

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Persiapan alat dan bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian di laboratorium berupa satu set saringan, mesin *Los Angeles*, timbangan, *Marshall Test*, *Waterbath*, termometer, oven, wajan, kompor gas, dan alat bantu lainnya. Alat yang digunakan harus terkalibrasi sebelumnya serta memastikan alat dalam kondisi baik dan bersih serta bebas dari lempung.

4.1.1. Pengambilan material

Proses pengambilan sample material untuk penelitian ini diambil dari *Quarry* Taektoo PT. Timor. yang berlokasi di Desa Taektoo, kecamatan kota Atambua kabupaten Belu. Jenis material yang di ambil terdiri dari agregat kasar yaitu (Batu pecah $\frac{3}{4}$ " dan Batu pecah $\frac{1}{2}$ ") dan agregat halus yaitu pasir alam dan abu batu, material tersebut merupakan hasil produksi dari mesin pemecah batu (*stone crusher*).

Proses pengambilan sampel di lapangan menggunakan metode (*Systematic Random sampling*) dimana material di ambil secara acak pada setiap tumpukan dengan alasan bahwa, sampel yang diambil tersebut dapat mewakili seluruh material yang ada di lapangan di bawa ke Laboratorium Pengujian Dinas Pekerjaan Umum Kab Belu. Di lakukan pengujian jenis-jenis pengujian yang dilakukan adalah pengujian sifat-sifat fisik material yaitu pengujian berat jenis dan penyerapan, abrasi dan analisa saringan atau gradasi.

4.1.2 Data

Data-data yang diperoleh dalam penelitian ini yaitu data primer dan data sekunder:

1. Data Primer.

Data primer merupakan data-data hasil pengujian. Data-data tersebut berupa data pemeriksaan material serta penganalisaan sifat-sifat dalam campuran aspal panas Lataston *HRS-BASE* dengan menggunakan alat *Marshall*.

2. Data Sekunder

Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu data aspal produksi Pertamina dengan nilai penetrasi 60/70 yang diperoleh dari Dinas Pengujian, Peralatan dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Kab Belu.

4.2. Pengujian Material

4.2.1 Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar

pengujian analisa saringan agregat kasar batu pecah ukuran $\frac{3}{4}$ " dan batu pecah ukuran $\frac{1}{2}$ ". Dapat di lihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar Batu Pecah $\frac{3}{4}$ "

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) = 2688,0				Rata- Rata
				Berat benda uji II (g) = 1677,0				
(ASTM)	(mm)	I	II	Persen Tertahan		Persen Lolos		
				I	II	I	II	
1	25,0	0	0	0	0	100	100	100
$\frac{3}{4}$	19,0	0	0	0,00	0,00	100,00	100,00	100
$\frac{1}{2}$	12,5	420	285,0	15,63	16,99	84,38	83,01	83,69
$\frac{3}{8}$	9,50	1.212	1157	45,09	68,99	54,91	31,01	42,96
No.4	4,75	2687	1669	99,96	99,52	0,04	0,48	0,26

Sumber : Hasil pengujian Laboratorium , 2023

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Sedang Batu Pecah $\frac{1}{2}$ "

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) = 1527,0				Rata- Rata
				Berat benda uji II (g) = 1632,0				
(ASTM)	(mm)	I	II	Persen Tertahan		Persen Lolos		
				I	II	I	II	
$\frac{3}{4}$	19,0	0	0	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
$\frac{1}{2}$	12,5	0	0	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
$\frac{3}{8}$	9,50	130	91	8,51	5,58	91,49	94,42	92,96
No.4	4,75	1271	1214	83,24	74,39	16,76	25,61	21,19
No.8	2,36	1503,0	1572	98,43	96,32	1,57	3,68	2,62
No.16	1,18	1512,0	1614	99,02	98,90	0,98	1,10	1,04

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

4.2.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Agregat kasar yang dipakai dalam pengujian ini adalah agregat dengan ukuran $\frac{3}{4}$ " dan $\frac{1}{2}$ " atau agregat yang tertahan saringan No.4 Hasil hitungan berat jenis dan penyerapan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Batu Pecah $\frac{3}{4}$ "

Uraian		A	B	Satuan
Berat benda uji kering permukaan jenuh	BJ	5061	2741	gram
Berat benda uji di dalam air	BA	3046	1668	gram
Berat benda uji kering oven	BK	4930	2702	gram

Lanjutan Tabel Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Batu Pecah 3/4

Uraian		A	B	Rata-Rata	Spec
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2,447	2,518	2,482	-
Berat Jenis (ssd)	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2,512	2,555	2,533	-
Berat Jenis (apparent)	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2,617	2,613	2,615	-
Penyerapan Air	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	2,657	1,443	2,050	Max 3

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Batu Pecah 1/2'

Uraian		A	B	Satuan	
Berat benda uji kering permukaan jenuh	BJ	5020	5062	gram	
Berat benda uji di dalam air	BA	3112	3034	gram	
Berat benda uji kering oven	BK	4967	4923	gram	
		A	B	Rata-Rata	Spec
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2,603	2,428	2,515	-
Berat Jenis (ssd)	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2,631	2,496	2,564	-
Berat Jenis (apparent)	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2,678	2,606	2,642	-
Penyerapan Air	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	1,067	2,823	1,945	Max 3

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Hasil pengujian penyerapan air agregat kasar yang terdapat pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 menunjukkan bahwa material agregat kasar batu 3/4" dan batu 1/2" memenuhi standar yang disyaratkan yaitu maksimum 3% (SNI 1669 – 1990).

4.2.3 Pengujian Keausan Agregat Kasar

Pengujian ini dilakukan pada material batu pecah yang lolos saringan ukuran 3/4" 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 abrasi dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Abrasi

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")	2500	2500		
12,7 (1/2")	9,52 (3/8")	2500	2500		
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		5000	5000		
Berat tertahan saringan No.12		3794	3798		
sesudah percobaan (b)					
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>I. a. = 5000,0 gram</p> <p> b. = 3794,0 gram</p> <p> a - b = 1206,0 gram</p> <p>Keausan I = $\frac{a - b}{a} \times 100\%$ = 24,12</p> <p>Keausan II = $\frac{a - b}{a} \times 100\%$ = 24,04</p> <p>Keausan rata-rata = 24,08</p> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>II. a. = 5000,0 gram</p> <p> b. = 3798,0 gram</p> <p> a - b = 1202,0 gram</p> <p>Keausan I = $\frac{a - b}{a} \times 100\%$ = 24,12</p> <p>Keausan II = $\frac{a - b}{a} \times 100\%$ = 24,04</p> <p>Keausan rata-rata = 24,08</p> <p style="text-align: center;">Spec : Max 40</p> </td> </tr> </table>				<p>I. a. = 5000,0 gram</p> <p> b. = 3794,0 gram</p> <p> a - b = 1206,0 gram</p> <p>Keausan I = $\frac{a - b}{a} \times 100\%$ = 24,12</p> <p>Keausan II = $\frac{a - b}{a} \times 100\%$ = 24,04</p> <p>Keausan rata-rata = 24,08</p>	<p>II. a. = 5000,0 gram</p> <p> b. = 3798,0 gram</p> <p> a - b = 1202,0 gram</p> <p>Keausan I = $\frac{a - b}{a} \times 100\%$ = 24,12</p> <p>Keausan II = $\frac{a - b}{a} \times 100\%$ = 24,04</p> <p>Keausan rata-rata = 24,08</p> <p style="text-align: center;">Spec : Max 40</p>
<p>I. a. = 5000,0 gram</p> <p> b. = 3794,0 gram</p> <p> a - b = 1206,0 gram</p> <p>Keausan I = $\frac{a - b}{a} \times 100\%$ = 24,12</p> <p>Keausan II = $\frac{a - b}{a} \times 100\%$ = 24,04</p> <p>Keausan rata-rata = 24,08</p>	<p>II. a. = 5000,0 gram</p> <p> b. = 3798,0 gram</p> <p> a - b = 1202,0 gram</p> <p>Keausan I = $\frac{a - b}{a} \times 100\%$ = 24,12</p> <p>Keausan II = $\frac{a - b}{a} \times 100\%$ = 24,04</p> <p>Keausan rata-rata = 24,08</p> <p style="text-align: center;">Spec : Max 40</p>				

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Dari hasil pengujian abrasi dengan mesin Los Angeles menunjukkan bawah keausan agregat sebesar 24.08%. Hal ini menunjukan bawah nilai keausan agregat memenuhi Spesifikasi yang di syaratkan Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 bahwa nilai keausan maksimum adalah 40%. (SNI 03 -2417- 2008).

4.2.4 pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Pengujian analisa saringan di lakukan pada agregat halus adalah abu batu dan pasir. Dapat dilihat pada tabel 4.6 dan 4.7 adalah sebagai berikut.

Table 4.6 Hasil pengujian Analisa Saringan Abu Batu

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) = 1646				Rata-
				Berat benda uji II (g) = 1626				
				Persen Tertahan		Persen Lolos		Rata
(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	0,0	100,0	100,0	100
No.8	2,36	465,0	426	28,25	26,20	71,75	73,80	72,78
No.16	1,18	917,0	889,0	55,71	54,67	44,29	45,33	44,81
No.30	0,60	1113,0	1110	67,62	68,27	32,38	31,73	32,06
No.50	0,30	1402	1410	85,18	86,72	14,82	13,28	14,05
No.100	0,150	1494	1442,0	90,77	88,68	9,23	11,32	10,28
No.200	0,075	1574	1570	95,63	96,56	4,37	3,44	3,91

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Table 4.7 Pengujian Analisa Saringan Pasir Alam

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) = 1923				Rata-
				Berat benda uji II (g) = 1801				
				Persen Tertahan		Persen Lolos		Rata
(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	0,00	0,00	100,00	100,00	100
No.4	4,75	0	0	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
No.8	2,36	180,0	160,0	9,36	8,88	90,64	91,12	90,88

Lanjutan Tabel 4.7 Pengujian Analisa Saringan Pasir Alam

(ASTM)	(mm)	I	II	I	II	I	II	Rata-Rata
No.16	1,18	478,0	465,0	24,86	25,82	75,14	74,18	74,66
No.30	0,60	1112,0	1102,0	57,83	61,19	42,17	38,81	40,49
No.50	0,30	1582,0	1560,0	82,27	86,62	17,73	13,38	15,56
No.100	0,15	1790,0	1720,0	93,08	95,50	6,92	4,50	5,71
No.200	0,075	1875,0	1765,0	97,50	98,00	2,50	2,00	2,25

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Pengujian analisa saringan agregat halus abu batu dan pasir yang terdapat pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7 memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu harus lolos saringan No.4 dan tertahan pada saringan No.200.

4.2.5 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Agregat halus yang di gunakan dalam pengujian ini adalah abu batu dan pasir. Hasil perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat halus dapat di lihat pada Tabel 4.8 dan Tabel 4.9

Tabel 4.8 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Abu Batu

No. Contoh		A	B	Satuan	
Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)	500	500	500	gram	
Berat piknometer + air (25°C)	B	620,9	645,5	gram	
Berat piknometer + air + benda uji	Bt	947,20	953,90	gram	
Berat benda uji kering oven (Bk)	BK	491,00	492,00	gram	
		A	B	Rata-Rata	Spec
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{B + 500 - Bt}$	2,828	2,568	2,698	-
Berat Jenis kering permukaan jenuh	$\frac{500}{B + 500 - Bt}$	2,879	2,609	2,744	-
Berat Jenis (apparent)	$\frac{Bk}{B + Bk - Bt}$	2,982	2,679	2,831	-
Penyerapan Air	$\frac{500 - Bk}{Bk} \times 100\%$	1,833	1,626	1,730	Max 3

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Tabel 4.9 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Pasir Alam

No. Contoh		A	B	Satuan	
Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)	500	500	500	gram	
Berat piknometer + air (25°C)	B	665,00	669,00	gram	
Berat piknometer + air + benda uji	Bt	964,00	970,00	gram	
Berat benda uji kering oven (Bk)	BK	492,00	490,00	gram	
		A	B	Rata-Rata	Spec
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{B + 500 Bt}$	2,448	2,462	2,455	-
Berat Jenis kering permukaan jenuh	$\frac{500}{B + 500 - Bt}$	2,488	2,513	2,500	-
Berat Jenis (apparent)	$\frac{Bk}{B + Bk - Bt}$	2,549	2,593	2,571	-
Penyerapan Air	$\frac{500 - Bk}{Bk} \times 100\%$	1,626	2,041	1,833	Max 3

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Hasil pengujian penyerapan agregat halus yang terdapat pada tabel 4.8 dan 4.9 bahwa material agregat halus abu dan pasir *quarry* Taektoo memenuhi standar pengujian sesuai dengan standar pengujian yakni maksimum 3% (SNI 1669-1989)Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2

4.2.6 Rancangan Proporsi Agregat Gabungan

Setelah dilakukan hasil analisa saringan atau gradasi untuk setiap fraksi agregat yaitu fraksi agregat kasar, fraksi agregat halus, maka dapat ditentukan komposisi agregat yang dibuat bertujuan untuk menentukan prosentase dari masing-masing agregat yang terdiri dari batu pecah ¾”, batu pecah ½” pasir dan abu batu sehingga dari hasil presentase tersebut dapat diperoleh kadar aspal awal. Komposisi dari masing-masing material ini, diperoleh menggunakan cara grafik penggambaran kurva hubungan antara presentase lolos agregat dan ukuran saringan berada di dalam grafik batas atas dan batas bawah (Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2). yang merupakan hasil pendekatan terhadap nilai yang disyaratkan. Hasil perhitungan gradasi agregat gabungan dapat di lihat pada tabel bawah ini:

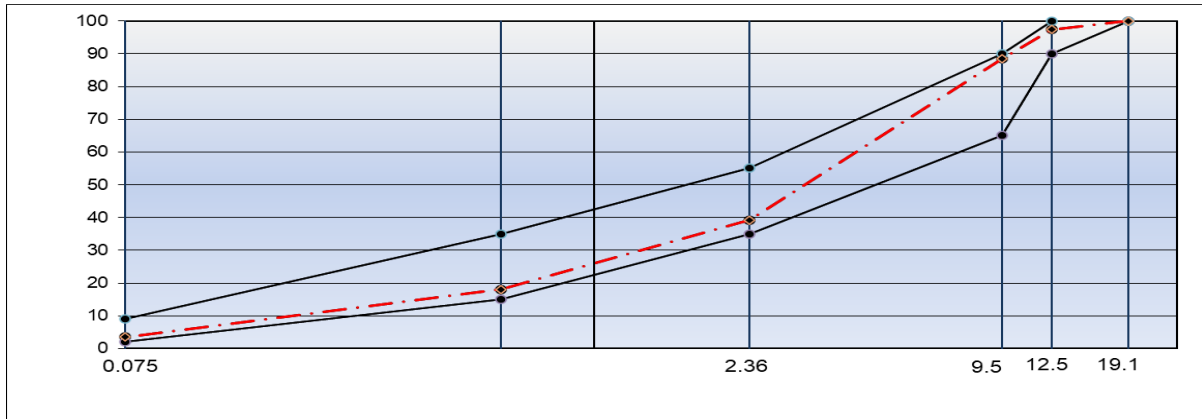
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Gradasi Agregat Gabungan

Uraian											
Inc mm		3/4 "	1/2 "	3/8 "	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200
			19, 1	12, 5	9,5	4,7 5	2,3 6	1,1 8	0,6	0,3	0,1 5
Data Gradasi											
Batu Pecah 3/4" Ex. Kali Taektoo		100,00	83,69	42,96	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Batu Pecah 1/2" Ex. Kali Taektoo		100,00	100,00	92,96	21,19	2,62	1,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Abu Batu Ex. Kali Taektoo		100,00	100,00	100,00	100,00	72,78	44,81	32,06	14,05	10,28	3,91
Pasir Kali Ex. Kali Taektoo		100,00	100,00	100,00	100,00	90,88	74,66	40,49	15,56	5,71	2,25
Filler (semen)EX Tonasa		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	92,20
Combinasi Agregat											
Batu Pecah 3/4" Ex. Kali Taektoo		16,00%	16,00	13,39	6,87	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Batu Pecah 1/2" Ex. Kali Taektoo		35,00%	35,00	35,00	32,53	7,42	0,92	0,36	0,00	0,00	0,00
Abu Batu Ex. Kali Taektoo		35,00%	35,00	35,00	35,00	25,47	15,68	11,22	4,92	3,60	1,37
Pasir Kali Ex. Kali Taektoo		12,00%	12,00	12,00	12,00	10,91	8,96	4,86	1,87	0,68	0,27
Filler (semen)EX Tonasa		2,00%	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,84
Total Campuran		100%	100,00	97,39	88,41	56,46	39,30	27,01	18,08	8,79	3,48
Spec. Gradasi											
max			100,0	90,0	-	55,0	-	35,0	-	-	9,0
min			100,0	90,0	-	35,0	-	15,0	-	-	2,0

Sumber Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Hasil dari pengujian ini di dapat komposisi yaitu 16%, 35%, 35%, 12% dan 2% di lakukan metode *trial and error* dengan cara mencoba-coba di setiap fraksi agregat agar sesuai yang di syarakan dengan Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2

Grafik yang membuktikan bahwa rancangan gradasi gabungan. Dari *quarry* Taektoo memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2



Gambar 4.1 Kurva Gradasi Agregat Gabungan
Sumber Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

4.2.7 Formula Campuran Rencana (Pb)

Perhitungan kadar aspal rencana dapat ditentukan setelah diperoleh gradasi agregat gabungan dari masing-masing agregat yang telah memenuhi spesifikasi. Untuk perhitungan kadar aspal rencana dipergunakan rumus : $P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF)+K$

Keterangan :

P_b : Kadar aspal rencana

CA : Proporsi fraksi kasar (100 – % lolos saringan No.8)

FA : Proporsi fraksi halus (% lolos saringan No.8 – % lolos saringan No.200)

FF : Proporsi fraksi bahan pengisi (% lolos saringan No.200)

K : Konstanta untuk Lataston (1 – 2)

1. Fraksi Agregat

a Fraksi agregat kasar (CA) = 100% Lolos saringan No. 8
 $= 100 - 39,30 = 60,70 \%$

b Fraksi agregat halus (FA) = % Lolos saringan No.8 dan % Lolos saringan No.200
 $= 39,30 - 3,48 = 35,82\%$

c Bahan pengisi FF = 3,48%

d Konstanta (K) = 2,00 %

2. Kadar aspal rencana

Setelah di peroleh hasil proporsi agregat gabungan

$$P_b = 0,035 (60,70) + 0,045 (35,82) + 0,18 (3,48) + 2,00$$

$$P_b = 6,36 \% = 6,0 \text{ (hasil pembulatan dari 6,36)}$$

Tabel 4.11 Kadar Aspal Rencana

U R A I A N	NILAI	SATUAN
Proporsi Fraksi Kasar (<i>CA</i>)	60,70	%
Proporsi Fraksi Halus (<i>FA</i>)	35,82	%
Proporsi Fraksi Bahan Pengisi (<i>FF</i>)	3,48	%
Nilai Konstanta (<i>K</i>) ditetapkan	2,00	
Perkiraan Kadar Aspal (<i>Pb</i>)	6,36	%

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Kadar aspal yang diperoleh adalah 6,36 % dan di bulatkan menjadi 6,0%. Sehingga kadar aspal perkiraan yang digunakan untuk proporsi pembuatan benda uji adalah : 5,0 %, 5,5%, 6,0 %, 6,5 dan 7,0 %, Sedangkan untuk tiap-tiap kadar aspal tersebut dibuat 2 benda uji sehingga jumlah benda uji kadar aspal perkiraan dalam penelitian ini berjumlah 10 (sepuluh) benda uji. Berat rencana total campuran adalah 1200 gram. dan dapat dilihat pada tabel 4.12 dan 4.13 di bawah ini :

Table 4.12 Hasil Perhitungan rancangan dalam persen (%)

KOMPONEN	KOMPOSISI AGREGAT	KADAR ASPAL RENCANA (%)				
		5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
a) BATU PECAH 3/4 "	16,00%	15,20	15,12	15,04	14,96	14,88
(b) BATU PECAH 1/2 "	35,00%	33,25	33,08	32,90	32,73	32,55
(c) ABU BATU	35,00%	33,25	33,08	32,90	32,73	32,55
(d) PASIR ALAM	12,00%	11,40	11,34	11,28	11,22	11,16
(e) FILLER (Semen)	2,00%	1,90	1,89	1,88	1,87	1,86
TOTAL AGG CAMPURAN (%)	100%	95,0	94,5	94,0	93,5	93,0
KADAR BAHAN PENGELUPASAN (%)		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
TOTAL CAMPURAN (%)		100	100	100	100	100

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Tabel 4.13 Hasil perhitungan rancangan dalam Gram

KOMPOSISI CAMPURAN KADAR ASPAL RENCANA	BERAT TIMBANGAN (Gr)					
	%	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
a) BATU PECAH 3/4 "	Gram	182,4	181,4	180,5	179,5	178,6
(b) BATU PECAH 1/2 "	Gram	399,0	396,9	394,8	392,7	390,6
(c) ABU BATU	Gram	399,0	396,9	394,8	392,7	390,6
(d) PASIR ALAM	Gram	136,8	136,1	135,4	134,6	133,9
(e) FILLER (Semen)		22,8	22,7	22,6	22,4	22,3
BERAT AGREGAT CAMPURAN (Gr)		1140	1134	1128	1122	1116
BERAT ASPAL (Gr)		60,0	66,0	72,0	78,0	84,0
BERAT RENCANA TOTAL CAMPURAN (Gr)		1200	1200	1200	1200	1200

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

4.2.8 Test Marshall

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan ketahanan (stabilitas dan kelelahan) plastis (flow) benda uji. Selain itu, pengujian dengan metode *Marshall* juga menghasilkan parameter-parameter *Marshall*.

Perhitungan dan analisa parameter *Marshall* campuran Lataston (*HRS-BASE*) dapat dilihat pada lampiran, sedangkan rangkuman hasil pengujian *Marshall* campuran Lataston (*HRS-BASE*) berdasarkan hasil pengujian laboratorium untuk masing-masing pengujian yang disertai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 revisi 2.

Pada tabel berikut. Hasil pengujian marshall dapat dilihat pada tabel 4.14 di bawah ini :

Tabel 4.14 Hasil Pengujian Marshall

Kadar Aspal (%)	Benda Uji Marshall	VMA (%)	VIM (%)	VFA (%)	Stabilitas (Kg)	MQ (kg/mm)
Spesifikasi		Min. 17	Min. 3 - Max. 5	Min. 68	Min. 600	Min. 250
5,0%	1	17,54	6,07	65,39	811,1	324,4
	2	17,94	6,42	60,98	763,4	288,1
Rata-Rata		17,74	6,24	63,19	787,2	306,3
5,5%	1	18,22	4,90	69,43	763,4	318,1
	2	18,07	4,78	69,67	782,5	313,0
Rata-Rata		18,15	4,84	69,55	772,9	315,5
6,0%	1	17,66	4,80	72,82	932,5	371,1
	2	17,34	4,63	73,30	958,8	306,7
Rata-Rata		17,50	4,72	73,06	945,7	338,9
6,5%	1	17,80	4,60	74,16	830,1	245,8
	2	17,93	5,20	71,00	792,8	263,2
Rata-Rata		17,86	4,90	72,58	811,5	254,5
7,0%	1	16,96	2,80	86,59	863,4	238,6
	2	19,07	3,78	80,18	858,8	252,6
Rata-Rata		18,02	3,29	83,38	861,1	245,6

Sumber :Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

4.2.9 Hubungan Antara Parameter Marshall dengan Kadar Aspal Perkiraan

Campuran Lataston *HRS-BASE* 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, *MQ*, *VIM*, *VMA* dan *VFA* harus sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Hasil pengujian *Marshall* dapat dilihat pada tabel dan Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai-nilai parameter *Marshall* di bawah ini:

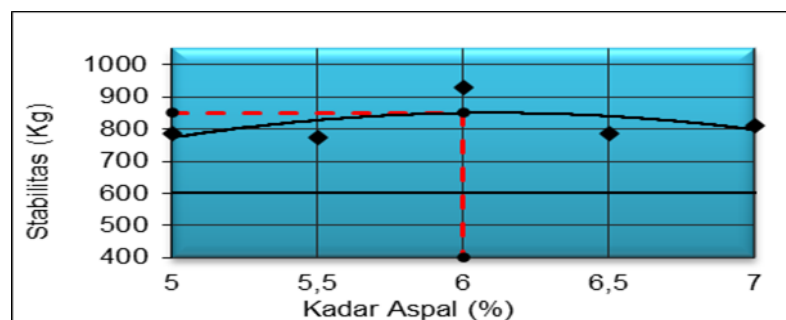
4.2.9.1 Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi alir (*flow*) yang dinyatakan dalam kilogram. Alir (*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 4.15 berikut ini.

Tabel 4.15 Hubungan Kad5r Aspal Dengan Stabilitas

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (Kg)
5,0	787,2
5,5	772,9
6,0	930,4
6,5	787,2
7,0	811,1

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Keterangan :

◆ = Nilai stabilitas pada setiap kadar aspal

— = Batas minimum stabilitas

Berdasarkan rekapan pada Tabel 4.15 menghasilkan Grafik 4.2 dapat dilihat bahwa nilai stabilitas kadar aspal yang bertambah yaitu 5,0 % , 6,0%, dan kadar aspal 7,0 sedangkan pada kadar aspal 5,5%, dan 6,5% stabilitas kembali menurun dengan semakin bertambahnya persentase kadar aspal. Hal ini menunjukkan bahwa nilai stabilitas sangat tergantung pada banyaknya kadar aspal yang digunakan.

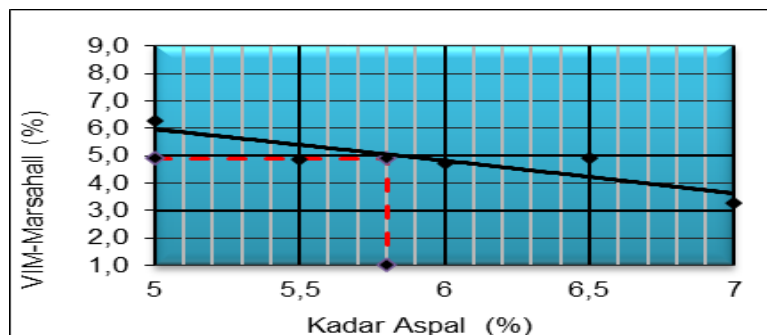
4.2.9.2 Hubungan Antara *Void in Mix* (VIM) Dengan Kadar Aspal

VIM adalah volume rongga atau pori yang masih tersisa yang terdapat di antara butir-butir agregat terselimuti aspal setelah campuran aspal dipadatkan. Hasilnya dapat di lihat pada tabel 4.16 dan gambar 4.3

Tabel 4.16 Hubungan antara VIM dengan kadar aspal

Kadar Aspal (%)	VIM (%)
5,0	6,25
5,5	4,84
6,0	4,72
6,5	4,90
7,0	3,29

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023



Gambar 4.3 Grafik Hubungan *VIM* dengan Kadar Aspal
Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Keterangan :

❖ = Nilai kelelahan pada setiap kadar aspal

— = Batas kelelahan

Dari Tabel 4.16 dan Grafik 4.3 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 padat berkurang kekedapan 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. Gambar Grafik 4.3 juga menunjukkan bahwa hasil pengujian rongga udara dalam campuran Lataston, pada hasil pengujian ini kadar aspal 5,5% sampai dengan 7,0% memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2.

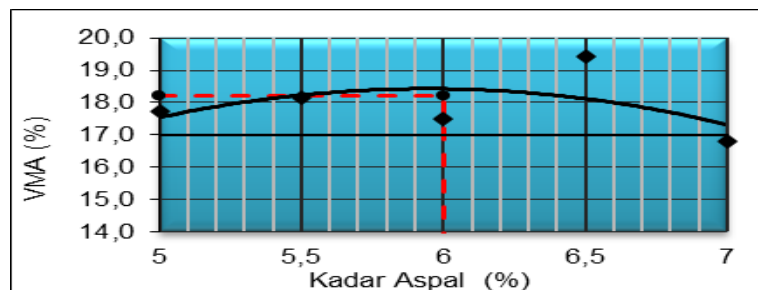
4.2.9.4 Hubungan Antara *Void in the Aggregate* (VMA) dan kadar aspal

VMA adalah volume pori dalam beton aspal padat. Hubungan antara VMA dan kadar aspal dapat dilihat pada Tabel 4.17 dan Gambar 4.4 berikut ini.

Tabel 4.17 Hubungan Antara VMA Dengan Kadar Aspal

Kadar Aspal (%)	VMA (%)
5,0	17,74
5,5	18,15
6,0	17,50
6,5	19,45
7,0	17,26

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023



Grafik 4.4 Hubungan VMA Dengan Kadar Aspal.

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Keterangan :

❖ = Nilai VMA pada setiap kadar aspal

— = Batas minimum VMA

Dari grafik dapat terlihat bahwa nilai *VMA* akan turun sampai mencapai nilai minimum kembali bertambah dengan bertambahnya kadar aspal dan Kembali menurun. 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. dari Tabel 4.17 dan Grafik 4.4 juga dapat dilihat bahwa dari kadar aspal 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5%, 7,0%. 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 17 %.

4.2.9.5 Hubungan Antara *Void Filled with Aspal (VFA)*

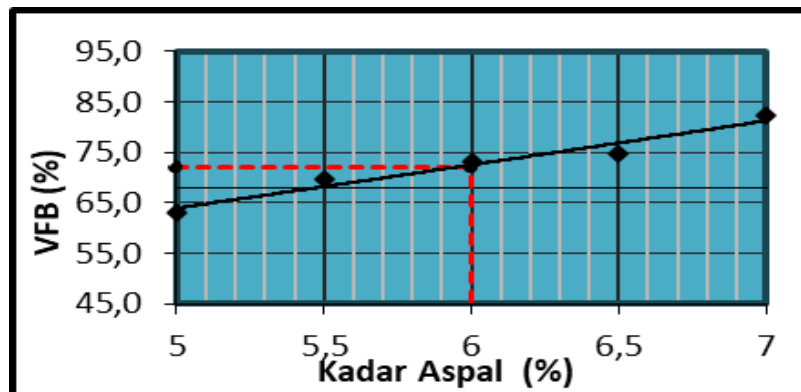
adalah volume pori beton aspal padat yang terisi oleh aspal.

Hubungan antara *VFA* dengan kadar aspal dapat dilihat pada Tabel 4.18 dan Gambar 4.5

Tabel 4.18 Hubungan antara kadar aspal dengan VFA / VFB

Kadar Aspal (%)	VFB (%)
5,0	63,19
5,5	69,55
6,0	73,06
6,5	72,58
7,0	83,38

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023



Gambar 4.5 Grafik Hubungan *VFA* dengan Kadar Aspal

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Keterangan :

❖ = Nilai kelelehan pada setiap kadar aspal

— = Batas minimum VFA

Dari Grafik 4.5 terlihat bahwa nilai VFA semakin tinggi seiring penambahan kadar aspal 5,0% sampai 7,0%. Hal ini disebabkan karena rongga antar butiran agregat masih cukup besar dan dapat menampung aspal yang masuk, semakin besar persentase kadar aspal semakin banyak rongga yang terisi oleh aspal sehingga prosentase aspal dalam rongga menjadi naik. Berdasarkan hasil penelitian dan penggunaan lima variasi kadar aspal dalam campuran yaitu

5,0% sampai 7,0%. Pada kadar aspal 5,0% tidak memenuhi spesifikasi yang disyaratkan yakni minimum 68% sedangkan pada kadar aspal 5,5% sampai 7,0% memenuhi syarat Spesifikasi.

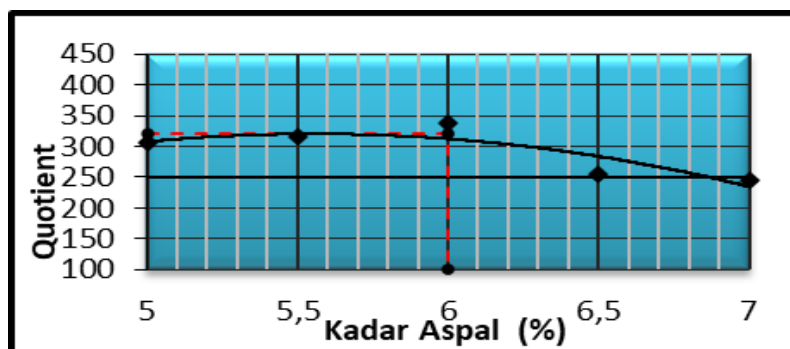
4.2.9.6 Hubungan Antara hasil bagi Marshall (MQ) dan Kadar Aspal

MQ adalah perbandingan antara nilai stabilitas dengan nilai *flow*. Tujuannya adalah untuk mendapatkan tingkat fleksibilitas dari suatu campuran. Fleksibilitas yang dimaksudkan adalah kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban yang berulang yang bekerja tanpa timbulnya retak dan perubahan volume.

Tabel 4.19 Hubungan antara kadar aspal dengan MQ

Kadar Aspal (%)	Marshall Quotient (Kg/mm)
5,0	306,3
5,5	315,5
6,0	338,9
6,5	254,5
7,0	245,6

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023



Gambar 4.6 Grafik Hubungan *MQ* dengan Kadar Aspal

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Keterangan :

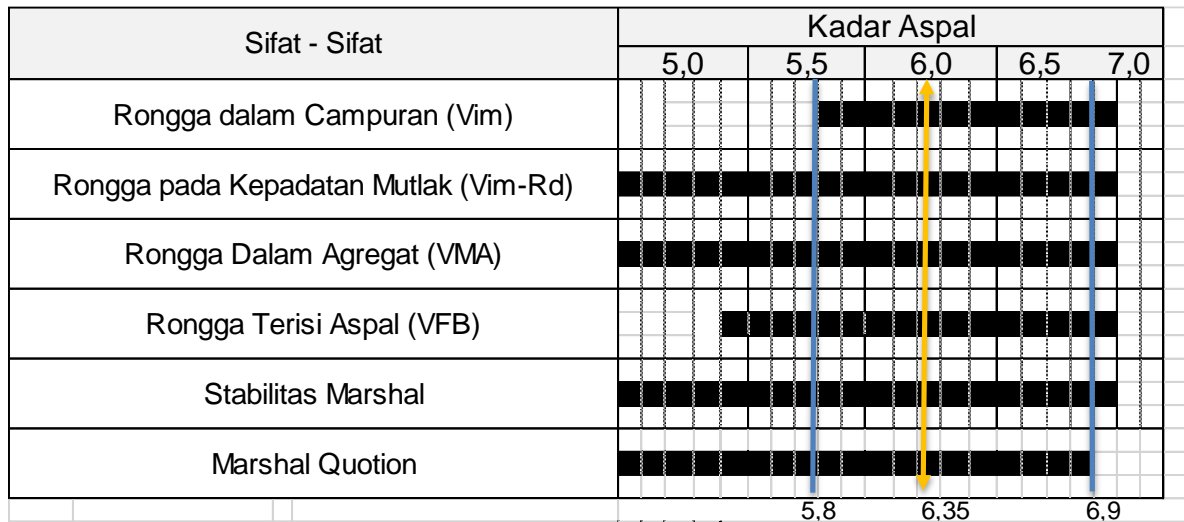
❖ = Nilai kelelehan pada setiap kadar aspal

_____ = Batas minimum kelelehan

Dari hasil pengujian didapatkan Grafik 4.6 bahwa penambahan kadar aspal 7,0 tidak memenuhi sedangkan mulai dari kadar aspal 5,0 sampai 6,5 memenuhi nilai *MQ* untuk kadar aspal pada Lataston *HRS-BASE* memenuhi persyaratan yakni minimal 250 Kg/mm.




4.3 Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal optimum adalah nilai tengah dari rentang kadar aspal yang memenuhi semua Spesifikasi campuran. Maka di peroleh kadar aspal optimum sebesar 6,35% yang di peroleh dari kadar aspal Minimum sebesar 5,8 dan kadar aspal Maximum sebesar 6,9. Di peroleh dari hasil grafik nilai parameter marshall. Memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu menyangkut stabilitas, *VIM*, *VMA*, *VFA*, *MQ*. 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 Gambar 4.7. di bawah ini.



Gambar 4.7 Diagram Batang Kadar Aspal Optimum

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

-  : Kadar Aspal Optimum
-  : Parameter *Marshall* yang memenuhi
-  : Kadar Aspal Minimum dan Maximum

4.4 Pembahasan

1. Dari hasil Pengujian di atas dapat disimpulkan sifat-sifat material *quarry* Taektoo berupa analisa saringan, berat jenis dan penyerapan dan abrasi layak digunakan karena telah sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2.
2. Dari hasil uji marshall di atas nilai parameter marshall yaitu VIM, VMA, Stabilitas, Flow, Marshall Question. Material dari *quarry* taektoo layak digunakan karena memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2.
3. Kadar aspal optimum untuk campuran Lataston HRS-BASE menggunakan bahan agregat kasar batu pecah $\frac{3}{4}$ dan $\frac{1}{2}$ dan agregat halus abu batu, pasir alam dan filler mendapatkan nilai kadar aspal optimum sebesar 6,35%.