

## BAB IV

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pengambilan Material

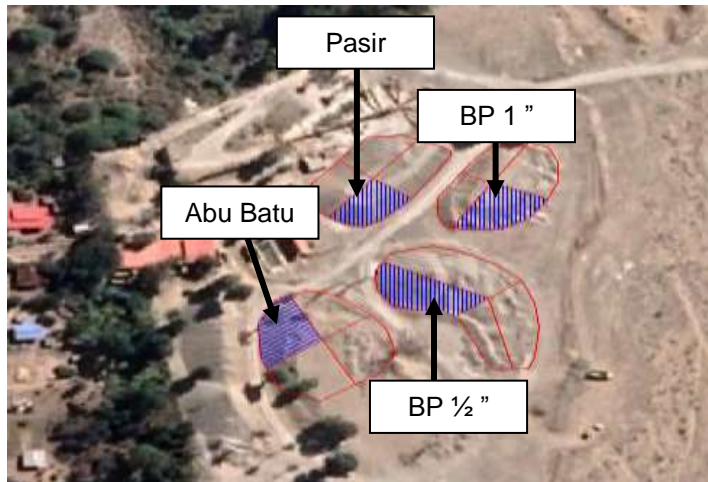
Pada penelitian ini proses pengambilan material yang berupa agregat kasar (batu pecah 1", dan batu pecah ½"), agregat halus (abu batu dan pasir ) dilakukan di tempat penyimpanan material (*stock pile*) pada *Quarry Has Ain Covalima* milik PT. Star King. Material-material yang terdapat *Quarry Has Ain Covalima* ditumpuk berdasarkan jenisnya. Material agregat kasar, agregat halus dan abu batu diambil dari tumpukan agregat yang berbentuk kerucut hasil produksi dari *stone crusher*. . Pengambilan material agregat kasar dan agregat halus dilakukan dengan menggunakan sekop, cara menyekop diambil pada bagian bawah, tengah dan atas penumpukan material (*stock pile*) tersebut, hal ini dilakukan untuk menghindari tercampurnya agregat yang mengalami segregasi, agregat kemudian dimasukkan kedalam karung. Tujuan dari penggunaan metode ini, agregat yang diambil dapat mewakili keseluruhan populasi agregat yang berada pada *Quarry Has Ain Covalima* .



**Gambar 4.1** Quarry Has Ain Covalima

**Sumber :** Google Earth

Pada penelitian ini juga dilakukan cara segmentasi agregat, yaitu dengan cara membagi agregat pada timbunan yang ada di Stock Pile menjadi beberapa segmen sehingga jika suatu segmen tidak memenuhi spesifikasi maka akan diganti dengan segmen yang lainnya. Penelitian ini juga mengacu pada SNI 03-6889-2002.



**Gambar 4.2** Pengambilan Material dengan cara segmentasi  
**Sumber :** Google Earth

## 4.2 Persiapan Peralatan dan pengujian Material

Pekerjaan persiapan peralatan dilakukan sebelum melakukan pengujian material. Peralatan untuk perencanaan campuran di laboratorium meliputi antara lain alat untuk alat *Quartering*, satu set saringan (1",  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{3}{8}$ ", No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100 dan No.200), cetakan benda uji, mesin penumbuk, mesin *Los Angeles*, *extruder*, *water bath*, oven, alat pencampur, alat *Marshall* dan alat bantu lainnya. Setiap alat yang digunakan dalam penelitian sudah dalam kondisi baik dan siap digunakan.

## 4.3 Analisa Material Agregat Kasar dan Agregat Halus

### 4.3.1 Pengujian Material Agregat Kasar

Berikut ini adalah hasil pengujian agregat kasar yang berasal dari *Quarry* Has Ain Covalima. Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah terdiri dari 2 jenis, yaitu batu pecah 1" (25,4 mm) dan batu pecah  $\frac{1}{2}$ " (12,5 mm). Perhitungan terhadap pengujian agregat kasar adalah sebagai berikut.

#### A. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Agregat yang dipakai dalam pengujian ini adalah agregat dengan ukuran 1" (25,4 mm) dan  $\frac{1}{2}$ " (12,5 mm). atau agregat yang tertahan saringan No.4 yang berasal dari *Quarry* Has Ain Covalima. Hasil perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat air kasar dapat dilihat pada tabel 4.1 dan tabel 4.2 berikut ini.

**Tabel 4.1 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar 1”**

Batu Pecah 1” Ex. Has Ain Covalima

Uraian		A	B	Satuan
Berat benda uji kering permukaan jenuh	BJ	2.618	2.743	gram
Berat benda uji di dalam air	BA	1.620	1.699	gram
Berat benda uji kering oven	BK	2.605	2.730	gram

Uraian	A	B	Rata-Rata	Spec
Berat Jenis (bulk) $\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2,610	2,615	<b>2,613</b>	-
Berat Jenis (ssd) $\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2,623	2,627	<b>2,625</b>	-
Berat Jenis (apparent) $\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2,645	2,648	<b>2,646</b>	-
Penyerapan Air $\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	0,499	0,476	<b>0,488</b>	<b>Max 3</b>

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Provinsi Nusa Tenggara Timur

**Contoh Perhitungan Agregat Kasar 1”:**

1. Berat jenis (*Bulk*) =  $\frac{Bk}{Bj - Ba}$  =  $\frac{2.605}{2.618 - 1.620}$  = 2,610 gram

Berat jenis (*Bulk*) Rata – rata =  $\frac{A + B}{2}$   
 =  $\frac{2.610 + 2.615}{2}$   
 = **2,613 gram**

2. (*SSD*) =  $\frac{Bj}{Bj - Ba}$  =  $\frac{2.743}{2.618 - 1.620}$  = 2,623 gram

SSD Rata – rata =  $\frac{A + B}{2}$   
 =  $\frac{2.623 + 2.627}{2}$   
 = **2,625 gram**

3. Berat jenis semu (*Apparent*) =  $\frac{Bk}{Bk - Ba}$  =  $\frac{2.605}{2.605 - 1.620}$  = 2,645 gram

Apparent Rata – rata =  $\frac{A + B}{2}$   
 =  $\frac{2.645 + 2.648}{2}$   
 = **2,646 gram**

$$4. \text{ Penyerapan Air (Absorption)} = \frac{A}{B} = \frac{0,499}{1,0476} = 0,499 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air (Absorption) Rata-rata} &= A + B \\ &= 0,499 + 0,476 \\ &= \mathbf{0,488 \%} \end{aligned}$$

**Tabel 4.2 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar 1/2"**

Batu Pecah 1/2" Ex. Has Ain Civalima

Uraian	A	B	Satuan
Berat benda uji kering permukaan jenuh BJ	2.022	2.581	gram
Berat benda uji di dalam air BA	1.250	1.593	gram
Berat benda uji kering oven BK	2.010	2.571	gram

	A	B	Rata-Rata	Spec
Berat Jenis (bulk) $\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2,604	2,602	<b>2,603</b>	-
Berat Jenis (ssd) $\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2,619	2,612	<b>2,616</b>	-
Berat Jenis (apparent) $\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2,645	2,629	<b>2,637</b>	-
Penyerapan Air $\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	0,597	0,389	<b>0,493</b>	<b>Max 3</b>

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Provinsi Nusa Tenggara Timur

Contoh Perhitungan Agregat Kasar "":

$$1. \text{ Berat jenis (Bulk)} = \frac{Bk}{Bj - Ba} = \frac{2.010}{2.581 - 1.250} = 2,604 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis (Bulk) Rata-rata} &= A + B \\ &= 2,604 + 2,602 \\ &= \mathbf{2,603 \text{ gram}} \end{aligned}$$

$$2. \text{ (SSD)} = \frac{Bj}{Bj - Ba} = \frac{2.581}{2.581 - 1.250} = 2,619 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{SSD Rata-rata} &= A + B \\ &= 2,604 + 2,612 \\ &= \mathbf{2,616 \text{ gram}} \end{aligned}$$

$$3. \text{ Berat jenis semu (Apparent)} = \frac{Bk}{Bk - Ba} = \frac{2.010}{2.571 - 1.250} = 2,645 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{Apparent Rata – rata} &= A + B \\ &= 2,645 + 2,629 \\ &= \mathbf{2,637 \text{ gram}} \end{aligned}$$

$$4. \text{ Penyerapan Air (Absorption)} = \frac{-}{-} = \frac{-}{-} \quad 0.597 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air (Absorption) Rata –rata} &= A + B \\ &= 0,597\% + 0,389\% \\ &= \mathbf{0,493\%} \end{aligned}$$

Proses pengujian berat jenis (*Bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD*), berat jenis semu (*Apparent*) dan penyerapan air pada agregat kasar dilakukan secara berurutan, dikarenakan pada pengujian tersebut memiliki kebutuhan parameter yang sama dan saling terkait yaitu berat benda uji kering oven, berat benda uji kering 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 agregat kasar 1" (25,4 mm) dan agregat kasar ½" (12,5 mm). 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 berat jenis dan penyerapan air agregat kasar yang terdapat pada table 4.1 dan table 4.2 memenuhi standar pengujian yang disyaratkan dalam spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 yaitu maksimum 3% (SNI 03-1969-2008).

## **B. Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar**

Pengujian Gradasi atau Analisa Saringan dilakukan terhadap agregat kasar, yaitu batu pecah 1" (25,4 mm) dan batu pecah ½" (12,5 mm). yang berasal dari *Quarry* Has Ain Covalima yang merupakan milik PT. Star King. Pengujian gradasi dilakukan dengan cara menyaring masing-masing material. Pengujian gradasi dilakukan masing-masing agregat dengan dua contoh benda uji kemudian kedua hasil pengujian dirata-ratakan. Nilai rata-rata inilah yang akan digunakan dalam perhitungan proporsi agregat gabungan.

Tujuan dari pengujian analisa saringan ini adalah untuk menentukan pembagian butiran dari agregat kasar dan agregat halus dengan menggunakan saringan. Pengujian analisa saringan agregat kasar 1" (25,4 mm) dan analisa saringan agregat kasar ½" (12,5 mm) pada table 4.3 dan table 4.4 memenuhi standars pesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 yaitu agregat kasar tertahan pada saringan no.4. Hasil Pengujian gradasi batu pecah 1" (25,4 mm) dapat dilihat pada table 4.3 dan ½ (12,5 mm) dapat dilihat pada table 4.4

berikut:

**Tabel 4.3 Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar 1”**

Jenis Material : Batu Pecah 1” Ex. Has Ain Covalima

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) = <b>1.715,0</b>				Rata- Rata
				Berat benda uji II (g) = <b>1.772,2</b>				
(ASTM)	(mm)	I	II	Persen Tertahan		Persen Lolos		
				I	II	I	II	
1	25,0	0	0	0	0	100	100	<b>100</b>
3/4	19,0	0	0	0,00	0,00	100,00	100,00	<b>100</b>
1/2	12,5	1.180,4	1.128,2	68,83	63,66	31,17	36,34	<b>33,76</b>
3/8	9,50	1.571,8	1.563,4	91,65	88,22	8,35	11,78	<b>10,07</b>
No.4	4,75	1.714,4	1.771,2	99,97	99,94	0,03	0,06	<b>0,05</b>

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Provinsi Nusa Tenggara Timur

**Contoh Perhitungan Agregat Kasar 1”:**

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Persen Tertahan} &= \frac{\text{Jumlah berat tertahan}}{\text{Berat Benda Uji}} \times 100 \\
 &= \frac{1.180,4}{1.715,0} \times 100 \\
 &= \mathbf{68,83\%}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Persen Lolos} &= 100 - \text{Persen tertahan} \\
 &= 100 - 68,83\% \\
 &= \mathbf{31,17\%}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Rata - rata persen lolos} &= \frac{\text{Persen lolos I} + \text{persen lolos II}}{2} \\
 &= \frac{31,17 + 36,34}{2} \\
 &= \mathbf{33,76 \%}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.4 Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar ½”**

SARINGAN		Jumlah berat benda uji I (g) = <b>1.634,2</b>						Rata- Rata
		Tertahan erat benda uji II (g) = <b>1.665,1</b>						
		Persen Tertahan			Persen Lolos			
(ASTM)	(mm)	I	II	I	II	I	II	
3/4	19,0	0	0	0	0	100	100	<b>100</b>
1/2	12,5	0	0	0	0	100	100	<b>100</b>
3/8	9,50	730,4	777,7	44,69	46,71	55,31	53,29	<b>54,30</b>
No.4	4,75	1.515,6	1.561,9	92,74	93,80	7,26	6,20	<b>6,73</b>
No.8	2,36	1.631	1.656	99,79	99,45	0,21	0,55	<b>0,38</b>

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Provinsi Nusa Tenggara Timur

**Contoh Perhitungan Agregat Kasar ½”:**

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Persen Tertahan} &= \frac{\text{Jumlah berat tertahan} \times 100}{\text{Berat Benda Uji}} \\
 &= \frac{730,4 \times 100}{1.634,2} \\
 &= \mathbf{44,69 \%}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Persen Lolos} &= 100 - \text{Persen tertahan} \\
 &= 100 - 44,69\% \\
 &= \mathbf{55,31 \%}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Rata - rata persen lolos} &= \frac{\text{Persen lolos I} + \text{persen lolos II}}{2} \\
 &= \frac{55,31 + 53,29}{2} \\
 &= \mathbf{54,30 \%}
 \end{aligned}$$

Penentuan analisis saringan agregat kasar dilakukan dengan cara menyaring agregat kasar pada satu set saringan. Kemudian agregat yang tertahan pada masing-masing saringan ditimbang secara bertahap. Setelah itu dilakukan perhitungan terhadap persen tertahan dan persen lolos dengan cara perhitungan terdiri dari persen tertahan merupakan perbandingan antara jumlah tertahan dengan berat awal benda uji dikali 100, sedangkan persen lolos diperoleh dari 100 dikurangi persen tertahan. Hasil dari perhitungan tersebut yang akan digunakan dalam contoh perhitungan.

**C. Pengujian Keausan Agregat Kasar (Abrasi)**

Pengujian ini dilakukan pada material agregat kasar 1” (25,4 mm) dan agregat kasar ½” (12,5 mm) yang tertahan saringan ukuran ½” (12,5 mm) dan tertahan saringan

ukuran  $\frac{3}{8}$ " (9,5 mm). Maksud dari pengujian ini adalah untuk mengetahui angka keausan yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lolos saringan no.12. pengujian ini dapat digunakan untuk menemtukan keausan agregat kasar, hasil pengujian material ini pada umumnya dapat dipergunakan dalam perencanaan dan pelaksanaan bahan perkerasan jalan atau konstruksi beton.

**Tabel 4.5 Hasil pengujian keausan agregat kasar dengan mesin *Los Angeles***

Jenis Material : Batu Pecah Ex. Star King

Gradasi Pemeriksaan		GRADING (B)	
Ukuran Saringan		I	II
Lolos	Tertahan	Berat (a)	Berat (b)
76,2 (3")	63,5 (2 1/2")		
63,5 (2 1/2")	50,8 (2")		
50,8 (2")	36,1 (1 1/2")		
36,1 (1 1/2")	25,4 (1")		
25,4 (1")	19,1 (3/4")		
19,1 (3/4")	12,7 (1/2")	2.500	2.500
12,7 (1/2")	9,52 (3/8")	2.500	2.500
9,52 (3/8")	6,35 (1/4")		
6,35 (1/4")	4,75 (No.4)		
4,75 (No.4)	2,36 (No.8)		
Jumlah Berat		5.000	5.000
Berat tertahan saringan No.12 sesudah percobaan (b)		3.896,2	3.894,3
% Keausan ( c)		22,076	22,114
% Keausan rata-rata		22,10	

**Sumber :** Hasil Pengujian Laboratorium Provinsi Nusa Tenggara Timur

**Contoh Perhitungan Agregat Kasar :**

I.	a.	=	5.000	gram	II.	a.	=	5.000	gram
	b.	=	3.896	gram		b.	=	3.894	gram
	a - b	=	1.104	gram		a - b	=	1.106	gram
Keausan -I	=	$\frac{a - b}{a}$	x	100%	=	<b>22,076</b>			
Keausan -II	=	$\frac{a - b}{a}$	x	100%	=	<b>22,114</b>			
Keausan rata-rata	=			22,10		<b>Spec : Max 40</b>			

Hasil pengujian Keausan agregat kasar dengan Mesin Los Angeles (Abrasi) yang terdapat pada table 4.5 memenuhi standar pengujian yang disyaratkan dalam spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 yakni maksimum **40%** (SNI 2417-2008). Nilai keausan agregat kasar dalam pengujian ini adalah **22,10%**.



### 4.3.2 Analisa Pengujian Material Agregat Halus

Material yang digunakan pada pengujian ini adalah abu batu dan pasir yang lolos saringan no.4 dan tertahan no.200 yang di syaratkan dalam spesifikasi bina marga 2010.

#### A. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Agregat halus yang dipakai dalam pengujian ini adalah agregat halus (abu batu) dan agregat halus (pasir) atau agregat halus yang lolos saringan no.4 dan tertahan saringan no.200 yang berasal dari *Quarry* Has Ain Covalima. Hasil perhitungan berat jenis dan penyerapan air agregat halus dapat dilihat pada table 4.6 dan table 4.7 berikut ini.

**Tabel 4.6 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus**

Jenis Material : Abu Batu Ex. Has Ain Covalima

No. Contoh		A	B	Satuan
Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)	500	500	500	gram
Berat piknometer + air (25°C)	B	717,30	718,20	gram
Berat piknometer + air + benda uji	Bt	1024,00	1024,80	gram
Berat benda uji kering oven (Bk)	BK	494,10	494,60	gram

		A	B	Rata-Rata	Spec
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{B + 500 - Bt}$	2,556	2,557	<b>2,557</b>	-
Berat Jenis kering permukaan jenuh	$\frac{500}{B + 500 - Bt}$	2,587	2,585	<b>2,586</b>	-
Berat Jenis (apparent)	$\frac{Bk}{B + Bk - Bt}$	2,637	2,631	<b>2,634</b>	-
Penyerapan Air	$\frac{500 - Bk}{Bk} \times 100\%$	1,194	1,092	<b>1,143</b>	<b>Max 3</b>

**Sumber** : Hasil Pengujian Laboratorium Provinsi Nusa Tenggara Timur

Contoh Perhitungan Abu Batu :

1. Berat jenis (*Bulk*) = \_\_\_\_\_

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis (Bulk) Rata - rata} &= A + B \\ &= 2,556 + 2,557 \\ &= \mathbf{2,557 \text{ Gram}} \end{aligned}$$

2. (*SSD*) = \_\_\_\_\_ Gram

3. Berat jenis semu (*Apparent*) \_\_\_\_\_ Gram

$$\begin{aligned} \text{Apparent Rata - rata} &= A + B \\ &= 2,637 + 2,631 \\ &= \mathbf{2,634 \text{ Gram}} \end{aligned}$$

4. Penyerapan Air (*Absorption*) \_\_\_\_\_ %

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air (Absorption) Rata -rata} &= A + B \\ &= 1,194 + 1,092 \\ &= \mathbf{1,143 \%} \end{aligned}$$

**Tabel 4.7 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat Halus**

Jenis Material : Pasir Alam Ex. Has Ain Covalima

No. Contoh		A	B	Satuan
Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)	500	500	500	gram
Berat piknometer + air (25°C)	B	717.30	718.60	gram
Berat piknometer + air + benda uji	Bt	1025.60	1025.90	gram
Berat benda uji kering oven (Bk)	BK	495.00	495.50	gram

		A	B	Rata-Rata	Spec
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{B + 500 - Bt}$	2.582	2.571	<b>2.577</b>	-
Berat Jenis kering permukaan jenuh	$\frac{500}{B + 500 - Bt}$	2.608	2.595	<b>2.601</b>	-
Berat Jenis (apparent)	$\frac{Bk}{B + Bk - Bt}$	2.651	2.633	<b>2.642</b>	-
Penyerapan Air	$\frac{500 - Bk}{Bk} \times 100\%$	1.010	0.908	<b>0.959</b>	<b>Max 3</b>

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Provinsi Nusa Tenggara Timur

**Contoh Perhitungan Pasir :**

1. Berat jenis (*Bulk*) \_\_\_\_\_ gram

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis (Bulk) Rata - rata} &= A + B \\ &= 2,582 + 2,571 \\ &= \mathbf{2,577 \text{ gram}} \end{aligned}$$

2. (*SSD*) = \_\_\_\_\_ gram

3. Berat jenis semu (*Apparent*) \_\_\_\_\_ gram

$$\begin{aligned} \text{Apparent Rata - rata} &= A + B \\ &= 2,651 + 2,63 = \mathbf{2,642 \text{ gram}} \end{aligned}$$

$$4. \text{ Penyerapan Air (Absorption) } = \frac{\text{---}}{\text{---}}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air (Absorption) Rata-rata} &= A + B \\ &= 1,010 + 0,908 \\ &= \mathbf{0,959 \%} \end{aligned}$$

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 4.6 dan tabel 4.7 memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 yakni maksimum penyerapan air 3% (SNI 03-1969-2008).

### B. Pengujian Analisis Saringan

Material yang digunakan pada pengujian analisa saringan ini adalah abu batu dan pasir, agregat yang lolos saringan no.4 dan tertahan saringan no.200. Hasil pengujian analisa saringan agregat halus dapat dilihat pada tabel 4.8 dan tabel 4.9 berikut ini.

**Tabel 4.8 Hasil pengujian analisa saringan agregat halus (Abu Batu)**

Jenis Material : Abu Batu Ex. Has Ain Covalima

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) = <b>1.622,0</b>				Rata-Rata
				Berat benda uji II (g) = <b>1.696,0</b>				
(ASTM)	(mm)	I	II	Persen Tertahan		Persen Lolos		
				I	II	I	II	
3/4	19,0	0	0	0	0	100	100	<b>100</b>
1/2	12,5	0	0	0	0	100	100	<b>100</b>
3/8	9,50	0	0	0	0	100	100	<b>100</b>
No.4	4,75	0	0	0,00	0,00	100,00	100,00	<b>100,00</b>
No.8	2,36	355,2	369,7	21,90	21,80	78,10	78,20	<b>78,15</b>
No.16	1,18	601,3	635,6	37,07	37,48	62,93	62,52	<b>62,73</b>
No.30	0,60	1.003,3	1.033,0	61,86	60,91	38,14	39,09	<b>38,62</b>
No.50	0,30	1.252,9	1.298,8	77,24	76,58	22,76	23,42	<b>23,09</b>
No.100	0,150	1.354,8	1.436,9	83,53	84,72	16,47	15,28	<b>15,88</b>
No.200	0,075	1.393,3	1.450,9	85,90	85,55	14,10	14,45	<b>14,28</b>

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Provinsi Nusa Tenggara Timur

### Contoh Perhitungan Abu Batu :

$$\begin{aligned} 1. \text{ Persen Tertahan} &= \frac{\text{Jumlah berat tertahan}}{\text{Berat Benda Uji}} \times 100 \\ &= \frac{355,2}{1.622,0} \times 100 \\ &= \mathbf{21,90\%} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Persen Lolos} &= 100 - \text{Persen tertahan} \\
 &= 100 - 21,90\% \\
 &= \mathbf{78,10\%}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Rata – rata persen lolos} &= \frac{\text{Persen lolos I} + \text{persen lolos II}}{2} \\
 &= \frac{78,10 + 78,20}{2} \\
 &= \mathbf{78,15\%}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.9 Hasil pengujian analisa saringan agregat Halus (Pasir)**

Jenis Material : Pasir Alam Ex. Has Ain Covalima

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) = <b>1.612,4</b>				Rata- Rata
				Berat benda uji II (g) = <b>1.611,4</b>				
(ASTM)	(mm)	I	II	Persen Tertahan		Persen Lolos		
				I	II	I	II	
3/4	19,0	0	0	0	0	100	100	<b>100</b>
1/2	12,5	0	0	0	0	100	100	<b>100</b>
3/8	9,50	0	0	0	0	100	100	<b>100</b>
No.4	4,75	0	0	0	0	100	100	<b>100,00</b>
No.8	2,36	176,9	211,3	10,97	13,11	89,03	86,89	<b>87,96</b>
No.16	1,18	341,2	405,3	21,16	25,15	78,84	74,85	<b>76,84</b>
No.30	0,60	946,7	996,7	58,71	61,85	41,29	38,15	<b>39,72</b>
No.50	0,30	1.436,7	1.432,9	89,10	88,92	10,90	11,08	<b>10,99</b>
No.100	0,15	1.597,0	1.591,2	99,04	98,75	0,96	1,25	<b>1,10</b>

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Provinsi Nusa Tenggara Timur

**Contoh Perhitungan Pasir:**

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Persen Tertahan} &= \frac{\text{Jumlah berat tertahan}}{\text{Berat BendaUji}} \times 100 \\
 &= \frac{176,9}{1612,4} \times 100 \\
 &= \mathbf{10,97\%}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Persen Lolos} &= 100 - \text{Persen tertahan} \\
 &= 100 - 10,97\% \\
 &= \mathbf{89,03\%}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
3. \text{ Rata – rata persen lolos} &= \frac{\text{Persen lolos I} + \text{persen lolos II}}{2} \\
&= \frac{89,03 + 86,89}{2} \\
&= \mathbf{87,96\%}
\end{aligned}$$

Pengujian analisa saringan agregat halus (abu batu) dan analisa saringan agregat halus (pasir) pada tabel 4.8 dan tabel 4.9 memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 yaitu agregat halus (abu batu) dan agregat halus (pasir) lolos 100% saringan no.4 dan tertahan pada saringan no.200.

#### **4.4 Rancangan Komposisi Agregat Gabungan**

Untuk membuat komposisi agregat gabungan maka diperlukan data hasil gradasi dari fraksi kasar (*CA*), atau fraksi agregat kasar yang tertahan saringan no.8, fraksi halus (*FA*) atau fraksi 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 persentase tersebut dapat diperoleh kadar aspal perkiraan (*Pb*) atau biasa disebut dengan kadar aspal tengah.

Komposisi agregat gabungan dapat diketahui dengan cara grafis (penggambaran kurva hubungan antara persentase lolos agregat dan ukuran saringan berada didalam kurva batas atas dan batas bawah) spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 Revisi 3. Perhitungan persentase agregat gabungan dan penggambaran kurva hubungannya dapat dilihat pada tabel 4.10 berikut ini.

**Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Gradasi Agregat Gabungan**

Saringan (ASTM)	Agregat Kasar 1"		Agregat Halus ½"		Abu Batu		Pasir		Total	Spes
	20,00%		30,00%		40,00%		10,00%		100%	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1"	100	20,00	100	30,00	100	40,00	100	10,00	<b>100</b>	100
¾"	100	20,00	100	30,00	100	40,00	100	10,00	<b>100</b>	90 – 100
½"	33,76	6,75	100	30,30	100	40,00	100	10,00	<b>86.75</b>	75 – 90
⅜"	10,07	2,01	54,30	16,29	100	40,00	100	10,00	<b>68.30</b>	66 – 82
No.4	0,05	0,01	6,73	2,02	100	40,00	100	10,00	<b>52.03</b>	46 – 64
No.8	0,00	0,00	0,38	0,11	78,15	31,26	87,96	8,80	<b>40.17</b>	30 - 49
No.16	0,00	0,00	0,00	0,00	62,73	25,09	76,84	7,68	<b>32.77</b>	18 - 38
No. 30	0,00	0,00	0,00	0,00	38,62	15,45	39,72	3,97	<b>19.42</b>	12 - 28
No. 50	0,00	0,00	0,00	0,00	23,09	9,24	10,99	1,10	<b>10.33</b>	7 – 20
No. 100	0,00	0,00	0,00	0,00	15,88	6,35	1,10	0,11	<b>6.46</b>	5 – 13
No. 200	0,00	0,00	0,00	0,00	14,28	5,71	0,77	0,08	<b>5.79</b>	4 – 8

**Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Provinsi Nusa Tenggara Timur**

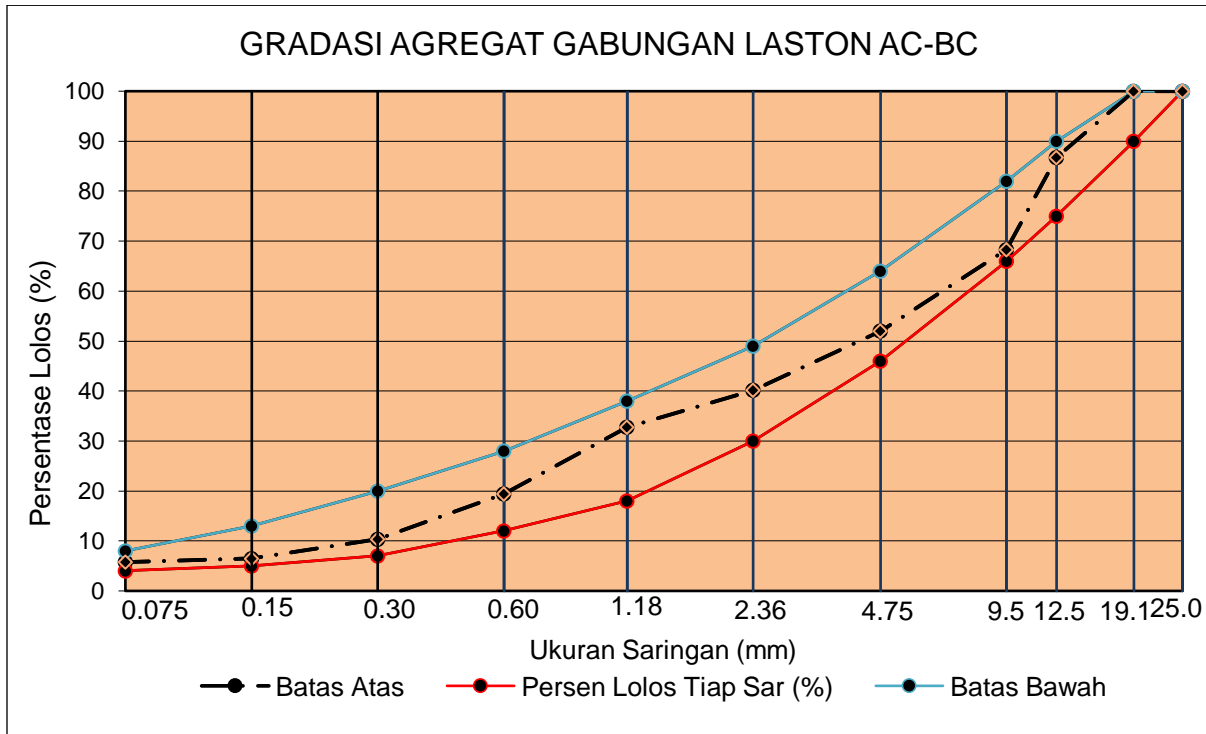
Keterangan :

- A = Persen lolos rata-rata batu pecah 1"
- B = 20,00% x persen lolos rata-rata batu pecah 1"
- C = Persen lolos rata-rata batu pecah ½"

D	=	30,00 % x persen lolos rata-rata batu pecah ½"
E	=	Persen lolos rata-rata abu batu
F	=	40,00 % x persen lolos rata-rata abu batu
G	=	Persen lolos rata-rata pasir
H	=	10,00% x persen lolos rata-rata pasir
I	=	B+D+F+H
K	=	Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3

Hasil pengujian gradasi agregat gabungan yang terdapat pada tabel 4.10 memenuhi

standar spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 yang disyaratkan. Berdasarkan tabel perhitungan gradasi agregat gabungan tersebut dapat diperoleh grafik gradasi agregat gabungan seperti di bawah ini :



**Gambar 4.3 Kurva gradasi agregat gabungan laston AC-BC**

**Sumber : Hasil perhitungan laboratorium**

Gambar 4.3 diatas menjelaskan bahwa gradasi agregat gabungan (garis persen Lolos tiap Saringan.%) terletak didalam garis batas atas dan garis bawah. Hasil ini juga menunjukan bahwa hasil gradasi agregat gabungan memenuhi standar spesifikasi bina marga 2010 revisi 3 untuk lapis aspal beton (Laston AC-BC).

#### 4.5 Analisa Pengujian Aspal Penetrasi 60/70

Dalam penelitian ini data aspal merupakan data sekunder yang digunakan dan merupakan data dari Laboratorium Pengujian Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Nusa Tenggara Timur dengan penetrasi 60/70 produksi Pertamina yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 revisi 3.

**Tabel 4.11 Data Pengujian Aspal Penetrasi 60/70**

No.	Jenis Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Satuan
1.	Penetrasi pada 25°C, 100 gram, 5 detik	66,80	60 - 79	0,1 mm
2.	Berat Jenis pada 25°C	1,030	≥1,0	C <sup>o</sup>
3.	Titik Lembek	58,00	48 - 58	%Berat
4.	Daktalitas 25°C, 5 cm/menit	>140	≥ 100	Cm

Sumber : Laboratorium pengujian dan peralatan Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT

#### 4.6 Analisa Campuran Menggunakan 5 Variasi Kadar Aspal (Pb)

##### 4.6.1 Rancangan Kadar Aspal Perkiraan (Pb)

Perhitungan kadar aspal rencana dapat ditentukan setelah diperoleh gradasi agregat gabungan dari masing-masing fraksi agregat yang telah memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3. Untuk perhitungan kadar aspal rencana atau Kadar Aspal Perkiraan dapat dipergunakan rumus sebagai berikut ini :

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + K$$

**Keterangan :**

- Pb : Kadar aspal rencana atau Kadar Aspal Perkiraan
- CA : Proporsi fraksi kasar ( 100 – % tertahan saringan No.8 )
- FA : Proporsi fraksi halus ( % tertahan saringan No.8 – % lolos saringan No.200)
- FF : Proporsi fraksi bahan pengisi ( % lolos saringan No.200 )
- K : Konstanta untuk Laston ( 0,5 – 1,0 )

#### A. Fraksi Agregat Kasar dan Halus

##### 1) Fraksi agregat kasar (CA)

$$\begin{aligned}
 &= 100\% - \% \text{ Tertahan saringan no.8 pada gradasi Agregat} \\
 &\text{gabungan} \\
 &= 100\% - 40,17\% \\
 &= \mathbf{59,8\%}
 \end{aligned}$$

##### 2) Fraksi agregat halus (FA)

$$\begin{aligned}
 &= \% \text{ Tertahan saringan no.8 pada gradasi agregat} \\
 &\text{gabungan} - \% \text{ Lolos saringan no. 200 pada gradasi agregat} \\
 &\text{gabungan} \\
 &= 40,17\% - 5,79\%
 \end{aligned}$$



$$= 34,4 \%$$

3) Bahan pengisi (*FF*)

= % Lolos saringan no.200 pada gradasi agregat gabungan

$$= 5,79 \%$$

4) Konstanta (*k*)

$$= 0,5 \text{ sampai } 1 \text{ diambil } 1$$

## B. Kadar aspal rencana

Perkiraan awal kadar aspal rencana (*Pb*)

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + \text{Konstanta}$$

$$= 0,035 (59,8) + 0,045 (34,4) + 0,18(5,79) + 1$$

$$= 5,68\%$$

Kadar aspal yang diperoleh adalah 5,68 %. Rancangan campuran ini yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji. Hasil perhitungan rancangan dalam persen (%) dan gram dapat dilihat pada tabel 4.12 dan 4.13 di bawah ini :

**Tabel 4.12 Penentuan Kadar Aspal Rencana atau Kadar Aspal Perkiraan (*Pb*)**

URAIAN	NILAI	SATUAN
Proporsi Fraksi Kasar ( <i>CA</i> )	59,8	%
Proporsi Fraksi Halus ( <i>FA</i> )	34,4	%
Proporsi Fraksi Bahan Pengisi ( <i>FF</i> )	5,79	%
Nilai Konstanta ( <i>K</i> ) ditetapkan	1,00	
Perkiraan Kadar Aspal ( <i>Pb</i> )	5,68	%

Sumber

: Hasil Pengujian Laboratorium Provinsi Nusa Tenggara Timur

### 4.6.2 Rancangan Benda uji Test Marshall Laston (*AC-BC*) dengan

#### Kadar Aspal Perkiraan (*Pb*)

Kadar Aspal Rencana atau Kadar aspal perkiraan (*Pb*) untuk campuran Laston (*AC-BC*) adalah **5,68%**. Berdasarkan kadar aspal perkiraan di atas maka ditetapkan 5 variasi kadar aspal 2 dibawah *Pb* dan 2 diatas *Pb* dengan selisih 0,5%. Untuk contoh benda uji yaitu 4,5%, 5,0%, 5,5 %, 6,0 %, 6,5%. Perhitungan komposisi rencana campuran beraspal atau beton aspal padat di laboratorium :

Kapasitas silinder beton aspal

$$= 1.200 \text{ gram. Kadar aspal perkiraan} = 5,68 \%$$

$$= 5,68\% \times 1.200$$

= 68,16 gram

Tabel 4.13 Komposisi Agregat Campuran

KOMPONEN	KOMPOSISI AGREGAT	KADAR ASPAL RENCANA Pb(%)				
		4,50	5,00	5,50	6,00	6,50
a) BATU PECAH 3/4 "	20,00%	19,10	19,00	18,90	18,80	18,70
(b) BATU PECAH 1/2 "	30,00%	28,65	28,50	28,35	28,20	28,05
(c) ABU BATU	40,00%	38,20	38,00	37,80	37,60	37,40
(d) PASIR ALAM	10,00%	9,55	9,50	9,45	9,40	9,35
<b>TOTAL AGG CAMPURAN (%)</b>	<b>100%</b>	95,5	95,0	94,5	94,0	93,5
<b>TOTAL CAMPURAN (%)</b>		100	100	100	100	100

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Provinsi Nusa Tenggara Timur

Contoh Perhitungan :

Misalnya percobaan komposisi persen batu pecah 1" adalah 20% dengan kadar aspal perkiraan 4,5 %.

$$\begin{aligned} 1. \text{ Batu pecah 1"} &= \text{Komposisi Agregat} \times (100 - \text{Kadar Aspal}) \\ &= 20 \% \times (100 - 4,50) \\ &= \mathbf{19,10 \%} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Total agregat Campuran \%} &= 19,10 + 28,65 + 38,20 + 9,55 \\ &= \mathbf{95,5\%} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ Total Campuran \%} &= \text{Total agregat Campuran} + \text{Kadar Aspal} \\ &= 95,5 + 4,50 \\ &= \mathbf{100\%} \end{aligned}$$

#### Contoh Perhitungan Komposisi Campuran Laston (AC-BC) :

Berat masing-masing material untuk campuran Laston AC-BC pada contoh kadar aspal 4,5 %.

$$\begin{aligned} 1. \text{ Batu pecah 1"} &= (\text{Berat \% agregat} / 100) \times \text{Berat rencana total campuran} \\ &= (19,10 / 100) \times 1.200 \text{ gram} \\ &= \mathbf{229,20 \text{ gram}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Berat Agregat Campuran} &= 229,2 + 343,8 + 458,4 + 114,6 \\ &= \mathbf{1146,00 \text{ Gram}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ Berat Aspal (Gr)} &= (\text{Kadar Aspal} / 100) \times \text{Berat rencana total campuran} \\ &= (4,26 / 100) \times 1.200 \text{ gram} \\ &= \mathbf{54,00 \text{ Gram}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4. \text{ Berat rencana total Campuran (Gr)} &= \text{Berat Agregat Campuran} + \text{Berat Aspal} \\ &= 1146,00 + 54,00 \\ &= \mathbf{1200 \text{ Gram}} \end{aligned}$$

Untuk setiap variasi kadar aspal dibuat 2 (dua) contoh benda uji sehingga jumlah benda uji kadar aspal perkiraan dalam penelitian ini berjumlah 10 (sepuluh) benda uji.

**Tabel 4.14 Komposisi Campuran Laston AC-BC**

KOMPOSISI CAMPURAN KADAR ASPAL RENCANA	BERAT TIMBANGAN (Gr)					
	%	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50
a) BATU PECAH 3/4 "	Gram	229,2	228,0	226,8	225,6	224,4
(b) BATU PECAH 1/2 "	Gram	343,8	342,0	340,2	338,4	336,6
(c) ABU BATU	Gram	458,4	456,0	453,6	451,2	448,8
(d) PASIR ALAM	Gram	114,6	114,0	113,4	112,8	112,2
<b>BERAT AGREGAT CAMPURAN (Gr)</b>		1.146	1.140	1.134	1.128	1.122
<b>BERAT ASPAL (Gr)</b>		54,0	60,0	66,0	72,0	78,0
<b>BERAT RENCANA TOTAL CAMPURAN (Gr)</b>		1.200	1.200	1.200	1.200	1.200

Sumber :

Hasil Pengujian Laboratorium Provinsi Nusa Tenggara Timur

#### 4.7 Test Marshall

Hasil pengujian *Marshall* standar (2 x 75) tumbukan dengan menggunakan material dari *Quarry* Has Ain Covalima untuk campuran Laston AC-BC. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan Stabilitas (Ketahanan) dan Kelelehan (*Flow*) dari benda uji. Selain itu, pengujian dengan metode *Marshall* juga menghasilkan parameter-parameter *Marshall* lain seperti *Void in Mix (VIM)*, *Void in the mineral aggregate (VMA)*, *Void Filled with Asphalt (VFA)*, dan Perbandingan Rasio Partikel bahan lolos #no.200 dengan kadar aspal efektif.

Perhitungan dan analisa parameter *Marshall* campuran Laston (AC-BC) dapat dilihat pada lampiran, sedangkan rangkuman hasil pengujian *Marshall* campuran Laston (AC-BC) berdasarkan hasil pengujian laboratorium untuk masing-masing pengujian yang disertai dengan Standar Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 pada tabel berikut.

**Tabel 4.15 Rekapitan Hasil Pengujian Test Marshall Laston (AC-BC)**

Kadar Aspal (%)	Benda Uji <i>Marshall</i>	Parameter – Parameter Marshall					
		VIM (%)	VMA (%)	VFA (%)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	Rasio Partikel bahan lolos #200 dengan kadar aspal
Spesifikasi		Min 3 - max 5	Min 14	Min 65	Min 800	Min 2 – max 4	Min1 – max 1,4
4,5 %	A	6,49	15,75	58,79	1.352,8	3,11	1,38
	B	6,54	15,80	68,58	1.456,9	3,06	1,38
Rata-Rata		6,52	15,77	58,69	1.404,9	3,09	1,38
	A	4,93	15,40	67,98	1.680,2	3,17	1,23

5,0 %	B	5,39	15,81	65,91	1.897,0	3,16	1,23
<b>Rata-Rata</b>		<b>5,16</b>	<b>15,60</b>	<b>66,94</b>	<b>1.788,6</b>	<b>3,17</b>	<b>1,23</b>
5,5%	A	3,76	15,41	75,58	1.734,4	3,24	1,12
	B	4,45	16,01	72,22	1239,1	3,27	1,12
<b>Rata-Rata</b>		<b>4,11</b>	<b>15,71</b>	<b>73,90</b>	<b>1.924,1</b>	<b>3,26</b>	<b>1,12</b>
6,0%	A	4,24	16,86	74,86	1.873,2	3,46	1,02
	B	2,82	15,63	81,97	1.517,6	3,23	1,02
<b>Rata-Rata</b>		<b>3,53</b>	<b>16,25</b>	<b>78,41</b>	<b>1.695,4</b>	<b>3,35</b>	<b>1,02</b>
6,5 %	A	3,98	17,66	77,44	1.508,9	3,64	0,93
	B	2,99	16,81	82,21	1.409,2	3,50	0,93
<b>Rata-Rata</b>		<b>3,49</b>	<b>17,23</b>	<b>79,83</b>	<b>1.459,1</b>	<b>3,57</b>	<b>0,93</b>

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Provinsi Nusa Tenggara Timur

#### 4.7.1 Hubungan Antara Parameter *Marshall* dengan Kadar Aspal

Campuran Laston (*AC-BC*) untuk lapisan permukaan jalan harus memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Persyaratan tersebut harus memenuhi batas gradasi kurva maksimum dan kurva minimum, persyaratan terhadap pengujian *Marshall* yaitu dengan memenuhi nilai Stabilitas (Ketahanan), Kelelahan (*Flow*), *VIM*, *VMA*, *VFA*, Perbandingan Rasio Partikel bahan lolos #no.200 dengan Kadar aspal Efektif harus sesuai Standar Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3. Hasil pengujian *Marshall* yang dilakukan dapat dilihat pada tabel dan grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai-nilai parameter *Marshall* di bawah ini.

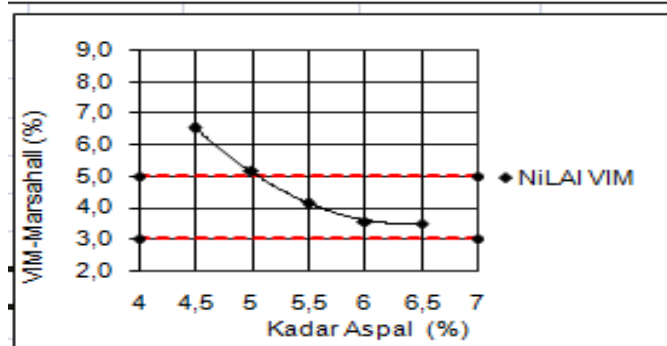
##### 1. Hubungan Antara *Void in Mix (VIM)* dan Kadar Aspal.

*VIM* adalah volume rongga atau pori yang masih tersisa yang terdapat di antara butir-butir agregat terselimuti aspal setelah campuran beton aspal dipadatkan. Lengkung *VIM* akan terus menurun dengan bertambahnya kadar aspal sampai secara ultimit mencapai nilai minimum.

**Tabel 4.16 Hubungan Antara *Void in Mix (VIM)* dan Kadar Aspal.**

KADA ASPAL (%)	VIM (%)
4,5	6,52
5	5,16
5,5	4,11
6	3,53
6,5	3,49

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Provinsi Nusa Tenggara Timur



Gambar 4.4 Hubungan Antara *VIM* dan Kadar Aspal.

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Provinsi Nusa Tenggara Timur

Dari Tabel 4.16 menghasilkan Gambar 4.4 menunjukkan 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 padat berkurang kedepan airnya, sehingga berakibat 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 4.4 menunjukkan bahwa hasil pengujian rongga udara dalam campuran Laston, pada kadar aspal 5,5 % sampai dengan 6,5 % memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 (minimum 3% dan Maksimum 5%) sedangkan kadar aspal 4.5% dan 5.0 % tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 (minimum 3% dan Maksimum 5%).

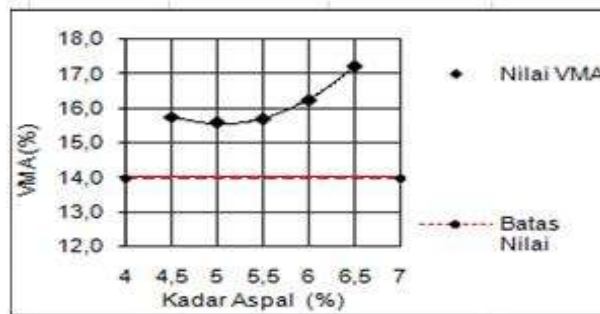
## 2. Hubungan Antara *Void in the Mineral Aggregate (VMA)* dan Kadar Aspal.

*VMA* adalah volume pori dalam beton aspal padat jika seluruh selimut padat ditiadakan. Lengkung *VMA* akan turun sampai mencapai nilai minimum dan kemudian kembali bertambah dengan bertambahnya kadar aspal.

**Tabel 4.17 Hubungan Antara Void Mineral Aggregate (VMA) dan Kadar Aspal.**

Kadar Aspal (%)	VM A (%)
4,5	15,77
5,0	15,60
5,5	15,71
6,0	16,25
6,5	17,20

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Provinsi Nusa Tenggara Timur



**Gambar 4.5 Hubungan Antara VMA dan Kadar Aspal.**

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Provinsi Nusa Tenggara Timur

Dari tabel 4.17 menghasilkan gambar 4.5 menunjukan bahwa nilai VMA akan naik bertambahnya kadar aspal. Hal ini disebabkan karena dengan semakin bertambahnya kadar aspal maka semakin banyak aspal yang akan mengisi rongga-rongga di antara agregat sehingga dengan sendirinya VMA akan semakin kecil, selain itu nilai VMA juga dipengaruhi oleh faktor pemadatan yang berkaitan dengan gradasi agregat. Besarnya pori yang tersisa dalam campuran setelah pemadatan, mengakibatkan durabilitas beton aspal menurun. Semakin besar pori yang tersisa semakin tidak kedap air dan semakin banyak udara dalam beton aspal, menyebabkan semakin mudahnya film atau selimut aspal teroksidasi dengan udara sehingga menjadi kaku dan menurun durabilitasnya.

Dari Tabel 4.17 dan Grafik 4.5 juga dapat dilihat bahwa dari kadar aspal 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5%. mengalami kenaikan, mengindikasikan rongga diantara partikel agregat dapat menampung jumlah kadar aspal yang semakin bertambah sehingga kerapatan diantara butiran agregat lebih bagus atau memenuhi standar yang di tentukan spesifikasi min 14 %.

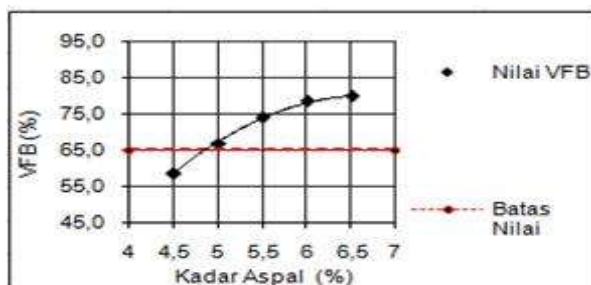
### 3. Hubungan Antara Void Filled with Asphalt (VFA) dan Kadar Aspal.

VFA adalah volume pori beton aspal padat yang terisi oleh aspal. Lengkung VFA akan bertambah dengan bertambahnya kadar aspal, karena dalam hal ini VFA makin banyak terisi oleh aspal.

**Tabel 4.18 Hubungan Antara Void Filled with Asphalt (VFA) dan Kadar Aspal.**

Kadar Aspal (%)	VFA (%)
4,5	58,69
5,0	66,94
5,5	73,90
6,0	78,41
6,5	79,8

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Provinsi Nusa Tenggara Timur



**Gambar 4.6 Hubungan Antara VFB dan Kadar Aspal.**

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Provinsi Nusa Tenggara Timur

Dalam hasil penelitian dapat diperoleh beberapa nilai *VFA* yang memenuhi syarat. Dari grafik 4.6 juga terlihat bahwa nilai *VFA* pada kadar aspal 4,5 tidak memenuhi spesifikasi yang disyaratkan yakni minimum 65 % sedangkan pada kadar aspal 5,0 %, 5,5 %, 6,0%, 6,5 %, memenuhi syarat spesifikasi yakni minimum 65 %.

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

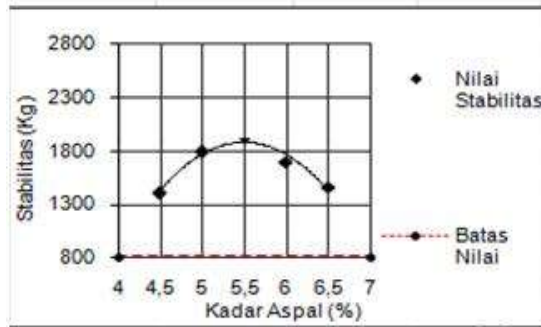
Stabilitas adalah kemampuan suatu campuran beraspal / perkerasan jalan untuk menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk. Stabilitas yang terjadi adalah pergeseran antar butiran, sifat saling mengunci serta daya ikat lapisan aspal. Stabilitas yang terlalu tinggi menyebabkan lapisan akan kaku dan cepat mengalami retak. Stabilitas (Ketahanan) akan meningkat jika kadar aspal bertambah, sampai mencapai nilai maksimum, dan setelah itu stabilitas akan menurun.

**Tabel 4.19 Hubungan Antara Stabilitas dan Kadar Aspal.**

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (Kg)
4,5	1404,86
5,0	1788,60
5,5	1924,10
6,0	1695,38

6,5	1459,06
-----	---------

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Provinsi Nusa Tenggara Timur



Gambar 4.7 Hubungan Antara Stabilitas dan Kadar Aspal.

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Provinsi Nusa Tenggara Timur

Berdasarkan rekapan pada Tabel 4.19, menghasilkan Grafik 4.7 dapat dilihat bahwa nilai stabilitas semakin meningkat jika kadar aspal bertambah, pada suatu titik tertentu nilai stabilitas akan kembali menurun dengan semakin bertambahnya kadar aspal. Hal ini menunjukkan bahwa nilai stabilitas sangat tergantung pada banyaknya kadar aspal yang digunakan. Bila kadar aspal yang digunakan terlalu sedikit atau terlalu banyak, dalam hal ini melebihi kadar aspal optimumnya maka nilai stabilitas akan menurun. Berdasarkan grafik juga dapat disimpulkan bahwa jika kadar aspal kecil atau sedikit maka tebal selimut aspalnya menjadi tipis hal ini akan menyebabkan kurangnya ikatan yang terjadi antar agregat sehingga jika dikenai beban maka ikatan antara agregat akan sangat mudah untuk terlepas. Jika kadar aspal besar atau banyak maka selimut aspalnya menjadi tebal sehingga apabila dikenai beban lapisan aspal tersebut akan meleleh keluar (*bleeding*) dan mudah hancur. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa pada kondisi kadar aspal yang sedikit maupun banyak, nilai stabilitas yang terjadi adalah rendah. Namun jika kadar aspal mencapai nilai optimum maka akan terjadi pengikatan yang baik antar agregat dengan aspal sehingga menghasilkan nilai stabilitas yang maksimum. Berdasarkan rekapan pada tabel 4.19 menghasilkan grafik 4.6 dapat dilihat bahwa nilai stabilitas semakin meningkat jika kadar aspal bertambah mulai dari 4,5% sampai 5.5%, pada kadar aspal 6,0% sampai 6,5% stabilitas akan kembali menurun dengan semakin bertambahnya persentase kadar aspal.

##### 5. Hubungan Antara Kelelahan (*Flow*) dan Kadar Aspal.

. Ketahanan terhadap *flow* adalah kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Nilai *flow* menunjukkan besarnya perubahan bentuk plastis suatu benda uji campuran akibat adanya beban yang bekerja sampai batas keruntuhan. Kelelahan atau *Flow* akan terus meningkat dengan

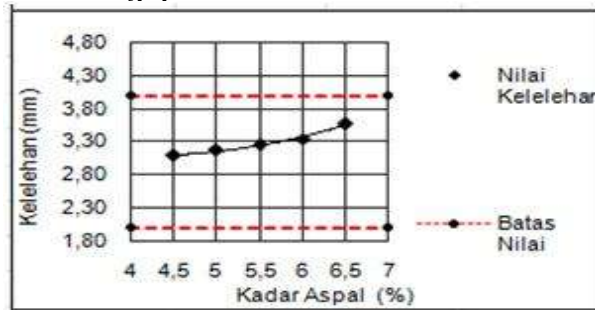


meningkatnya kadar aspal.

**Tabel 4.2 Hubungan Antara Kelelehan (*Flow*) dan Kadar Aspal.**

Kadar Aspal (%)	Kelelehan ( <i>Flow</i> ) (mm)
4,5	3,09
5,0	3,17
5,5	3,26
6,0	3,35
6,5	3,49

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Provinsi Nusa Tenggara Timur



**Gambar 4.8 Hubungan Antara Kelelehan (*Flow*) dan Kadar Aspal.**

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Provinsi Nusa Tenggara Timur

Hasil grafik 4.8 dapat dilihat bahwa semakin tinggi kadar aspal maka nilai *flow* akan semakin tinggi pula. Dari gambar grafik 4.8 menunjukkan bahwa hasil pengujian *Flow* atau kelelehan dalam campuran Laston, pada kadar aspal 4,5 % sampai dengan 6,5% memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 (minimum 2 mm dan maksimum 4 mm).

#### 6. Hubungan Rasio partikel Bahan Lolos no. 200 dan Kadar Aspal.

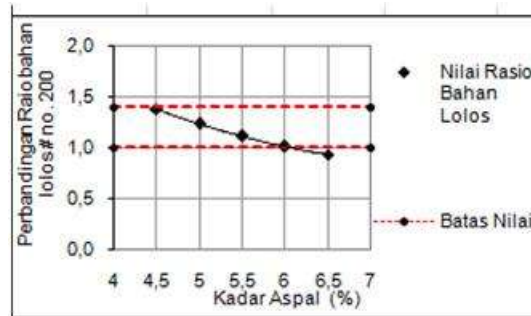
Rasio Partikel bahan lolos no.200 adalah perbandingan antara bahan lolos no. 200 dengan kadar aspal efektif.

**Tabel 4.21 Hubungan Antara Rasio partikel Bahan Lolos no. 200 dan Kadar Aspal**

Kadar Aspal (%)	Rasio Partikel bahan lolos #200 dengan kadar aspal (%)
4,5	1,38

5,0	1,23
5,5	1,12
6,0	1,02
6,5	0,93

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Provinsi Nusa Tenggara Timur



Gambar 4.9 Hubungan Antara Rasio Partikel dan Kadar Aspal

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Provinsi Nusa Tenggara Timur

Dari Grafik 4.9 dapat dilihat bahwa semakin tinggi kadar aspal maka nilai *flow* akan semakin tinggi pula. Hal ini disebabkan karena pemakaian aspal yang banyak mengakibatkan aspal tidak lagi menyelimuti agregat dengan baik sehingga daya ikat aspal semakin berkurang. Pada kadar aspal yang tinggi suatu campuran aspal akan mudah mengalami perubahan bentuk plastis dibandingkan dengan campuran yang kadar aspal rendah apabila dikenakan beban yang sama. Dari gambar grafik 4.9 bahwa Pada kadar aspal 4,5% sampai 6,0 % memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 yang disyaratkan yakni minimum 1 maksimum 1,4 sedangkan pada kadar aspal 6,5% tidak memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 yang disyaratkan yakni minimum 1 maksimum 1,4.

#### 4.8 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar aspal optimum adalah nilai tengah dari rentang kadar aspal yang memenuhi semua spesifikasi campuran. Kadar aspal optimum yang dicapai sebesar **5,56%** dan memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan oleh spesifikasi Bina Marga yaitu mengacu nilai stabilitas, *flow*, *VIM*, *VMA*, *VFA* dan Rasio partikel bahan lolos #200 dengan Kadar aspal efektif. Kadar aspal optimum dapat ditentukan dengan membuat diagram batang berdasarkan nilai hasil pengujian di atas 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 tabel 4.22 dan 4.23 di bawah ini.

**Tabel 4.22** Rekapitan Hasil Perhitungan Nilai KAO

Nilai Parameter Marshall Yang Memenuhi		
Vim	4,50	8,50
VMA	5,04	6,50
VFB	4,50	6,50
Stabilitas	4,50	7,44
Flow	4,50	6,50
Rp	4,44	6,08
Total	<b>Max (5,04)</b>	<b>Min (6,08)</b>

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Provinsi Nusa Tenggara Timur



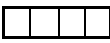
**Tabel 4.23** Penentuan Kadar Aspal Optimum

Sifat - Sifat	Kadar Aspal				
	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50
Rongga dalam Campuran (Vim)	█	█	█	█	█
Rongga Dalam Agregat (VMA)	█	█	█	█	█
Rongga Terisi Aspal (VFB)	█	█	█	█	█
Stabilitas Marshal	█	█	█	█	█
Kelelahan Marshal	█	█	█	█	█
Rasio Partikel Bahan Lolos # no. 200 Dengan Kadar Aspal Efektif	█	█	█	█	█

5,58%

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Provinsi Nusa Tenggara Timur

Keterangan :

-  = Kadar aspal optimum (KAO)
-  = Parameter *Marshall* (yang memenuhi)
-  = Parameter *Marshall* (yang tidak memenuhi)

#### 4.8.1 Rangkuman Hasil Pengujian Proporsi Campuran dengan KAO

Berdasarkan hasil pengujian terlihat bahwa Kadar Aspal Optimum untuk campuran Laston AC-BC menggunakan material *Quarry* Has Ain Covalima dengan komposisi batu pecah 1" 10,00 %, batu pecah ½" 38,12 %, abu batu 46,88 %, pasir 5,00 %, Kadar Aspal Perkiraan

adalah 5,68 %. Jadi, Kadar Aspal Optimum sebesar 5,56%.

**Tabel 4.24 Rekapitan Hasil Komposisi Uji Campuran**

NO	KOMPONEN	SATUAN	PROPORS	PESIFIKAS	KETERANGAN
1	Batu Pecah 1"	%	18,887	-	Tidak disyaratkan
2	Batu Pecah 1/2"	%	28,331	-	Tidak disyaratkan
3	Abu Batu	%	37,774	-	Tidak disyaratkan
4	Pasir Alam	%	9,444	Maks. 15	Memenuhi
5	Kadar Aspal Perkiraan	%	5,68	-	Tidak disyaratkan
6	Kadar Aspal Optimum	%	5,56	-	Tidak disyaratkan

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Provinsi Nusa Tenggara Timur

#### 4.9 Pembahasan

Hasil Test *marshall* menunjukkan bahwa nilai parameter *marshall* yang dihasilkan memenuhi spesifikasi bina marga 2010 revisi 3 yang disyaratkan yaitu pada *VIM*, *VMA*, *VFA*, Stabilitas, Kelelahan (*Flow*) dan Rasio partikel bahan lolos no.200 dengan kadar aspal efektif.

Semakin tinggi kadar aspal maka nilai stabilitas, flow dan nilai kepadatan akan semakin meningkat hingga mencapai batas optimum. Namun setelah melewati batas optimum maka nilai stabilitas dan nilai kepadatan akan menurun kembali karena selimut film aspal, yang sudah ada sudah menjadi tebal sehingga mudah terjadi kegemukan (*bleeding*). Dan semakin tinggi kadar aspal maka nilai *VMA* dan *VFB* akan semakin tinggi karena rongga-rongga yang ada antar agregat sudah terisi aspal. Sedangkan semakin tinggi kadar aspal maka nilai *VIM* akan semakin rendah karena rongga-rongga yang ada dalam campuran sudah penuh terisi aspal.

#### 4.10 Rancangan Campuran (LASTON AC-BC)

1. Batu Pecah 1"

$$\begin{aligned}
 &= \text{Komposisi Agregat Kasar } 1'' \times (100 - \text{KAO}) \\
 &= 20 \% \times (100 - 5,56) \\
 &= \mathbf{18,887 \%}
 \end{aligned}$$

2. Batu Pecah 1/2"

$$\begin{aligned}
 &= \text{Komposisi Agregat Kasar } 1/2'' \times (100 - \text{KAO}) \\
 &= 30 \% \times (100 - 5,56) \\
 &= \mathbf{28,331 \%}
 \end{aligned}$$

3. Abu Batu

$$= \text{Komposisi Abu Batu} \times (100 - \text{KAO})$$

$$= 40 \% \times ( 100 - 5,56)$$

$$= 37,774 \%$$

4. Pasir Alam

$$= \text{Komposisi Pasir Alam} \times ( 100 - \text{KAO} )$$

$$= 10 \% \times ( 100 - 5,56 )$$

$$= 9,444 \%$$

**Tabel 4.25** Rekanan Rancangan Campuran (LASTON AC-BC)

No	Komponen	Proporsi	Satuan
1	Batu Pecah 1"	18,887	%
2	Batu Pecah ½"	28,331	%
3	Abu Batu	37,774	%
4	Pasir Alam	9,444	%

NO	SIFAT-SIFAT	SATUAN	HASIL	SPESIFIKASI	KETERANGAN
1	Kadar Aspal Total	%	5,56	-	Tidak disyaratkan
2	Berat Jenis Maksimum Campuran (Gmm)	-	2,397	-	Tidak disyaratkan
3	Berat Jenis Aspal	-	1,030	-	Tidak disyaratkan
4	Berat Jenis Bulk Agregat	-	2,584	-	Tidak disyaratkan
5	Proporsi Agregat	%	94,44	-	Tidak disyaratkan
6	Rasio Partikel Lolos no. 200 Dengan Kadar Aspal Efektif	%	1,10	1.0 - 1.4	Memenuhi
7	Penyerapan Aspal	%	0,330	Max 1.2	Memenuhi
8	Kadar Aspal Efektif	%	5,235	Min 4.3	Memenuhi
9	Berat Jenis Contoh Camp. Padat (Gmb)	-	2,304	-	Tidak disyaratkan
10	Stabilitas Marshall	Kg	1.881,87	Min 800	Memenuhi
11	Kelelahan Marshall	mm	3,258	2.0 - 4.0	Memenuhi
13	Rongga dalam campuran (VIM)	%	4,02	3.0 - 5.0	Memenuhi
14	Rongga dalam agregat (VMA)	%	15,77	Min 14	Memenuhi
15	Rongga terisi aspal (VFB)	%	74,53	Min 65	Memenuhi

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium PU NTT

Dari hasil rekanan rancangan campuran (Laston AC-BC) bahwa komposisi agregat tersebut siap digunakan untuk pekerjaan lapis aspal beton dilapangan. Dari hasil pengujian material tersebut memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3.