

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengambilan Data

4.1.1 Kronologis Pengambilan Material

Dalam penelitian ini pengambilan data sampel material secara langsung yaitu berupa agregat kasar (batu pecah $\frac{3}{4}$ " dan batu pecah $\frac{1}{2}$ "), agregat halus (abu batu), yang diambil dari *Quarry* Bipolo milik PT. Utama Mitra Nusantara. Pengambilan material agregat kasar dan agregat halus halus dilakukan dengan Metode *System Random Sampling* tujuannya untuk mewakili seluruh sampel yang ada. Cara pengambilannya menggunakan sekop, cara menyekop diambil pada bagian bawah, bagian tengah dan bagian atas penumpukan material (*stok pile*) tersebut, agregat kemudian dimasukkan ke dalam karung. Selanjutnya dibawa ke Laboratorium Pengujian Dinas PUPR Bidang Bina Marga Provinsi NTT untuk dilakukan pengujian.

4.1.2 Persiapan Peralatan dan Material

4.1.2.1 Persiapan Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian berupa satu set saringan, mesin *Los Angeles*, timbangan, alata uji Marshall, bak perendaman, oven dan alat bantu lainnya.

4.1.2.2 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. Utama Mitra Nusantara.

4.1.3 Data

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

1. Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil pengujian berat jenis dan penyerapan, 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 dengan penetrasi 60/70.

4.2 Analisa dan atau Pengujian Material

4.2.1 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 Bipolo. 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

Table 4.1 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar (Batu Pecah 3/4)

Uraian		A	B	Satuan
Berat benda uji kering permukaan jenuh	Bj	3534.0	3702.0	gram
Berat benda uji di dalam air	BA	2217.0	2322.0	gram
Berat benda uji kering oven	BK	3504.0	3672.0	gram
Uraian		A	B	Rata-Rata
Berat Jenis (bulk)	Bk	2.661	2.661	2.661
	$Bj - Ba$			
Berat Jenis (ssd)	Bj	2.683	2.683	2.683
	$Bj - Ba$			
Berat Jenis (apparent)	Bk	2.723	2.720	2.721
	$Bk - Ba$			
Penyerapan Air	$\frac{Bj - Bk}{Bk}$	0.856	0.817	0.837
	$\times 100\%$			

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Table 4.2 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar (Batu Pecah ½)

Uraian			A	B	Satuan
Berat benda uji kering permukaan jenuh		Bj	2268	2112	gram
Berat benda uji di dalam air		BA	1427,0	1327,0	gram
Berat benda uji kering oven		Bk	2249	2093	gram
Uraian			A	B	Rata-Rata
Berat Jenis (bulk)		Bk	2.674	2.666	2.670
		$Bj - Ba$			
Berat Jenis (ssd)		Bj	2.697	2.690	2.694
		$Bj - Ba$			
Berat Jenis (apparent)		Bk	2.736	2.732	2.734
		$Bk - Ba$			
Penyerapan Air	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$		0.845	0.908	0.876

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

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 Pengujian Keausan (Abrasi)

Pengujian ini dilakukan pada 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 4.3 berikut

Table 4.3 Pengujian Keausan (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)		3499	

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Perhitungan Abrasi

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

$$b = 3499 \text{ gram}$$

$$a - b = 1501 \text{ gram}$$

$$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100 = 30,02$$

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 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* Bipolo. Hasil perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut

Table 4.4 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus (Abu Batu)

Uraian		A	B	Satuan
Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)	500	500	500	gram
Berat piknometer + air (25°C)	B	689,00	694,80	gram
Berat piknometer + air + benda uji	Bt	996,20	1001,20	gram
Berat benda uji kering oven (Bk)	BK	494,00	495,00	gram
Uraian		A	B	Rata-Rata
Berat Jenis (bulk)	Bk	2,562	2,557	2,560
	$\frac{B + 500 - Bt}{Bk}$			
Berat Jenis kering permukaan jenuh	500	2,593	2,583	2,588
	$\frac{B + 500 - Bt}{500}$			
Berat Jenis (apparent)	Bk	2,645	2,625	2,635
	$\frac{B + Bk - Bt}{Bk}$			
Penyerapan Air	$\frac{500 - Bk}{Bk}$	1,215	1,010	1,112
	$\times 100\%$			

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

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

4.2.4 Pengujian Gradasi

Pada pengujian ini material yang digunakan adalah batu pecah ukuran $\frac{3}{4}$ " dan batu pecah $\frac{1}{2}$ ". Hasil gradasi dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan table 4.6 berikut

Table 4.5 Hasil Pengujian Gradasi Batu Pecah $\frac{3}{4}$

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) = 3504				Rata-Rata
				Berat benda uji II (g) = 3672				
(ASTM)	(mm)	I	II	Persen Tertahan		Persen Lolos		
		I	II	I	II	I	II	
3/4	19.0	0	0	0	0	100	100	100.00
1/2	12.5	1569	1467	44.78	39.95	55.22	60.05	57.64
3/8	9.50	2929	2926	83.59	79.68	16.41	20.32	18.36
No.4	4.75	3502	3663	99.94	99.75	0.06	0.25	0.15

Sumber : Hasil Pengujian Laboratoriu

Table 4.6 Hasil Pengujian Gradasi Batu Pecah $\frac{1}{2}$

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) = 2251				Rata-Rata
				Berat benda uji II (g) = 2097				
(ASTM)	(mm)	I	II	Persen Tertahan		Persen Lolos		
		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	100.00
3/8	9.50	289	260	12.84	12.40	87.16	87.60	87.38
No.4	4.75	1624	1654	72.15	78.87	27.85	21.13	24.49
No.8	2.36	1823	1674	80.99	79.83	19.01	20.17	19.59
No.16	1.18	2098	1956	93.20	93.28	6.80	6.72	6.76
No.30	0.60	2110	1971	93.736	93.991	6.264	6.009	6.14

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Dari hasil pengujian gradasi agregat kasar batu pecah $\frac{3}{4}$ " dan gradasi batu pecah $\frac{1}{2}$ " memenuhi memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2

Table 4.7 Hasil Pengujian Gradasi Abu Batu

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) = 1557,0				Rata-Rata
				Berat benda uji II (g) = 1430,0				
(ASTM)	(mm)	I	II	Persen Tertahan		Persen Lolos		Rata
				I	II	I	II	
3/4	19,0	0	0	0	0	100	100	100
1/2	12,5	0	0	0	0	100	100	100
3/8	9,50	0	0	0	0	100	100	100
No.4	4,75	0	0	0	0	100	100	100
No.8	2,36	60	38	3,85	2,66	96,15	97,34	96,74
No.16	1,18	178	161	11,43	11,26	88,57	88,74	88,65
No.30	0,60	248	230	15,93	16,08	84,07	83,92	83,99
No.50	0,30	1298	1192	83,37	83,36	16,63	16,64	16,64
No.100	0,150	1398	1245	89,79	87,06	10,21	12,94	11,57
No.200	0,075	1403	1292	90,11	90,35	9,89	9,65	9,77

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

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

Table 4.8 Hasil Pengujian Filler

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) = 501				Rata-Rata
				Berat benda uji II (g) = 528				
(ASTM)	(mm)	I	II	Persen Tertahan		Persen Lolos		Rata
				I	II	I	II	
3/4	19,00	0	0	0	0	100	100	100
1/2	12,50	0	0	0	0	100	100	100
3/8	9,50	0	0	0	0	100	100	100
No.4	4,75	0	0	0	0	100	100	100
No.8	2,36	0	0	0	0	100	100	100
No.16	1,18	0	0	0	0	100	100	100
No.30	0,60	0	0	0	0	100	100	100
No.50	0,30	0	0	0,0	0,0	100,0	100,0	100,0
No.100	0,150	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

Dari hasil pengujian Filler memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2

4.2.5 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 4.9 berikut

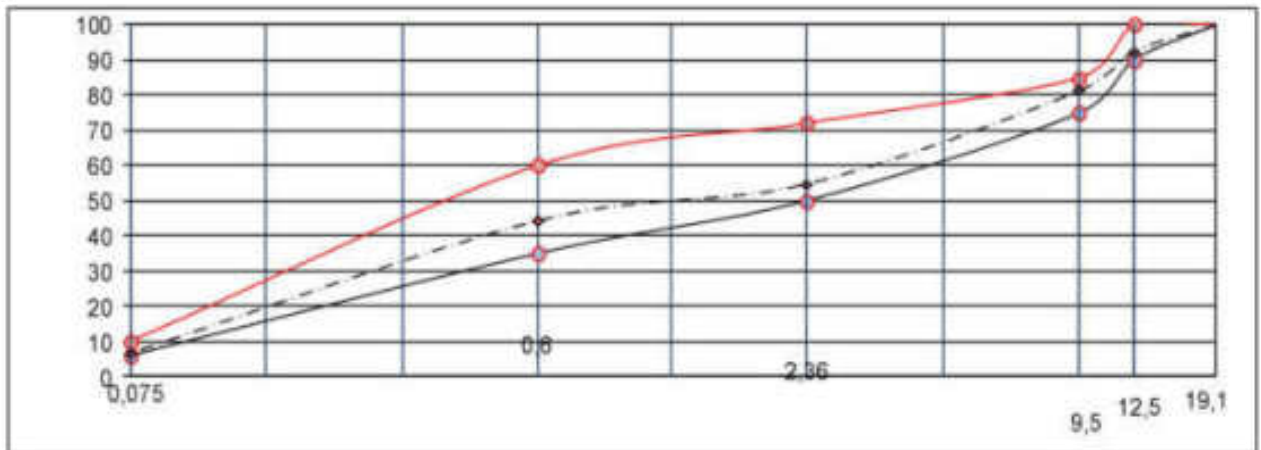
Table 4.9 Hasil Gradasi Agregat Gabungan HRS – WC Awal

Uraian											
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	57.64	18.36	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Batu Pecah 1/2"		100.00	100.00	87.38	24.49	19.59	6.76	6.14	0.00	0.00	0.00
Abu Batu		100.00	100.00	100.00	100.00	96.74	88.65	83.99	16.64	11.57	9.77
Filler (Semen)		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.59	99.40
Kombinasi Agregat											
Batu Pecah 3/4"	18%	18.00	10.37	3.31	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Batu Pecah 1/2"	32%	32.00	32.00	27.96	7.84	6.27	2.16	1.96	0.00	0.00	0.00
Abu Batu	48%	48.00	48.00	48.00	48.00	46.44	42.55	40.32	7.99	5.56	4.69
Filler (Semen)	2%	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	92.37	81.27	57.86	54.71	46.72	44.28	9.99	7.55	6.68
Spec. gradasi											
max		100.0	100.0	85.0	-	72.0	-	60.0	-	-	10.0
min		100.0	90.0	75.0	-	50.0	-	35.0	-	-	6.0

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Hasil pengujian ini didapat komposisi yaitu 18%, 32%, 48%, dan 2%. Dilakukan dengan cara coba – coba atau *trial an error* disetiap fraksi agregat agar sesuai yang disyaratkan pada Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2.

Grafik menunjukkan bahwa gradasi gabungan memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2. Hasilnya ditunjukkan pada kurva berikut



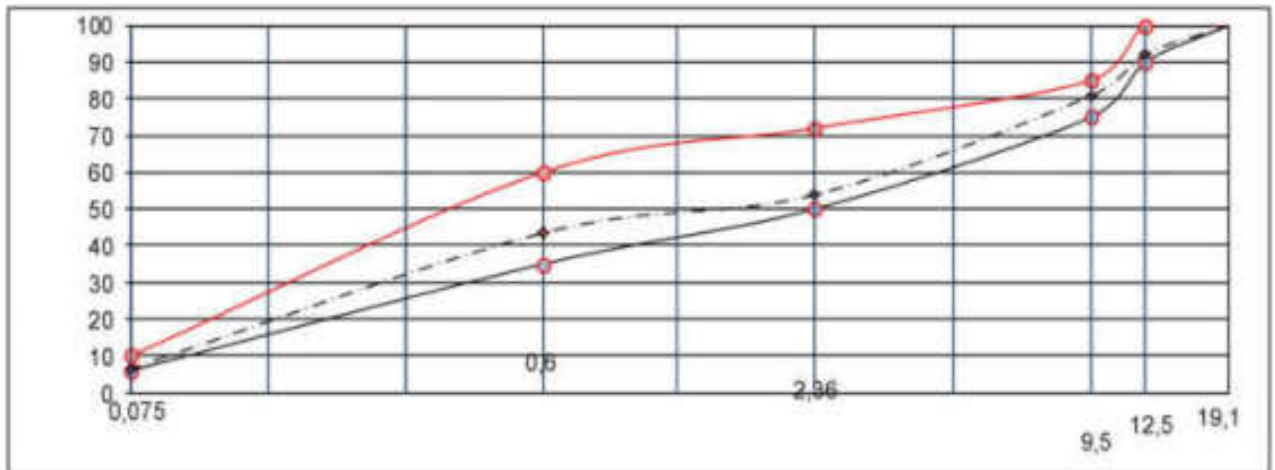
Gambar 4.1 Kurva Rancangan Gradasi Gabungan HRS-WC

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Table 4.10 Hasil Gradasi Agregat Gabungan HRS – WC Variasi +1% agregat kasar -1% agregat halus

Uraian										
Inc mm	3/4 "	1/2 "	3/8 "	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200
	19.1	12.5	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
Data Gradasi										
Batu Pecah 3/4 "	100.00	57.636	18.363	0.151	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Batu Pecah 1/2 "	100.00	100.00	87.381	24.490	19.593	6.760	6.136	0.000	0.00	0.00
Abu Batu	100.00	100.00	100.00	100.00	96.745	88.655	83.994	16.639	11.575	9.771
Filler (Semen)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.592	99.398
Kombinasi Agregat										
Batu Pecah 3/4 "	18.5%	18.50	10.66	3.40	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Batu Pecah 1/2 "	32.5%	32.50	32.50	28.40	7.96	6.37	2.20	1.99	0.00	0.00
Abu Batu	47%	47.00	47.00	47.00	47.00	45.47	41.67	39.48	7.82	5.44
Filler (Semen)	2%	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.99
Total Campuran	100%	100	92.16	80.80	56.99	53.84	45.86	43.47	9.82	7.43
Spec. gradasi										
max	100.0	100.0	85.0	-	72.0	-	60.0	-	-	10.0
min	100.0	90.0	75.0	-	50.0	-	35.0	-	-	6.0

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium



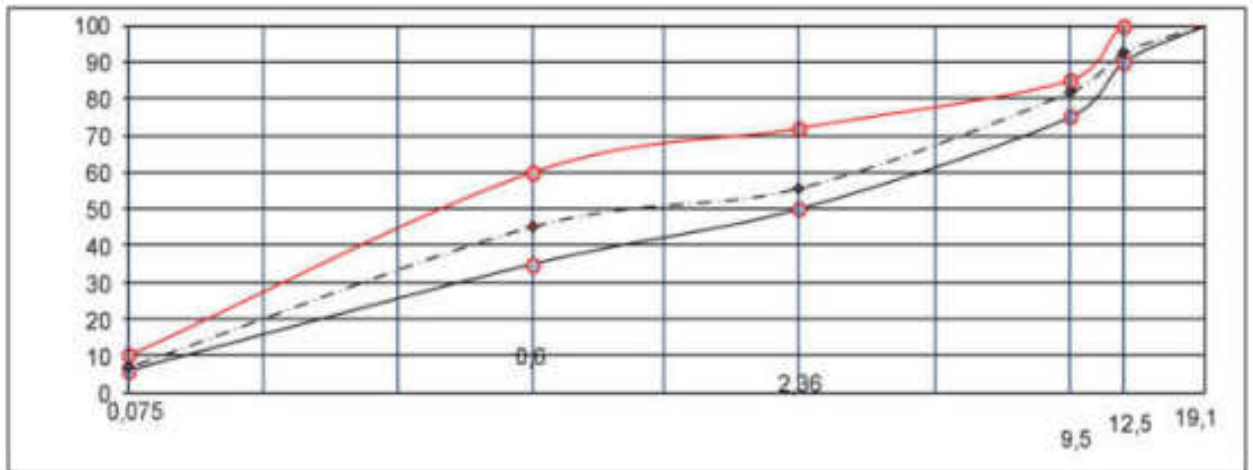
Gambar 4.2 Kurva Rancangan Gradasi Gabungan HRS-WC Variasi +1% agregat kasar -1% agregat halus

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Table 4.11 Hasil Gradasi Agregat Gabungan HRS – WC Variasi -1% agregat kasar +1% agregat halus

Uraian										
Inc mm	3/4 "	1/2 "	3/8 "	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200
	19.1	12.5	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
Data Gradasi										
Batu Pecah 3/4 "	100.00	57.64	18.36	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Batu Pecah 1/2 "	100.00	100.00	87.38	24.49	19.59	6.76	6.14	0.00	0.00	0.00
Abu Batu	100.00	100.00	100.00	100.00	96.74	88.65	83.99	16.64	11.57	9.77
Filler (Semen)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.59	99.40
Kombinasi Agregat										
Batu Pecah 3/4 "	17.5%	17.50	10.09	3.21	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Batu Pecah 1/2 "	31.5%	31.50	31.50	27.53	7.71	6.17	2.13	1.93	0.00	0.00
Abu Batu	49%	49.00	49.00	49.00	49.00	47.40	43.44	41.16	8.15	5.67
Filler (Semen)	2%	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.99
Total Campuran	100%	100.00	92.59	81.74	58.74	55.58	47.57	45.09	10.15	7.66
Spec. gradasi										
max	100.0	100.0	85.0	-	72.0	-	60.0	-	-	10.0
min	100.0	90.0	75.0	-	50.0	-	35.0	-	-	6.0

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium



Gambar 4.3 Kurva Rancangan Gradasi Gabungan HRS-WC Variasi -1% agregat kasar +1% agregat halus

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

4.2.6 Rancangan Campuran Rencana (Pb) = Kadar Aspal Rencana

1. Kadar Aspal Rencana Untuk Proporsi Agregat Gabungan Awal

a. Fraksi Agregat

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Fraksi agregat kasar (CA)} &= 100\% - \% \text{ total agregat saringan NO. 4} \\
 &= 100 - 57,86 \\
 &= 42,14 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2) \text{ Fraksi agregat halus (FA)} &= \% \text{ total agregat saringan No. 4} - \% \text{ total agregat saringan} \\
 &\quad \text{No.200} \\
 &= 57,86\% - 6,68\% \\
 &= 51,19\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3) \text{ Bahan pengisi (FF)} &= \% \text{ total agregat saringan No.200} \\
 &= 6,68 \%
 \end{aligned}$$

b. Kadar aspal rencana

Perkiraan awal kadar aspal rencana (Pb)

$$\begin{aligned}
 \text{Pb} &= 0.035 (\% \text{CA}) + 0.045 (\% \text{FA}) + 0.18 (\% \text{FF}) + \text{Konstanta} \\
 &= 0.035 (42,14) + 0.045 (51,19) + 0.18 (6,68) + 2
 \end{aligned}$$

= 6,98 \approx 7.0 % dapat dilihat pada Tabel 4.12 berikut

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

Table 4.12 Kadar Aspal Rencana Awal

URAIAN	NILAI	SATUAN
Proporsi Fraksi Kasar (CA)	42.14	%
Proporsi Fraksi Halus (FA)	51.19	%
Proporsi Fraksi Bahan Pengisi (FF)	6.68	%
Nilai Konstanta (K) ditetapkan	2.00	%
Perkiraan Kadar Aspal (Pb)	6.98	%

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Kadar aspal perkiraan untuk campuran Lataston adalah 6,98% dan dibulatkan menjadi 7,0%. Berdasarkan kadar aspal perkiraan di atas maka ditetapkan 5 variasi kadar aspal 2 di bawah Pb dan 2 di atas Pb dengan selisih 0,5%. Untuk contoh benda uji yaitu 6,0%, 6,5%, 7,0%, 7,5% dan 8%. Perhitungan komposisi rencana campuran beraspal atau beton padat di laboratorium :

2. Kadar Aspala Rencana Untuk Proporsi Agregat Gabungan Dengan Variasi +1% Agregat Kasar, -1% Agregat Halus

a. Fraksi Agregat

- 1) Fraksi agregat kasar (CA) = 100% - % total agregat saringan N0. 4
 $= 100 - 56,99$
 $= 43,01\%$
- 2) Fraksi agregat halus (FA) = % total agregat saringan No. 4 – total agregat saringan No.200
 $= 56,99\% - 5,58\%$
 $= 50,41\%$
- 3) Bahan pengisi (FF) = % total agregat saringan No.200
 $= 6,58 \%$

b. Kadar aspal rencana

Perkiraan awal kadar aspal rencana (P_b)

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

$$= 0.035 (43,01) + 0.045 (50,41) + 0.18 (6,48) + 2$$

$$= 6,96 \approx 7.0 \% \text{ dapat dilihat pada Tabel 4.13 berikut}$$

Rangkuman hasil perhitungan berat tiap – tiap campuran pada kadar aspal rencana dapat dilihat pada Tabel 4.13

Table 4.13 Kadar Aspal Rencana Variasi +1% agregat kasar -1% agregat halus

URAIAN	NILAI	SATUAN
Proporsi Fraksi Kasar (CA)	43.01	%
Proporsi Fraksi Halus (FA)	50.41	%
Proporsi Fraksi Bahan Pengisi (FF)	6.58	%
Nilai Konstanta (K) ditetapkan	2.00	%
Perkiraan Kadar Aspal (P_b)	6.96	%

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Kadar aspal perkiraan untuk campuran Lataston adalah 6,96% dan dibulatkan menjadi 7,0%. Berdasarkan kadar aspal perkiraan di atas maka ditetapkan 5 variasi kadar aspal 2 di bawah P_b dan 2 di atas P_b dengan selisih 0,5%. Untuk contoh benda uji yaitu 6,0%, 6,5%, 7,0%, 7,5% dan 8%. Perhitungan komposisi rencana campuran beraspal atau beton padat di laboratorium :

3. Kadar Aspala Rencana Untuk Proporsi Agregat Gabungan Dengan Variasi -1% Agregat Kasar, +1% Agregat Halus

a. Fraksi Agregat

$$1) \text{ Fraksi agregat kasar (CA) } = 100\% - \% \text{ total agregat saringan N0. 4}$$

$$= 100 - 58,74$$

$$= 41,26\%$$

$$2) \text{ Fraksi agregat halus (FA) } = \% \text{ total agregat saringan No. 4} - \text{total agregat saringan No.200}$$

$$= 58,74\% - 6,78\%$$

$$= 51,97\%$$

3) Bahan pengisi (FF) = % total agregat saringan No.200

$$= 6,78 \%$$

b. Kadar aspal rencana

Perkiraan awal kadar aspal rencana (Pb)

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

$$= 0.035 (41,26) + 0.045 (51,97) + 0.18 (6,78) + 2$$

$$= 7,0 \approx 7.0 \%$$

dapat dilihat pada Tabel 4.14 berikut

Rangkuman hasil perhitungan berat tiap – tiap campuran pada kadar aspal rencana (Normal) dapat dilihat pada Tabel 4.14

Table 4.14 Kadar Aspal Rencana Variasi -1% agregat kasar +1% agregat halus

URAIAN	NILAI	SATUAN
Proporsi Fraksi Kasar (CA)	41.26	%
Proporsi Fraksi Halus (FA)	51.97	%
Proporsi Fraksi Bahan Pengisi (FF)	6.78	%
Nilai Konstanta (K) ditetapkan	2.00	%
Perkiraan Kadar Aspal (Pb)	7.00	%

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Kadar aspal perkiraan untuk campuran Lataston adalah 7,0% dan dibulatkan menjadi 7,0%. Berdasarkan kadar aspal perkiraan di atas maka ditetapkan 5 variasi kadar aspal 2 di bawah Pb dan 2 di atas Pb dengan selisih 0,5%. Untuk contoh benda uji yaitu 6,0%, 6,5%, 7,0%, 7,5% dan 8%. Perhitungan komposisi rencana campuran beraspal atau beton padat di laboratorium :

4.2.7 Rancangan Campuran Dengan Kadar Aspal Perkiraan (Pb) -1%:-0,5%: Pb: +0,5%: +1%

4.2.7.1 Rancangan Campuran Proporsi Awal

Contoh perhitungan pada kadar aspal rencana = 7,0 %(Normal)

$$\text{Kapasitas silinder beton aspal} = 1200 \text{ gr}$$

$$\text{Kadar aspal perkiraan} = 7,0 \%$$

$$= 7,0 \% \times 1200$$

$$= 84 \text{ gr}$$

Misalnya percobaan komposisi persen batu pecah $\frac{3}{4}$ " 18%, batu pecah $\frac{1}{2}$ " 32%, abu batu pecah 48%, semen 2%,

- 1) Batu pecah $\frac{3}{4}$ " = $18\% \times ((1200 - 84)/1200) \times 100 = 16,74 \%$
 - 2) Batu pecah $\frac{1}{2}$ " = $32\% \times ((1200 - 84)/1200) \times 100 = 29,76 \%$
 - 3) Abu batu = $48\% \times ((1200 - 84)/1200) \times 100 = 44,64\%$
 - 4) Semen = $2\% \times ((1200 - 84)/1200) \times 100 = 1,86\%$
 - 5) Aspal = 93,00%
- Jumlah = 100%

Rangkuman hasil perhitungan berat tiap – tiap campuran pada kadar aspal rencana (Normal) dapat dilihat pada Tabel 4.15

Table 4.15 Komposisi Agregat Campuran HRS – WC Awal

KOMPONEN	KOMPOSISI AGREGAT	KADAR ASPAL RENCANA (%)				
		6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
(a) BATU PECAH $\frac{3}{4}$	18%	16.92	16.83	16.74	16.65	16.56
(b) BATU PECAH $\frac{1}{2}$	32%	30.08	29.92	29.76	29.60	29.44
(c) ABU BATU	48%	45.12	44.88	44.64	44.40	44.16
(d) FILLER (SEMEN)	2%	1.88	1.87	1.86	1.85	1.84
TOTAL AGG CAMPURAN (%)	100%	94.00	93.50	93.00	92.50	92.00
TOTAL CAMPURAN (%)		100	100	100	100	100

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Berat masing - masing material untuk campuran HRS – WC pada contoh kadar aspal 7,0%

- 1) Batu pecah $\frac{3}{4}$ " = $16,74 \%$ $\times 1200$ = 200,88 gr
 - 2) Batu pecah $\frac{1}{2}$ " = $29,76 \%$ $\times 1200$ = 357,12 gr
 - 3) Abu batu = $44,63 \%$ $\times 1200$ = 535,68 gr
 - 4) Semen = $1,86 \%$ $\times 1200$ = 22,32 gr
 - 5) Aspal = $7,0 \%$ $\times 1200$ = 84,00 gr
- Jumlah = 1200 gr

Rangkuman hasil perhitungan berat tiap – tiap campuran pada kadar aspal rencana =7,0%(Normal) dapat dilihat pada table 4.16

Table 4.16 Komposisi Campuran HRS – WC Awal

KOMPOSISI CAMPURAN KADAR ASPAL RENCANA	%	BERAT TIMBANGAN (Gr)				
		6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
(a) BATU KARANG 3/4	Gram	203.04	201.96	200.88	199.80	198.72
(b) BATU PECAH 1/2	Gram	360.96	359.04	357.12	355.20	353.28
(c) ABU BATU	Gram	541.44	538.56	535.68	532.80	529.92
(d) FILLER (SEMEN)	Gram	22.56	22.44	22.32	22.20	22.08
BERAT AGREGAT CAMPURAN (Gr)		1128.00	1122.00	1116.00	1110.00	1104.00
BERAT ASPAL (Gr)		72.00	78.00	84.00	90.00	96.00
BERAT RENCANA TOTAL CAMPURAN (Gr)		1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

4.2.7.2 Rancangan Campuran Dengan Variasi +1% Agregat Kasar, -1% Agregat Halus Dari Proporsi Awal

Table 4.17 Komposisi Agregat Campuran Variasi +1% Agregat Kasar, -1% Agregat Halus Dari Proporsi Awal

KOMPONEN	KOMPOSISI AGREGAT	KADAR ASPAL RENCANA (%)				
		6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
(a) BATU PECAH 3/4	18.5%	17.39	17.30	17.21	17.11	17.02
(b) BATU PECAH 1/2	32.5%	30.55	30.39	30.23	30.06	29.90
(c) ABU BATU	47.0%	44.18	43.95	43.71	43.48	43.24
(d) FILLER (SEMEN)	2.0%	1.88	1.87	1.86	1.85	1.84
TOTAL AGG CAMPURAN (%)	100%	94.00	93.50	93.00	92.50	92.00
TOTAL CAMPURAN (%)		100	100	100	100	100

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Table 4.18 Komposisi Campuran Variasi +1% Agregat Kasar, -1% Agregat Halus Dari Proporsi Awal

KOMPOSISI CAMPURAN KADAR ASPAL RENCANA	%	BERAT TIMBANGAN (Gr)				
		6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
(a) BATU KARANG 3/4	Gram	208.68	207.57	206.46	205.35	204.24
(b) BATU PECAH 1/2	Gram	366.60	364.65	362.70	360.75	358.80
(c) ABU BATU	Gram	530.16	527.34	524.52	521.70	518.88
(d) FILLER (SEMEN)	Gram	22.56	22.44	22.32	22.20	22.08
BERAT AGREGAT CAMPURAN (Gr)		1128.00	1122.00	1116.00	1110.00	1104.00
BERAT ASPAL (Gr)		72.00	78.00	84.00	90.00	96.00
BERAT RENCANA TOTAL CAMPURAN (Gr)		1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

4.2.7.3 Rancangan Campuran Dengan Variasi -1% Agregat Kasar, +1% Agregat Halus

Table 4.19 Komposisi Agregat Campuran Variasi -1% Agregat Kasar, +1% Agregat Halus

KOMPONEN	KOMPOSISI AGREGAT	KADAR ASPAL RENCANA (%)				
		6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
(a) BATU PECAH 3/4	17.5%	16.45	16.36	16.28	16.19	16.10
(b) BATU PECAH 1/2	31.5%	29.61	29.45	29.30	29.14	28.98
(c) ABU BATU	49%	46.06	45.82	45.57	45.33	45.08
(d) FILLER (SEMEN)	2%	1.88	1.87	1.86	1.85	1.84
TOTAL AGG CAMPURAN (%)	100%	94.00	93.50	93.00	92.50	92.00
TOTAL CAMPURAN (%)		100	100	100	100	100

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Table 4.20 Komposisi Campuran Variasi -1% Agregat Kasar, +1% Agregat Halus

KOMPOSISI CAMPURAN	KADAR ASPAL RENCANA	BERAT TIMBANGAN (Gr)					
		%	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
(a) BATU KARANG 3/4	Gram		197.40	196.35	195.30	194.25	193.20
(b) BATU PECAH 1/2	Gram		355.32	353.43	351.54	349.65	347.76
(c) ABU BATU	Gram		552.72	549.78	546.84	543.90	540.96
(d) FILLER (SEMEN)	Gram		22.56	22.44	22.32	22.20	22.08
BERAT AGREGAT CAMPURAN (Gr)			1128.00	1122.00	1116.00	1110.00	1104.00
BERAT ASPAL (Gr)			72.00	78.00	84.00	90.00	96.00
BERAT RENCANA TOTAL CAMPURAN (Gr)			1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Setiap variasi kadar aspal dibuat 2 benda uji sehingga jumlah benda uji pada kadar aspal rencana dalam penelitian ini berjumlah 30 benda uji.

4.2.8 Pengujian Marshall

Pengujian dengan metode *Marshall* bertujuan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) dan kelelahan (*flow*) benda uji. Selain stabilitas dan kelelahan, pengujian dengan metode *Marshall* juga menghasilkan parameter - parameter *marshall* lainnya seperti VIM, VMA, VFA, kepadatan (*density*) dan MQ.

Hasil pengujian Marshall standard (2 × 50) tumbukan dengan menggunakan material dari Quarry Bipolo untuk campuran Lataston HRS – WC dapat dilihat pada Tabel 4.21, Tabel 4.22 dan Tabel 4.23 rangkuman di bawah

Table 4.21 Rangkuman Pengujian *Marshall* Lataston HRS – WC Awal

Kadar Aspal (%)	Benda Uji Marshall	VIM (%)	VMA	VFA (%)	Stabilitas(kg)	MQ (kg/mm)
Spesifikasi		Min.3 - Max.5	Min. 17	Min. 68	Min. 600	Min.250
6%	1	5,98	18,87	68,30	641,46	305,46
	2	6,23	19,09	67,35	687,28	298,82
Rata-Rata		6,11	19,21	67,82	664,37	302,14
6,5%	1	5,09	19,11	73,38	778,92	299,58
	2	5,32	19,31	72,45	801,83	334,10
Rata-Rata		5,20	19,21	72,92	790,38	316,84
7%	1	3,86	19,07	79,77	894,90	308,59
	2	3,99	19,18	79,19	893,47	343,64
Rata-Rata		3,93	19,13	79,48	894,18	326,11
7,5%	1	2,99	19,35	84,52	801,83	296,97
	2	3,05	19,39	84,30	813,29	271,10
Rata-Rata		3,02	19,37	84,41	807,56	284,03
8%	1	2,15	19,64	89,06	687,28	214,78
	2	2,67	20,07	86,69	744,56	240,18
Rata-Rata		2,41	19,86	87,88	715,92	227,48

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Table 4.22 Rangkuman Hasil *Marshall* Variasi +1% agregat kasar -1% agregat halus

Kadar Aspal (%)	Benda Uji Marshall	VIM (%)	VMA	VFA (%)	Stabilitas(kg)	MQ (kg/mm)
Spesifikasi		Min.3 - Max.5	Min. 17	Min. 68	Min. 600	Min.250
6%	1	6,23	19,19	67,55	687,28	298,82
	2	6,40	19,34	66,90	778,92	299,58
Rata-Rata		6,11	19,26	67,22	733,10	299,20
6,5%	1	5,15	19,27	73,26	824,74	294,55
	2	5,26	19,36	72,85	893,47	343,64
Rata-Rata		5,20	19,31	73,06	859,10	319,10
7%	1	3,77	19,11	80,24	939,29	323,89
	2	4,07	19,36	78,96	985,11	364,85
Rata-Rata		3,92	19,23	79,60	962,20	344,37
7,5%	1	3,15	19,59	83,90	973,65	347,73
	2	3,17	19,59	83,85	893,47	288,22
Rata-Rata		3,16	19,59	83,87	933,56	317,97
8%	1	2,59	20,11	87,11	801,83	242,98
	2	2,25	19,83	88,67	811,38	253,56
Rata-Rata		2,42	19,97	87,89	806,60	248,27

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Table 4.23 Rangkuman Hasil Marshall Variasi -1% agregat kasar +1% agregat halus

Kadar Aspal(%)	Benda Uji Marshall	VIM (%)	VMA	VFA (%)	Stabilitas(kg)	MQ (kg/mm)
Spesifikasi		Min.3 - Max.5	Min. 17	Min. 68	Min. 600	Min.250
6%	1	5,90	18,82	68,67	710,19	308,78
	2	5,76	18,70	69,19	778,92	311,57
Rata-Rata		5,83	18,76	68,93	744,56	310,17
6,5%	1	4,99	19,05	73,80	810,83	286,37
	2	4,43	18,57	76,15	824,74	317,21
Rata-Rata		4,71	18,81	74,97	813,29	301,79
7%	1	4,10	19,29	78,77	893,47	343,64
	2	3,76	19,01	80,21	939,29	391,37
Rata-Rata		3,93	19,15	79,49	916,38	367,51
7,5%	1	3,21	19,55	83,58	847,65	302,73
	2	2,26	19,59	83,36	824,74	274,91
Rata-Rata		3,23	19,57	83,47	836,19	288,82
8%	1	2,72	20,13	86,49	778,92	243,41
	2	2,68	20,11	86,65	687,28	208,27
Rata-Rata		2,70	20,12	86,57	733,10	225,84

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

4.3 Pembahasan

Hasil pengujian Marshall yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel dan Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai – nilai parameter Marshall di bawah ini.

4.3.1 Hubungan Parameter Marshall dan Kadar Aspal Perkiraan

4.3.1.1 Hubungan Antara Kadar Aspal dan Stabilittas

Stabilitas merupakan kemampuan suatu campuran perkerasan jalan untuk menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk. Stabilitas terjadi karena adanya pembebanan sehingga terjadinya pergeseran antar butiran, sifat saling mengunci serta daya ikat lapisan aspal.

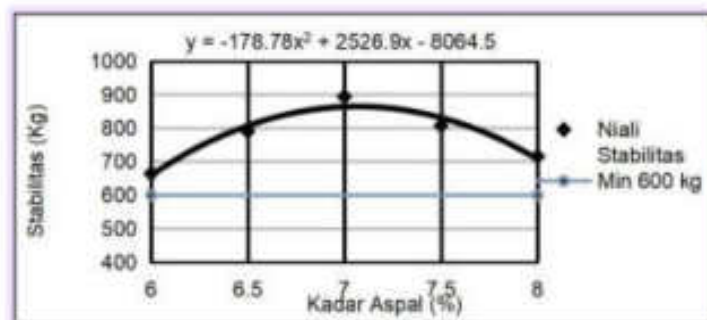
Hubungan antara stabilitas dan kadar aspal optimum dari hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.24 berikut.

Table 4.24 Hubungan Kadar Aspal dan Stabilitas Awal

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (Kg)
6	664.37
6.5	790.38
7	894.18
7.5	807.56
8	715.92

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Berdasarkan hubungan kadar aspal dengan stabilitas maka didapat grafik pada gambar 4.4 berikut



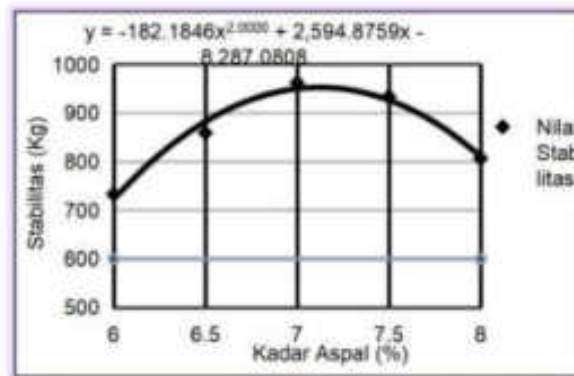
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Table 4.25 Hubungan Kadar Aspal dan Stabilitas Variasi +1% agregat kasar -1% agregat halus

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (Kg)
6	733,10
6.5	859,10
7	962,20
7.5	933,56
8	806,60

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium



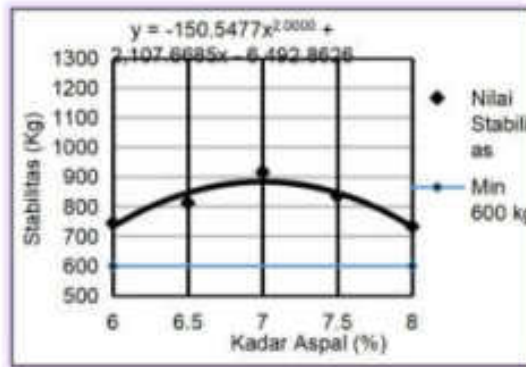
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas Variasi +1% agregat kasar -1% agregat halus

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Table 4.26 Hubungan Kadar Aspal dan Stabilitas Variasi -1% agregat kasar +1% agregat halus

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (Kg)
6	744,56
6.5	813,29
7	916,38
7.5	836,19
8	733,10

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium



Gambar 4.6 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas Variasi -1% agregat kasar +1% agregat halus

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Berdasarkan hasil pengujian diatas dapat dilihat bahwa nilai stabilitas semakin meningkat jika kadar aspal bertambah, dan pada titik tertentu nilai stabilitasnya kembali menurun dengan bertambahnya kadar aspal. Hal ini menunjukkan bahwa nilai stabilitas sangat tergantung pada banyaknya kadar aspal yang digunakan. Stabilitas terjadi karena adanya pembebanan sehingga terjadinya pergeseran antar butiran, sifat saling mengunci serta daya ikat lapisan aspal.

4.3.1.2 Hubungan Antara Kadar Aspal dan Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient (MQ) adalah perbandingan antara stabilitas dan kelelahan (*flow*). Tujuannya untuk mendapatkan tingkat fleksibilitas suatu campuran. Yang dimaksudkan dengan fleksibilitas yaitu kemampuan lapisan untuk mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban yang berulang dan pemadatan tanpa timbulnya retak.

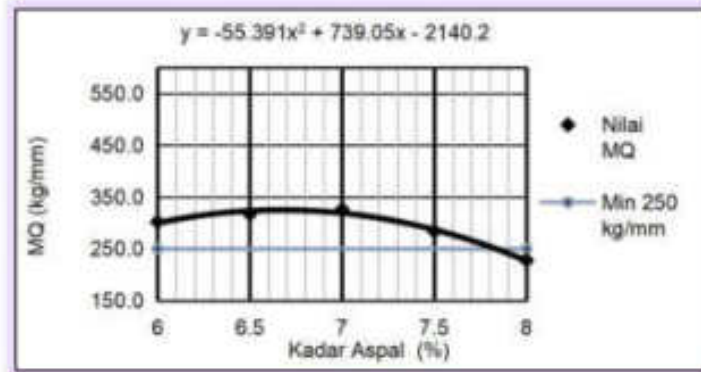
Hasil pengujian hubungan kadar aspal dengan *Marshall Quotient* pada penelitian ini dapat dilihat pada lampiran dan table 4.15 berikut

Table 4.27 Hubungan Antara Kadar Aspal dan Marshall Quotient (MQ) Awal

Kadar Aspal (%)	MQ (Kg/mm)
6	302.1
6.5	316.84
7	326.11
7.5	284.03
8	227.48

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Berdasarkan hubungan kadar aspal dengan *Marshall Quotient* maka didapat grafik pada gambar 4.3 berikut



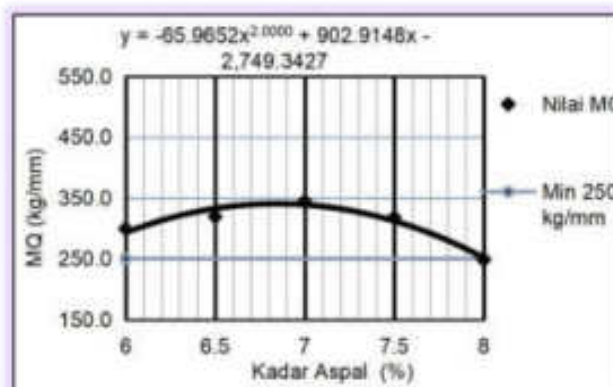
Gambar 4.7 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan *Marshall Quotient*

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Table 4.28 Hubungan Antara Kadar Aspal dan *Marshall Quotient* (MQ) variasi +1% agregat kasar - 1% agregat halus

Kadar Aspal (%)	MQ (Kg/mm)
6	299,82
6.5	319,10
7	344,37
7.5	317,97
8	248,27

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium



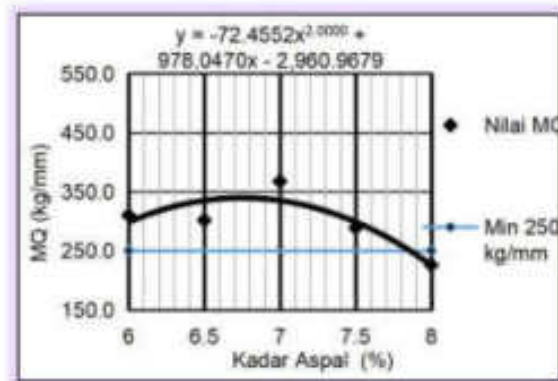
Gambar 4.8 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan *Marshall Quotient* Variasi +1% agregat Kasar -1% agregat halus

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Table 4.29 Hubungan Antara Kadar Aspal dan Marshall Quotient (MQ) Variasi -1% agregat kasar +1% agregat halus

Kadar Aspal (%)	MQ (Kg/mm)
6	310,17
6.5	301,79
7	367,51
7.5	288,82
8	225,84

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium



Gambar 4.9 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Marshall Quotient Variasi -1% agregat kasar +1% agregat halus

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Berdasarkan pengujian diatas dapat dilihat bahwa nilai MQ untuk untuk kadar aspal 6% - 7,5% memenuhi spesifikasi yang disyaratkan, sedangkan yang tidak memenuhi syarat yaitu kadar aspal 8% dengan nilai kadar aspal dibawah 250 kg/mm.

4.3.1.3 Hubungan Antara Kadar Aspal dan Void in Mix (VIM)

Void in Mix (VIM) adalah banyaknya pori yang ada dalam campuran diantara butir – butir agregat yang diselimuti aspal.

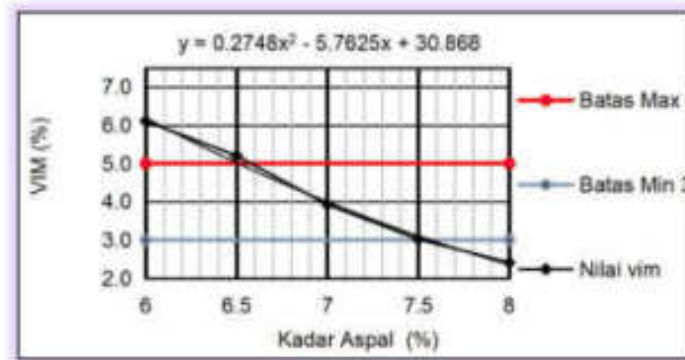
Hasil pengujian hubungan kadar aspal dengan VIM dapat dilihat pada Tabel 4.30 berikut

Table 4.30 Hubungan Antara Kadar Aspal dan Void in Mix (VIM) Awal

Kadar Aspal (%)	VIM (%)
6	6,11
6.5	5.20
7	3.93
7.5	3,02
8	2,41

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Berdasarkan hubungan kadar aspal dengan *Void in Mix (VIM)* maka didapat grafik pada gambar 4.10 berikut



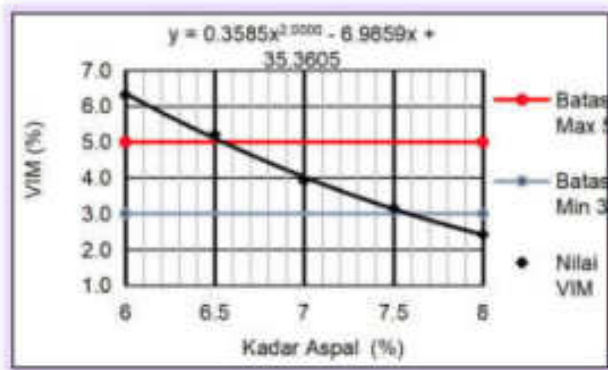
Gambar 4.10 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan *Void in Mix (VIM)*

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Table 4.31 Hubungan Antara Kadar Aspal dan Void in Mix (VIM) Variasi +1% agregat kasar -1% agregat halus

Kadar Aspal (%)	VIM (%)
6	6,31
6.5	5.20
7	3.92
7.5	3,16
8	2,42

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium



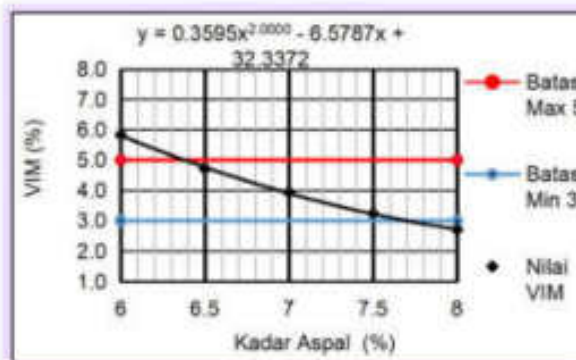
Gambar 4.11 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan *Void in Mix (VIM)* Variasi +1% agregat kasar - 1% agregat halus

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Table 4.32 Hubungan Antara Kadar Aspal dan *Void in Mix (VIM)* Variasi -1% agregat kasar +1% agregat halus

Kadar Aspal (%)	VIM (%)
6	5,83
6.5	4,71
7	3,93
7.5	3,23
8	2,70

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium



Gambar 4.12 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan *Void in Mix (VIM)* Variasi -1% agregat kasar +1% agregat halus

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Berdasarkan hasil pengujian dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai kadar aspal maka rongga udara dalam campuran padat akan semakin kecil. VIM yang tinggi akan menyebabkan kelelahan yang cepat.

4.3.1.4 Hubungan Kadar Aspal dan *Void in the Mineral Aggregate (VMA)*

Void in the Mineral Aggregate (VMA) adalah volume pori dalam beton aspal padat.

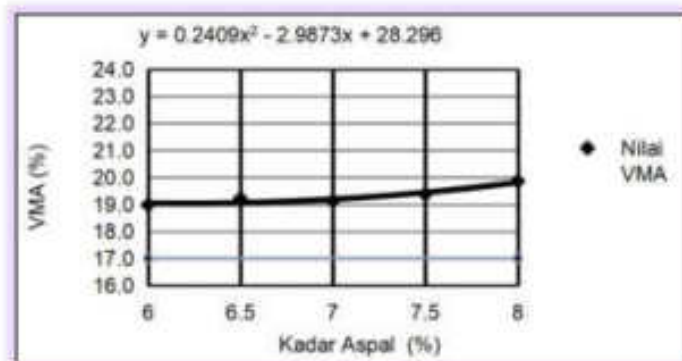
Hasil pengujian hubungan kadar aspal terhadap VMA dapat dilihat pada tabel 4.33 berikut

Table 4.33 Hubungan Antara Kadar Aspal dan *Void in the Mineral Aggregate (VMA)* Awal

Kadar Aspal (%)	VMA (%)
6	18,98
6.5	19.21
7	19.13
7.5	19.37
8	19.86

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Berdasarkan hubungan kadar aspal dengan *Void in the Mineral Aggregate (VMA)* maka didapat grafik pada gambar 4.13 berikut



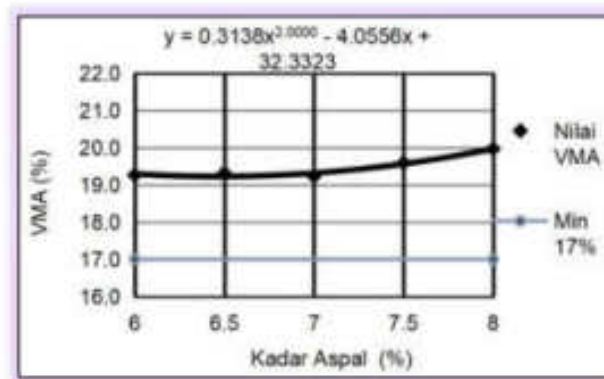
Gambar 4.13 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan *Void in the Mineral Aggregate (VMA)*

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Table 4.34 Hubungan Antara Kadar Aspal dan Void in the Mineral Aggregate (VMA) Variasi +1% agregat kasar -1% agregat halus

Kadar Aspal (%)	VMA (%)
6	19,26
6.5	19.31
7	19.23
7.5	19.59
8	19.97

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

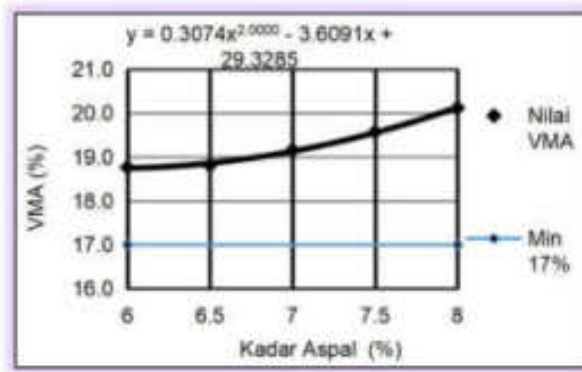


Gambar 4.14 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Void in the Mineral Aggregate (VMA) Variasi +1% agregat kasar -1% agregat halus

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Table 4.35 Hubungan Antara Kadar Aspal dan Void in the Mineral Aggregate (VMA) Variasi -1% agregat kasar +1% agregat halus

Kadar Aspal (%)	VMA (%)
6	18,76
6.5	18,81
7	19.15
7.5	19.57
8	20,12



Gambar 4.15 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan *Void in the Mineral Aggregate (VMA)* Variasi - 1% agregat kasar +1% agregat halus

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Berdasarkan pengujian dapat dilihat bahwa semua kadar aspal memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2. VMA semakin meningkat dengan semakin meningkatnya kadar aspal. Hal ini disebabkan karena dengan semakin besar kadar aspal maka semakin banyak aspal yang mengisi rongga – rongga diantara agregat sehingga dengan sendirinya VMA akan semakin besar.

4.3.1.5 Hubungan Kadar Aspal dan *Void Filled with Asphalt (VFA)*

Void Filled with Asphalt (VFA) merupakan volume pori antara butir agregat terisi aspal.

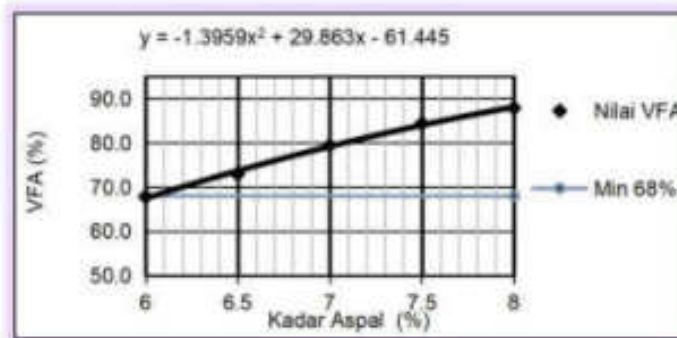
Hasil pengujian hubungan kadar aspal terhadap VFA dapat dilihat pada table 4.36 berikut

Table 4.36 Hubungan Antara Kadar Aspal dan *Void Filled with Asphalt (VFA)* Awal

Kadar Aspal (%)	VFA (%)
6	67,82
6.5	72,92
7	79.48
7.5	84,41
8	87,88

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Berdasarkan hubungan kadar aspal dengan *Void Filled with Asphalt (VFA)* maka didapat grafik pada gambar 4.16 berikut



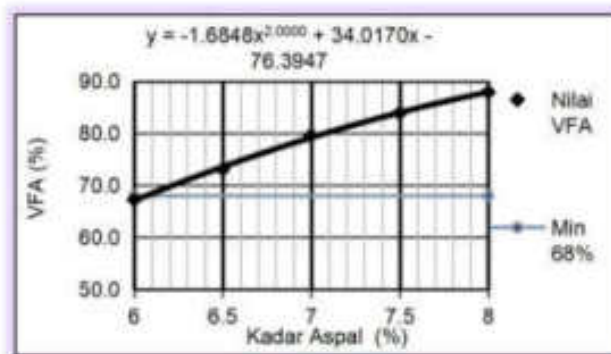
Gambar 4.16 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan *Void Filled with Asphalt (VFA)*

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Table 4.37 Hubungan Antara Kadar Aspal dan *Void Filled with Asphalt (VFA)* Variasi +1% agregat kasar -1% agregat halus

Kadar Aspal (%)	VFA (%)
6	67,22
6.5	73,06
7	79,60
7.5	83,87
8	87,89

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium



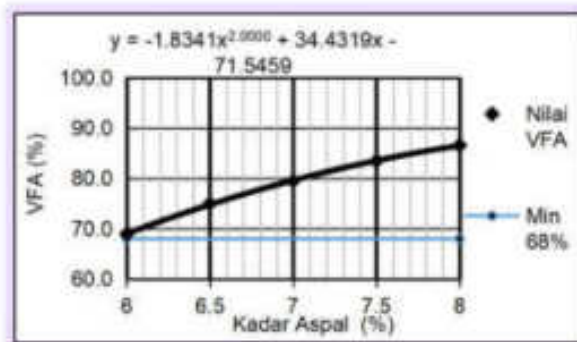
Gambar 4.17 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan *Void Filled with Asphalt (VFA)* Variasi +1% agregat kasar -1% agregat halus

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Table 4.38 Hubungan Antara Kadar Aspal dan Void Filled with Asphalt (VFA) Variasi -1% agregat kasar +1% agregat halus

Kadar Aspal (%)	VFA (%)
6	68,93
6.5	74,97
7	79.49
7.5	83,47
8	86,57

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium



Gambar 4.18 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Void Filled with Asphalt (VFA) Variasi -1% agregat kasar +1% agregat halus

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Berdasarkan hasil pengujian dapat dilihat bahwa nilai VFA semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Hal ini disebabkan karena semakin banyaknya rongga udara yang terisi aspal sehingga kekedapan campuran terhadap air dan udara akan semakin tinggi. Nilai VFA yang semakin tinggi akan menyebabkan lapis perkerasan mudah mengalami *bleeding*, sebaliknya jika VFA terlalu kecil akan menyebabkan kekedapa campuran terhadap air berkurang karena sedikit rongga yang terisi aspal.

4.3.1.6 Hubungan Kadar Aspal dan Kepadatan

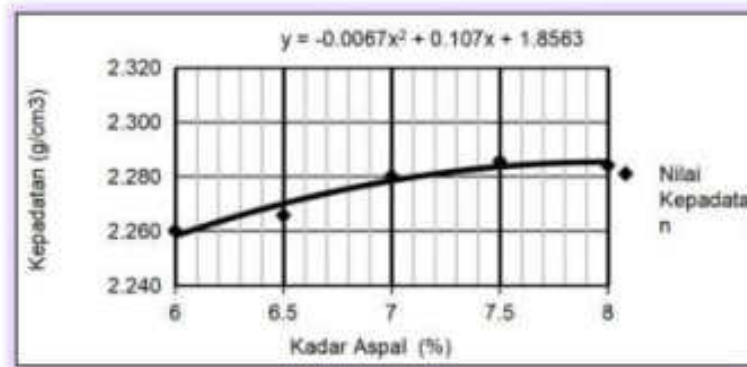
Kepadatan merupakan perbandingan antara berat benda uji kering dengan volume benda uji yang dipengaruhi oleh temperature, komposisi, pemadatan dan kadar aspal.

Hasil pengujian hubungan kadar aspal dan kepadatan dapat dilihat pada table 4.39 berikut

Tabel 4.39 Hubungan Antara Kadar Aspal dan Kepadatan Awal

Kadar Aspal (%)	Kepadatan (%)
6	2.26
6.5	2.27
7	2.28
7.5	2.29
8	2.28

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium



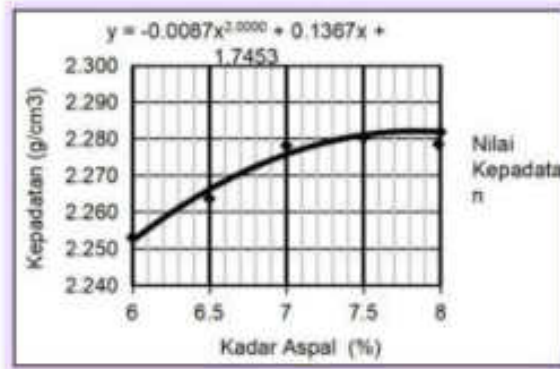
Gambar 4.19 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Kepadatan

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Table 4.40 Hubungan Antara Kadar Aspal dan Kepadatan Variasi +1% agregat kasar -1% agregat halus

Kadar Aspal (%)	Kepadatan (%)
6	2.25
6.5	2.26
7	2.27
7.5	2.28
8	2.28

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium



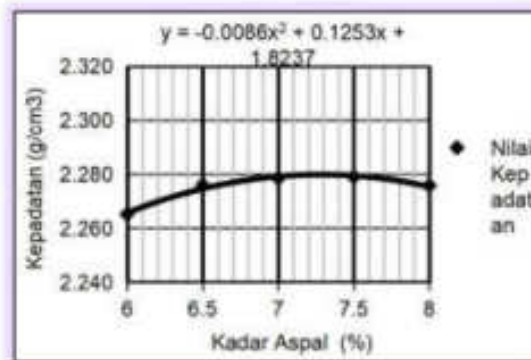
Gambar 4.20 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Kepadatan Variasi +1% agregat kasar -1% agregat halus

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Table 4.41 Hubungan Antara Kadar Aspal dan Kepadatan Variasi -1% agregat kasar +1% agregat halus

Kadar Aspal (%)	Kepadatan (%)
6	2.27
6.5	2.28
7	2.28
7.5	2.28
8	2.28

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium



Gambar 4.21 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Kepadatan Variasi -1% agregat kasar +1% agregat halus

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Berdasarkan hasil pengujian dapat dilihat bahwa jika kadar aspal bertambah maka semakin besar nilai kepadatan. Meningkatnya kadar aspal menyebabkan rongga – rongga terisi aspal sehingga campuran lebih sedikit padat. Hal ini disebabkan karena dengan meningkatnya kadar aspal menyebabkan kepadatan semakin tinggi.

4.3.2 Penentuan Kadar Aspal Optimum

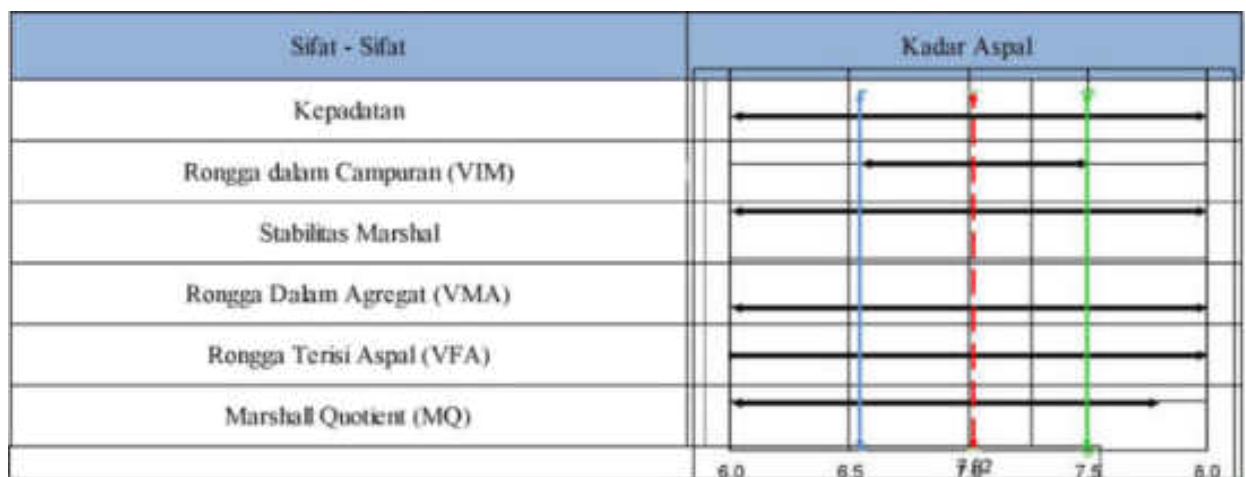
Kadar aspal optimum merupakan hasil nilai tengah dari rentang kadar aspal campuran yang memenuhi spesifikasi. Kadar aspal optimum yang didapat pada proporsi awal sebesar 7,02%, variasi +1% agregat kasar, -1% agregat halus dari proporsi awal sebesar 7,0% dan variasi -1% agregat kasar, +1% agregat halus dari proporsi awal sebesar 7,03% dan memenuhi syarat sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu nilai stabilitas, MQ, VIM, VMA, VFA dan Kepadatan. Penentuan kadar aspal berada pada titik tengah dari rentang kadar aspal optimum dapat dilihat pada tabel 4.42 berikut

1. Penentuan kadar aspal optimum proporsi awal

Table 4.42 Rentang Kadar Aspal Proporsi Awal Yang Memenuhi Spesifikasi

Parameter Marshall	Spesifikasi	Rentang kadar aspal yang memenuhi spesifikasi (%)
Kepadatan	-	6.0 - 8.0 %
Stabiitas	Min : 600 kg	6.0 - 8.0 %
VIM	Min : 3.0 % Maks : 5.0 %	6.54 - 7.50 %
MQ	Min : 250 kg/mm	6.0 - 7.80
VMA	Min : 17%	6.0 - 8.0
VFA	Min : 68%	6.0 - 8.0





Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium



Gambar 4.22 Diagramm Batang Kadar Aspal Optimum

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Keterangan grafik :

-  : Parameter Marshall (yang memenuhi spesifikasi)
-  : MAX
-  : MIN
-  : Kadar Aspal Optimum (KAO)

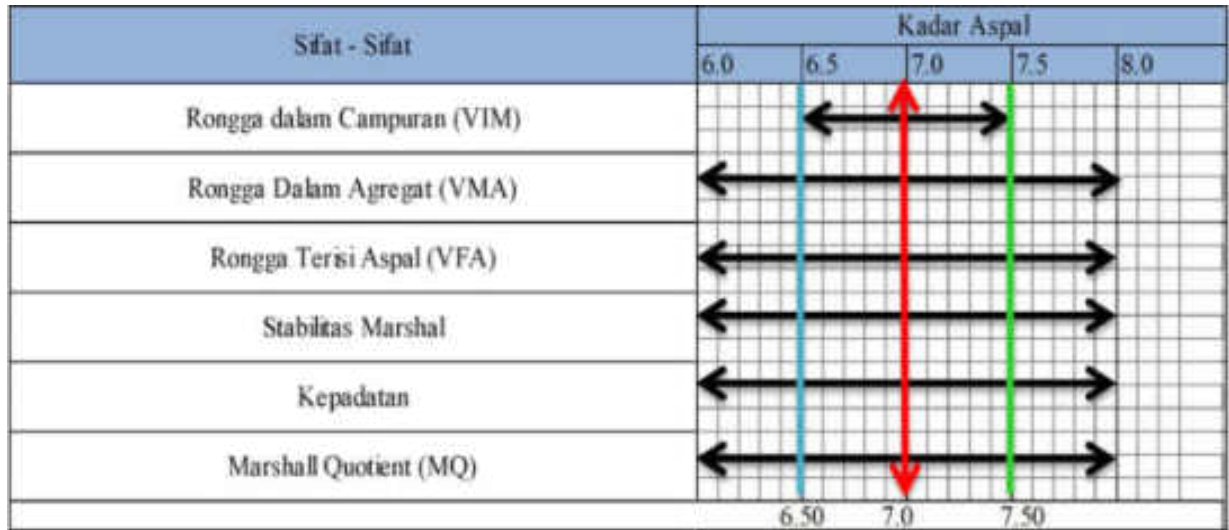
Berdasarkan hasil diatas dapat dilihat bahwa nilai kadar aspal optimum (KAO) yang memenuhi seluruh parameter *marshall* adalah stabilitas, VIM, VMA, VFA, MQ dan Kepadatan yang disyaratkan memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018, Revisi 2 didapat nilai kadar aspal antara 6,54% - 7,50% sehingga kadar aspal optimum yang didapatkan yaitu 7,02%.

2. Penentuan kadar aspal optimum variasi +1% Agregat Kasar -1% Agregat Halus Yang Memenuhi Spesifikasi

Table 4.43 Rentang Kadar Aspal Variasi +1% Agregat Kasar -1% Agregat Halus Yang Memenuhi Spesifikasi

Parameter Marshall	Spesifikasi	Rentang kadar aspal yang memenuhi spesifikasi (%)
Kepadatan	-	6.0 - 8.0 %
Stabiitas	Min : 600 kg	6.0 - 8.0 %
VIM	Min : 3.0 % Maks : 5.0 %	6.50 - 7.50 %
MQ	Min : 250 kg/mm	6.0 - 8.0
VMA	Min : 17%	6.0 - 8.0
VFA	Min : 68%	5.90 - 8.0

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium



Gambar 4.23 Diagram Batang Kadar Aspal Optimum Variasi +1% Agregat Kasar -1% Agregat Halus

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Keterangan grafik :

- ↔ : Parameter Marshall (yang memenuhi spesifikasi)
- : MAX
- : MIN
- ↔ : Kadar Aspal Optimum (KAO)

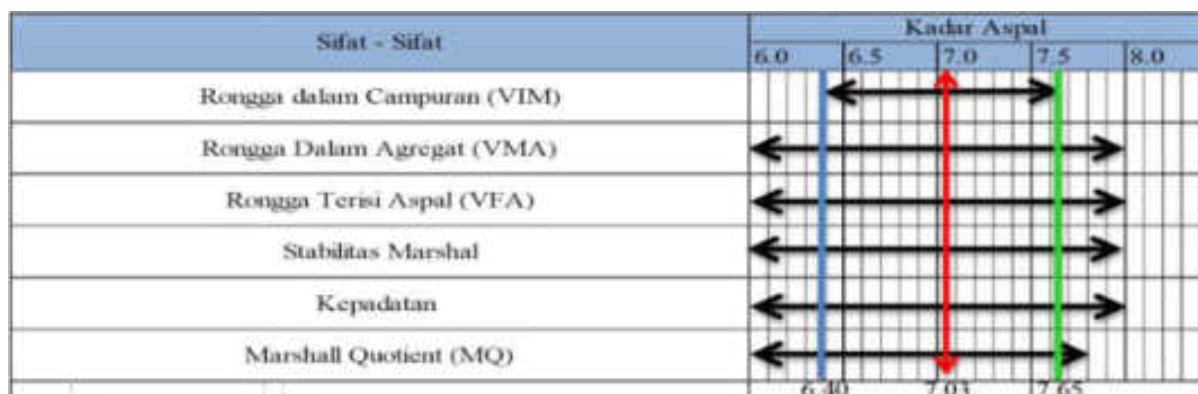
Berdasarkan hasil diatas dapat dilihat bahwa nilai kadar aspal optimum (KAO) yang memenuhi seluruh parameter *marshall* adalah stabilitas, VIM, VMA, VFA, MQ dan Kepadatan yang disyaratkan memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018, Revisi 2 didapat nilai kadar aspal antara 6,50% - 7,50% sehingga kadar aspal optimum yang didapatkan yaitu 7,00%.

3. Penentuan kadar aspal optimum variasi -1% Agregat Kasar +1% Agregat Halus Yang Memenuhi Spesifikasi

Table 4.44 Rentang Kadar Aspal Variasi -1% Agregat Kasar +1% Agregat Halus Yang Memenuhi Spesifikasi

Parameter Marshall	Spesifikasi	Rentang kadar aspal yang memenuhi spesifikasi (%)
Kepadatan	-	6.0 - 8.0 %
Stabiitas	Min : 600 kg	6.0 - 8.0 %
VIM	Min : 3.0 % Maks : 5.0 %	6.40 - 7.65 %
MQ	Min : 250 kg/mm	5.50 - 7.80
VMA	Min : 17%	6.0 - 8.0
VFA	Min : 68%	5.90 - 8.0

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium



Gambar 4.24 Diagramm Batang Kadar Aspal Optimum Variasi -1% Agregat Kasar +1% Agregat Halus

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Keterangan grafik :

- : Parameter Marshall (yang memenuhi spesifikasi)
- : MAX
- : MIN
- : Kadar Aspal Optimum (KAO)

Berdasarkan hasil diatas dapat dilihat bahwa nilai kadar aspal optimum (KAO) yang memenuhi seluruh parameter *marshall* adalah stabilitas, VIM, VMA, VFA, MQ dan Kepadatan yang disyaratkan memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018, Revisi 2 didapat nilai kadar aspal antara 6,40% - 7,65% sehingga kadar aspal optimum yang didapatkan yaitu 7,03%.