

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengambilan Data

4.1.1. Kronologis Pengambilan Data

Proses pengambilan sampel material untuk penelitian ini dilakukan pada *Quarry* Beduku PT.Zonize Construction Lda.yang berlokasi di Desa Manleuana, kecamatan Don Alexo kabupaten Kota Dili. Jenis material yang diambil 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*) yang berlokasi di *Quarry* Beduku.

Proses pengambilan sampel di lapangan menggunakan metode (Systematic Random sampling) dimana material diambil secara acak pada setiap tumpukan dengan alasan bahwa, sampel yang diambil tersebut dapat mewakili seluruh material yang ada di lapangan dan dibawa ke laboratorium pengujian bahan kimpraswil NTT untuk dilakukan 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 berupa pengujian – pengujian yang dilakukan di laboratorium antara lain pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar, agregat halus, analisa saringan atau gradasi dan pengujian abrasi, pengujian *Marshall*. selain data primer juga digunakan data sekunder pengujian aspal keras yang diperoleh dari Laboratorium Jalan Raya Balai Pengujian dan Peralatan Dinas Kimpraswil Propinsi NTT yaitu berupa data pengujian aspal Pertamina dengan penetrasi 60/70.

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 Laston AC-WC dengan menggunakan alat *Marshall*. Data - data pemeriksaan material

meliputi analisa saringan atau gradasi, berat jenis dan penyerapan agregat, keausan atau abrasi (agregat kasar $\frac{3}{4}$ " dan $\frac{1}{2}$ "), Sedangkan data-data dalam penganalisaan sifat-sifat dalam campuran meliputi:

- a. Nilai stabilitas (*Stability*),
- b. Nilai kelelehan (*Flow*),
- c. Nilai rongga dalam campuran aspal panas (*VIM*),
- d. Nilai rongga dalam agregat (*VMA*),
- e. Nilai rongga terisi aspal (*VFA*), dan
- f. Nilai hasil bagi *Marshall* (*Marshall Quotient*).

2. Data Sekunder

Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu data aspal produksi Pertamina dengan nilai penetrasi 60/70 yang diperoleh dari Sub Dinas Pengujian, Peralatan dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Propinsi Nusa Tenggara Timur. Maksud dari pengambilan data ini yaitu tanpa proses penelitian atau pengujian mengenai sifat-sifat aspal yang digunakan dalam campuran aspal panas Laston AC-WC.

4.2. Analisa Data

4.2.1 Pengujian Gradasi

Tujuan dari pengujian analisa saringan ini adalah untuk menentukan pembagian butiran dari agregat kasar dan agregat halus dengan menggunakan saringan. Pemeriksaan gradasi atau pemisahan ukuran butiran dilakukan guna mendapatkan ukuran butiran setiap jenis material sesuai dengan spesifikasi pada saat proporsi agregat gabungan.

4.2.1.1 Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar

Material yang digunakan pada pengujian analisa saringan agregat kasar ini adalah batu pecah ukuran $\frac{3}{4}$ " dan batu pecah ukuran $\frac{1}{2}$ ".

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar Batu Pecah 3/4"

SARINGAN		Jumlah Tertahan (Gram)		Berat Benda Uji I : 5044 Gram				Rata-rata (%)
				Berat benda Uji II : 5054 Gram				(%)
				% Tertahan (I,II/WI,WII)*100%		% Lolos (100-I,II)		(I+II)/2
(ASTM)	(mm)	I	II	I	II	I	II	$\bar{X}$
3/4"	19,0	0	0	0	0	100	100	100
1/2"	12,5	3055	3075	60.57	60.84	39.43	39.16	39.30
3/8"	9,50	4342	4342	86.08	85.91	13.92	14.09	14,00
No.4	4,75	5037	5048	99.86	99.88	0.14	0.12	0,13

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Sedang Batu Pecah 1/2"

SARINGAN		Jumlah Tertahan (Gram)		Berat Benda Uji I : 5020 Gram				Rata-rata (%)
				Berat benda Uji II : 5022 Gram				(%)
				Tertahan (%) (A,B/W1,W2)*100%		Lolos (%) (100-C,D)		(E+F)/2
(ASTM)	(mm)	I	II	I	II	I	II	$\bar{X}$
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	2599	2609	51.77	51.95	48,23	48,05	48,14
No.4	4,75	5001	4981	99.62	99.18	0,38	0,82	0,60

Sumber : Hasil Analisa

Tujuan dari pengujian analisa saringan ini adalah untuk menentukan pembagian butiran dari agregat kasar spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu agregat kasar lolos 100 % saringan 3/4" dan tertahan pada saringan No. saringan 4 dan agregat halus dengan menggunakan saringan. Pengujian analisa saringan batu pecah 3/4" dan analisa saringan batu pecah 1/2" pada Tabeal 4.1 dan Tabel 4.2 memenuhi standar.

4.2.1.2 Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus

Material yang digunakan pada pengujian agregat halus adalah abu batu dan pasir. Hasil pengujian analisa saringan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan 4.4 berikut ini.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus Pasir

SARINGAN		Jumlah Tertahan (Gram)		Berat Benda Uji I : 2549 Gram				Rata-rata (%)
				Berat benda Uji II : 2571 Gram				
				(%) Tertahan (I,II/W1,W2)*100%		(%) Lolos (100-I,II)		(I+II)/2
(ASTM)	(mm)	I	II	I	II	I	II	$\overline{X}$
¾"	19,0	0	0	0	0	100	100	100
½"	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	627	628	24.60	24.43	75.40	75.57	75.49
No.16	1,18	1270	1331	49.82	51.77	50.18	48.23	49.20
No.30	0,600	1909	1954	74.89	76.00	25.11	24.00	24.55
No.50	0,300	2183	2212	85.64	86.04	14.36	13.96	14.16
No.100	0,150	2425	2446	95.14	95.14	4.86	4.86	4.86
No.200	0,075	2497	2502	97.96	97.32	2.04	2.68	2.36

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Tabel 4.4 HasilPengujian Analisa Saringan Agregat Halus Abu Batu

SARINGAN		Jumlah Tertahan (Gram)		Berat Benda Uji I : 1647 Gram				Rata-rata (%)
				Berat benda Uji II : 1645 Gram				
				Tertahan (%) (I,II/W1,W2)*100%		Lolos (%) (100-I,II)		(I+II)/2
(ASTM)	(mm)	I	II	I	II	I	II	$\overline{X}$
¾"	19,0	0	0	0	0	100	100	100
½"	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	384	380	23,32	23,10	76,68	76,90	76,79
No.16	1,18	869	858	52,76	52,16	47,24	47,84	47,54
No.30	0,600	1143	1135	69,40	69,00	30,60	31,00	30,80
No.50	0,300	1353	1341	82,15	81,52	17,85	18,48	18,17
No.100	0,150	1471	1462	89,31	88,88	10,69	11,12	10,91
No.200	0,075	1532	1520	93,02	92,40	6,98	7,60	7,29

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Pengujian analisa saringan agregat halus pasir alam dan analisa saringan agregat halus abu batu pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 memenuhi standar spesifikasi Bina Marga

2010 yaitu agregat halus pasir alam dan agregat halus abu batu lolos 100% saringan No.4 dan tertahan pada saringan No.200.

4.2.2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat dilakukan pada agregat kasar, agregat halus. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu dari agregat kasar dan agregat halus.

4.2.2.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Agregat yang dapat dipakai dalam pengujian ini adalah agregat dengan ukuran $\frac{3}{4}$ " dan $\frac{1}{2}$ " atau agregat yang tertahan saringan No.4 yang berasal dari Quarry Beduku. Hasil hitungan berat jenis dan penyerapan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6 berikut ini.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Batu Pecah $\frac{3}{4}$ "

Uraian		I	II	Satuan
Berat benda uji kering permukaan jenuh	BJ	3574	3551	Gram
Berat benda uji di dalam air	BA	2254	2234	Gram
Berat benda uji kering oven	BK	3545	3522	Gram

Uraian	Satuan	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
Berat Jenis (bulk)	-	2.681	-	Tidak disyaratkan
Berat Jenis (ssd)	-	2.703	-	Tidak disyaratkan
Berat Jenis (apparent)	-	2.741	-	Tidak disyaratkan
Penyerapan Air	%	0.821	Max 3	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisa

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Batu Pecah $\frac{1}{2}$ "

Uraian		I	II	Satuan
Berat benda uji kering permukaan jenuh	BJ	3812	4884	Gram
Berat benda uji di dalam air	BA	2385	3062	Gram
Berat benda uji kering oven	BK	3747	4802	Gram

Uraian	Satuan	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
Berat Jenis (bulk)	-	2,630	-	Tidak disyaratkan
Berat Jenis (ssd)	-	2.676	-	Tidak disyaratkan
Berat Jenis (apparent)	-	2.755	-	Tidak disyaratkan
Penyerapan Air	%	1.721	Max 3	Memenuhi

Sumber : Hasil analisa

Hasil pengujian penyerapan air agregat kasar yang terdapat pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6 menunjukkan bahwa material agregat kasar batu $\frac{3}{4}$ " dan batu $\frac{1}{2}$ " *Quarry* Beduku memenuhi standaryang disyaratkan yaitu maksimum 3% (SNI 1669 – 1990). Untuk selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

4.2.2.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Agregat halus yang dipakai dalam pengujian ini adalah pasir dan abu batu atau agregat yang lolos saringan No.4 yang berasal dari *Quarry* Beduku. Hasil perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 berikut ini.

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Pasir Alam

Uraian		I	II	Satuan
Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)	500	500	500	Gram
Berat piknometer + air (25°C)	B	685.80	684.80	Gram
Berat piknometer + air + benda uji	Bt	993.30	993.30	Gram
Berat benda uji kering oven (Bk)	BK	487.30	487.00	Gram

Uraian	Satuan	Hasil	Spesifikasi	Tidak disyaratkan
Berat Jenis (bulk)	-	2.537	-	Tidak disyaratkan
Berat Jenis (ssd)	-	2.604	-	Tidak disyaratkan
Berat Jenis (apparent)	-	2.719	-	Tidak disyaratkan
Penyerapan Air	%	2.638	Max 3	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisa

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Abu Batu

U r a i a n		I	II	Satuan
Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)	500	500	500	Gram
Berat piknometer + air (25°C)	B	685.80	684.80	Gram
Berat piknometer + air + benda uji	Bt	994.50	994.45	Gram
Berat benda uji kering oven (BK)	BK	495.10	494.70	Gram

U r a i a n	Satuan	Hasil	Spesifikasi	Tidak disyaratkan
Berat Jenis (bulk)	-	2.593	-	Tidak disyaratkan
Berat Jenis (ssd)	-	2.620	-	Tidak disyaratkan
Berat Jenis (apparent)	-	2.665	-	Tidak disyaratkan
Penyerapan Air	%	1.031	Max 3	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisa

Hasil pengujian penyerapan air agregat halus yang terdapat pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 bahwa material agregat halus pasir alam dan abu batu quarry Beduku memenuhi standar pengujian yang diisyaratkan yakni maksimum 3 % (SNI 1669 – 1989).

4.2.3 Pengujian Keausan Agregat Kasar

Pengujian ini dilakukan pada material batu pecah yang lolos saringan ukuran $\frac{3}{4}$ " dan tertahan saringan $\frac{3}{8}$ ". 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 4.9

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Abrasi

SARINGAN				GRADASI PEMERIKSAAN	
Lolos	Bukaan Saringan	Tertahan	Bukaan Saringan	Jumlah Berat (I)	Jumlah Berat (II)
(ASTM)	(mm)	(ASTM)	(mm)	(Gram)	(Gram)
¾"	19,1	½"	12,7	2500	2500
½"	12,7	3/8"	9,52	2500	2500
Berat benda uji semula (Gram)			a	5000	5000
Tertahan saringan No.12 (Gram)			b	3784	3782
Keausan (%)			c	24.32	24.36 %
Keausan rata-rata (%)				24.34 Spec. : Max 40 %	
Keterangan : $c = ((a - b) / a) \times 100 \%$					

Sumber : Hasil analisa Laboratorium.

Dari hasil pengujian abrasi dengan mesin Los Angeles menunjukkan bawah keausan agregat dari Quarry Beduku sebesar 24.34%. Hal ini menunjukan bawah nilai keausan agregat dari Quarry Beduku ini memenuhi Spesifikasi yang di syaratkan Bina Marga bahwa nilai keausan maksimum adalah 40%.(SNI 03 -2417- 2008)

4.2.4 Pemeriksaan Terhadap Aspal

Pemeriksaan aspal 60/70 tidak dilakukan dalam penelitian (karena data sekunder) tetapi diambil data hasil pengujian yang sudah dilakukan oleh teknisi laboratorium. Hasil dari pemeriksaan tersebut terlihat bahwa pengujian aspal 60/70 memenuhi spesifikasi menurut Bina Marga tahun 2010. Data sekunder dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.10 Data Sekunder

NO	JENIS PENGUJIAN	Data sekunder	SPESIFIKASI	KETERANGAN
1.	Penetrasi 25, 100 gr, 5 dtk	66,80	60-70	Memenuhi
2.	Berat Jenis	1,030	$\geq 1,0$	Memenuhi
3.	Daktalitas 25 C° 5 Cm/menit	> 140	≥ 100	Memenuhi

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium.

4.2.5 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 $\frac{3}{4}$ ", batu pecah $\frac{1}{2}$ " pasir dan abu batu sehingga dari hasil presentase tersebut dapat diperoleh kadar aspal awal. Komposisi dari masing-masing material ini, diperoleh menggunakan cara grafis (penggambaran kurva hubungan antara presentase lolos agregat dan ukuran saringan berada di dalam kurva batas atas dan batas bawah (spesifikasi Bina Marga Tahun 2010). yang merupakan hasil pendekatan terhadap nilai yang disyaratkan. Hasil perhitungan gradasi agregat gabungan dapat di lihat pada tabel bawah ini:

Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Gradasi Agregat Gabungan

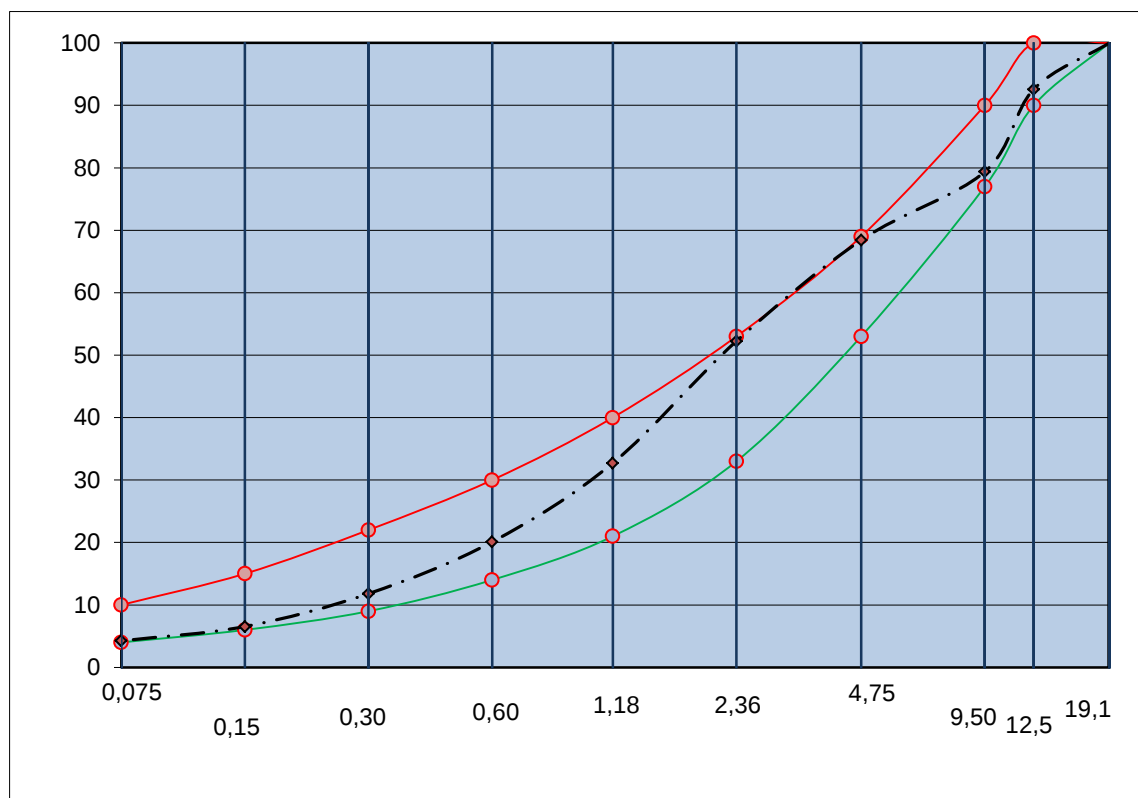
Saringan		BP $\frac{3}{4}$ "		BP $\frac{1}{2}$ "		A B		Pasir Kali		Total	Spek
(ASTM)	(mm)	12,23%		19,48%		53,29%		15,00%		100%	
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	
$\frac{3}{4}$ "	19	100	12,23	100	19,48	100	53,29	100	15,00	100	100
$\frac{1}{2}$ "	12,5	39,30	4,81	100	19,48	100	53,29	100	15,00	92,58	90-100
$\frac{3}{8}$ "	9,50	14,00	1,71	48,14	9,38	100	53,29	100	15,00	79,38	77-90
No.4	4,75	0,13	0,02	0,60	0,12	100	53,29	100	15,00	68,42	53-69
No.8	2,36					76,79	40,29	75,49	11,32	52,25	33-53
No.16	1,16					47,54	25,33	49,20	7,38	32,71	21-40
No. 30	0,60					30,80	16,41	24,55	3,68	20,10	14-30
No. 50	0,30					18,17	9,68	14,16	2,12	11,80	9-22
No. 100	0,15					10,91	5,81	4,86	0,73	6,54	6-15
No. 200	0,08					7,29	3,89	2,36	0,35	4,24	4-9

Sumber : Hasil Analisa

Keterangan Tabel :

A	=	Persen lolos rata-rata batu pecah $\frac{3}{4}$ "
B	=	12,23% x persen lolos rata-rata batu pecah $\frac{3}{4}$ "
C	=	Persen lolos rata-rata batu pecah $\frac{1}{2}$ "
D	=	19,48 % x persen lolos rata-rata batu pecah $\frac{1}{2}$ "
E	=	Persen lolos rata-rata abu batu
F	=	53,29 % x persen lolos rata-rata abu batu
G	=	Persen lolos rata-rata pasir
H	=	15,00% x persen lolos rata-rata pasir
I	=	Hasil penjumlahan B + D + F + H

Hasil proporsi antara fraksi kasar dan halus yang memenuhi spesifikasi kemudian diplot kedalam grafik gradasi gabungan sebagai berikut :



Gambar 4.1 Grafik Gradasi Agregat Gabungan
Sumber :Hasil Analisa

Keterangan Grafik :

— Batas atas - · - · - Batas memenuhi spesifikasi — batas bawah

Grafik 4.1 diatas menjelaskan bahwa gradasi gabungan (garis batas yang memenuhi).Terletak didalam garis batas atas dan garis batas bawah. Hasil ini juga menunjukan bahwa hasil gradasi komposisi memenuhi spesifikasi Bina Marga untuk lapis aspal beton (Laston).

4.2.6 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 :

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

Keterangan :

Pb : Kadar aspal rencana

CA : Proporsi fraksi kasar (100 – % lolos saringan No.4)

FA : Proporsi fraksi halus (% lolos saringan No.4 – % lolos saringan No.100)

FF : Proporsi fraksi bahan pengisi (% lolos saringan No.100)

K : Konstanta untuk Laston (0,5 – 1,0)

Dari hasil gradasi agregat gabungan material *quarry* Beduku (**Tabel 4.11**) diperoleh proporsi untuk masing-masing agregat dapat di hitung sebagai berikut :

$$CA = 100 - 68,42 = 31,58 \%$$

$$FA = 68,42 - 4,24 = 64,18 \%$$

$$FF = 4,24 \%$$

$$K = 0,75 \%$$

Dari fraksi agregat yang telah diperoleh maka kadar aspal rencana dapat dihitung menggunakan rumus yang telah ditentukan.

$$Pb = 0,035 (31,58) + 0,045 (64,18) + 0,18 (4,24) + 0,75$$

$$Pb = 5,51 \% \approx 5,5 \text{ (hasil pembulatan dari 5,51 \%)}$$

Kadar aspal yang diperoleh adalah 5,51 % dan dibulatkan menjadi 5,5 %, sehingga kadar aspal yang digunakan untuk proporsi pembuatan benda uji adalah : 4,5 %, 5,0 %, 5,5 %, 6,0 %, 6,5 %. 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. Rancangan campuran ini yang akan

digunakan untuk pembuatan benda uji. Hasil perhitungan rancangan dalam persen (%) dan gram dapat dilihat pada tabel 4.12 dan 4.13 di bawah ini :

Table 4.12 Hasil perhitungan rancangan dalam persen (%)

Komponen	Komposisi AGREGAT	Kadar Aspal Rencana (%)				
		4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
(A) BATU PECAH 3/4	12,23%	11,68	11,62	11,56	11,50	11,44
(B) BATU PECAH 1/2	19,48%	18,60	18,51	18,41	18,31	18,21
(C) ABU BATU	53,29%	50,89	50,63	50,36	50,09	49,83
(D) PASIR ALAM	15,00%	14,33	14,25	14,18	14,10	14,03
Total Agg Campuran (%)	100%	95,50	95,00	94,50	94,00	93,50
Total Campuran (%)		100	100	100	100	100

Sumber : Hasil Analisa

Tabel 4.13 Hasil perhitungan rancangan dalam Gram (Gr)

KOMPOSISI CAMPURAN		BERAT TIMBANGAN (Gr)				
KADAR ASPAL RENCANA	%	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
(a) BATU PECAH 3/4	Gram	140,16	139,42	138,69	137,95	137,22
(b) BATU PECAH 1/2	Gram	223,24	222,07	220,90	219,73	218,57
(c) ABU BATU	Gram	610,70	607,51	604,31	601,11	597,91
(d) PASIR ALAM	Gram	171,90	171,00	170,10	169,20	168,30
BERAT AGREGAT CAMPURAN (Gr)		1146,00	1140,00	1134,00	1128,00	1122,00
BERAT ASPAL (Gr)		54,00	60,00	66,00	72,00	78,00
BERAT RENCANA TOTAL CAMPURAN (Gr)		1200,00	1200,00	1200,00	1200,00	1200,00

Sumber : Hasil Analisa

4.2.7 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 Laston Lapis Aus (AC-WC) dapat dilihat pada lampiran, sedangkan rangkuman hasil pengujian *Marshall* campuran Laston Lapis Aus (AC-WC) berdasarkan hasil pengujian laboratorium untuk masing-masing pengujian yang disertai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 revisi 3.

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

Tabel 4.14 Hasil Pengujian Marshall dengan kadar aspal perkiraan

Kadar Aspal (%)	Jumlah Benda Uji	Parameter marshall					
		Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	VIM (mm)	VMA (mm)	VBA/VFB (mm)	MQ (Kg/mm)
4,5	2	1009.30	3.06	5.96	15.94	62.63	330.03
5,0	2	1056.35	3.22	4.85	16.00	69.66	328.12
5,5	2	1090.88	3.48	4.10	16.37	74.96	313.92
6,0	2	1079.40	3.81	3.72	17.07	78.21	283.76
6,5	2	1059.94	4.06	3.54	17.93	80.25	261.06
Spec.	-	Min 800	Min 3	3-5	Min 15	Min 65	Min 250

Sumber :Hasil Pengujian Dan Analisa

4.2.8 Hubungan Antara Parameter Marshall dengan Kadar Aspal Perkiraan

Campuran Laston AC-WC untuk lapisan permukaan jalan harus memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Persyaratan tersebut harus memenuhi batas gradasi kurva atas dan kurva bawah, persyaratan terhadap pengujian *Marshall* yaitu dengan memenuhi nilai stabilitas, *flow*, *MQ*, *VIM*, *VMA* dan *VFA* harus sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3. Hasil pengujian *Marshall* dapat dilihat pada tabel dan Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai-nilai parameter *Marshall* di bawah ini:

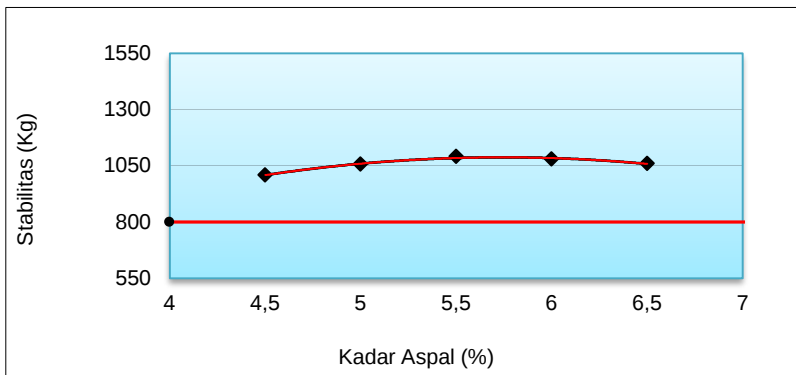
4.2.8.1 Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan Stabilitas

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 Kadar Aspal Dengan Stabilitas

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (Kg)
4,5	1009,30
5,0	1056,35
5,5	1090,88
6,0	1079,40
6,5	1059,94

Sumber : Hasil analisa



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Kadar Aspal Dengan Stabilitas
Sumber : Hasil Analisa

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 semakin meningkat jika kadar aspal bertambah mulai dari 4,5% sampai 5,5%, dan pada kadar aspal 6,0% 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. Semakin besar persentase kadar aspal yang digunakan nilai stabilitas semakin besar tetapi, setelah melebihi kadar aspal optimum 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. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa semakin besar persentase kadar aspal, maka nilai stabilitas yang terjadi tinggi. Namun jika persentase kadar aspal sudah mencapai nilai optimum maka akan terjadi pengikatan yang baik antar agregat dengan aspal sehingga menghasilkan nilai stabilitas yang maksimum.

4.2.8.2 Hubungan Antara Kelelahan (*Flow*) Dengan Kadar Aspal

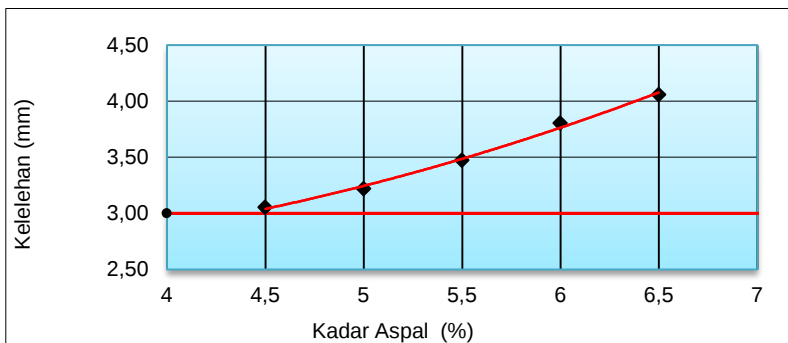
Ketahanan terhadap *flow* adalah kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Nilai *flow* menunjukkan besarnya perubahan bentuk plastis suatu benda uji campuran akibat adanya

beban yang bekerja sampai batas keruntuhan. Suatu campuran dengan nilai *flow* tinggi akan cenderung lembek sehingga akan menyebabkan deformasi permanen apabila menerima beban. Sebaliknya jika nilai *flow* rendah maka campuran menjadi kaku dan mudah retak jika menerima beban yang mempengaruhi daya dukungnya.

Tabel 4.16 Hubungan antara kadar aspal dengan kelelehan

Kadar Aspal (%)	Flow (mm)
4,5	3,06
5,0	3,22
5,5	3,48
6,0	3,81
6,5	4,06

Sumber : Hasil analisa



Grafik 4.3 Hubungan Kadar Aspal Dengan Kelelehan

Sumber : Hasil Analisa

Keterangan :

◆ = Nilai kelelehan pada setiap kadar aspal

— = Batas minimum kelelehan

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. Dari gambar grafik 4.3 menunjukkan bahwa hasil pengujian flow atau kelelehan dalam campuran Laston, pada kadar aspal 4,5% sampai dengan 6,5% memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 (min 3 mm).

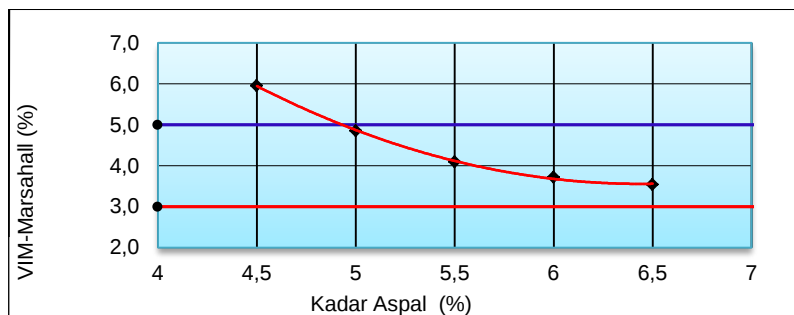
4.2.8.3 Hubungan Antara *Void in Mix* (VIM) Dengan Kadar Aspal

VIM adalah volume rongga atau pori yang masih tersisa yang terdapat di antara butir-butir agregat terselimuti aspal setelah campuran beton aspal dipadatkan.

Tabel 4.17 Hubungan antara *VIM* dengan kadar aspal

Kadar Aspal (%)	VIM (%)
4,5	5,96
5,0	4,85
5,5	4,10
6,0	3,72
6,5	3,54

Sumber : Hasil analisa



Gambar 4.4 Grafik Hubungan *VIM* dengan Kadar Aspal

Sumber : Hasil Analisa

Keterangan :

◆ = Nilai kelelahan pada setiap kadar aspal

— = Batas kelelahan

Dari Tabel 4.17 dan Grafik 4.4 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 kedapannya, 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 4.4 juga menunjukkan bahwa hasil pengujian rongga udara dalam campuran Laston, pada hasil pengujian ini kadar aspal 5,0% sampai dengan 6,5% memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 (minimum 3% dan Maksimum 5%) sedangkan kadar aspal 4,5% tidak memenuhi spesifikasi karena nilai *Vim* dalam campuran terlalu besar karena hal ini menyebabkan beton aspal padat berkurang kedapannya.

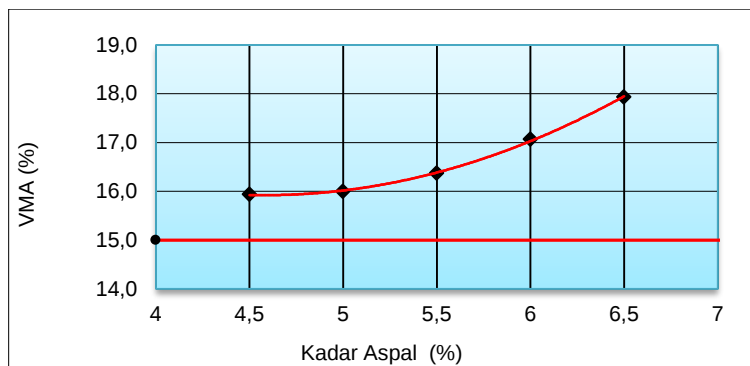
4.2.8.4 Hubungan Antara *Void in the Aggregate* (VMA) dan kadar aspal

VMA adalah volume pori dalam beton aspal padat. Hubungan antara VMA dan kadar aspal dapat dilihat pada Tabel 4.18 dan Gambar 4.5 berikut ini.

Tabel 4.18 Hubungan Antara VMA Dengan Kadar Aspal

Kadar Aspal (%)	VMA (%)
4,5	15,94
5,0	16,00
5,5	16,37
6,0	17,07
6,5	17,93

Sumber : Hasil Analisa



Grafik 4.5 Hubungan VMA Dengan Kadar Aspal.

Sumber : Hasil Analisa

Keterangan :

◆ = Nilai VMA pada setiap kadar aspal

— = Batas minimum VMA

Dari grafik dapat terlihat bahwa nilai VMA akan turun sampai mencapai nilai minimum dan kemudian kembali bertambah 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. Dari Tabel 4.25 dan Grafik 4.6 juga dapat dilihat bahwa dari kadar aspal 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5%. mengalami kenaikan, mengindikasikan rongga diantara partikel agregat dapat menampung jumlah kadar aspal yang semakin bertambah sehingga kerapatan diantara butiran agregat lebih bagus atau memenuhi standar yang di tentukan spesifikasi min 14 %.

4.2.8.5 Hubungan Antara *Void Filled with Aspal (VFA)* dan Kadar Aspal

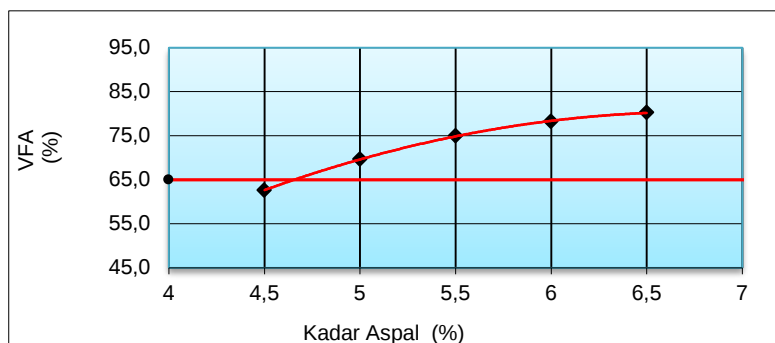
VFA adalah volume pori beton aspal padat yang terisi oleh aspal.

Hubungan antara VFA dengan kadar aspal dapat dilihat pada Tabel 4.19 dan Gambar 4.6

Tabel 4.19 Hubungan antara kadar aspal dengan VFA

Kadar Aspal (%)	VFB (%)
4,5	62,63
5,0	69,66
5,5	74,96
6,0	78,21
6,5	80,25

Sumber : Hasil Analisa



Gambar 4.6 Grafik Hubungan VFA dengan Kadar Aspal

Sumber : Hasil Analisa

Keterangan :

◆ = Nilai keelehan pada setiap kadar aspal

— = Batas minimum keelehan

Dari Grafik 4.6 terlihat bahwa nilai VFA semakin tinggi seiring penambahan kadar aspal 4,5% sampai 6,5%. 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 4,5% sampai 6,5%. Pada kadar aspal 4,5% tidak memenuhi spesifikasi yang disyaratkan yakni minimum 65% sedangkan pada kadar aspal 5,0% sampai 6,5% memenuhi syarat spesifikasi.

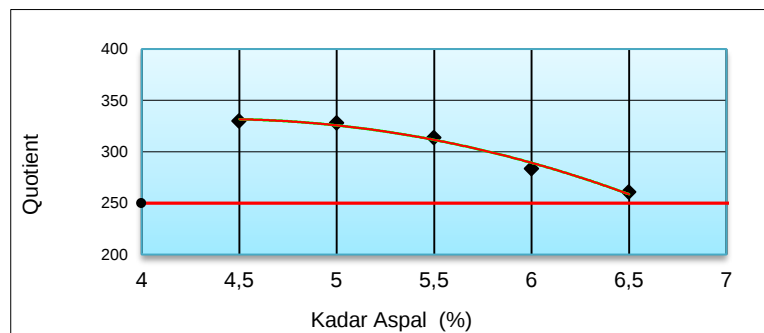
4.2.8.6 Hubungan Antara hasil bagi Marshall (MQ) dan Kadar Aspal

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 4.20 Hubungan antara kadar aspal dengan MQ

Kadar Aspal (%)	Marshall Quotient (Kg/mm)
4,5	330,03
5,0	328,12
5,5	313,92
6,0	283,76
6,5	261,06

Sumber : Hasil Analisa



Gambar 4.7 Grafik Hubungan MQ dengan Kadar Aspal

Sumber : Hasil Analisa

Keterangan :

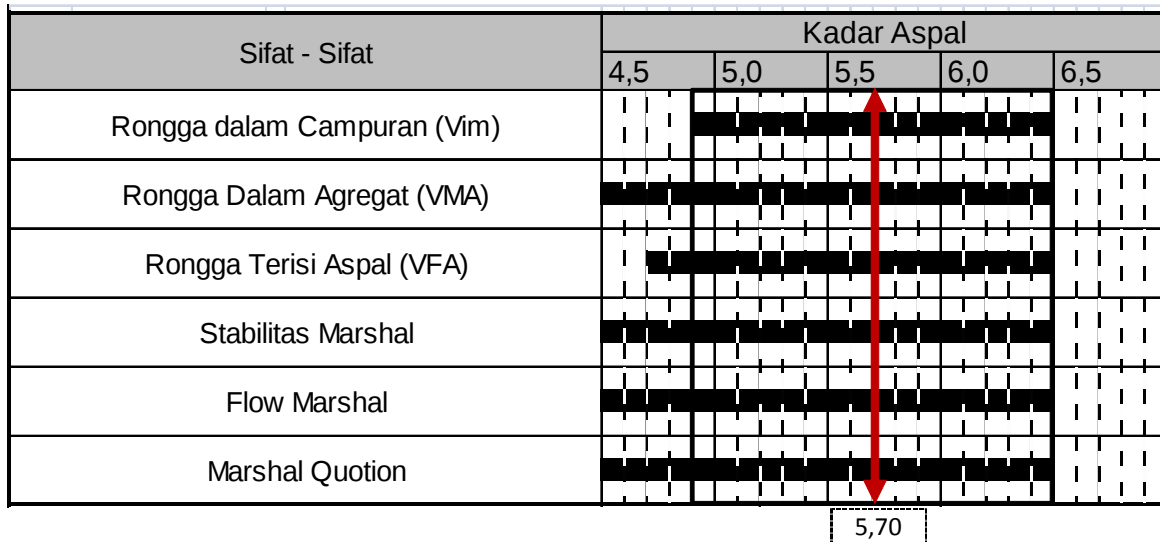
- ◆ = Nilai kelelahan pada setiap kadar aspal
- = Batas minimum kelelahan

Dari hasil pengujian didapatkan Grafik 4.7 bahwa penambahan kadar aspal mulai dari 4,5% sampai 6,5% nilai MQ untuk semua kadar aspal pada LastonAC-Wc 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. Kadar aspal optimum yang dicapai sebesar 5,51% dan memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan oleh spesifikasi Bina Marga yaitu menyangkut stabilitas, *flow*, MQ, VIM, VMA, VFA. 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 4.8. di bawah ini.



Gambar 4.8 Diagram Batang Kadar Aspal Optimum

Sumber : Hasil Analisa



: Kadar aspal optimum

: Parameter *Marshall* yang memenuhi

: Parameter *Marshall* Tidak Memenuhi