maka ditetapkan 5 variasii kadar aspal 2 dibawa Pb dan 2 di atas Pb dengan selisih 0,5%. Untuk contoh bendah uji yaitu 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5%, 7%. Perhitungan komposisi rencana campuran beraspalatau beton aspal padat di laboratorium :

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas silinder beton aspal} &= 1200\text{gr} \\ \text{Kadar aspal perkiraan} &= 6,0\% \\ &= 6,0\% \times 1200 \\ &= 72 \text{ gr} \end{aligned}$$

**Tabel 4.16 komposisi agregat campuran AC-WC versi awal filler *Semen***

KOMPONEN	KOMPOSISI	KADAR ASPAL RENCANA (%)				
	AGREGAT	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
(a) BATU PECAH 3/4	14,00%	13,30	13,23	13,16	13,09	13,02
(b) BATU PECAH 1/2	28,00%	26,60	26,46	26,32	26,18	26,04
(c) ABU BATU	42,00%	39,90	39,69	39,48	39,27	39,06
(d) PASIR ALAM	14,00%	13,30	13,23	13,16	13,09	13,02
(e) FILLER (Semen)	2,00%	1,90	1,89	1,88	1,87	1,86
<b>TOTAL AGG CAMPURAN (%)</b>	<b>100%</b>	95,0	94,5	94,0	93,5	93,0
<b>TOTAL CAMPURAN (%)</b>		100	100	100	100	100

Sumber: Hasil Perhitungan Laboratorium, September 2023

Contoh perhitungan :

Misalnya percobaan komposisi persen batu pecah  $\frac{3}{4}$  14,00%, batu pecah  $\frac{1}{2}$  28,00%, abu batu 42,000%, pasir alam 14,00%, filler semen 2,00%.

$$\begin{aligned} 1) \text{ Batu pecah } 3/4'' &= 14,00 \% \times (100-6.0) &= 13,16 \% \\ 2) \text{ Batu pecah } 1/2'' &= 28,00 \% \times (100-6.0) &= 26,32 \% \\ 3) \text{ Abu batu} &= 42,00 \% \times (100-6.0) &= 39,48 \% \\ 4) \text{ Pasir} &= 14,00 \% \times (100-6.0) &= 13,16 \% \\ 5) \text{ Filler semen} &= 2,00 \% \times (100-6.0) &= 1,88 \% \\ 6) \text{ Aspal} & &= 6.0 \% \end{aligned}$$

Contoh perhitungan komposisi campuran laston (AC-WC):

Berat masing masing material untuk campuran AC-WC pada contoh kadar aspal 6.0%.

1) Batu pecah 3/4"	= 1200 x (13,16/100)	= 157,9 gr
2) Batu pecah 1/2"	= 1200 x (26,32/100)	= 315,8 gr
3) Abu batu	= 1200 x (39,48/100)	= 473,8 gr
4) Pasir	= 1200 x (13,16/100)	= 150,7 gr
5) Filler semen	= 1200 x (1,88/100)	= 22,6 gr
6) Aspal	= (6.0/100) x 1200	= 72,0 gr
	Jumlah	= 1200 gr

**Tabel 4.17** komposisi campuran AC-WC variasi awal filler *Semen*

KOMPOSISI CAMPURAN	BERAT TIMBANGAN (Gr)					
	%	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00
(a) BATU PECAH 3/4	<b>Gram</b>	159,6	158,8	157,9	157,1	156,2
(b) BATU PECAH 1/2	<b>Gram</b>	319,2	317,5	315,8	314,2	312,5
(c) ABU BATU	<b>Gram</b>	478,8	476,3	473,8	471,2	468,7
(d) PASIR ALAM	<b>Gram</b>	159,6	158,8	157,9	157,1	156,2
(e) FILLER (Semen)	<b>Gram</b>	22,8	22,7	22,6	22,4	22,3
<b>BERAT AGREGAT CAMPURAN (Gr)</b>		1.140	1.134	1.128	1.122	1.116
<b>BERAT ASPAL (Gr)</b>		60,0	66,0	72,0	78,0	84,0
<b>BERAT RENCANA TOTAL CAMPURAN (Gr)</b>		1.200	1.200	1.200	1.200	1.200

*Sumber: Hasil Perhitungan Laboratorium, September 2023*

untuk setiap variasi kadar aspal dibuat 2 (dua) contoh benda uji sehingga jumlah benda uji kadar aspal perkiraan berjumlah 10 benda uji.

## B. Fly Ash

Kadar aspal rencana atau kadar aspal perkiraan (Pb) untuk campuran laston (AC-WC) pada filler fly ash adalah 5,65% dibulatkan menjadi 6,0%. Berdasarkan kadar aspal perkiraan di atas maka ditetapkan 5 variasii kadar aspal 2 dibawa Pb dan 2 di atas Pb dengan selisih 0,5%. Untuk contoh bendah uji yaitu 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5%, 7%.

**Tabel 4.18 komposisi agregat campuran AC-WC versi awal filler fly ash**

KOMPONEN	KOMPOSISI	KADAR ASPAL RENCANA (%)				
	AGREGAT	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00
(a) BATU PECAH 3/4	14,00%	13,30	13,23	13,16	13,09	13,02
(b) BATU PECAH 1/2	28,00%	26,60	26,46	26,32	26,18	26,04
(c) ABU BATU	42,00%	39,90	39,69	39,48	39,27	39,06
(d) PASIR ALAM	14,00%	13,30	13,23	13,16	13,09	13,02
(e) FILLER (fly ash)	2,00%	1,90	1,89	1,88	1,87	1,86
<b>TOTAL AGG CAMPURAN (%)</b>	<b>100%</b>	95,0	94,5	94,0	93,5	93,0
<b>KADAR BAHAN PENGELUPASAN (%)</b>		<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>
<b>TOTAL CAMPURAN (%)</b>		100	100	100	100	100

Sumber: Hasil Perhitungan Laboratorium, September 2023

**Tabel 4.19 komposisi agregat campuran AC-WC versi awal**

KOMPOSISI CAMPURAN	BERAT TIMBANGAN (Gr)					
KADAR ASPAL RENCANA	%	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00
(a) BATU PECAH 3/4	Gram	159,6	158,8	157,9	157,1	156,2
(b) BATU PECAH 1/2	Gram	319,2	317,5	315,8	314,2	312,5
(c) ABU BATU	Gram	478,8	476,3	473,8	471,2	468,7
(d) PASIR ALAM	Gram	159,6	158,8	157,9	157,1	156,2
(e) FILLER (fly ash)	Gram	22,8	22,7	22,6	22,4	22,3
<b>BERAT AGREGAT CAMPURAN (Gr)</b>		1.140	1.134	1.128	1.122	1.116
<b>BERAT ASPAL (Gr)</b>		60,0	66,0	72,0	78,0	84,0
<b>BERAT RENCANA TOTAL CAMPURAN (Gr)</b>		1.200	1.200	1.200	1.200	1.200

Sumber: Hasil Perhitungan Laboratorium, September 2023

#### 4.2.7. Marshall Test

Hasil pengujian marshall standar ( 2 x 75 ) tumbukan dengan menggunakan material dari stok pile PT. Bumi Indah untuk campuran Laston AC-WC dapat dilihat pada tabel 4.20 rangkuman dibawah ini, sedangkan hasil perhitungan secara detail dapat di lihat pada Lampiran .

**Tabel 4.20 Rangkuman Hasil Pengujian Marshall Menggunakan Filler SEMEN**

Jenis Campuran :		PENGUJIAN SEMEN																
Kal. Prov. Ring (Kg)	11,932	BK	SSD	BDA	KEPADATAN		VMA	VIM	VFB	STABILITAS		STABILITAS	FLOW					
No.	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
1		5,00	1175,5	1181,5	655,9	525,6	2,236	2,405	17,29	6,99	59,58	99	1.181,3	1.134,0	2,24	4,75	10,22	0,90
2		5,00	1176,1	1178,6	659	519,6	2,263	2,405	16,29	5,87	63,99	98	1.169,3	1.169,3	2,29	4,75	10,22	0,90
							<b>2,250</b>	<b>2,405</b>	<b>16,79</b>	<b>6,43</b>	<b>61,79</b>			<b>1.151,7</b>	<b>2,27</b>	<b>4,75</b>	<b>10,22</b>	<b>0,90</b>
1		5,50	1182,7	1186,5	665,1	521,4	2,268	2,388	16,56	5,00	69,78	120	1.431,8	1.431,8	2,61	5,25	11,35	0,81
2		5,50	1176,7	1180,4	661,0	519,4	2,265	2,388	16,66	5,12	69,26	110	1.312,5	1.312,5	2,32	5,25	11,35	0,81
							<b>2,267</b>	<b>2,388</b>	<b>16,61</b>	<b>5,06</b>	<b>69,52</b>			<b>1.372,2</b>	<b>2,47</b>	<b>5,25</b>	<b>11,35</b>	<b>0,81</b>
1		6,00	1179,3	1181	661,2	519,8	2,269	2,371	16,98	4,32	74,55	160	1.909,1	1.909,1	2,78	5,75	12,51	0,74
2		6,00	1178,3	1182,2	662,2	520,0	2,266	2,371	17,08	4,44	74,01	145	1.730,1	1.730,1	2,84	5,75	12,51	0,74
							<b>2,267</b>	<b>2,371</b>	<b>17,03</b>	<b>4,38</b>	<b>74,28</b>			<b>1.819,6</b>	<b>2,81</b>	<b>5,75</b>	<b>12,51</b>	<b>0,74</b>
1		6,50	1180,6	1181,9	663	518,9	2,275	2,355	17,19	3,39	80,31	130	1.551,2	1.551,2	3,38	6,25	13,67	0,68
2		6,50	1179,9	1182,8	665	517,8	2,279	2,355	17,06	3,24	81,03	120	1.431,8	1.431,8	3,50	6,25	13,67	0,68
							<b>2,277</b>	<b>2,355</b>	<b>17,13</b>	<b>3,31</b>	<b>80,67</b>			<b>1.491,5</b>	<b>3,44</b>	<b>6,25</b>	<b>13,67</b>	<b>0,68</b>
1		7,00	1171,7	1172	660	512,0	2,288	2,339	17,15	2,15	87,45	98	1.169,3	1.169,3	4,18	6,75	14,85	0,63
2		7,00	1176,8	1177	661	516,0	2,281	2,339	17,44	2,49	85,72	100	1.193,2	1.193,2	3,60	6,75	14,85	0,63
							<b>2,285</b>	<b>2,339</b>	<b>17,29</b>	<b>2,32</b>	<b>86,59</b>			<b>1.181,3</b>	<b>3,89</b>	<b>6,75</b>	<b>14,85</b>	<b>0,63</b>
G <sub>mm</sub> * :		2,382	Ka G <sub>mm</sub> :	5,67	Bj. agregat bulk :		2,569	Bj. agregat eff. :		2,586	Bj. aspal :		1,030	Abs. Aspal : 0,268				

Sumber: Hasil Perhitungan Laboratorium, September 2023

**Tabel 4.21 Rangkuman Hasil Pengujian Marshall Menggunakan Filler FLY ASH**

Jenis Campuran :		PENGUJIAN FLY ASH																
Kal. Prov. Ring (Kg)		11,932	bk	ssd	bda	KEPADATAN		VMA	VIM	VFB	stabilitas	STABILITAS		FLOW	RATIO			
No.	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
1		5,00	1175,5	1176,9	660	516,9	2,274	2,418	15,73	5,95	62,16	99	1.181,3	1.181,3	2,50	4,43	9,60	0,93
2		5,00	1176,1	1178,6	661	517,6	2,272	2,418	15,80	6,03	61,83	100	1.193,2	1.193,2	2,40	4,43	9,60	0,93
							<b>2,273</b>	<b>2,418</b>	<b>15,76</b>	<b>5,99</b>	<b>62,00</b>			<b>1.187,2</b>	<b>2,45</b>	<b>4,43</b>	<b>9,60</b>	<b>0,93</b>
1		5,50	1184,7	1186,5	667,2	519,3	2,281	2,401	15,91	4,98	68,67	120	1.431,8	1.431,8	2,73	4,93	10,75	0,83
2		5,50	1185	1186,7	667,4	519,3	2,282	2,401	15,89	4,96	68,78	135	1.610,8	1.610,8	2,60	4,93	10,75	0,83
							<b>2,282</b>	<b>2,401</b>	<b>15,90</b>	<b>4,97</b>	<b>68,72</b>			<b>1.521,3</b>	<b>2,67</b>	<b>4,93</b>	<b>10,75</b>	<b>0,83</b>
1		6,00	1180,2	1181	664,3	516,7	2,284	2,384	16,25	4,20	74,16	160	1.909,1	1.909,1	2,85	5,43	11,91	0,76
2		6,00	1178,3	1182	666,5	515,5	2,286	2,384	16,19	4,13	74,49	145	1.730,1	1.730,1	2,95	5,43	11,91	0,76
							<b>2,285</b>	<b>2,384</b>	<b>16,22</b>	<b>4,16</b>	<b>74,33</b>			<b>1.819,6</b>	<b>2,90</b>	<b>5,43</b>	<b>11,91</b>	<b>0,76</b>
1		6,50	1180,6	1182	666	516,0	2,288	2,368	16,55	3,36	79,67	140	1.670,5	1.670,5	3,40	5,94	13,08	0,69
2		6,50	1179,9	1181,6	666,9	514,7	2,292	2,368	16,39	3,18	80,61	120	1.431,8	1.431,8	3,80	5,94	13,08	0,69
							<b>2,290</b>	<b>2,368</b>	<b>16,47</b>	<b>3,27</b>	<b>80,14</b>			<b>1.551,2</b>	<b>3,60</b>	<b>5,94</b>	<b>13,08</b>	<b>0,69</b>
1		7,00	1171,7	1172,1	661	511,1	2,293	2,351	16,84	2,50	85,14	105	1.252,9	1.252,9	4,00	6,44	14,27	0,64
2		7,00	1176,8	1177,3	664	513,3	2,293	2,351	16,83	2,50	85,17	100	1.193,2	1.193,2	4,20	6,44	14,27	0,64
							<b>2,293</b>	<b>2,351</b>	<b>16,83</b>	<b>2,50</b>	<b>85,15</b>			<b>1.223,0</b>	<b>4,10</b>	<b>6,44</b>	<b>14,27</b>	<b>0,64</b>
G <sub>mm</sub> * :		2,396	Ka G <sub>mm</sub> :		5,65	Bj. agregat bulk :		2,564	Bj. agregat eff. :		2,603	Bj. aspal :		1,030	Abs. Aspal :		0,602	

Sumber: Hasil Perhitungan Laboratorium, September 2023

### 4.3 Pembahasan

Campuran Laston *AC-WC* untuk lapisan permukaan jalan harus memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Persyaratan tersebut harus memenuhi batas gradasi kurva atas dan kurva bawah, persyaratan terhadap pengujian marshall yaitu dengan memenuhi nilai *Stabilitas, Flow, MQ, VIM, VMA, FVA* harus sesuai spesifikasi *Bina Marga*, 2018. Hasil pengujian marshall yang dilakukan dapat dilihat pada tabel dan grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai-nilai parameter marshall di bawah ini.

#### 4.3.1 Hubungan Aspal Perkiraan Parameter Marshall dan Kadar Aspal Perkiraan.

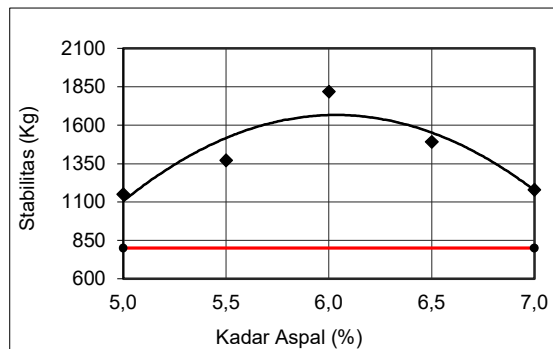
##### A. Hubungan Antara Stabilitas dan Kadar Aspal.

Stabilitas adalah kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi alur (*Flow*) yang dinyatakan dalam kilogram. Alur (*Flow*) adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran aspal yang terjadi akibat suatu beban, dinyatakan dalam mm. Hubungan antara stabilitas dan kadar aspal optimum dari hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.22, 4.23 dan gambar 4.3, dan 4.4 berikut ini.

Tabel 4.22 Hubungan Stabilitas Dengan Kadar Aspal

FILLER SEMEN	
KADAR ASPAL (%)	STABILITAS (Kg)
5,00	1.151,7
5,50	1.372,2
6,00	1819,6
6,50	1.491,5
7,00	1.181,3

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, September 2023

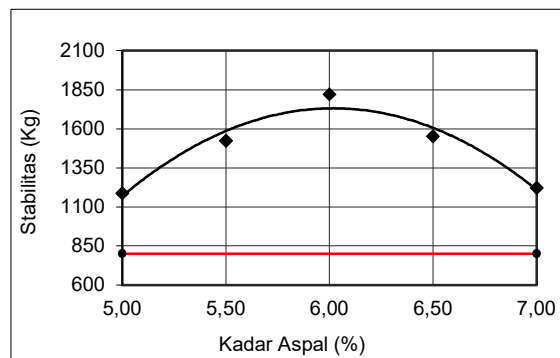


Gambar 4.3 Kurva Gradasi Agregat Gabungan Laston AC-WC. Sumber: Hasil Perhitungan Laboratorium, September 2023

**Tabel 4.23 Hubungan Stabilitas Dengan Kadar Aspal**

FILLER FLY ASH	
KADAR ASPAL (%)	STABILITAS (Kg)
5,00	1.187,2
5,50	1.521,3
6,00	1819,63
6,50	1.551,2
7,00	1.223,0

*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, September 2023*



**Gambar 4.4 Kurva Gradasi Agregat Gabungan Laston AC-WC**

*Sumber: Hasil Perhitungan Laboratorium, September 2023*

Berdasarkan grafik 4.3 dan 4.4, dapat disimpulkan bahwa nilai stabilitas semakin meningkat jika kadar aspal mulai dari 5,0% sampai 6,3%, tetapi pada kadar 6,4% sampai 7,0% stabilitas akan mulai menurun, karena semakin bertambahnya kadar aspal. Semakin besar persentase kadar aspal yang digunakan nilai stabilitas semakin besar tetapi setelah melebihi kadar aspal optimumnya maka nilai stabilitas akan menurun. Dapat disimpulkan bahwa jika kadar aspal semakin kecil atau sedikit maka tebal selimut aspalnya menjadi tipis hal ini akan menyebabkan kurangnya ikatan yang terjadi antar agregat akan sangat mudah untuk terlepas. Demikian juga bahwa semakin besar persentase kadar aspal maka nilai stabilitas akan tinggi. Namun jika persentase kadar aspal sudah mencapai nilai optimum maka akan terjadi pengikatan yang lebih baik antara agregat dengan aspal sehingga menghasilkan nilai stabilitas yang maksimum. Jika kadar aspal semakin besar atau lebih maka selimut aspalnya menjadi tebal dan bukan jadi pengikat tetapi sebagai pelicin.

## B. Hubungan Antara Kelelehan (*Flow*) dan Kadar Aspal.

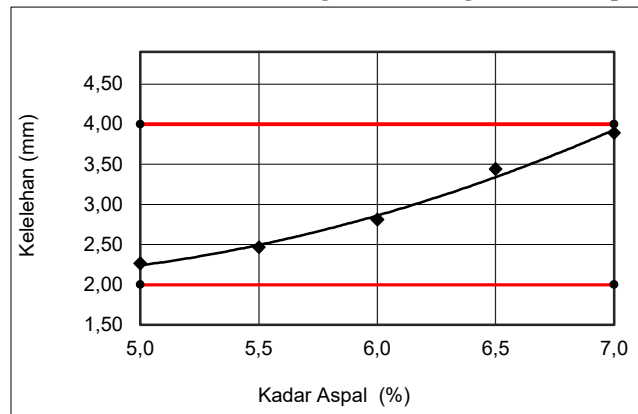
Ketahanan terhadap *Flow* adalah kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelehan berupa alur dan retak. Nilai *Flow* menunjukkan besarnya perubahan bentuk plastis suatu benda uji campuran akibat adanya beban yang bekerja sampai batas keruntuhan. Hubungan antara *Flow* dan kadar aspal optimum dari hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.24, 4.25 dan gambar 4.5, 4.6 berikut ini.

**Tabel 4.24 Hubungan *Flow* dengan Kadar Aspal**

FILLER SEMEN	
KADAR ASPAL (%)	KELELEHAN/FLOW
5,00	2,27
5,50	2,47
6,00	2,81
6,50	3,44
7,00	3,89

*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, September 2023*

**Gambar 4.5 Grafik Hubungan *Flow* dengan Kadar Aspal**



*Sumber: Hasil Perhitungan Laboratorium, September 2023*

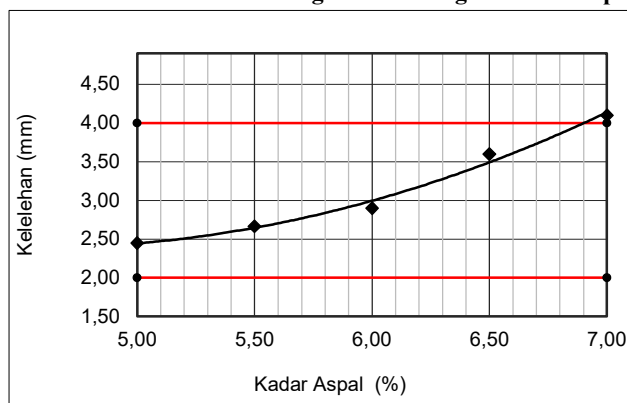


**Tabel 4.25 Hubungan *Flow* dengan Kadar Aspal**

FILLER FLY ASH	
KADAR ASPAL (%)	KELELEHAN/FLOW
5,00	2,45
5,50	2,67
6,00	2,90
6,50	3,60
7,00	4,10

*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, September 2023*

**Gambar 4.6 Grafik Hubungan *Flow* dengan Kadar Aspal**



*Sumber: Hasil Perhitungan Laboratorium, September 2023*

Berdasarkan hasil pengujian yang dapat dilihat pada Tabel 4.24 dan grafik Bahwa nilai *flow* dalam campuran laston pada kadar aspal 5,0% sampai 7,0% memenuhi standar spesifikasi Bina Marga tahun 2018 Revisi 2. Dalam hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kadar aspal maka nilai *flow* akan semakin tinggi pula. Hal ini disebabkan karena aspal tidak lagi menyelimuti agregat dengan baik akibat pemakaian aspal yang banyak sehingga dayalekat (*interlocking*) aspal akan mudah mengalami perubahan bentuk atau *bleeding*.

### C. Hubungan antara *Void In Mix (VIM)* dan Kadar Aspal.

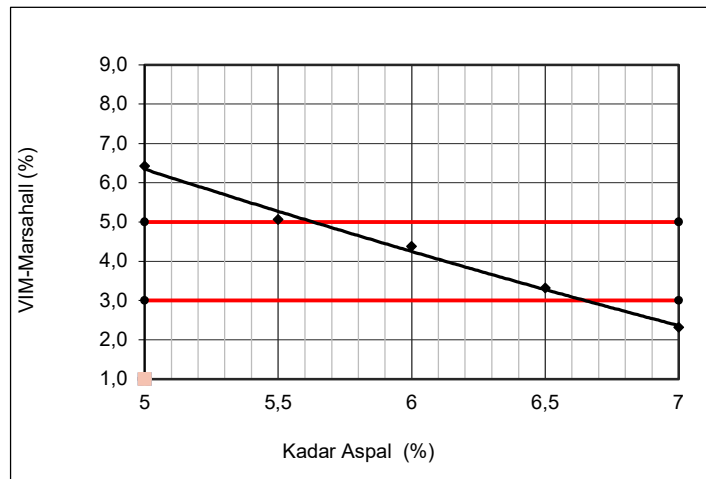
*VIM* adalah volume rongga atau pori yang masih tersisa yang terdapat diantara butir-butir agregat terselimuti aspal setelah campuran beton aspal dipadatkan. Hubungan antara *VIM* dan kadar aspal dari hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.26, 4.27 dan gambar 4.7, 4.8 berikut ini.

**Tabel 4.26 Hubungan *VIM* dengan Kadar Aspal**

FILLER SEMEN	
KADAR ASPAL (%)	VIM (%)
5,00	6,43
5,50	5,20
6,00	4,06
6,50	3,31
7,00	2,32

*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, September 2023*

**Gambar 4.7 Grafik Hubungan *VIM* dengan Kadar Aspal**



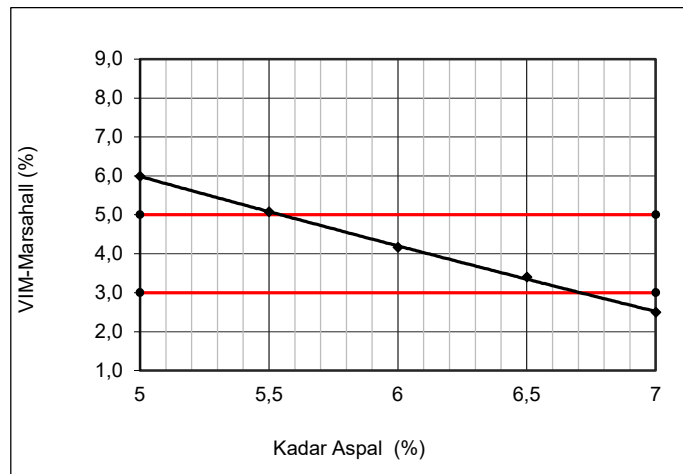
*Sumber: Hasil Perhitungan Laboratorium, September 2023*

**Tabel 4.27 Hubungan VIM dengan Kadar Aspal**

FILLER FLY ASH	
KADAR ASPAL (%)	VIM (%)
5,00	5,99
5,50	5,08
6,00	4,16
6,50	3,40
7,00	2,50

*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, September 2023*

**Gambar 4.8 Grafik Hubungan VIM dengan Kadar Aspal**



*Sumber: Hasil Perhitungan Laboratorium, September 2023*

Dari tabel 4.26, 4.27 dan Grafik 4.7, 4.8 dapat dilihat bahwa semakin tinggi kadar aspal maka rongga udara dalam campuran padat akan semakin kecil, sedangkan semakin kecil kadar aspal maka nilai rongga udara dalam campuran padat akan semakin besar. VIM yang terlalu besar akan menyebabkan beton aspal berkurang kedekatan airnya terhadap, sehingga meningkatnya proses oksidasi aspal yang dapat mempercepat penuaan aspal dan menurunkan sifat durabilitas beton aspal, sedangkan bila VIM kecil dan kadar aspal tinggi akan menyebabkan lapisan aspal meleleh (bleeding) pada saat pemadatan tambahan akibat lalu lintas. Gambar Grafik 4.7 menunjukkan hasil pengujian rongga udara dalam campuran laston, pada kadar aspal 3,0% sampai dengan 5,0% memenuhi spesifikasi *Bina Marga 2018*. Sedangkan Gambar Grafik 4.8 menunjukkan hasil pengujian rongga udara dalam campuran laston, pada kadar aspal 5,0% sampai dengan 6,6% memenuhi spesifikasi *Bina Marga 2018*.

**D. Hubungan Antara Void In the Mineral Aggregate (VMA) dan Kadar Aspal.**

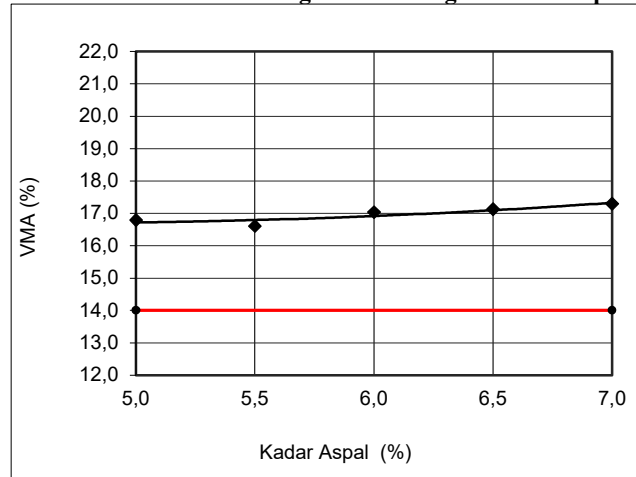
VMA adalah volume pori dalam beton aspal padat. Hubungan VMA dan kadar aspal dapat dilihat pada tabel 4.28, 4.29 dan Gambar 4.9, 4.10 berikut ini :

**Tabel 4.28 Hubungan VMA dengan Kadar Aspal**

FILLER SEMEN	
KADAR ASPAL (%)	VMA (%)
5,00	16,79
5,50	16,73
6,00	17,03
6,50	17,13
7,00	17,29

*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, September 2023*

**Gambar 4.9 Grafik Hubungan VMA dengan Kadar Aspal**



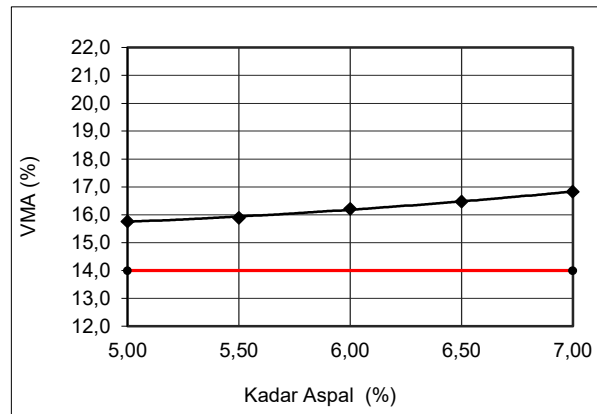
*(sumber: Hasil perhitungan Laboratorium) , September 2023*

**Tabel 4.29 Hubungan VMA dengan Kadar Aspal**

FILLER FLY ASH	
KADAR ASPAL (%)	VMA (%)
5,00	15,76
5,50	15,99
6,00	16,22
6,50	16,59
7,00	16,83

*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium*

**Gambar 4.10 Grafik Hubungan VMA dengan Kadar Aspal**



*sumber: Hasil perhitungan Laboratorium, September 2023*

Dari tabel 4.28, dan 4.29 dan gambar 4.9 dan 4.10 dapat dilihat nilai VMA akan menurun dan kembali naik seiring dengan bertambahnya kadar aspal yang digunakan. Nilai VMA pada kadar aspal. Nilai VMA pada table 4.28 kadar aspal 5.0% sampai 6.0% mengalami penurunan. Hal ini terjadi kerana aspal pada campuran menyebabkan agregat lebih mudah bergerak sehingga campuran lebih rapat. Pada kadar aspal 6.5% sampai 7.0% nilai VMA mengalami penigkatan, hal ini dapat terjadi karena aspal yang menyelimuti agregat semakin tebal sehingga menyebabkan jarak antara agregat semakin jauh yang berkitab pada naiknya nilai VMA.

**E. Hubungan Antara Void Filled With Aspal (VFA) dan Kadar Aspal.**

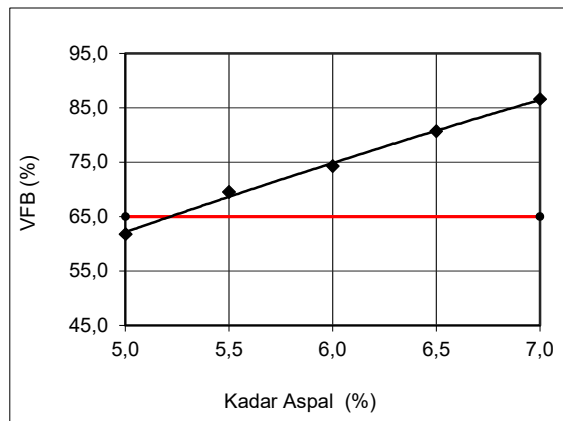
VFA adalah volume pori beton aspal padat yang terisi oleh aspal. Hubungan antara VFA dengan kadar aspal dapat dilihat pada Tabel 4.30, 4.31 dan Gambar 4.11, 4.12 berikut ini.

**Tabel 4.30 Hubungan VFA dengan Kadar Aspal**

FILLER SEMEN	
KADAR ASPAL (%)	VFB (%)
5,00	61,79
5,50	68,92
6,00	75,76
6,50	80,67
7,00	86,59

*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, September 2023*

**Gambar 4.11 Grafik Hubungan VFA dengan Kadar Aspal**



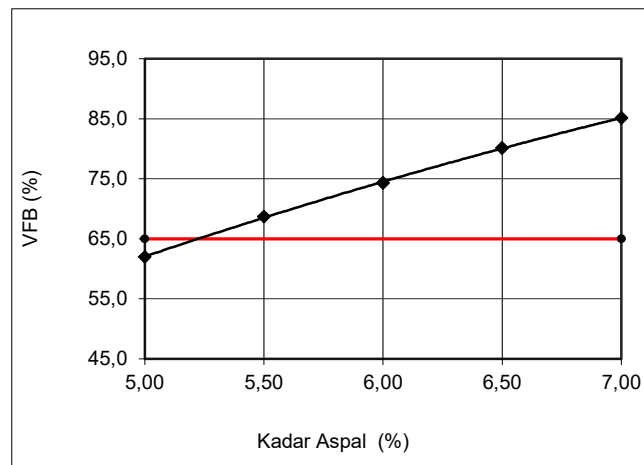
*Sumber: Hasil Perhitungan Laboratorium, September 2023*

**Tabel 4.31 Hubungan VFA dengan Kadar Aspal**

FILLER FLY ASH	
KADAR ASPAL (%)	VFB (%)
5,00	62,00
5,50	68,23
6,00	74,33
6,50	79,48
7,00	85,15

*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, September 2023*

**Gambar 4.13. Grafik Hubungan VFA dengan Kadar Aspal**



*Sumber: Hasil Perhitungan Laboratorium, September 2023*

Dari tabel 4.30 - 4.31 dan gambar 4.13 - 4.14 dapat dilihat bahwa semakin kecil kadar aspal semakin kecil pula nilai VFA. Sebaliknya nilai VFA semakin besar seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Hal ini disebabkan karena semakin banyaknya rongga udara yang terisi aspal sehingga kedapatan campuran terhadap air dan udara akan semakin tinggi. Nilai VFA yang semakin tinggi akan menyebabkan lapis perkerasan mudah mengalami *bleeding*, sebaliknya jika VFA terlalu kecil akan menyebabkan kedapatan campuran terhadap air berkurang karena sedikit rongga yang terisi aspal. Dengan banyaknya rongga yang kosong air dan udara akan mudah masuk kedalam lapis keras sehingga keawetan dari campuran akan berkurang.

## F. Hubungan Kepadatan dan Kadar Aspal.

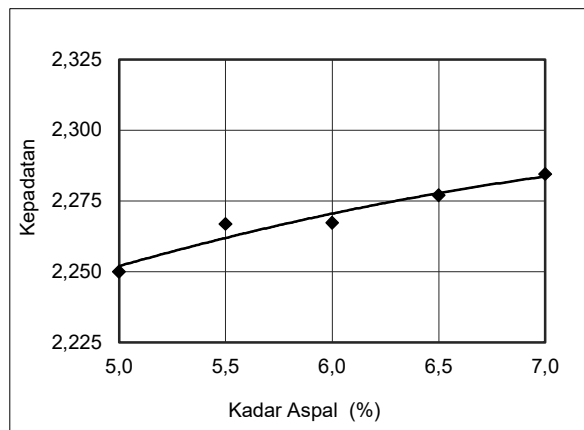
Untuk melihat hubungan antara nilai kepadatan dengan kadar aspal dapat dilihat pada grafik 4.14. Pada grafik terlihat bahwa semakin besar kadar aspal maka semakin besar kepadatan yang terjadi namun setelah melewati batas kadar aspal optimum maka kepadatan akan menurun. Hal ini karena Kadar aspal yang ada semakin meningkat setelah melewati batas optimum. Rongga-rongga yang ada juga sudah penuh terisi aspal, sehingga aspal yang ada sudah tidak bisa mengisi rongga lagi dan menyebabkan kepadatan menurun. Hubungan antara kepadatan dan kadar aspal dari hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.32, 4.33 dan gambar 4.14, 4.15 berikut ini.

**Tabel 4.32 Hubungan Kepadatan Dengan Kadar Aspal**

FILLER SEMEN	
KADAR ASPAL (%)	KEPADATAN
5,00	2,25
5,50	2,26
6,00	2,27
6,50	2,28
7,00	2,28

*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, September 2023*

**Gambar 4.14 Grafik Hubungan Kepadatan dengan Kadar Aspal**



*sumber: Hasil Perhitungan Laboratorium, September 2023*

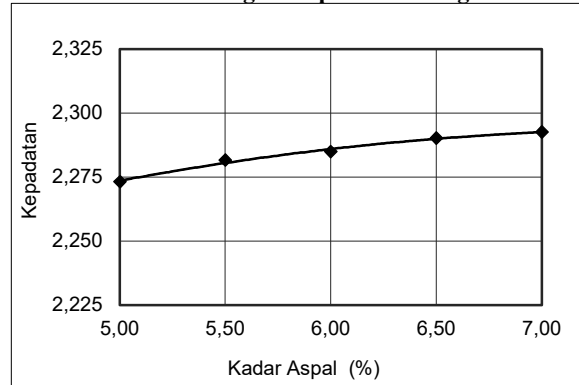


**Tabel 4.33 Hubungan Kepadatan Dengan Kadar Aspal**

FILLER FLY ASH	
KADAR ASPAL (%)	KEPADATAN
5,00	2,27
5,50	2,28
6,00	2,28
6,50	2,29
7,00	2,29

*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, September 2023*

**Gambar 4.15 Grafik Hubungan Kepadatan dengan Kadar Aspal**



*sumber: Hasil Perhitungan Laboratorium, September 2023*

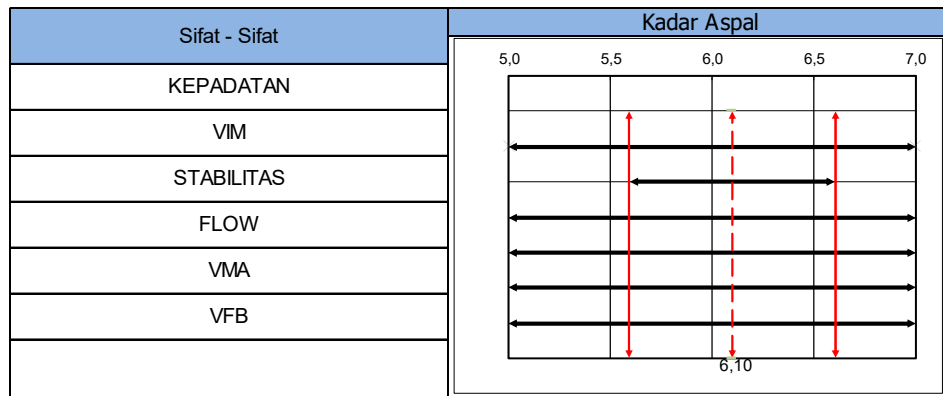
Berdasarkan tabel 4.32 - 4.33 dan gambar 4.15 - 4.16 menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar aspal maka nilai kepadatan suatu campuran akan semakin meningkat. Hal ini karena dengan penambahan kadar aspal memudahkan agregat yang berukuran kecil mengisi rongga-rongga antar butiran agregat yang berukuran lebih besar. Peningkatan kadar aspal menyebabkan kadar aspal dalam campuran lebih banyak mengisi rongga dalam campuran sehingga campuran cenderung lebih padat yang berarti nilai kepadatan semakin meningkat.

Pada tabel dan gambar diatas, menunjukkan bahwa nilai kepadatan pada gradasi - 6% agregat kasar lebih besar dari nilai kepadatan gradasi awal dan gradasi +6% agregat halus. Hal ini dipengaruhi oleh penambahan butiran halus dan pengurangan butiran kasar sehingga menyebabkan campuran lebih padat karena adanya kondisi interlocking antara butiran, sehingga hanya ada sedikit rongga diantara agregat dan hanya

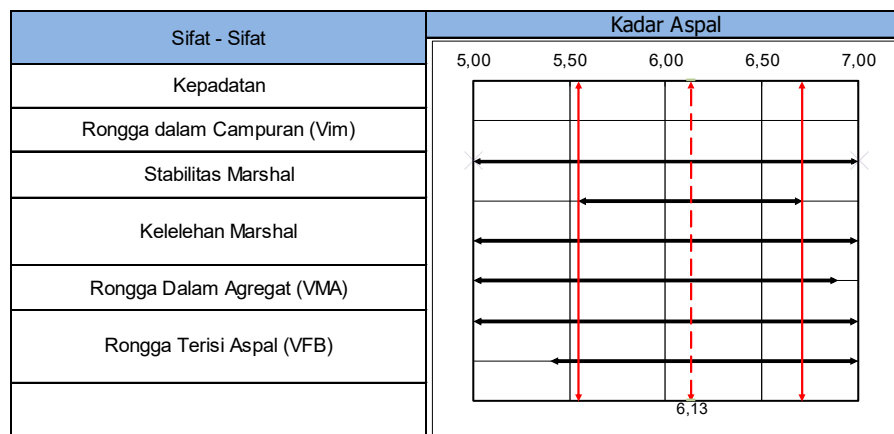
ditempati oleh bahan pengikat untuk menambah kekuatan pada campuran sehingga mempunyai nilai stabilitas yang tinggi.

### 4.3.2 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar aspal optimum adalah nilai tengah dari rentang kadar aspal yang memenuhi semua spesifikasi campuran. Kadar aspal optimum pada (filler Abu Batu Bara) sebesar 6.13%, (filler Semen) sebesar 6.10% dan memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan oleh spesifikasi oleh Bina Marga yaitu menyangkut stabilitas, *Flow*, *MQ*, *VIM*, *VMA*, *VFA*. Kadar aspal dapat ditentukan dengan membuat diagram batang berdasarkan nilai hasil pengujian diatas terhadap seluruh parameter marshall, dengan menentukan bahwa kadar aspal optimum berada pada titik tengah dari rentang kadar aspal optimum yang memenuhi persyaratan dan spesifikasi. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4.16, 4.17 dibawah ini.



**Gambar 4.16 Diagram Batang Kadar Aspal Optimum (Filler Semen)**  
*Sumber: Hasil Perhitungan Laboratorium, September 2023*



**Gambar 4.17 Diagram Batang Kadar Aspal Optimum (Filler Fly Ash)**  
*Sumber: Hasil Perhitungan Laboratorium, september 2023*

**A. Rangkuman Hasil Pengujian Proporsi Campuran dengan KAO, pada filler (semen)**

Dari tabel 4.34 terlihat bahwa kadar aspal optimum untuk campuran Laston AC-WC menggunakan material stok pile PT. Bumi Indah dengan komposisi batu pecah 3/4” adalah sebesar 13,15%, batu pecah 1/2” adalah sebesar 26,29%, abu batu adalah sebesar 39,44%, pasir adalah sebesar 13,15%, *filler* adalah sebesar 1,88%, dari parameter Marshall tersebut dapat terlihat pada Tabel 4.34 dan 4.35 di bawah ini.

**Tabel 4.34 Rangkuman Hasil Uji Campuran ( filler semen)**

NO	KOMPONEN	SATUAN	PROPORSI	SPESIFIKASI	KETERANGAN
1	Batu Pecah 3/4”	%	13,15	-	Tidak disyaratkan
2	Batu Pecah 1/2”	%	26,29	-	Tidak disyaratkan
3	Abu Batu	%	39,44	-	Tidak disyaratkan
4	Pasir Alam	%	13,15	-	Tidak disyaratkan
5	Filler	%	1,88	maks. 2.0	Memenuhi

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium september 2023

**Tabel 4.35 Rangkuman Hasil Uji Campuran (( filler semen)**

NO	SIFAT-SIFAT	SATUAN	HASIL	SPESIFIKASI	KETERANGAN
1	Kadar Aspal Total	%	6,10	-	Tidak disyaratkan
2	Bahan Anti Pengelupasan	%	0,20	0,2 - 0,4	Memenuhi
3	Berat Jenis Maksimum Campuran (Gmm)	-	2,38	-	Tidak disyaratkan
4	Berat Jenis Aspal	-	1,03	-	Tidak disyaratkan
5	Berat Jenis Bulk Agregat	-	2,569	-	Tidak disyaratkan
6	Proporsi Agregat	%	93,90	-	Tidak disyaratkan
7	Rasio Partikel Lolos no. 200 Dengan Kadar Aspal	%	0,73	0.6 - 1.6	Memenuhi
8	Penyerapan Aspal	%	0,27	-	Memenuhi
9	Kadar Aspal Efektif	%	5,83	-	Memenuhi
10	Berat Jenis Contoh Camp. Padat (Gmb)	-	2,27	-	Tidak disyaratkan
11	Stabilitas Marshall	Kg	1664,27	Min 800	Memenuhi
12	Kelelahan Marshall	mm	2,95	2.0 - 4.0	Memenuhi
13	Rongga dalam campuran (VIM)	%	3,94	3.0 - 5.0	Memenuhi
14	Rongga dalam agregat (VMA)	%	16,86	Min 14	Memenuhi
15	Rongga terisi aspal (VFB)	%	76,57	Min 65	Memenuhi
16	Stabilitas Marshall Sisa	%	91,64	Min 90	Memenuhi

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium september 2023

**B. Rangkuman Hasil Pengujian Proporsi Campuran dengan KAO, pada filler (Fly Ash)**

Dari tabel 4.36 terlihat bahwa kadar aspal optimum untuk campuran Laston AC-WC menggunakan material stok pile PT. Bumi Indah dengan komposisi batu pecah 3/4” adalah sebesar 13,14%, batu pecah 1/2” adalah sebesar 26,28%, abu batu adalah sebesar 39,43%, pasir adalah sebesar 13,14%, *filler* adalah sebesar 1,88%, dari parameter Marshall tersebut dapat terlihat pada Tabel 4.36 dan 4.37 di bawah ini.

**Tabel 4.36 Rangkuman Hasil Uji Campuran (filler Fly Ash)**

NO	KOMPONEN	SATUAN	PROPORSI	SPESIFIKASI	KETERANGAN
1	Batu Pecah 3/4"	%	13,14	-	Tidak disyaratkan
2	Batu Pecah 1/2"	%	26,28	-	Tidak disyaratkan
3	Abu Batu	%	39,43	-	Tidak disyaratkan
4	Pasir Alam	%	13,14	-	Tidak disyaratkan
5	Filler (Fly Ash )	%	1,88	maks. 2.0	Memenuhi

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium september 2023

**Tabel 4.37 Rangkuman Hasil Uji Campuran (filler Fly Ash)**

NO	SIFAT-SIFAT	SATUAN	HASIL	SPESIFIKASI	KETERANGAN
1	Kadar Aspal Total	%	6,13	-	Tidak disyaratkan
2	Bahan Anti Pengelupasan	%	0,20	0,2 - 0,4	Memenuhi
3	Berat Jenis Maksimum Campuran (Gmm)	-	2,40	-	Tidak disyaratkan
4	Berat Jenis Aspal	-	1,03	-	Tidak disyaratkan
5	Berat Jenis Bulk Agregat	-	2,56	-	Tidak disyaratkan
6	Proporsi Agregat	%	93,87	-	Tidak disyaratkan
7	Rasio Partikel Lolos no. 200 Dengan Kadar Aspal	%	0,74	0.6 - 1.6	Memenuhi
8	Penyerapan Aspal	%	0,60	-	Memenuhi
9	Kadar Aspal Efektif	%	5,53	-	Memenuhi
10	Berat Jenis Contoh Camp. Padat (Gmb)	-	2,28	-	Tidak disyaratkan
11	Stabilitas Marshall	Kg	1724,20	Min 800	Memenuhi
12	Kelelahan Marshall	mm	3,11	2.0 - 4.0	Memenuhi
13	Rongga dalam campuran (VIM)	%	3,98	3.0 - 5.0	Memenuhi
14	Rongga dalam agregat (VMA)	%	16,32	Min 14	Memenuhi
15	Rongga terisi aspal (VFB)	%	75,59	Min 65	Memenuhi
16	Stabilitas Marshall Sisa	%	91,70	Min 90	Memenuhi

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium september 2023

**C. Rancangan Campuran pada KAO Menggunakan Variasi *Filler* Abu Batu Bara dan Semen.**

Kadar aspal optimum untuk campuran Laston adalah 6,1% (*Filler* semen) dan 6,13 (*filler* fly ash). Berdasarkan kadar aspal optimum diatas maka dilanjutkan dengan variasi penggunaan *filler*. Untuk variasi *filler* yaitu 0% abu batu bara - 100% Pc, 75% abu batu bara - 25% Pc, 50% abu batu bara- 50% PC, 25% abu batu bara - 75% Pc, dan 100% abu batu bara - 0% Pc. Perhitungan campuran beraspal atau beton aspal padat dilaboratorium :

**a) Rancangan Campuran Proporsi *Filler* (Semen)**

Misalnya percobaan komposisi dengan proporsi persen batu pecah 3/4" 13,15%, batu pecah 1/2" 26,29%, abu batu 39,44%, pasir 13,15%, *filler* 1,88%. Berat masing-masing material untuk campuran AC-WC pada contoh kadar aspal optimum 6,1%.

1) Batu pecah 3/4"	= 13,15 % * 1.200	= 157,8 gr
2) Batu pecah 1/2"	= 26,29 % * 1.200	= 315,48 gr
3) Abu batu	= 39,44 % * 1.200	= 473,28 gr
4) Pasir	= 13,15 % * 1.200	= 157,8 gr
5) <i>Filler</i>	= 1,88 % * 1.200	= 22,56 gr
6) Aspal	= 6,1 % * 1.200	= 73,2 gr
	Jumlah	= 1200 gr

Misalnya percobaan komposisi dengan proporsi persen *filler* 1,88%. Berat material 1,128 gram untuk campram AC-WC pada contoh kadar aspal 6.1 %. Variasi *filler* 50% PC-50% abu batu bara.

1) Batu pecah 3/4"	= 13,15 % * 1.200	= 157,8 gr
2) Batu pecah 1/2"	= 26,29 % * 1.200	= 315,48 gr
3) Abu batu	= 39,44 % * 1.200	= 473,28 gr
4) Pasir	= 13,15 % * 1.200	= 157,8 gr
5) <i>Filler</i>		
Semen	= 1,88 % * 1.200 * 50%	= 11,28 gr
Abu batu bara	= 1,88 % * 1.200 * 50%	= 11,28 gr
6) Aspal	= 6,1 % * 1.200	= 73,2 gr
	Jumlah	= 1200 gr

Rangkuman hasil perhitungan berat tiap-tiap campuran pada kadar aspal optimum (variasi *filler* 0% abu batu bara-100 PC, 75% abu batu bara- 25% PC, 50% abu batu bara-

50% PC, 25% abu batu bara-75% PC, dan 100% abu batu bara-0% PC) dapat dilihat pada Tabel 4.39, 4.40, 4.41, 4.42 dan 4.43.

**Tabel 4.38 Hasil Uji Campuran**

No	Komponen	Satuan	Proporsi
1	Batu Pecah 3/4"	%	13,15
2	Batu Pecah 1/2"	%	26,29
3	Abu Batu	%	39,44
4	Pasir	%	13,15
5	<i>Filler</i>	%	1,88
6	Kadar Aspal	%	6.1

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium *september 2023*

**Tabel 4.39 Formula Campuran Rencana 0% Abu Batu Bara dan 100% Semen**

Formula Campuran 0% Batu Bara dan 100% Semen

No	Komposisi Campuiran	Satuan	Hasil
1	Aspal	Gram	60,0
2	Batu Pecah 3/4"	Gram	159,6
3	Batu Pecah 1/2"	Gram	319,2
4	Abu Batu	Gram	478,8
5	Pasir	Gram	159,6
6	<i>Filler</i> Semen	Gram	22,8
7	<i>Filler</i> Abu Batu Bara	Gram	22,8
8	Berat Agregat Campuran	Gram	1.140
9	Berat Rencana Total Campuran	Gram	1.200

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium *september 2023*

**Tabel 4.40 Formula Campuran Rencana 25% Abu Batu Bara dan 75% Semen**

Formula Campuran 25% Batu Bara dan 75% Semen

No	Komposisi Campuiran	Satuan	Hasil
1	Aspal	Gram	66,0
2	Batu Pecah 3/4"	Gram	158,8
3	Batu Pecah 1/2"	Gram	317,5
4	Abu Batu	Gram	476,3
5	Pasir	Gram	158,8
6	<i>Filler</i> Semen	Gram	22,7
7	<i>Filler</i> Abu Batu Bara	Gram	22,7
8	Berat Agregat Campuran	Gram	1.134
9	Berat Rencana Total Campuran	Gram	1.200

*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium september 2023***Tabel 4.41 Formula Campuran Rencana 50% Abu Batu Bara dan 50%Semen**

Formula Campuran 50% Batu Bara dan 50% Semen

No	Komposisi Campuiran	Satuan	Hasil
1	Aspal	Gram	72,0
2	Batu Pecah 3/4"	Gram	157,9
3	Batu Pecah 1/2"	Gram	315,8
4	Abu Batu	Gram	473,8
5	Pasir	Gram	157,9
6	<i>Filler</i> Semen	Gram	22,6
7	<i>Filler</i> Abu Batu Bara	Gram	22,6
8	Berat Agregat Campuran	Gram	1.128
9	Berat Rencana Total Campuran	Gram	1.200

*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium september 2023*

**Tabel 4.42 Formula Campuran Rencana 75% Abu Batu Bara dan 25% Semen**

Formula Campuran 75% Batu Bara dan 25% Semen

No	Komposisi Campuiran	Satuan	Hasil
1	Aspal	Gram	78,0
2	Batu Pecah 3/4"	Gram	157,1
3	Batu Pecah 1/2"	Gram	314,2
4	Abu Batu	Gram	471,2
5	Pasir	Gram	157/1
6	<i>Filler</i> Semen	Gram	22,4
7	<i>Filler</i> Abu Batu Bara	Gram	22,4
8	Berat Agregat Campuran	Gram	1.122
9	Berat Rencana Total Campuran	Gram	1.200

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium *september 2023***Tabel 4.43 Formula Campuran Rencana 100% Abu Batu Bara dan 0% Semen**

Formula Campuran 100% Batu Bara dan 0% Semen

N o	Komposisi Campuiran	Satua n	Hasil
1	Aspal	Gram	84,0
2	Batu Pecah 3/4"	Gram	156,2
3	Batu Pecah 1/2"	Gram	312,5
4	Abu Batu	Gram	468,7
5	Pasir	Gram	156,2
6	<i>Filler</i> Semen	Gram	22,3
7	<i>Filler</i> Abu Batu Bara	Gram	22,3
8	Berat Agregat Campuran	Gram	1.116
9	Berat Rencana Total Campuran	Gram	1.200

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium *september 2023*

Untuk mengetahui kadar aspal optimum tersebut di buat tiga contoh benda uji yaitu A, dan B sehingga berjumlah 24 benda uji. Campuran dengan menggunakan variasi *filler* abu batu bara dan semen 0% abu batu bara - 100% Pc, 75 % abu batu bara - 25% Pc, 50% abu batu bara - 50% Pc, 25% abu batu bara - 75% Pc dan 100% abu batu bara -0% Pc di buat dua contoh benda uji berjumlah 10 benda uji.



**b) Rancangan Campuran Proporsi Filler abu batu bara (*Fly Ash*)**

Misalnya percobaan komposisi dengan proporsi persen batu pecah 3/4" 13,14%, batu pecah 1/2" 26,28%, abu batu 39,43%, pasir 13,14%, *filler* 1,88%. Berat masing-masing material untuk campuran AC-WC pada contoh kadar aspal optimum 6,13%.

1) Batu pecah 3/4"	= 13,14 % * 1.200	= 157,9 gr
2) Batu pecah 1/2"	= 26,28 % * 1.200	= 315,8 gr
3) Abu batu	= 39,43 % * 1.200	= 473,8 gr
4) Pasir	= 13,14 % * 1.200	= 157,9 gr
5) <i>Filler</i>	= 1,88 % * 1.200	= 22,6 gr
6) Aspal	= 6,13 % * 1.200	= 72,0 gr
	Jumlah	= 1200 gr

Misalnya percobaan komposisi dengan proporsi persen *filler* 1,88%. Berat material 1,128 gram untuk campram AC-WC pada contoh kadar aspal 6.13 %. Variasi *filler* 50% PC-50% abu batu bara.

1) Batu pecah 3/4"	= 13,14 % * 1.200	= 157,9 gr
2) Batu pecah 1/2"	= 26,28 % * 1.200	= 315,8 gr
3) Abu batu	= 39,43 % * 1.200	= 473,8 gr
4) Pasir	= 13,14 % * 1.200	= 157,9 gr
5) <i>Filler</i>		
Semen	= 1,88 % * 1.200 * 50%	= 11,28 gr
Abu batu bara	= 1,88 % * 1.200 * 50%	= 11,28 gr
6) Aspal	= 6,13 % * 1.200	= 72,0 gr
	Jumlah	= 1200 gr

Rangkuman hasil perhitungan berat tiap-tiap campuran pada kadar aspal optimum (variasi *filler* 0% abu batu bara-100 PC, 75% abu batu bara- 25% PC, 50% abu batu bara-50% PC, 25% abu batu bara-75% PC, dan 100% abu batu bara-0% PC) dapat dilihat pada Tabel 4.39, 4.40, 4.41, 4.42 dan 4.43.

**Tabel 4.44 Hasil Uji Campuran**

No	Komponen	Satuan	Proporsi
1	Batu Pecah 3/4"	%	13,14
2	Batu Pecah 1/2"	%	26,28
3	Abu Batu	%	39,43
4	Pasir	%	13,14
5	<i>Filler</i>	%	1,88
6	Kadar Aspal	%	6.13

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium *september 2023*

**Tabel 4.45 Formula Campuran Rencana 0% Abu Batu Bara dan 100% Semen**

Formula Campuran 0% Batu Bara dan 100% Semen

No	Komposisi Campuran	Satuan	Hasil
1	Aspal	Gram	60,0
2	Batu Pecah 3/4"	Gram	159,6
3	Batu Pecah 1/2"	Gram	319,2
4	Abu Batu	Gram	478,8
5	Pasir	Gram	159,6
6	<i>Filler</i> Semen	Gram	22,8
7	<i>Filler</i> Abu Batu Bara	Gram	22,8
8	Berat Agregat Campuran	Gram	1.140
9	Berat Rencana Total Campuran	Gram	1.200

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium *september 2023*

**Tabel 4.46 Formula Campuran Rencana 25% Abu Batu Bara dan 75% Semen**

Formula Campuran 25% Batu Bara dan 75% Semen

No	Komposisi Campuiran	Satuan	Hasil
1	Aspal	Gram	66,0
2	Batu Pecah 3/4"	Gram	158,8
3	Batu Pecah 1/2"	Gram	317,5
4	Abu Batu	Gram	476,3
5	Pasir	Gram	158,8
6	<i>Filler</i> Semen	Gram	22,7
7	<i>Filler</i> Abu Batu Bara	Gram	22,7
8	Berat Agregat Campuran	Gram	1.134
9	Berat Rencana Total Campuran	Gram	1.200

*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium september 2023***Tabel 4.47 Formula Campuran Rencana 50% Abu Batu Bara dan 50%Semen**

Formula Campuran 50% Batu Bara dan 50% Semen

No	Komposisi Campuiran	Satuan	Hasil
1	Aspal	Gram	72,0
2	Batu Pecah 3/4"	Gram	157,9
3	Batu Pecah 1/2"	Gram	315,8
4	Abu Batu	Gram	473,8
5	Pasir	Gram	157,9
6	<i>Filler</i> Semen	Gram	22,6
7	<i>Filler</i> Abu Batu Bara	Gram	22,6
8	Berat Agregat Campuran	Gram	1.128
9	Berat Rencana Total Campuran	Gram	1.200

*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium september 2023*

**Tabel 4.48 Formula Campuran Rencana 75% Abu Batu Bara dan 25% Semen**

Formula Campuran 75% Batu Bara dan 25% Semen

No	Komposisi Campuiran	Satuan	Hasil
1	Aspal	Gram	78,0
2	Batu Pecah 3/4"	Gram	157,1
3	Batu Pecah 1/2"	Gram	314,2
4	Abu Batu	Gram	471,2
5	Pasir	Gram	157,1
6	<i>Filler</i> Semen	Gram	22,4
7	<i>Filler</i> Abu Batu Bara	Gram	22,4
8	Berat Agregat Campuran	Gram	1.122
9	Berat Rencana Total Campuran	Gram	1.200

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium *september 2023***Tabel 4.49 Formula Campuran Rencana 100% Abu Batu Bara dan 0% Semen**

Formula Campuran 100% Batu Bara dan 0% Semen

No	Komposisi Campuiran	Satuan	Hasil
1	Aspal	Gram	84,0
2	Batu Pecah 3/4"	Gram	156,2
3	Batu Pecah 1/2"	Gram	312,5
4	Abu Batu	Gram	468,7
5	Pasir	Gram	156,2
6	<i>Filler</i> Semen	Gram	22,3
7	<i>Filler</i> Abu Batu Bara	Gram	22,3
8	Berat Agregat Campuran	Gram	1.116
9	Berat Rencana Total Campuran	Gram	1.200

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium *september 2023*

Untuk mengetahui kadar aspal optimum tersebut di buat tiga contoh benda uji yaitu A, dan B sehingga berjumlah 24 benda uji. Campuran dengan menggunakan variasi *filler* abu batu bara dan semen 0% abu batu bara - 100% Pc, 75 % abu batu bara - 25% Pc, 50% abu batu bara - 50% Pc, 25% abu batu bara - 75% Pc dan 100% abu batu bara -0% Pc di buat dua contoh benda uji berjumlah 10 benda uji.