

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengambilan Material

Pada penelitian ini proses pengambilan sampel material dilakukan di tempat penyimpanan (*Stock Pile*) pada *Asphalt Mixing Plant (AMP)* Merdeka milik PT Anak Lembata Group, Ltd. Yang terletak di Desa Merdeka, Kecamatan Lebatukan, Kabupaten Lembata. Material yang diambil berupa Batu Pecah $\frac{3}{4}$ ", Batu Pecah $\frac{1}{2}$ ", Abu Batu, dan Pasir Alam.

Material yang berada di *Quarry* Merdeka ditumpuk berdasarkan jenisnya, sehingga dalam penelitian ini cara pengambilan material menggunakan metode (*Systematic Random Sampling*). Tujuan dari metode ini adalah untuk dapat mewakili keseluruhan sampel yang di lapangan. Pengambilan diambil secara acak dari setiap tumpukan agregat sehingga dapat mewakili keseluruhan sampel.

Tumpukan material terdiri dari batu pecah dengan berbagai ukuran dan pasir. Batu pecah dan abu batu yang dihasilkan merupakan hasil dari *Stone Crusher*. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara menyekop material yang berada pada masing-masing tumpukan dan dimasukkan kedalam karung. Penyekopan dilakukan dari segala arah, yaitu bagian bawah, tangan, samping kiri, dan kanan. Sampel yang telah dikumpulkan di bawah ke Laboratorium Jalan Raya Balai Pengujian dan Peralatan Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Nusa Tenggara Timur untuk dilakukan pengujian.

4.2 Persiapan Material

Material yang digunakan yaitu agregat kasar batu pecah $\frac{3}{4}$ " dan batu pecah $\frac{1}{2}$ ", agregat halus berupa abu batu dan *filler*, milik PT. Anak Lembata Group.

4.2.1 Data

Data- data yang didapat pada pengujian di laboratorium antara lain,

1. Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air, gradasi, abrasi dan pengujian *Marshall*.

2. Data Sekunder

Data aspal penetrasi 60/70 produksi Pertamina yang diperoleh dari Laboratorium Pengujian Dinas PUPR Provinsi NTT yaitu data pengujian aspal Pertamina penetrasi 60/70.

4.2.2 Pengujian Material Agregat Kasar

4.2.2.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.

Pada pengujian ini agregat yang digunakan adalah agregat dengan ukuran 3/4" dan 1/2" yang berasal dari *Quarry* Merdeka. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan berat jenis, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu dan penyerapan air. Hasil perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat kasar dapat dilihat pada Table 4.1 dan Tabel 4.2 berikut

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Batu Pecah 3/4"

PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR						
(SNI 03-1969-1990)						
Nama Contoh : Batu pecah 3/4"						
No.	NOMOR CONTOH	A	B	Satuan		
1	Berat benda uji kering permukaan jenuh (Bj)	3489	3274	Gram		
2	Berat benda uji dalam air (Ba)	2135	2005	Gram		
3	Berat benda uji kering oven (Bk)	3420	3208	Gram		
No.	Hasil	Rumus	A	B	Rata-rata	Spec.
1	Berat jenis (<i>Bulk</i>)	$\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2.526	2.528	2.527	-
2	Berat jenis kering permukaan jenuh (<i>SSD</i>)	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2.577	2.580	2.578	-
3	Berat jenis semu (<i>Apparent</i>)	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2.661	2.667	2.664	-
4	Penyerapan air (Absorption) %	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100$	2.018	2.057	2.037	Max 3

Sumber : Hasil pengujian laboratorium, 2023

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Batu Pecah ½”

PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR						
(SNI 03-1969-1990)						
Nama Contoh : Batu pecah 1/2"						
No.	NOMOR CONTOH	A	B	Satuan		
1	Berat benda uji kering permukaan jenuh (Bj)	3323	3400	Gram		
2	Berat benda uji dalam air (Ba)	2030	2079	Gram		
3	Berat benda uji kering oven (Bk)	3256	3332	Gram		
No.	Hasil	Rumus	A	B	Rata-rata	Spec.
1	Berat jenis (<i>Bulk</i>)	$\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2.518	2.522	2.520	-
2	Berat jenis kering permukaan jenuh (<i>SSD</i>)	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2.570	2.574	2.572	-
3	Berat jenis semu (<i>Apparent</i>)	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2.656	2.659	2.658	-
4	Penyerapan air (Absorption) %	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100$	2.058	2.041	2.049	Max 3

Sumber : Hasil pengujian laboratorium, 2023

Dari hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air, batu pecah ¾ dan ½ memenuhi standar yang di syaratkan yaitu Max 3% (Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2)

4.2.2.2 Pengujian Analisa Saringan

Pada pengujian ini material yang digunakan adalah batu pecah ukuran ¾" dan batu pecah ½". Hasil analisis saringan dapat dilihat pada tabel 4.3 dan 4.4 berikut

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Analisa Saringan Batu Pecah ¾"

SARINGAN		Jumlah Berat benda uji I (g) = 3431						Rata-Rata
		Tertahan Berat benda uji II (g) = 3063						
		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	3,105	2,780	90.50	90.76	9.50	9.24	9.37
3/8	9.50	3,187	2,824	92.89	92.20	7.11	7.80	7.46
No.4	4.75	3,426	3,057	99.85	99.80	0.15	0.20	0.17
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, 2023

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Analisa Saringan Batu Pecah ½”

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) = 3276				Rata-Rata
				Berat benda uji II (g) = 3346				
(ASTM)	(mm)	I	II	Persen Tertahan		Persen Lolos		
				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	1198	1187	36.57	35.48	63.43	64.52	63.98
No.4	4.75	2,841	3,107	86.72	92.86	13.28	7.14	10.21
No.8	2.36	3238	3322	98.84	99.28	1.16	0.72	0.94
No.16	1.18	3268	3339	99.76	99.79	0.24	0.21	0.23
No.30	0.60	3273	3342	99.91	99.88	0.09	0.12	0.11
No.50	0.30							
No.100	0.15							
No.200	0.075							

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Dari hasil pengujian gradasi agregat kasar batu pecah ¾ dan gradasi batu pecah ½ memenuhi memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2

4.2.2.3 Pengujian Keausan Agregat (Abrasi)

Pengujian ini menggunakan mesin *Los Angles* dengan menggunakan material batu pecah ¾ yang lolos saringan No. ¾ dan tertahan saringan No.½, dan batu pecah ½ yang lolos saringan No. ½ dan tertahan saringan No.¾". Tujuan 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

Tabel 4.5. hasil Pengujian Keausan Agregat (Abrasi)

Gradasi Pemeriksaan				GRADING (B)			
Ukuran Saringan				I			
Lolos		Tertahan		Berat (a)			
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		
12.7	(1/2")	9.52	(3/8")		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			
Berat tertahan saringan No.12 sesudah percobaan (b)				3702			

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Perhitungan Abrasi

$$a = 500 \text{ gram}$$

$$b = 3702,0 \text{ gram}$$

$$a - b = 1298,0 \text{ gram}$$

$$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100 = 25,96$$

Dari hasil pengujian keausan (abrasi) agregat kasar batu pecah $\frac{3}{4}$ dan batu pecah $\frac{1}{2}$, memenuhi standar pengujian yang disyaratkan yaitu maksimum 40% (Spesifikasi Bina Marga Revisi 2)

4.2.3 Pengujian Material Agregat Halus

4.2.3.1 Penyerapan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pada pengujian ini agregat yang digunakan adalah abu batu atau agregat yang lolos saringan No. 4 yang berasal dari *Quarry* Merdeka. Hasil perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan 4.7 berikut

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus (Abu Batu)

PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS						
(SNI 03-1969-1990)						
Nama Contoh : Abu Batu						
No.	NOMOR CONTOH	A	B	Satuan		
1	Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)	500	500	Gram		
2	Berat piknometer + air (25°C) B	685.40	687.40	Gram		
3	Berat piknometer + air + benda uji Bt	991.40	993.90	Gram		
4	Berat benda uji kering oven Bk	488.00	487.90	Gram		
No.	Hasil	Rumus	A	B	Rata-Rata	Spec.
1	Berat jenis (<i>Bulk</i>)	$\frac{Bk}{Ba + Bj - Bt}$	2.515	2.521	2.518	-
2	Berat jenis kering permukaan jenuh (<i>SSD</i>)	$\frac{Bj}{Ba - Bj + Bt}$	2.577	2.584	2.581	-
3	Berat jenis semu (<i>Apparent</i>)	$\frac{Bk}{Ba + Bk - Bt}$	2.681	2.690	2.685	-
4	Penyerapan air (<i>Absorption</i>) %	$\frac{Bi - Bk}{Bk} \times 100$	2.459	2.480	2.470	Max 3

Sumber : Hasil pengujian laboratorium, 2023

Dari hasil pengujian berat jenis dan penyerapan pada abu batu memenuhi standar pengujian yang disyaratkan yaitu Max 3% (Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2)

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus (Pasir)

PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS						
(SNI 03-1969-1990)						
Nama Contoh : Pasir						
No.	NOMOR CONTOH		A	B	Satuan	
1	Berat benda uji kering permukaan		500	500	Gram	
2	Berat piknometer + air (25°C)	B	660	664	Gram	
3	Berat piknometer + air + benda uji	Bt	965	969	Gram	
3	Berat benda uji kering oven	Bk	487.90	489	Gram	
No.	Hasil	Rumus	A	B	Rata-Rata	Spec.
1	Berat jenis (<i>Bulk</i>)	$\frac{Bk}{B + 500 - Bt}$	2.497	2.506	2.501	-
2	Berat jenis kering permukaan jenuh (<i>SSD</i>)	$\frac{500}{B + 500 - Bt}$	2.559	2.564	2.561	-
3	Berat jenis semu (<i>Apparent</i>)	$\frac{Bk}{B + Bk - Bt}$	2.662	2.661	2.661	-
4	Penyerapan air (<i>Absorption</i>) %	$\frac{500 - Bk}{Bk} \times 100\%$	2.480	2.333	2.407	Max 3

Sumber : Hasil pengujian laboratorium, 2023

Berat jenis bulk ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat keadaan jenuh pada suhu 25°C, berat jenis permukaan jenuh yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25°C, berat jenis semu adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu 25°C dan penyerapan adalah kemampuan agregat untuk menyerap air dalam kondisi kering sampai dengan kondisi jenuh permukaan kering dinyatakan dalam persen.

Untuk menentukan berat jenis Bulk, SSD, berat jenis semu dan Penyerapan maka perlu diperlukan berat ssd, berat benda uji kering, berat piknometer + air dan berat piknometer + air + berat benda uji.

Nilai berat SSD diperoleh dengan cara merendam agregat halus di dalam air selama 1x24 jam. hal tersebut dilakukan dengan tujuan agar air dapat meresap kedalam pori-pori butiran tersebut. setelah itu air perendam dibuang lalu agregat halus ditembakkan diatas talam, dikeringkan diudara panas dengan cara membalik balikkannya. pengeringan dilakukan sampai agregat halus mencapai keadaan kering permukaan jenuh. setelah itu agregat halus dimasukkan kedalam piknometer sebanyak 500 gram setelah itu memasukan air sampai pada batas. kemudian dilakukan penimbangan terhadap piknometer untuk mengetahui nilai berat piknometer + air dan berat piknometer + air + benda uji. Agregat

dikeluarkan dari piknometer dan dimasukkan kedalam oven untuk mendapatkan berat kering.

Setelah memperoleh berat kering, berat piknometer + air, berat piknometer + air + contoh dan berat SSD maka dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai berat jenis bulk, ssd, appernt dan penyerapan. Dari hasil perhitungan Abu Batu dihasilkan berat jenis bulk 2.51, berat jenis saat SSD 2.58, berat jenis semu 2.68 dan penyerapannya 2,47%. Sedangkan hasil perhitungan untuk Pasir Alam, dihasilkan berat jenis bulk 2.50, berat jenis saat SSD 2.56, berat jenis semu 2.66 dan penyerapannya 2.40%. Maka nilai penyerapan agregat Halus Abu Batu dan Pasir Alam dari *Quarry* Merdeka memenuhi spesifikasi yang disyaratkan Bina Marga, nilai penyerapan air maksimum 3 %.

Dalam pengujian ini berat jenis agregat halus merupakan perbandingan antara berat dan volume dimana berat yang dimaksud adalah berat kering agregat dan volume diperoleh dari berat piknometer + air ditambah dengan berat ssd dikurangi dengan berat piknometer + air + contoh yang menunjukkan besaran pori yang dapat menyerap air.

Berat agregat halus pada kondisi SSD mengalami penyusutan setelah agregat halus dikeringkan dalam oven. Hal ini disebabkan adanya penurunan kadar air secara sempurna sehingga tidak ada penyerapan air yang mana sangat berpengaruh, dimana berat agregat halus mengalami penurunan akibat dari penyusutan kadar air yang terkandung dalam agregat halus.

Dengan demikian berat jenis agregat halus pada saat kering oven lebih kecil dari berat jenis benda uji pada saat SSD. Lain halnya dengan perubahan berat agregat halus saat diuji dalam piknometer dengan penambahan air, hal ini justru menjadikan berat agregat halus bertambah karena adanya penyerapan air oleh agregat halus sehingga kadar air meningkat.

4.2.3.2 Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Gradasi atau Analisa saringan dilakukan terhadap agregat halus, yaitu Abu Batu dan Pasir Alam yang berasal dari *Quarry* Merdeka. Hasil pengujian gradasi atau analisa saringan material Abu Batu dan Pasir Alam dapat dilihat pada tabel 4.8 dan 4.9 di bawah ini :

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Gradasi Saringan Abu Batu

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) = 2112				Rata- Rata
				Berat benda uji II (g) = 2338				
(ASTM)	(mm)	I	II	Persen Tertahan		Persen Lolos		
				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	541	538	25.62	23.01	74.38	76.99	75.69
No.16	1.18	1076	1214	50.95	51.92	49.05	48.08	48.56
No.30	0.60	1,457	1630	68.99	69.72	31.01	30.28	30.65
No.50	0.30	1,646	1,927	77.94	82.42	22.06	17.58	19.82
No.100	0.150	1,838	2,069	87.03	88.49	12.97	11.51	12.24
No.200	0.075	1,943	2,183	92.00	93.37	8.00	6.63	7.32

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Gradasi Saringan Pasir Alam

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) = 1904				Rata- Rata
				Berat benda uji II (g) = 1890				
(ASTM)	(mm)	I	II	Persen Tertahan		Persen Lolos		
				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	233	228	12.24	12.06	87.76	87.94	87.85
No.16	1.18	557	572	29.25	30.26	70.75	69.74	70.24
No.30	0.60	977	988	51.31	52.28	48.69	47.72	48.21
No.50	0.30	1,373	1,467	72.11	77.62	27.89	22.38	25.13
No.100	0.15	1,703	1,672	89.44	88.47	10.56	11.53	11.05
No.200	0.075	1,804	1,781	94.75	94.23	5.25	5.77	5.51

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Dari hasil pengujian gradasi agregat halus abu batu dan pasir alam memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2

4.2.3.3 Pengujian Analisa Saringan Terhadap Bahan Pengisi (*Filler* Semen Tonasa)

Gradasi atau Analisa Saringan dilakukan pada Semen Tonas yang akan digunakan sebagai bahan pengisi (*Filler*). Hasil pengujian gradasi bahan pengisi (*Filler*) dapat dilihat pada tabel 4.10 di bawah ini :

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Analisa Saringan *Filler*

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) = 500				Rata-Rata
				Berat benda uji II (g) = 500				
(ASTM)	(mm)	I	II	Persen Tertahan		Persen Lolos		
				I	II	I	II	
No.50	0.30	0	0	0	0	100	100	100
No.100	0.15	2	2	0.4	0.4	99.6	99.6	99.59
No.200	0.075	3	3	0.6	0.6	99.4	99.4	99.40

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Dari hasil pengujian *Filler* memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2

4.2.4 Rancangan Proporsi Agregat Gabungan

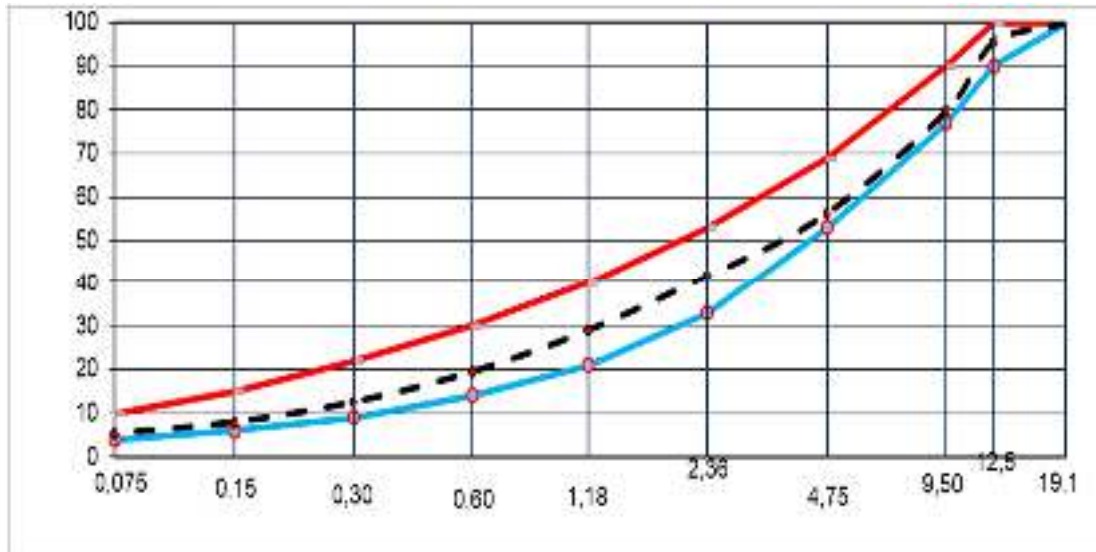
Untuk membuat komposisi agregat gabungan maka diperlukan data hasil analisa saringan (gradasi). Tujuan dibuat komposisi agregat gabungan yaitu untuk menentukan besarnya persentase dari masing - masing fraksi sehingga hasil persentase tersebut dapat diperoleh perkiraan kadar aspal (Pb) atau biasa disebut dengan kadar aspal tengah. Komposisi agregat gabungan dapat diketahui dengan cara grafis (penggambaran kurva hubungan antara persentase lolos agregat dan ukuran saringan berada di dalam kurva batas atas dan batas bawah (Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2). Perhitungan persentase agregat gabungan dan penggambaran kurva hubungannya dapat dilihat pada Tabel 4.11 berikut

Tabel 4.11 Perencanaan Gradasi Campuran Aspal

Inc		3/4 "	1/2 "	3/8 "	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200
mm		19.1	12.5	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
Data Gradasi											
Batu Pecah 3/4 "		100.00	9.37	7.46	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Batu Pecah 1/2 "		100.00	100.00	63.98	10.21	0.94	0.23	0.11	0.00	0.00	0.00
Abu Batu		100.00	100.00	100.00	100.00	75.69	48.56	30.65	19.82	12.24	7.32
Pasir		100.00	100.00	100.00	100.00	87.85	70.24	48.21	25.13	11.05	5.51
Filler		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.59	99.40
Combinasi Agregat											
Batu Pecah 3/4 "	5.00%	5.00	0.47	0.37	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Batu Pecah 1/2 "	43.00%	43.00	43.00	27.51	4.39	0.40	0.10	0.05	0.00	0.00	0.00
Abu Batu	38.00%	38.00	38.00	38.00	38.00	28.76	18.45	11.65	7.53	4.65	2.78
Pasir	12.00%	12.00	12.00	12.00	12.00	10.54	8.43	5.78	3.02	1.33	0.66
Filler	2.00%	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.99	1.99
Total Campuran	100%	100.00	95.47	79.88	56.40	41.71	28.98	19.48	12.55	7.97	5.43
Spec. gradasi											
max		100.0	100.0	90.0	69.0	53.0	40.0	30.0	22.0	15.0	9.0
min		100.0	90.0	77.0	53.0	33.0	21.0	14.0	9.0	6.0	4.0

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Berdasarkan tabel perhitungan gradasi gabungan tersebut dapat diperoleh grafik gradasi agregat gabungan seperti di bawah ini :



Gambar 4.1. Grafik Gradasi Agregat Gabungan

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Setelah diperoleh hasil analisa saringan atau gradasi untuk setiap fraksi agregat, yaitu fraksi agregat kasar (*CA*), fraksi agregat halus (*FA*), bahan pengisi (*FF*) maka dapat ditentukan proporsi agregat. Proporsi agregat yang dibuat bertujuan untuk menentukan persentase dari masing-masing agregat yang terdiri dari batu pecah $\frac{3}{4}$ " , $\frac{1}{2}$ " , pasir abu batu dan Filler Semen sehingga dari hasil persentase tersebut dapat diperoleh kadar aspal awal.

Gradasi agregat juga merupakan kondisi agregat yang dapat dibentuk untuk mencapai persyaratan yang diinginkan. Jika agregat yang tersedia terlalu kasar, maka dicampur dengan agregat yang lebih halus. Gradasi agregat menentukan besarnya rongga atau pori yang mungkin terjadi dalam campuran agregat. Agregat campuran yang terdiri dari agregat berukuran sama akan berongga atau berpori banyak, karena agregat berukuran lebih kecil yang dapat mengisi rongga yang terjadi, jika campuran agregat terdistribusi dari agregat yang berukuran besar sampai kecil secara merata, maka rongga atau pori yang terjadi sedikit. hal ini disebabkan karena rongga yang terbentuk oleh susunan agregat berukuran besar , akan diisi oleh agregat yang berukuran kecil.

4.3 Memenuhi Spesifikasi Campuran

Hasil presentase kombinasi campuran material diatas telah memenuhi batas spesifikasi persyaratan campuran atau berada dalam batasan kurva gradasi lapis aspal beton khususnya Laston lapis aus *AC-WC*. Sehingga material yang digunakan dapat dipakai untuk campuran aspal beton Lapis Aus AC – WC.

4.4 Penentuan Kadar Aspal Rencana

Penentuan Kadar Aspal Rencana dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

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

Dimana :

P_b	=	kadar aspal rencana
CA	=	Fraksi agregat kasar
FA	=	Fraksi agregat halus
FF	=	Fraksi bahan pengisi
K	=	konstanta = 0,5 – 1,0 (Laston)

4.4.1 Fraksi Agregat

Fraksi agregat kasar diambil dari jumlah agregat gabungan yang tertahan saringan nomor 4. Sedangkan fraksi agregat halus adalah hasil pengurangan dari presentase gradasi agregat yang lolos saringan nomor 4, dengan persentase gradasi agregat yang lolos saringan nomor 200. Fraksi filler adalah persentase dari gradasi agregat yang lolos saringan nomor 200.

- a. Fraksi agregat kasar (CA) = 100% - %Total agregat lolos saringan No. 4
= 100 – 61,29
= 38,71%
- b. Fraksi agregat halus (FA) = % Total agregat lolos saringan No. 4 - %Total agregat lolos saringan No. 200
= 61,29 – 5,83
= 55,46%
- c. Fraksi Filler (FF) = % Total agregat lolos saringan No. 200
= 5,83%

4.4.2 Kadar Aspal Rencana

Penentuan kadar aspal rencana :

$$\begin{aligned}
 P_b &= 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + K \\
 &= 0,035 (38,71) + 0,045 (55,46) + 0,18 (5,83) + 1,00 \\
 &= 5,9 \% \sim 6 \% \text{ dapat dilihat pada Tabel 4.12 berikut}
 \end{aligned}$$

Rangkuman hasil perhitungan berat tiap – tiap campuran pada kadar aspal rencana (Normal) dapat dilihat pada Tabel 4.12

Tabel 4.12 Kadar Aspal Rencana

URAIAN	NILAI	SATUAN
Proporsi Fraksi Kasar (<i>CA</i>)	38.7	%
Proporsi Fraksi Halus (<i>FA</i>)	55.5	%
Proporsi Fraksi Bahan Pengisi (<i>FF</i>)	5.83	%
Nilai Konstanta (<i>K</i>) ditetapkan	1.0	%
Perkiraan Kadar Aspal (<i>Pb</i>)	5.9	%

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

4.5 Rancangan Campuran Dengan Menggunakan Enam Kadar Aspal Rencana

Dari hasil perhitungan kadar aspal rencana di atas diperoleh 5,9%, dimana kadar aspal tersebut dibulatkan menjadi 6 %. Sehingga rancangan campuran dibuat dengan menggunakan enam kadar aspal rencana 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5%, 7,0% dan 7,5%. Berat rencana total campuran adalah 1200 gram. Rancangan campuran ini yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji. Hasil perhitungan rancangan dalam persen (%) dan gram dapat dilihat pada tabel 4.13 dan 4.14 di bawah ini :

Tabel 4.13. Perhitungan Rancangan Campuran Dalam Persen (%)

KOMPONEN	KOMPOSISI AGREGAT	KADAR ASPAL RENCANA (%)					
		5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5
(a) BATU PECAH 3/4	5.00%	4.75	4.73	4.70	4.68	4.65	4.63
(b) BATU PECAH 1/2	43.00%	40.85	40.64	40.42	40.21	39.99	39.78
(c) ABU BATU	38.00%	36.10	35.91	35.72	35.53	35.34	35.15
(d) PASIR ALAM	12.00%	11.40	11.34	11.28	11.22	11.16	11.10
(e) FILLER	2.00%	1.90	1.89	1.88	1.87	1.86	1.85
TOTAL AGG CAMPURAN (%)	100%	95.0	94.5	94.0	93.5	93.0	92.5
TOTAL CAMPURAN (%)		100	100	100	100	100	100

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Berat masing - masing material untuk campuran AC – WC pada contoh kadar aspal 6,0 %

- 1) Batu pecah ¾" = 5,17 % × 1200 = 62,04 gr
- 2) Batu pecah ½ = 34,78 % × 1200 = 417,36 gr
- 3) Abu batu = 40,89 % × 1200 = 490,68 gr
- 4) Pasir alam = 11,28 % × 1200 = 135,36 gr
- 5) Semen = 1,88 % × 1200 = 22,56 gr
- 6) Aspal = 6,0 % × 1200 = 72 gr

Jumlah = 1200 gr

Rangkuman hasil perhitungan berat tiap – tiap campuran pada kadar aspal rencana = 6,0 % (Normal) dapat dilihat pada table 4.14

Tabel 4.14. Perhitungan Rancangan Campuran Dalam Gram

KOMPOSISI CAMPURAN KADAR ASPAL RENCANA	BERAT TIMBANGAN (Gr)						
	%	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5
(a) BATU PECAH 3/4	Gram	57.00	56.70	56.40	56.10	55.80	55.50
(b) BATU PECAH 1/2	Gram	490.20	487.62	485.04	482.46	479.88	477.30
(c) ABU BATU	Gram	433.20	430.92	428.64	426.36	424.08	421.80
(d) PASIR ALAM	Gram	136.80	136.08	135.36	134.64	133.92	133.20
(e) FILLER		22.80	22.68	22.56	22.44	22.32	22.20
BERAT AGREGAT CAMPURAN (Gr)		1140.00	1134.00	1128.00	1122.00	1116.00	1110.00
BERAT ASPAL (Gr)		60.00	66.00	72.00	78.00	84.00	90.00
BERAT RENCANA TOTAL CAMPURAN (Gr)		1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

4.6 Test Marshall untuk Menganalisis Parameter 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 Laston Lapis Aus (AC-WC) dapat dilihat pada lampiran, sedangkan rangkumsan hasil pengujian *Marshall* campuran Laston Lapis Aus (AC-WC) 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 4.15 di bawah ini :

Tabel 4.15 Hasil Pengujian Marshall dengan Kadar Aspal Perkiraan

Kadar Aspal (%)	Jumlah Benda Uji	Kepadatan (Kg)	Rongga Dalam Campuran(VIM)(%)	Stabilitas (kg)	Kelelahan (flow)	Rongga Dalam Agregat(VMA)(%)	(VFB) (%)
4.9	2	2.225	6.28	1065.29	2.41	16.36	61.61
5.4	2	2.228	5.52	1170.71	2.74	16.70	66.94
5.9	2	2.243	4.25	1311.57	3.08	16.59	74.39
6.4	2	2.242	3.63	1237.11	3.56	17.06	78.75
6.9	2	2.258	2.30	1105.38	4.3	16.90	86.40
7.4	2	2.261	1.51	939.29	4.58	17.25	91.28
Spek	-		Min 3-5	Min 800	Min 2-4	Min 15	Min 65

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

4.6.1 Hubungan Antara Parameter Marshall dan Kadar Aspal

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 *VIM* stabilitas, *flow*, *VMA*, dan *VFB*. Harus sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Hasil pengujian *Marshall* yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel dan Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai-nilai parameter *Marshall* di bawah ini.

4.6.1.1 Hubungan Kadar Aspal dengan Rongga Dalam Campuran (*VIM*)

Banyaknya pori yang berada dalam beton aspal padat adalah banyaknya pori di antara butir butir agregat yang diselimuti aspal. *VIM* dinyatakan dalam presentase terhadap volume beton aspal padat.

Grafik hubungan kadar aspal dengan *VIM* menunjukkan bahwa hubungan antara kadar aspal dengan *VIM* akan cenderung terbalik, yakni jika nilai *VIM* cenderung menurun dengan semakin meningkatnya kadar aspal, begitu pula sebaliknya apabila kadar aspal semakin rendah maka akan memberikan nilai *VIM* yang besar. Hal ini disebabkan karena semakin besar kadar aspal maka akan semakin banyak aspal yang akan mengisi rongga rongga diantara agregat, sehingga dengan sendirinya *VIM* akan semakin kecil.

VIM mempunyai pengaruh yang cukup besar pada kualitas suatu campuran beraspal. Apabila nilai *VIM* yang tinggi dan kadar aspal yang rendah dalam campuran maka

akan menghasilkan rongga rongga yang banyak dalam campuran yang akan mengakibatkan penurunan yang lebih cepat, yakni tidak mampu menerima beban berulang sehingga terjadi alur (rutting) dan retak. Sedangkan apabila nilai *VIM* terlalu kecil dan kadar aspal tinggi akan menyebabkan kelebihan aspal karena rongga rongga sudah terisi aspal sehingga lapisan aspal akan meleleh keluar (bleeding) pada saat adanya pemadatan tambahan akibat beban lalu lintas (Sukirman S, 2003).

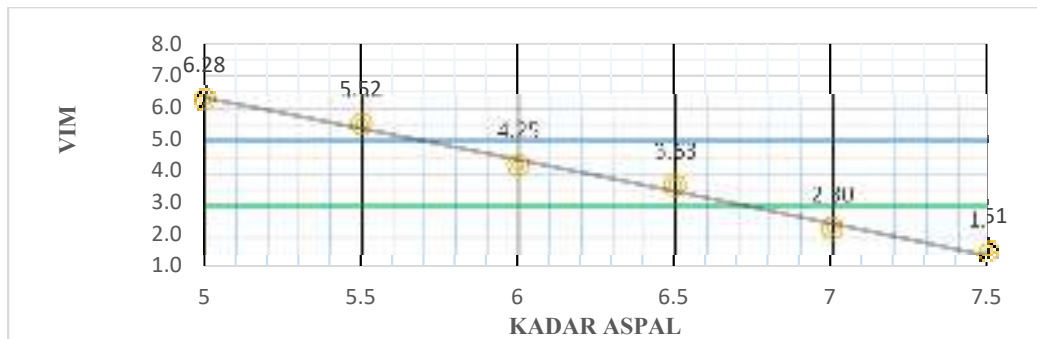
VIM adalah volume rongga atau pori yang masih tersisa yang terdapat di antara butir-butir agregat terselimuti aspal setelah campuran beton aspal dipadatkan. Hubungan antara *VIM* dan kadar aspal dari hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.16 berikut ini.

Tabel 4.16 Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM

Kadar Aspal (%)	Rongga Dalam Campuran (VIM)(%)
5,0	6,28
5,5	5,52
6,0	4,25
6,5	3,63
7,0	2,30
7,5	1,57
Spek	Min 2-4




Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Berdasarkan Tabel 4.16 di atas, maka akan diperoleh grafik yang menggambarkan hubungan antara kadar aspal dengan *VIM* adalah sebagai berikut :



Gambar 4.2 Grafik Hubungan *VIM* dengan Kadar Aspal

Sumber : Hasil Perhitungan Laboratorium, 2023

-  = Batas minimum VIM 3,00 %
-  = Batas maksimum VIM 5,00 %
-  = Nilai VIM Tiap kadar Aspal

Dari Tabel 4.16 dan Grafik 4.2 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 saat pemadatan tambahan akibat lalu lintas. Gambar Grafik 4.2 juga menunjukkan bahwa hasil pengujian rongga udara dalam campuran Laston, pada kadar aspal 5,7% sampai dengan 6,7% memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 revisi 2 sedangkan kadar aspal 5,0%, 5,5%, 7,0% dan 7,5% tidak memenuhi spesifikasi.

4.6.1.2 Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas

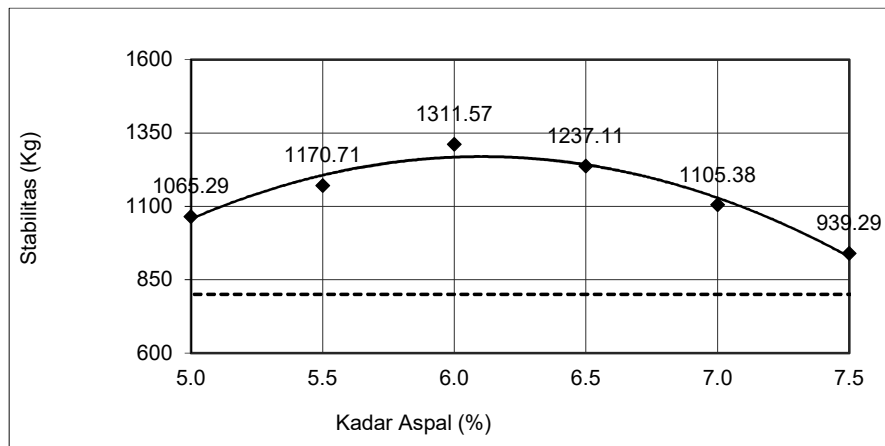
Stabilitas adalah kemampuan suatu campuran beraspal / perkerasan jalan untuk menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk. Stabilitas yang terjadi adalah pergeseran antar butiran, sifat saling mengunci serta daya ikat lapisan aspal. Stabilitas yang terlalu tinggi menyebabkan lapisan akan kaku dan cepat mengalami retak. Dalam pengujian marshall, pemeriksaan stabilitas diperlukan untuk mengukur ketahanan benda uji terhadap beban. Kadar aspal berpengaruh terhadap stabilitas. Apabila kadar aspal sangat kecil maka tebal lapisan aspal (Film) sangat tipis sehingga ikatan antar agregat kurang mengikat, apabila diberikan beban maka sebelum mencapai pembebanan maksimum ikatan antar agregat tersebut akan terlepas. Apabila kadar aspal sangat besar, maka lapisan aspal (film) sangat tebal sehingga apabila diberikan beban maka akan menyebabkan lapisan aspal tersebut meleleh dan nilai stabilitas akan berkurang. Apabila kadar aspal mencapai nilai optimum maka ikatan antar agregat cukup merata, sehingga dapat mencapai beban maksimum. Hubungan antara stabilitas dan kadar aspal dari hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.19 berikut ini.

Tabel 4.17 Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas

Kadar Aspal	Stabilitas
5,0	1069,29
5,5	1170,71
6,0	1311,57
6,5	1237,11
7,0	1105,38
7,5	939,29
Spek	Min 800

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Berdasarkan Tabel 4.17 di atas, maka akan diperoleh grafik yang menggambarkan hubungan antara kadar aspal dengan Stabilitas adalah sebagai berikut.



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Stabilitas dengan Kadar Aspal

Sumber : Hasil Perhitungan Laboratorium, 2023

- = Batas minimum Stabilitas 800 kg
- ◆— = Nilai Stabilitas Tiap kadar Aspal

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 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 bergeser. 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.

4.6.1.3 Hubungan Kadar Aspal dengan Kelelahan (*flow*)

Kelelahan (*flow*) adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran beraspal yang terjadi akibat suatu beban yang diberikan selama pengujian yang dinyatakan dalam mm. Nilai kelelahan (*flow*) menunjukkan besarnya perubahan bentuk sebagai akibat dari beban yang bekerja, sampai batas keruntuhan. Ketahanan terhadap *flow* juga memperlihatkan kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak.

Semakin kecil kadar aspal maka nilai kelelahan akan semakin kecil karena tebal film yang semakin tipis, dengan kata lain campuran akan semakin kaku. Sebaliknya apabila kadar aspal semakin besar maka nilai kelelahan akan semakin besar karena tebal film yang semakin tebal, sehingga campuran akan semakin fleksibel.

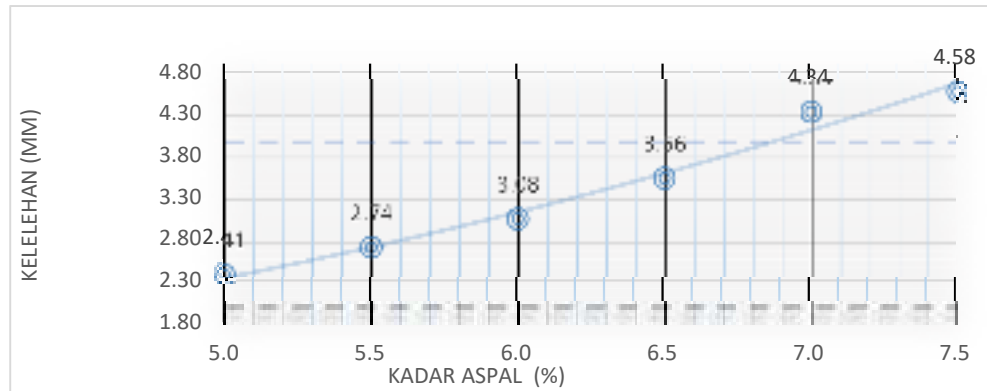
Hubungan antara Flow dan kadar aspal dari hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.18 berikut ini.

Tabel 4.18 Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Flow

Kadar Aspal	Kelelahan (<i>Flow</i>)
5,0	2,41
5,5	2,74
6,0	3,08
6,5	3,56
7,0	4,34
7,5	4,58
Spek	Min 2-4

Sumber : Hasil Pengujian laboratorium, 2023

Berdasarkan Tabel 4.18 di atas, maka akan diperoleh grafik yang menggambarkan hubungan antara kadar aspal dengan Flow adalah sebagai berikut.



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Flow dengan Kadar Aspal

Sumber : Hasil Perhitungan Laboratorium, 2023

- = Batas minimum *Flow* 2 mm
- = Batas maximum *Flow* 4 mm
- = Nilai Kelelehan *Flow* Tiap kadar Aspal

Dari Grafik 4.3 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. Dilihat dari grafik 4.3 nilai kadar aspal 7,0% dan 7,5% tidak memenuhi spesifikasi, sedangkan nilai kadar aspal 5,0%, 5,5%, 6,0% dan 6,5% memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 revisi 2.

4.6.1.4 Hubungan Kadar Aspal dengan Rongga Dalam Agregat (*VMA*)

Banyaknya pori yang berada dalam agregat campuran (*VMA = Voids in the Mineral Aggregate*), adalah banyaknya pori di antara butir-butir agregat di dalam beton aspal padat termasuk yang terisi oleh aspal. Nilai *VMA* tersebut dinyatakan dalam persen.

VMA cenderung berbanding lurus dengan kadar aspal atau dengan kata lain nilai *VMA* akan semakin kecil apabila kadar aspal semakin kecil dan nilai *VMA* akan semakin

besar apabila kadar aspal yang semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena dengan semakin besarnya kadar aspal maka

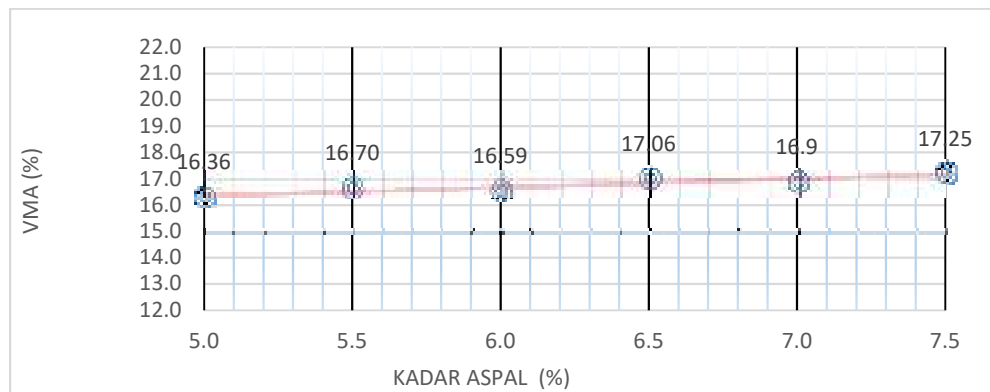
Dari hasil pengujian didapatkan nilai kadar aspal terhadap *VMA* seperti ditunjukkan pada tabel 4.19 berikut ini :

Tabel 4.19 Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan VMA

Kadar Aspal	Rongga Dalam Agregat (VMA)
5,0	16,36
5,5	16,70
6,0	16,59
6,5	17,06
7,0	16,9
7,5	17,25
Spek	Min 15

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium 2023

Berdasarkan Tabel 4.19 di atas, maka akan diperoleh grafik yang menggambarkan hubungan antara kadar aspal dengan VMA adalah sebagai berikut.



Gambar 4.5 Grafik Hubungan *VMA* dengan Kadar Aspal

Sumber : Hasil Perhitungan Laboratorium, 2023

- = Batas minimum VMA 15%,
- = Nilai VMA Tiap kadar Aspal

Dari grafik dapat terlihat bahwa nilai *VMA* naik dengan 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. *VMA* cenderung berbanding terbalik dengan kadar

aspal atau dengan kata lain nilai *VMA* akan semakin kecil apabila kadar aspal semakin besar sampai nilai minimum kemudian naik. Dari Tabel 4.19 dan Grafik 4.4 juga dapat dilihat bahwa dari kadar aspal 5,0 %, 5,5 %, 6,0 %, 6,5 %, 7,0 %, dan 7,5 % semuanya memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 revisi 2. Spesifikasi ini menetapkan batas minimum untuk nilai *VMA* adalah 15 %

4.6.1.5 Hubungan Kadar Aspal dengan Rongga Terisi Aspal (*VFB*)

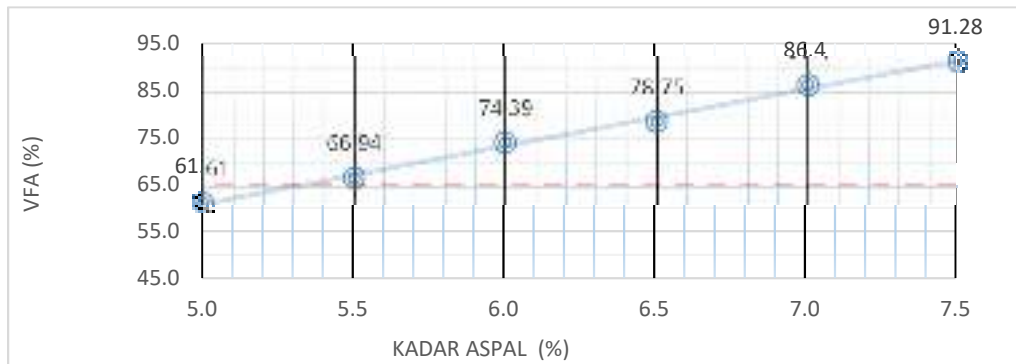
Volume pori antara butir agregat terisi aspal adalah aspal yang berfungsi untuk menyelimuti butir-butir agregat di dalam beton aspal padat atau *VFB* yang merupakan persentase volume beton aspal padat yang menjadi *film* atau selimut aspal. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 revisi 2, dimana ketentuan *VFB* untuk Laston Lapis Aus (*AC-WC*) minimum 65%. Dari hasil pengujian pada penelitian ini diperoleh nilai *VFB* terhadap masing-masing kadar aspal seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.20 berikut ini :

Tabel 4.20 Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan *VFB*

Kadar Aspal	Rongga Terisi Aspal (<i>VFB</i>)
5,0	61,61
5,5	66,94
6,0	74,39
6,5	78,75
7,0	86,4
7,5	91,28
Spek	Min 65

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Berdasarkan Tabel 4.20 di atas, maka akan diperoleh grafik yang menggambarkan hubungan antara kadar aspal dengan *VFA* adalah sebagai berikut.



Gambar 4.6 Grafik Hubungan VFB dengan Kadar Aspal

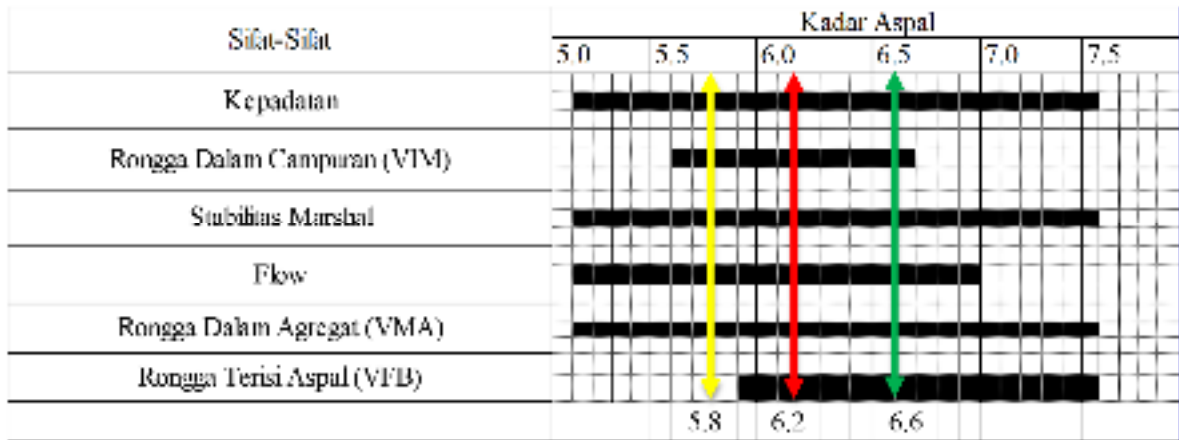
Sumber : Hasil Perhitungan Laboratorium, 2023

- = Batas minimum VFB 65 %,
- = Nilai VFB Tiap kadar Aspal

Dari Grafik 4.6 terlihat bahwa kecenderungan nilai VFB semakin meningkat berbanding lurus dengan nilai kadar aspal, atau dengan kata lain nilai VFB akan semakin besar seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Hubungan kadar aspal terhadap VFB memiliki batas minimum 65%. Dalam hasil penelitian dapat diperoleh beberapa nilai VFB yang memenuhi syarat. Dari Grafik 4.5 juga terlihat bahwa nilai *VFB* pada kadar aspal 5,0% tidak memenuhi spesifikasi yang disyaratkan yakni minimum 65 % sedangkan pada kadar aspal 5,5 %, 6,0 %, 6,5 %, 7,0 % dan 7,5 % memenuhi syarat spesifikasi.






4.7 Penetapan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar aspal optimum adalah rentang kadar aspal yang masing-masing parameter memenuhi persyaratan *Marshall*. Kadar aspal optimum yang dicapai sebesar 6,20 % dan memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan oleh spesifikasi Bina Marga yaitu menyangkut stabilitas, *flow*, *VIM*, *VMA*, dan *VFB*. 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 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Sumber : Hasil Perhitungan Laboratorium, 2023

-  = Kadar aspal optimum $(5,8 + 6,6) / 2 = 6,2$
-  = Batas Minimum 5,8
-  = Batas Maximum 6,6
-  = Parameter *Marshall* (yang memenuhi)
-  = Parameter *Marshall* (yang tidak memenuhi)