

BAB IV

ANALISA

DAN

PEMBAHASAN

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengambilan Sampel Material dan Data

4.1.1. Kronologi pengambilan sampel material

Pada penelitian ini proses pengambilan sampel material dilakukan di stok pile milik PT. Usaha Karya Buana Quarry Bipolo. Material yang berada di stok pile ditumpuk berdasarkan jenisnya. Cara pengambilan contoh agregat mengacu pada SNI 03-6889-2002. Sampel agregat kasar dan halus diambil dari timbunan agregat berbentuk kerucut hasil produksi stone crusher. Peralatan yang digunakan adalah sekop, karung, meter dan spidol. Cara pengambilannya adalah menentukan tempat pengambilan contoh agregat pada tempat timbunan. Setelah menentukan timbunan material yang akan diambil, ukur panjang kemiringan timbunan agregat lalu dibagi menjadi 3 (*systematic random sampling*) untuk mendapatkan suatu sampel yang mewakili keseluruhan populasi.

Pengambilan sampel dilakukan dengan cara menyekop agregat yang berada dibagian tumpukan dan dimasukan kedalam karung yang berukuran ± 25 kg sesuai kebutuhan dan berikan tulisan keterangan material setelah selesai mengisi dengan spidol sebagai tanda pada material tersebut. Pengambilan sampel yang pertama yaitu batu pecah $\frac{3}{4}$, lalu diikuti dengan batu pecah $\frac{1}{2}$ ", abubatu dan pasir, masing masing sebanyak ± 40 kg. Untuk aspal dari PT. Pertamina dengan penetrasi 60/70 diambil sebanyak 5 liter dan filler semen portland dari PT. Semen Kupang sebanyak 10 kg.

4.1.2. Data

Data yang dimaksud berupa pengujian – pengujian yang dilakukan di laboratorium antara lain pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi, pengujian analisa saringan, pengujian abrasi, pengujian marshall, serta pengujian pengaruh penggunaan karet sol sebagai bahan tambah terhadap karakteristik marshall melalui variasi karet alam sebagai bahan tamba, serta data pengujian aspal pertamina penetrasi 60/70 (data sekunder) yang diperoleh dari Laboratorium Pengujian Dinas Pekerjaan Umum Propinsi NTT.

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 $\frac{1}{2}$ "), serta agregat lolos saringan nomor 200. 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 (*VFB*), 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. Agregat Kasar

4.2.1.1. Pengujian Analisa Saringan

Material yang digunakan pada pengujian analisa saringan agregat kasar adalah batu pecah ukuran $\frac{3}{4}$ " dan batu pecah $\frac{1}{2}$ ". Cara pengujian analisa saringan (batu pecah $\frac{3}{4}$ dan batu pecah $\frac{1}{2}$ ") dari *Quarry* Bipolo sebagai berikut:

- a. Benda uji hasil *Quartering* ditimbang untuk mendapatkan berat benda uji total dengan berat sebesar : Ukuran Maksimum agregat kasar Batu Pecah $\frac{3}{4}$ " berat minimum adalah 5,0 kg atau 5000 gram dan ukuran maksimum $\frac{1}{2}$ " berat minimum adalah 2,5 kg atau 2500 gram.
- b. Rendam benda uji dengan 2 x 12 jam.
- c. Cuci benda uji sampai bersih.

- d. Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap selama 2 x 12 jam.
- e. Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin penguncang selama 15 menit.
- f. Timbang benda uji yang tertahan diatas masing-masing saringan.

Tabel 4.1a : Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar.

Metode Uji : SNI 03-1968-1990

Jenis Material : Batu Pecah 3/4" Ex.

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) = 5073				Rata- Rata
				Berat benda uji II (g) = 5089				
				Persen Tertahan		Persen Lolos		
(ASTM)	(mm)	I	II	I	II	I	II	
¾	19.0	0	0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
½	12.5	3707	3735	73.07	73.39	26.93	26.61	26.77
3/8	9.50	4689	4715	92.43	92.65	7.57	7.35	7.46
No.4	4.75	5004	4998	98.64	98.21	1.36	1.79	1.57
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

Tabel 4.1b : Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar.

Metode Uji : SNI 03-4142-1996

Jenis Material : Batu Pecah 3/4" Ex.

Uraian	Nilai		Satuan	Spec
	I	II		
Berat kering contoh semula, (A)	5073	5089	gram	
Berat kering contoh setelah dicuci dengan saringan No. 200 (B)	5004	4998	gram	
Persentase material lolos No. 200 $\frac{(A - B)}{A} \times 100\%$	1.36	1.79	%	

Hasil Rata-rata	1.57	%	Max 2
-----------------	-------------	---	--------------

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

Tabel 4.2a. : Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar.

Metode Uji : SNI 03-1968-1990

Jenis Material : Batu Pecah 1/2" Ex.

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) = 5012				Rata- Rata
				Berat benda uji II (g) = 5025				
		Persen Tertahan		Persen Lolos				
(ASTM)	(mm)	I	II	I	II	I	II	
¾	19.0	0	0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
½	12.5	0	0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8	9.50	1665	1643	33.22	32.70	66.78	67.30	67.04
No.4	4.75	4989	5003	99.54	99.56	0.46	0.44	0.45
No.8	2.36							
No.16	1.18							
No.30	0.60							
No.50	0.30							
No.100	0.15							
No.200	0.075							

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

Tabel 4.2b. : Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar.

Metode Uji : SNI 03-4142-1996

Jenis Material : Batu Pecah 1/2" Ex. Bipolo

Uraian	Nilai		Satuan	Spec
	I	II		
Berat kering contoh semula, (A)	5012	5025	gram	
Berat kering contoh setelah dicuci dengan saringan No. 200 (B)	4989	5003	gram	
Persentase material lolos No. 200 $\frac{(A - B)}{A} \times 100\%$	0.46	0.44	%	
Hasil Rata-rata	0.45		%	Max 2

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

Tujuan dari pengujian analisa saringan ini adalah untuk menentukan pembagian butiran dari agregat kasar dan agregat halus dengan menggunakan saringan. Pengujian analisa saringan batu pecah $\frac{3}{4}$ " dan analisa saringan batu pecah $\frac{1}{2}$ " pada Tabel 4.1a, 4.1b, 4.2a, 4.2b memenuhi Standar Spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu agregat kasar lolos 100% saringan $\frac{3}{4}$ " dan tertahan pada saringan No. Saringan 4.

4.2.1.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pengujian Berat jenis dan penyerapan air dilakukan untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan, berat jenis semu dan penyerapan air dari agregat kasar.

a. Berat jenis Curah

Berat jenis curah merupakan perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isisnya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25°C.

b. Berat jenis kering permukaan jenuh

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 dari agregat kering pada suhu

Berat jenis semu merupakan perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isisnya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu 25°.

d. Mengetahui angka penyerapan dari agregat kasar

Penyerapan yaitu : perbandingan berat air yang dapat diserap *Quarry* terhadap berat agregat kering dinyatakan dalam persen.

Peralatan yang dipakai dalam pengujian berat Jenis dan penyerapan air untuk agregat kasar (Batu pecah $\frac{3}{4}$ " dan Batu pecah $\frac{1}{2}$ ") *Quarry* Bipolo sebagai berikut :

- a. 1 buah keranjang kawat ukuran 3.35 mm (No.6) atau 2.36 mm (No.8) dengan kapasitas 5 kg.
- b. Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan.
- c. Timbangan dengan kapasitas 5 kg dan ketelitian 0.1% dari berat contoh yang ditimbang dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.
- d. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- e. Alat pemisah contoh
- f. Saringan No.4 (4,75)

Cara pengujian Berat Jenis dan penyerapan air adalah sebagai berikut:

- a. Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat
- b. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$. sampai berat tetap.
- c. Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0.5 gram (BK).
- d. Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 ± 4 jam
- e. Keluarkan benda uji dari air, lap dengan kain penyerap selaput air pada permukaan hilang, untuk butiran yang besar pengeringan halus satu persatu.
- f. Letakkan benda uji dalam keranjang, guncangkan batunnya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya di dalam air (B_a), dan ukur suhu untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25°C .

Perhitungan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (Batu Pecah $\frac{3}{4}$ " dan Batu pecah $\frac{1}{2}$ ") untuk *Quarry Bipolo* sebagai berikut:

- a. Berat jenis curah (*Bulk Specific Gravity*)

$$\frac{B_k}{B_j - B_a}$$

- b. Berat jenis kering permukaan jenuh (*Surface Dry*)

$$\frac{B_j}{B_j - B_a}$$

- c. Berat jenis semu (*Apparent Specific Gravity*)

$$\frac{B_k}{B_k - B_a}$$

- d. Penyerapan

$$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$$

Keterangan :

B_k = Berat benda uji kering dalam oven, (dalam gram).

B_j = Berat benda uji kering permukaan jenuh, (Dalam gram).

B_a = Berat benda uji kering permukaan jenuh dalam air, (Dalam gram).

Agregat yang digunakan dalam pengujian ini adalah agregat dengan ukuran $\frac{3}{4}$ lolos saringan $\frac{3}{4}$ " tertahan saringan No.4 dan agregat ukuran $\frac{1}{2}$ " lolos saringan $\frac{1}{2}$ " tertahan saringan No.4 material yang berasal dari *Quarry Bipolo*. Hasil perhitungan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (batu pecah $\frac{3}{4}$ " dan batu pecah $\frac{1}{2}$ ") dapat dilihat pada Tabel .4.3, Tabel.4.4. Tabel 4.5, dan Tabel 4.6.

Tabel 4.3 : Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar
 Metode Uji : SNI 03-1969-2008
 Jenis Material : Batu Pecah 3/4" Ex.

Uraian		A	B	Satuan
Berat benda uji kering permukaan jenuh	BJ	5056	5050	gram
Berat benda uji di dalam air	BA	3165	3148	gram
Berat benda uji kering oven	BK	5016	5010	gram

Uraian		A	B	Rata-Rata	Spec
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2.653	2.634	2.643	-
Berat Jenis (ssd)	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2.674	2.655	2.664	-
Berat Jenis (apparent)	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2.710	2.691	2.700	-
Penyerapan Air	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	0.797	0.798	0.798	Max 3

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel.4.4. Sifat-sifat Agregat Kasar Batu pecah ¾

SIFAT-SIFAT	SATUAN	HASIL	SPESIFIKASI	KETERANGAN
Bahan Lolos Saringan No.200	%	1.57	Max 1	Memenuhi
Abrasi	%	25.8	Max 30	Memenuhi
Berat Jenis Bulk	-	2.643	-	Tidak disyaratkan
Berat Jenis Ssd	-	2.664	-	Tidak disyaratkan
Berat Jenis Apparent	-	2.700	-	Tidak disyaratkan
Penyerapan Air	%	0.798	Max 3	Memenuhi

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

Tabel 4.5 : Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar ¹ ₂
Metode Uji : SNI 03-1969-2008
Jenis Material : Batu Pecah 1/2" Ex.

Uraian	A	B	Satuan
Berat benda uji kering permukaan jenuh BJ	5135	5101	gram
Berat benda uji di dalam air BA	3180	3186	gram
Berat benda uji kering oven BK	5090	5057	gram

Uraian	A	B	Rata-Rata	Spec
Berat Jenis (bulk) $\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2.604	2.641	2.622	-
Berat Jenis (ssd) $\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2.627	2.664	2.645	-
Berat Jenis (apparent) $\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2.665	2.703	2.684	-
Penyerapan Air $\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	0.884	0.870	0.877	Max 3

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

Tabel.4.6. Sifat-sifat agregat kasar batu pecah 1/2

NO	SIFAT-SIFAT	SATUAN	HASIL	SPESIFIKASI	KETERANGAN
1	Bahan Lolos Saringan No.200	%	0.45	Max 1	Memenuhi
2	Abrasi	%	24.36		Memenuhi
3	Berat Jenis Bulk	-	2.622	-	Tidak disyaratkan
4	Berat Jenis Ssd	-	2.645	-	Tidak disyaratkan
5	Berat Jenis Apparent	-	2.684	-	Tidak disyaratkan
6	Penyerapan Air	%	0.877	Max 3	Memenuhi

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

Hasil pengujian penyerapan air agregat kasar yang terdapat pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6 memenuhi standar pengujian yang diisyaratkan yakni maksimum 3 % (SNI 1669 – 1990 – F). Untuk selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

4.2.1.3 Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles (Abrasi)

Pengujian untuk mengetahui keausan agregat yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat Abrasi dilakukan bahan aus lolos saringan No.12. untuk

pengujian ini dibutuhkan jumlah berat awal yang terdiri dari jumlah berat yang lolos saringan No. $\frac{3}{4}$ ", tertahan saringan No. $\frac{1}{2}$ " dan tertahan saringan No $\frac{3}{8}$ " sebesar 5000 gram sebagai berat awal. Setelah diabrasi dengan menggunakan mesin *Los Angeles Test*, agregat tersebut disaring untuk memperoleh jumlah abrasi yang tertahan saringan No.12. hasil abrasi dari persentase berat awal dikurangi berat yang tertahan saringan No.12. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.7. dan Tabel.4.8. berikut ini.

1. Peralatan

- a. Saringan ukuran $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", dan No.12
- b. Oven
- c. Timbangan dengan kapasitas 5 kg
- d. *Los Angeles Abrasion Machine*
- e. Pan

2. Langkah-langkah pemeriksaan

- a. Benda uji yang dicuci sampai bersih kemudian dimasukkan kedalam oven dan dibiarkan selama 2 x 12 jam.
- b. Setelah benda uji dikeluarkan dari dalam oven lalu dihampar agar suhu agregat menjadi dingin.
- c. Kedua kelompok benda uji tersebut ditimbang, masing-masing beratnya 2500 gram sehingga berat totalnya menjadi 5000 gram.
- d. Buka tutup drum (*Los Angeles Abrasion Machine*) lalu masukkan benda uji yang sudah dipersiapkan tadi beserta bola baja kedalam drum sebanyak 11 buah.
- e. Drum ditutup kembali dan hidupkan lampu *power*.
- f. Atur mesin untuk 500 putaran dan waktu diatur sehingga didapat 33 putaran per menit. Untuk kekurangan putaran digunakan *counter* lalu diputar lagi sebanyak kekurangannya.
- g. Pasang drum dibawah setelah diputar, tutup drum dibuka lalu diambil bola baja kemudian agregat tadi dituangkan kedalam pan.
- h. Benda uji hasil diayak dengan saringan saringan.12 benda uji yang tertahan.
- i. Benda uji yang tertahan No.12 dicuci sampai bersih.
- j. Masukkan benda uji kedalam oven selama 24.
- k. Benda uji dikeluarkan dari dalam oven lalu dihampar agar suhu benda uji menjadi dingin.
- l. Timbang benda uji tersebut kemudian hitung nilai keausan / abrasi.

Tabel 4.7 : Hasil pengujian (Abrasi).keausan agregat kasar
Metode Uji : SNI 03-2417-2008
Jenis Material : .

Gradasi Pemeriksaan				GRADING (B)			
Ukuran Saringan				I		II	
Lolos		Tertahan		Berat (a)		Berat (b)	
76.2	(3")	63.5	(2 1/2")				
63.5	(2 1/2")	50.8	(2")				
50.8	(2")	36.1	(1 1/2")				
36.1	(1 1/2")	25.4	(1")				
25.4	(1")	19.1	(3/4")				
19.1	(3/4")	12.7	(1/2")	2500		2500	
12.7	(1/2")	9.52	(3/8")	2500		2500	
9.52	(3/8")	6.35	(1/4")				
6.35	(1/4")	4.75	(No.4)				
4.75	(No.4)	2.36	(No.8)				
Jumlah Berat				5000		5000	
Berat tertahan saringan No.12 sesudah percobaan (b)				3712.0		3709	
I. a. = 5000.0 gram b. = <u>3712.0 gram</u> a - b = 1288.0 gram Keausan -I = $\frac{a - b}{a} \times 100\%$ Keausan -II = $\frac{a - b}{a} \times 100\%$ Keausan rata-rata = 25.79				II. a. = 5000.0 gram b. = <u>3709.0 gram</u> a - b = 1291.0 gram = 25.76 = 25.82 Spec : Max 30			

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

Hasil pengujian abrasi agregat kasar yang terdapat pada tabel 4.7 adalah 25,79, angka ini menunjukkan bahwa nilai keausan agregat memenuhi syarat maksimum yaitu 30% (SNI 03-2417-1991).

4.2.2 Agregat Halus

4.2.2.1 Pengujian Analisa Saringan

material yang digunakan dalam pengujian analisa saringan adalah abu batu dan pasir. Pengujian analisa saringan ini berdasarkan SNI 03-1969-1990. Pengujian Gradasi atau analisa saringan dilakukan untuk menentukan pembegian butir (Gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan: $\frac{3}{4}$ " , $\frac{1}{2}$ " , No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, dan No.200. analisis saringan agregat adalah penentuan presentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka-angka presentase digambarkan pada grafik pembagian butir.

Cara pengujian analisa saringan (abu batu dan pasir alam) dari *Quarry* Bipolo sebagai berikut:

- a. Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap.
- b. Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. saringan diguncang dengan tangan atau mesin penguncang selama 15 menit.
- c. Ukuran Maks.4,76 mm, berat minimum adalah 500 gram.
- d. Ukuran Maks.2,38 mm, berat minimum adalah 100 gram.

Pengujian Analisa Saringan pada agregat halus abu batu dan pasir alam dari *Quarry* Bipolo dapat dilihat pada Tabel.4.11, Tabel.4.12, Tabel.4.13, dan Tabel.4.14. berikut ini.

Tabel 4.8a : Hasil pengujian analisa saringan agregat halus
 Metode Uji : SNI 03-1968-1990
 Jenis Material : Abu Batu Ex.

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) = 2156				Rata-
				Berat benda uji II (g) = 2160				
				Persen Tertahan		Persen Lolos		Rata
(ASTM)	(mm)	I	II	I	II	I	II	
¾	19.0	0	0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
½	12.5	0	0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8	9.50	0	0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
No.4	4.75	0	0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
No.8	2.36	1067	1071	49.49	49.58	50.51	50.42	50.46
No.16	1.18	1323	1328	61.36	61.48	38.64	38.52	38.58
No.30	0.60	1567	1564	72.68	72.41	27.32	27.59	27.46
No.50	0.30	1799	1784	83.44	82.59	16.56	17.41	16.98
No.100	0.150	1854	1865	85.99	86.34	14.01	13.66	13.83
No.200	0.075	2015	2008	93.46	92.96	6.54	7.04	6.79

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

Tabel 4.8b : Hasil pengujian analisa saringan agregat halus
 Metode Uji : SNI 03-41421996
 Jenis Material : Abu Batu Ex. Bipolo

Uraian	Nilai		Satuan	Spec
	I	II		
Berat kering contoh semula, (A)	2156	2160	gram	
Berat kering contoh setelah dicuci dengan saringan No. 200 (B)	2015	2008	gram	
Persentase material lolos No. 200 $\frac{(A - B)}{A} \times 100\%$	6.54	7.04	%	
Hasil Rata-rata	6.79		%	Max 10

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

Tabel 4.9a : Hasil pengujian analisa saringan agregat halus
Metode Uji : SNI 03-1968-1990
Jenis Material : Pasir Alam Ex.

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) = 4848				Rata-
				Berat benda uji II (g) = 4864				
				Persen Tertahan		Persen Lolos		Rata
(ASTM)	(mm)	I	II	I	II	I	II	
¾	19.0	0	0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
½	12.5	0	0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8	9.50	0	0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
No.4	4.75	0	0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
No.8	2.36	1134	1138	23.39	23.40	76.61	76.60	76.61
No.16	1.18	2876	2887	59.32	59.35	40.68	40.65	40.66
No.30	0.60	3509	3519	72.38	72.35	27.62	27.65	27.64
No.50	0.30	4345	4305	89.62	88.51	10.38	11.49	10.93
No.100	0.15	4650	4671	95.92	96.03	4.08	3.97	4.03
No.200	0.075	4541	4570	93.67	93.96	6.33	6.04	6.19

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

Tabel 4.9b Hasil pengujian analisa saringan agregat halus

Uraian	Nilai		Satuan	Spec
	I	II		
Berat kering contoh semula, (A)	4848	4864	gram	
Berat kering contoh setelah dicuci dengan saringan No. 200 (B)	4541	4570	gram	
Persentase material lolos No. 200 $\frac{(A-B)}{A} \times 100\%$	6.33	6.04	%	
Hasil Rata-rata	6.19		%	Max 10

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

Pengujian analisa saringan agregat halus abu batu dan analisa saringan agregat halus pasir pada Tabel 4.8a, Tabel 4.8b, Tabel 4.9a dan Tabel 4.9b memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu agregat halus abu batu dan agregat halus pasir lolos 100% saringan No. 4 dan tertahan pada saringan No. 200.

4.2.2.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pengujian Berat jenis dan penyerapan air dilakukan untuk menentukan:

a. Berat jenis curah

Berat jenis curah merupakan perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isisnya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25°C.

b. Berat jenis kering permukaan jenuh

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 dari agregat kering pada suhu

Berat jenis semu merupakan perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isisnya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu 25°.

d. Mengetahui angka penyerapan dari agregat kasar

Penyerapan yaitu : perbandingan berat air yang dapat diserap *Quarry* terhadap berat agregat kering dinyatakan dalam persen.atau lebih dengan ketelitian 0,1 gram

Peralatan yang digunakan dalam pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus yaitu sebagai berikut ;

a. Timbangan, kapasitas 1 kg atau lebih dengan ketelitian 0,1 gram.

b. Piknometer dengan kapasitas 500 ml.

c. Kerucut terpancung, diameter bagian atas (40±3) mm, diameter bagian bawah (90±3) mm dan tinggi (75±3) mm dibuat dari logam tebal minimum 0,8 mm.

d. Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata, berat (340±15) gram, diameter permukaan penumbuk (25±3) mm.

e. Saringan No. 4 (4,75 mm).

f. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai (110±5)°C.

g. Talam

h. Bejana tempat air

i. Pompa hampa udara atau tungku

j. Desikator.

Langkah-langkah pengujian analisa saringan pada agregat halus (abu batu dan pasir alam) material *Quarry* Bipolo adalah sebagai berikut:

a. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu (110±5) °C, sampai berat tetap, yang dimaksud berat tetap adalah keadaan berat benda uji selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dengan selang waktu 2 jam berturut-turut, tidak akan mengalami perubahan kadar air lebih besar dari pada 0,15 didinginkan pada suhu ruang, kemudian rendam dalam air selama (24±4) jam.

- b. Buang air perendam dengan hati-hati, jangan ada butiran yang hilang, tebarkan agregat diatas talam, keringkan diudara panas dengan cara membalik-balikkan benda uji lakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh.
- c. Periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji kedalam kerucut terpancung, padatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali, angkat kerucut terpancung keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda uji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak.
- d. Segera setelah tercapai keadaan kering permukaan jenuh masukkan 500 gram benda uji kedalam piknometer, masukkan air suling sampai mencapai 90% isi piknometer, putar sambil diguncang sampai tidak terlihat gelembung udara didalamnya. untuk mempercepat proses ini dapat dipergunakan pompa hampa udara, tetapi harus diperhatikan jangan sampai ada air yang ikut terhisap, dapat juga dilakukan dengan merebus piknometer.
- e. Rendam piknometer dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25°C.
- f. Tambahkan air ampai mencapai tanda batas.
- g. Timbang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram (Bt).
- h. Keluarkan benda uji, keringkan dalam oven dengan suhu (110±5) °C sampai berat tetap, kemudian dinginkan benda uji dalam desikator.
- i. Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur suhu air gunakan penyesuaian dengan suhu standar 25°C (B).

Dalam metode pengujian baret jenis agregat halus (abu batu dan pasir alam) material *Quarry* Bipolo sebagai berikut:

a. Berat Jenis Curah	=	$\frac{B_k}{(B + 500 - B_t)}$	
b. Berat jenis jenuh kering permukaan	=	$\frac{500}{(B + 500 - B_t)}$	
c. Berat jenis semu	=	$\frac{B_k}{(B + B_k - B_t)}$	
d. Penyerapan	=	$\frac{(500 - B_k)}{B_k} \times 100$	

Keterangan :

Bk = Berat benda uji kering oven, dalam gram.

B = Berat piknometer berisi air, dalam gram.

Bt = berat pinometer berisi benda uji dan air, dalam gram

500 = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh, dalam gram

Hasil perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat halus dapat dilihat pada tabel 4.10 berikut ini.

Tabel 4.10 : Hasil pengujian berat jenis agregat halus
Metode Uji : SNI 03-1970-2008
Jenis Material : Abu Batu Ex.

Uraian		A	B	Satuan
Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)	500	500	500	gram
Berat piknometer + air (25°C)	B	683.90	687.10	gram
Berat piknometer + air + benda uji	Bt	975.62	981.48	gram
Berat benda uji kering oven (Bk)	BK	494.49	494.51	gram

Uraian		A	B	Rata-Rata	Spec
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{B + 500 - Bt}$	2.374	2.405	2.390	-
Berat Jenis kering permukaan jenuh	$\frac{500}{B + 500 - Bt}$	2.401	2.432	2.416	-
Berat Jenis (apparent)	$\frac{Bk}{B + Bk - Bt}$	2.439	2.471	2.455	-
Penyerapan Air	$\frac{500 - Bk}{Bk} \times 100\%$	1.114	1.110	1.112	Max 3

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

Tabel 4.11 Sifat-sifat agregat halus

NO	SIFAT-SIFAT	SATUAN	HASIL	SPESIFIKASI	KETERANGAN
1	Berat Jenis Bulk	-	2.390	-	Tidak disyaratkan
2	Berat Jenis Ssd	-	2.416	-	Tidak disyaratkan
3	Berat Jenis Apparent	-	2.455	-	Tidak disyaratkan
4	Penyerapan Air	%	1.112	Max 3	Memenuhi

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

Tabel 4.12 : Hasil pengujian berat jenis agregat halus

Metode Uji : SNI 03-1970-2008

Jenis Material : Pasir Alam Ex.

Uraian		A	B	Satuan
Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)	500	500	500	gram
Berat piknometer + air (25°C)	B	683.70	687.30	gram
Berat piknometer + air + benda uji	Bt	992.61	996.79	gram
Berat benda uji kering oven (Bk)	BK	488.00	489.00	gram

Uraian		A	B	Rata-Rata	Spec
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{B + 500 - Bt}$	2.554	2.567	2.560	-
Berat Jenis kering permukaan jenuh	$\frac{500}{B + 500 - Bt}$	2.617	2.625	2.621	-
Berat Jenis (apparent)	$\frac{Bk}{B + Bk - Bt}$	2.725	2.724	2.724	-
Penyerapan Air	$\frac{500Bk}{Bk} \times 100\%$	2.459	2.249	2.354	Max 3

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

Tabel 4.13 Sifat-sifat agregat halus

NO	SIFAT-SIFAT	SATUAN	HASIL	SPESIFIKASI	KETERANGAN
2	Berat Jenis Bulk	-	2.560	-	Tidak disyaratkan
3	Berat Jenis Ssd	-	2.621	-	Tidak disyaratkan
4	Berat Jenis Apparent	-	2.724	-	Tidak disyaratkan
5	Penyerapan Air	%	2.354	Max 3	Memenuhi

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

Agregat halus yang digunakan dalam pengujian ini adalah abu batu dan pasir. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui berat jenis curah (bulk), berat jenis permukaan jenuh (SSD), berat jenis semu (apparent) dan penyerapan air (absorption). Pengujian ini dilakukan dengan mengambil dua sampel yang diuji untuk diambil berat jenis rata-ratanya. Pengujian dilakukan berdasarkan tata cara pengujian berat jenis dan penyerapan air dalam SNI 03-1970-1990. Dari hasil pengujian berat jenis pada tabel 4.10 dan 4.11 menunjukkan bahwa tingkat penyerapan agregat halus abu batu dan pasir dari quarry Bipolo sebesar 1,112% dan 2,354%. Hasil ini memenuhi batas spesifikasi yang disyaratkan Bina Marga bahwa nilai penyerapan maksimum untuk agregat kasar adalah 3 %.

4.2.3 **Filler**

4.2.3.1 **Pengujian Analisa Saringan**

Material yang digunakan pada pengujian analisa saringan adalah *filler* semen portland. Hasil pengujian analisa saringan *filler* dapat dilihat pada Tabel 4.14 berikut ini.

Tabel 4.14 : Hasil pengujian analisa saringan *filler* semen portland
Metode Uji : SNI 03-1968-1990
Jenis Material : Filler (Semen) Ex. Kupang

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) = 958				Rata-
				Berat benda uji II (g) = 964				
		Persen Tertahan		Persen Lolos		Rata		
(ASTM)	(mm)	I	II	I	II		I	II
¾	19.00	0	0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
½	12.50	0	0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8	9.50	0	0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
No.4	4.75	0	0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
No.8	2.36	0	0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
No.16	1.18	0	0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
No.30	0.60	0	0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
No.50	0.30	0	0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
No.100	0.15	0	0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
No.200	0.075	0	0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

4.2.4 Rancangan Gradasi Agregat Gabungan

Untuk membuat komposisi agregat gabungan maka diperlukan data hasil gradasi dari fraksi kasar (CA), atau fraksi agregat kasar yang tertahan saringan No.4, fraksi halus (FA) atau fraksi yang lolos saringan No.4 tetapi tertahan saringan No.200, dan bahan pengisi (FF) atau bahan pengisi lolos saringan No.200. tujuan dibuat komposisi agregat gabungan yaitu untuk menentukan besarnya persentase dari masing-masing fraksi sehingga hasil persentase tersebut dapat diperoleh besarnya kadar aspal perkiraan (Pb) atau biasa disebut dengan kadar aspal tengah.

Komposisi agregat gabungan dapat diketahui dengan 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 tahun 2010). Perhitungan persentase agregat gabungan dan penggambaran kurva hubungannya dapat dilihat pada Tabel 4.15 berikut ini.

Tabel 4.15 Hasil perhitungan gradasi agregat gabungan.

Saringan		BP $\frac{3}{4}$ "		BP $\frac{1}{2}$ "		Abu Batu		Pasir		Filler		Total	Spek
		8,00%		31%		44%		15%		2%		100%	
ASTM	mm	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
$\frac{3}{4}$ "	19	100	8,00	100	31	100	44	100	15	100	2	100	100 - 100
$\frac{1}{2}$ "	12,5	26,77	2,14	100	31	100	44	100	15	100	2	94,14	90 - 100
$\frac{3}{8}$ "	9,50	7,46	0,60	67,04	20,78	100	44	100	15	100	2	82,38	77 - 90
No.4	4,75	1,57	0,13	0,45	0,14	100	44	100	15	100	2	61,26	53 - 69
8	2,36					50,46	22,20	76,61	11,49	100	2	35,69	33 - 53
16	1,16					38,58	16,97	40,66	6,10	100	2	25,07	21 - 40
30	0,60					27,46	12,08	27,64	4,15	100	2	18,23	14 - 30
50	0,30					16,98	7,47	10,93	1,64	100	2	11,11	9 - 22
100	0,15					13,83	6,09	4,03	0,60	100	2	8,69	6 - 15
200	0,075					6,79	2,99	6,19	0,93	100	2	5,92	4 - 9,

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

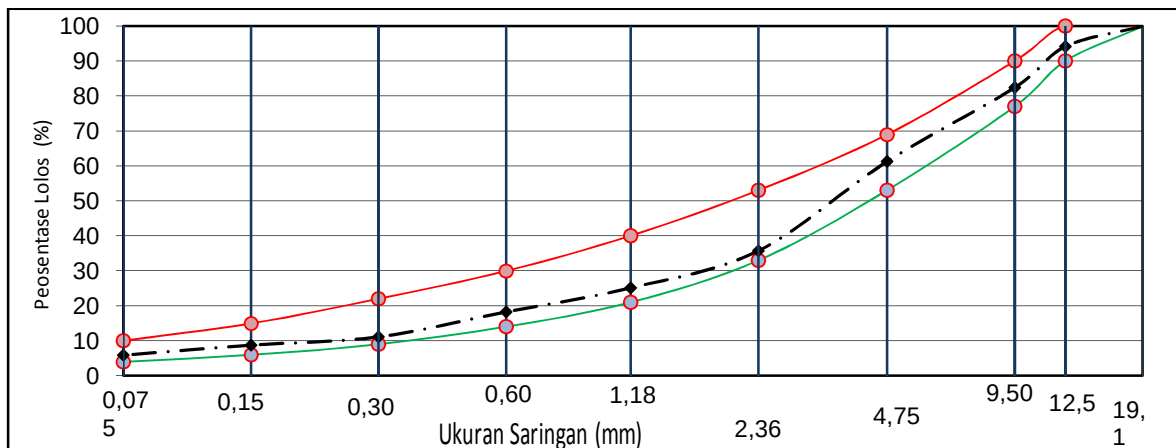
Keterangan :

- A = Persen lolos rata-rata batu pecah $\frac{3}{4}$ "
- B = 8% x Persen lolos rata-rata batu pecah $\frac{3}{4}$ "
- C = Persen lolos rata-rata batu pecah $\frac{1}{2}$ "
- D = 31% Persen lolos rata-rata batu pecah $\frac{1}{2}$ "
- E = Persen lolos rata-rata abu batu
- F = 44% Persen lolos rata-rata abu batu
- G = Persen lolos rata-rata pasir
- H = 15% Persen lolos rata-rata pasir
- I = Persen lolos rata-rata filler
- J = 2% Persen lolos rata-rata filler
- K = B + D + F + H + J

Hasil pengujian yang terdapat pada Tabel 4.16 memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2010 yang disyaratkan yaitu:

- Agregat kasar batu pecah $\frac{3}{4}$ " 100% lolos saringan ukuran $\frac{3}{4}$ " dan tertahan pada saringan No.4.
- Agregat kasar batu pecah $\frac{1}{2}$ " 100% lolos saringan ukuran $\frac{1}{2}$ " dan tertahan pada saringan No.4.
- Agregat halus abu batu 100% lolos saringan No.4 dan tertahan pada saringan No. 200.

- d. Agregat halus pasir 100% lolos saringan No.4 dan tertahan pada saringan No. 200.
- e. Filler lolos saringan No. 2000 minimum 75%.
- f. Jumlah persentase lolos setiap ukuran saringan berada diantara batas minimum dan batas maksimum spesifikasi.



Gambar 4.1 Kurva gradasi agregat gabungan laston AC-WC
Sumber : Hasil perhitungan laboratorium

- Batas Maksimum (%)
- Persen lolos tiap saringan (%)
- Batas Minimum (%)

4.2.5 Data Aspal Penetrasi 60/70

Aspal yang digunakan adalah aspal produksi Pertamina dengan penetrasi 60/70. Data pemeriksaan aspal penetrasi 60/70 merupakan data sekunder yang diperoleh di laboratorium pengujian. Hasil pemeriksaannya dapat dilihat pada Tabel 4.16 berikut ini.

Tabel 4.16 Hasil pengujian aspal penetrasi 60/70

Jenis Pemeriksaan	Hasil	Persyaratan Aspal Pen 60/70		Satuan
		Min	Max	
Penetrasi 25° C, 100 gr 5 detik	65,20	60	70	mm
Titik Lembek	55,30	-	-	°C
Berat Jenis pada 25° C	1,045	1	-	Gr/Cc
Daktalitasn 25° C, 5 cm/menit	> 140	100	-	Cm
Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	+ 95	95		%

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

Hasil pengujian aspal penetrasi 60/70 yang terdapa pada Tabel 4.16 memenuhi standar pengujian yang disyaratkan, sedangkan hasil perhitungan secara detail dapat dilihat pada lampiran.

4.2.6 Penentuan Kadar Aspal Rencana (Pb)

Tujuan perhitungan kadar aspal rencana adalah sebagai acuan untuk menentukan variasi kadar aspal yang akan di gunakan dengan kadar aspal awal sebagai nilai tengah dan dua kadar aspal terdekat sebagai batas atas dan tiga kadar aspal sebagai batas bawah dengan perbedaan kadar aspal masing-masing 0,5 %.

Setelah hasil proporsi agregat gabungan material yang akan di gunakan telah memenuhi spesifikasi maka selanjutnya akan ditentukan kadar aspal awal atau kadar aspal rencana sebagai acuan dengan menggunakan rumus Pb untuk menentukan 6 variasi kadar aspal yang akan digunakan. Rumus Pb merupakan hasil kali setiap fraksi material yaitu frakasi Kasar (CA), Halus (FA) dan Bahan pengisi (FF) dengan nilai Konstata (K). Nilai setiap proporsi frakasi adalah perhitungan berdasarkan hasil rencana proporsi agregat gabungan untuk material dari quarry Bipolo.

a. Fraksi agregat

- | | | |
|------------------------------|---|--|
| 1) Fraksi agregat kasar (CA) | = | 100% - %lolos saringan No.4 pada gradasi agregat gabungan |
| | = | 100% - 61.26% = 38,74% |
| 2) Fraksi agregat halus (FA) | = | %lolos saringan No.4 pada gradasi agregat gabungan – Persen lolos saringan No. 200 pada gradasi agregat Gabungan |
| | = | 61,26%- 5.92= 55,35% |
| 3) Bahan pengisi (FF) | = | % lolos saringan No. 200 pada gradasi agregat gabungan |
| | = | 5,92% |
| 4) Konstanta (k) | = | 0,5 – 1 ; diambil 0,75 |

b. Kadar aspal rencana

Perkiraan kadar aspal rencana

Rumus :

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

$$Pb = 0,035 (38,74) + 0,045 (55,35) + 0,18 (5,92) + 0,75$$

$$= 5,66 \% \sim 5,5 \%$$

Tabel.4.17.Penentuan Kadar Aspal Rencana Quarry Bipolo

U R A I A N	NILAI	SATUAN
Proporsi Fraksi Kasar (CA)	38.74	%
Proporsi Fraksi Halus (FA)	55.35	%
Proporsi Fraksi Bahan Pengisi (FF)	5.92	%
Nilai Konstanta (K) ditetapkan	0.75	%
Perkiraan Kadar Aspal (Pb)	5.66	%

Rumus :

$$Pb = 0.035(CA) + 0.045(FA) + 0.18(FF) + K$$

KOMPONEN	KOMPOSISI	KADAR ASPAL RENCANA (%)					
	AGREGAT	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
(a) BATU PECAH $\frac{3}{4}$	8.00%	7.64	7.60	7.56	7.52	7.48	7.44
(b) BATU PECAH $\frac{1}{2}$	31.00%	29.61	29.45	29.30	29.14	28.99	28.83
(c) ABU BATU	44.00%	42.02	41.80	41.58	41.36	41.14	40.92
(d) PASIR ALAM	15.00%	14.33	14.25	14.18	14.10	14.03	13.95
(e) SEMEN	2.00%	1.91	1.90	1.89	1.88	1.87	1.86
TOTAL AGG CAMPURAN (%)	100%	95.50	95.00	94.50	94.00	93.50	93.00
TOTAL CAMPURAN (%)		100	100	100	100	100	100

KOMPOSISI CAMPURAN		BERAT TIMBANGAN (Gr)					
KADAR ASPAL RENCANA	%	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
(a) BATU PECAH $\frac{3}{4}$	Gram	91.68	91.20	90.72	90.24	89.76	89.28
(b) BATU PECAH $\frac{1}{2}$	Gram	355.26	353.40	351.54	349.68	347.82	345.96
(c) ABU BATU	Gram	504.24	501.60	498.96	496.32	493.68	491.04
(d) PASIR ALAM	Gram	171.90	171.00	170.10	169.20	168.30	167.40
(e) SEMEN	Gram	22.92	22.80	22.68	22.56	22.44	22.32
BERAT AGREGAT CAMPURAN (Gr)	Gram	1146.00	1140.00	1134.00	1128.00	1122.00	1116.00
BERAT ASPAL (Gr)	Gram	54.00	60.00	66.00	72.00	78.00	84.00
BERAT RENCANA TOTAL CAMPURAN	Gram	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

4.2.7 Rancangan Benda Uji Marshall AC-WC Dengan Kadar Aspal Rencana (Pb)

Kadar aspal perkiraan untuk campuran laston adalah 5,66% dan dibulatkan menjadi 5,5%. Berdasarkan kadar aspal perkiraan diatas maka ditetapkan 6 variasi kadar aspal yaitu 2 dibawah Pb dan 3 di atas Pb dengan rentang setiap kadar aspal 0,5% .Dari perhitungan berdasarkan rumus Pb maka kadar aspal awal yang di gunakan adalah : 6% , sehingga variasi kadar aspal yang dipakai adalah 4,5% ; 5,0%; 5,5 ; 6,0% ; 6,5%; 7,0%.

Perhitungan komposisi rencana campuran beraspal atau beton aspal padat dilaboratorium

Berat total campuran = 1200 gram

Kadar aspal perkiraan = 5,5%

$$= 5,5\% \times 1200$$

$$= 72 \text{ gram}$$

Misalnya percobaan komposisi persen batu pecah $\frac{3}{4}$ " adalah 8% dengan kadar aspal perkiraan 5,5%.

$$\text{Batu pecah } \frac{3}{4}" = 8\% \times (100 - 5,5) = 7,56\%$$

Berat yang akan ditimbang masing-masing material untuk campuran laston AC-WC pada contoh kadar aspal 5,5%.

$$\text{Batu pecah } \frac{3}{4}" = (7,56/100) \times 1200 \text{ gram} = 90,72 \text{ gram.}$$

Rangkuman hasil perhitungan berat tiap-tiap campuran pada kadar aspal rencana (4,5% ; 5,0% ; 5,5% ; 6,0% ; 6,5% ; 7,0%) dapat di lihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Formula campuran rencana

KOMPOSISI CAMPURAN	BERAT TIMBANGAN (Gr)						
KADAR ASPAL RENCANA	%	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
(a) BATU PECAH $\frac{3}{4}$	Gram	91.68	91.20	90.72	90.24	89.76	89.28
(b) BATU PECAH $\frac{1}{2}$	Gram	355.26	353.40	351.54	349.68	347.82	345.96
(c) ABU BATU	Gram	504.24	501.60	498.96	496.32	493.68	491.04
(d) PASIR ALAM	Gram	171.90	171.00	170.10	169.20	168.30	167.40
(e) SEMEN	Gram	22.92	22.80	22.68	22.56	22.44	22.32
BERAT AGREGAT CAMPURAN (Gr)	Gram	1146.00	1140.00	1134.00	1128.00	1122.00	1116.00
BERAT ASPAL (Gr)	Gram	54.00	60.00	66.00	72.00	78.00	84.00
BERAT RENCANA TOTAL CAMPURAN	Gram	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

Untuk setiap variasi kadar aspal dibuat 2 buah benda uji sehingga jumlah benda uji dalam penelitian ini berjumlah 12 benda uji. Untuk variasi bahan tambah karet alam 1%, 1,5%, 2%, 2,5% dan 3% akan digunakan setelah mendapat nilai kadar aspal optimum (KAO) dari hasil pengujian marshall pada campuran dengan 6 variasi kadar aspal rencana.

4.2.8 Marshall Test

Pengujian Marshall *marshall* standar (2 x 75) dilakukan pada benda uji dari *quarry* Bipolo yang telah dibuat berdasarkan komposisi agregat dan kadar aspalnya, dengan masing-masing kadar aspal dibuat 2 benda uji untuk mendapatkan nilai rata-rata. Nilai rata-rata inilah yang akan digunakan untuk menghitung parameter marshall.

Hasil pengujian *marshall* standar (2 x 75) tumbukan dengan menggunakan material dari *Quarry* Bipolo untuk campuran Laston AC-WC dapat dilihat pada Tabel 4.19

rangkuman di bawah ini, sedangkan hasil perhitungan secara detail dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.19 Rangkuman hasil pengujian marshall

Parameter Marshall							
Kadar aspal (%)	Benda Uji Marshall	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VMA (%)	VIM (%)	VFA (%)
Spesifikasi		Min 800	Min 3	Min 250	Min 15	3 – 5	Min 65
4,5	1	841,13	2,98	282,26	14,01	5,05	63,96
4,5	2	736,83	3,10	237,69	14,82	5,95	59,87
Rata-rata		788,98	3,04	259,97	14,42	5,50	61,92
5,0	1	867,97	3,10	279,99	14,70	4,66	68,26
5,0	2	787,44	3,14	250,78	14,89	4,88	67,21
Rata-rata		827,70	3,12	265,38	14,79	4,77	67,74
5,5	1	921,66	3,22	286,23	15,22	4,10	73,04
5,5	2	867,97	3,28	264,63	14,98	3,83	74,46
Rata-rata		894,82	3,25	275,43	15,10	3,96	73,75
6,0	1	876,92	3,35	261,77	15,62	3,39	78,26
6,0	2	885,87	3,39	261,32	15,64	3,43	78,10
Rata-rata		881,39	3,37	261,54	15,63	3,41	78,18
6,5	1	841,13	3,58	234,95	16,20	2,91	82,05
6,5	2	805,33	3,52	228,79	16,17	2,87	82,25
Rata-rata		823,23	3,55	231,87	16,19	2,89	82,15
7,0	1	796,39	3,72	214,08	16,84	2,48	85,27
7,0	2	702,15	3,74	187,14	17,14	2,84	83,45
Rata-rata		749,27	3,73	200,91	16,99	2,66	84,36

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

4.2.8.1 Pembahasan

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, VFB harus memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010. Hasil pengujian marshall yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel dan Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai-nilai parameter marshall dibawah ini.

A. Hubungan Parameter Marshall dan Kadar Aspal Perkiraan.

1. Hubungan Antara Stabilitas dan Kadar Aspal Perkiraan

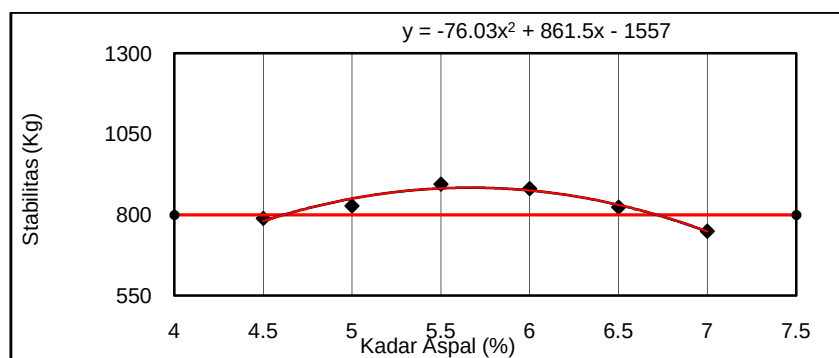
Stabilitas adalah kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi alir (flow) yang dinyatakan dalam kilogram. Alir (flow) adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran aspal yang terjadi akibat suatu beban, dan dinyatakan

dalam mm. Hubungan antara stabilitas dan kadar aspal dari hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.20 berikut ini.

Tabel 4.20 : Hubungan stabilitas dengan kadar aspal

Kadar Aspal (%)	Satabilitas (kg)
4,5	788,98
5,0	827,70
5,5	894,82
6,0	881,39
6,5	823,23
7,0	749,27

Sumber : Hasil pengujian laboratorium



Gambar 4.2 : Grafik hubungan stabilitas dengan kadar aspal
Sumber : Hasil pengujian laboratorium

◆ —◆—◆ Nilai stabilitas setiap kadar aspal
— Batas minimum stabilitas

Berdasarkan rekapan pada Tabel 4.20 menghasilkan Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa nilai stabilitas semakin meningkat jika kadar aspal bertambah mulai dari 4,5% sampai 5,5% dan pada titik dengan kadar aspal 6,0% sampai 7,0% stabilitas akan kembali menurun dengan semakin bertambahnya persentase kadar aspal. Hal ini menunjukkan bahwa nilai stabilitas sangat tergantung pada banyaknya kadar aspal yang digunakan. Semakin besar nilai persentase kadar aspal yang digunakan nilai stabilitas semakin besar sampai nilai maksimum, dan setelah itu nilai stabilitas akan menurun. . Bila kadar aspal yang digunakan terlalu sedikit atau terlalu banyak maka nilai stabilitas akan menurun. Berdasarkan gambar 4.2 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 antar agregat sangat mudah untuk terlepas, dan juga sebaliknya jika kadar aspal besar atau melebihi kadar aspal optimumnya maka tebal selimut aspal akan menjadi tebal

sehingga apabila dikenai beban pada lapisan aspal tersebut akan meleleh keluar. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa semakin besar persentase aspal, maka nilai stabilitas yang terjadi adalah tinggi. Namun jika persentase sudah mencapai nilai optimum maka akan terjadi pengikatan yang baik antar agregat dengan aspal sehingga menghasilkan nilai stabilitas maksimum, dan ketika ditambahkan aspal lagi maka stabilitas akan menurun.

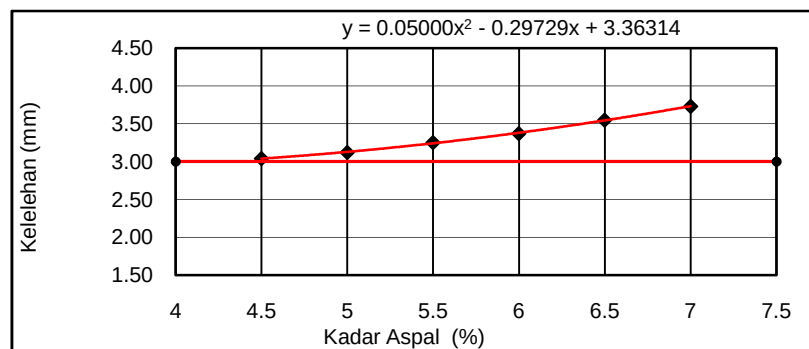
2. Hubungan Antara Kelelehan (Flow) dan Kadar Aspal .

Ketahanan terhadap flow adalah kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadi kelelehan berupa alur dan retak. Nilai flow menunjukkan besarnya perubahan bentuk plastis suatu benda uji campuran akibat adanya beban bekerja sampai batas keruntuhan.

Tabel 4.21 Hubungan Flow dengan kadar aspal

Kadar Aspal (%)	Flow (mm)
4,5	3,04
5,0	3,12
5,5	3,25
6,0	3,37
6,5	3,55
7,0	3,73

Sumber : Hasil pengujian laboratorium



Gambar 4.3 Grafik hubungan flow dengan kadar aspal

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

◆ ◆ ◆ Nilai Flow setiap kadar aspal
 ————— Batas minimum Flow

Dari Tabel 4.21 dapat dilihat bahwa semakin tinggi kadar aspal maka nilai flow akan semakin tinggi pula. Hal ini terjadi 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

aspalnya rendah apabila dikenakan beban yang sama. Syarat nilai *flow* adalah minimal 3 mm. Nilai *flow* yang rendah akan mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga lapis perkerasan menjadi mudah retak. Dari gambar 4.3 menunjukkan bahwa hasil pengujian *flow* atau kelelahan dalam campuran laston pada kadar aspal 4,5% sampai 7,0% nilai *flow* semakin meningkat dengan bertambahnya kadar aspal, dan memenuhi batas minimum nilai *flow* dalam spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu minimum 3 mm.

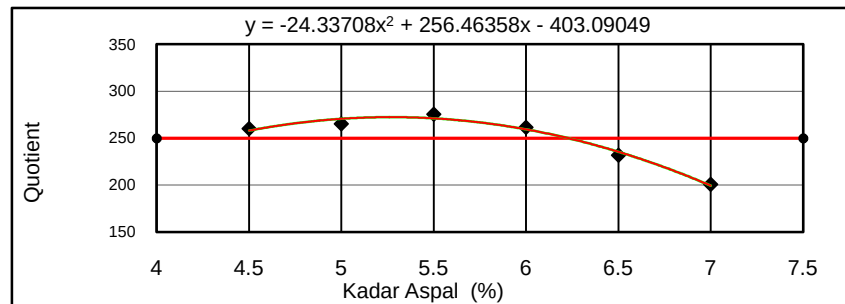
3. Hubungan Antara Hasil Bagi Marshall (MQ) dan Kadar Aspal

Marshall Quotient (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 mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban berulang yang bekerja tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. Nilai *Marshall Quotient* yang tinggi mengakibatkan campuran menjadi kaku dan fleksibilitasnya rendah, sebaliknya jika nilai *Marshall Quotient* rendah akan menyebabkan campuran menjadi plastis dan akibatnya lapis keras mengalami deformasi yang besar apabila menerima beban lalu lintas. Hasil percobaan mengenai *Marshall Quoetient* dari benda uji dapat dilihat pada table 4.22 Nilai MQ mengalami kenaikan pada kadar aspal 4,5 sampai 5,5 dan kembali menurun pada kadar aspal 6,0 sampai 7,0. Nilai MQ tertinggi terdapat pada kadar aspal 5,5% sebesar 275,43 Kg/mm memenuhi spesifikasi yakni minimal 250 Kg/mm.

Tabel 4.22 Hubungan MQ dengan kadar aspal

Kadar Aspal (%)	Marshall Quotient (kg/mm)
4,5	259,97
5,0	265,38
5,5	275,43
6,0	261,54
6,5	231,87
7,0	200,91

Sumber : Hasil pengujian laboratorium



Gambar 4.4 Grafik hubungan MQ dengan kadar aspal
Sumber : Hasil pengujian laboratorium

◆ —◆—◆ Nilai MQ setiap kadar aspal
 — Batas minimum MQ

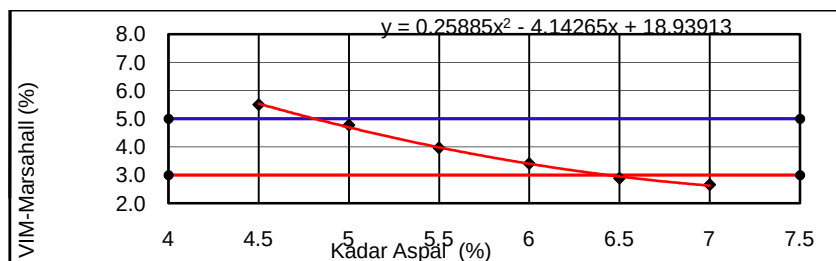
4. Hubungan Antara Void In Mix (VIM) dan Kadar Aspal

VIM adalah volume rongga atau pori yang masih tersisa yang terdapat diantara butir-butir agregat terselimuti aspal setelah campuran beton aspal dipadatkan. Apabila VIM tinggi dalam campuran maka akan menyebabkan kelelahan yang lebih cepat, yakni tidak mampu menerima beban berulang tanpa terjadi alur (*rutting*) dan retak, sedangkan apabila VIM kecil maka akan menyebabkan lapisan aspal meleleh keluar (*bleeding*) pada saat adanya pemadatan tambahan akibat beban lalu lintas.

Tabel 4.23 Hubungan VIM dengan kadar aspal

Kadar Aspal (%)	VIM (%)
4,5	5,50
5,0	4,77
5,5	3,96
6,0	3,41
6,5	2,89
7,0	2,66

Sumber : Hasil pengujian laboratorium



Gambar 4.5 Grafik hubungan VIM dengan kadar aspal

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

◆ —◆—◆ Nilai VIM setiap kadar aspal
 — Batas minimum dan maksimum VIM

Dari Tabel 4.24 dan Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa semakin tinggi kadar aspal maka rongga udara dalam campuran aspal padat akan semakin kecil, sedangkan semakin kecil kadar aspal maka nilai rongga udara dalam campuran aspal padat akan semakin besar. VIM yang terlalu besar akan menyebabkan beton aspal padat berkurang sifat kekedenan airnya, sehingga berakibat meningkatnya proses oksidasi aspal yang dapat mempercepat penuaan aspal dan menurunkan sifat durabilitas beton aspal, sedangkan apabila VIM kecil dan kadar aspal tinggi akan menyebabkan lapisan aspal meleleh (*bleeding*) pada saat pemadatan tambahan akibat lalulintas. Gambar 4.5 juga menunjukkan bahwa hasil pengujian rongga udara dalam campuran laston, pada kadar aspal 4,5% sampai dengan 6,0% memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 (minimum 3% dan maksimum 5%) sedangkan kadar aspal 4,5, 6,5% dan 7,0% tidak memenuhi syarat dalam sepsifikasi Bina Marga 2010.

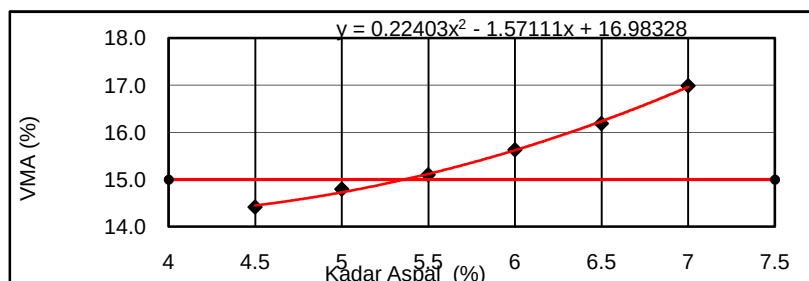
5. Hubungan Antara Void in the Mineral Agregat (VMA) dan Kadar Aspal.

VMA adalah volume pori diantara butir agregat campuran dalam beton aspal padat. VMA akan bertambah nilainya dengan semakin bertambahnya kadar aspal. Hubungan antara VMA dan kadar aspal dapat dilihat pada Tabel 4.24 dan gambar 4.6 berikut ini.

Tabel 4.24 Hubungan VMA dengan kadar aspal

Kadar Aspal (%)	VMA (%)
4,5	14,42
5,0	14,79
5,5	15,10
6,0	15,63
6,5	16,19
7,0	16,99

Sumber : Hasil pengujian laboratoriu



Gambar 4.6 Grafik hubungan VMA dengan kadar aspal

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

◆ —◆—◆ Nilai VMA setiap kadar aspal
 — Batas minimum VMA

Dari grafik dapat dilihat bahwa nilai VMA akan turun sampai mencapai nilai minimum dan kemudian kembali bertambah dengan semakin bertambahnya kadar aspal. Hal ini disebabkan karena dengan semakin bertambahnya kadar aspal maka tebal selimut aspal akan meningkat sehingga dengan sendirinya nilai VMA akan semakin besar.

Dari Tabel 4.24 dan gambar Garafik 4.6 juga dapat dilihat bahwa dari kadar aspal 4,5% sampai 7,0% mengalami kenaikan. Hal ini mengindikasikan rongga rongga diantara partikel agregat pada kadar aspal 5,5% sampai 7% dapat menampung jumlah kadar aspal yang semakin bertambah sehingga kerapatan diantara butiran agregat lebih baik atau memenuhi satandar yang ditentukan dalam spesifikasi Bina Marga 2010 yakni minimum 15%. Sedangkan kadar aspal 4,5% dan 5,0% tidak memenuhi spesifikasi bina marga.

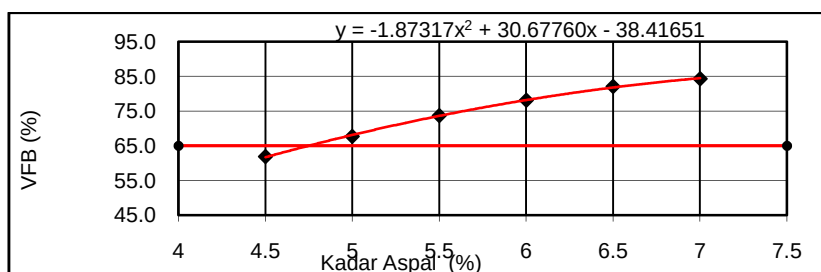
6. Hubungan Anatara Void Filled with Asphalt (VFA) / Void Filled with Bitumen (VFB) dan Kadar Aspal.

VFA/VFB adalah volume pori beton aspal padat yang terisi aspal efektif (*volume of voids filled with asphalt*). Nilai VFB berbanding lurus dengan kadar aspal, dimana nilai VFB meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal yang digunakan. Persyaratan VFB bertujuan untuk menjaga keawetan campuran beraspal dengan memberi batasan yang cukup. Untuk campuran Laston, nilai VFB yang di syaratkan adalah minimum 65 %, artinya dalam suatu campuran beraspal minimal terdapat 65 % pori yang terisi oleh aspal efektif dalam beton aspal padat, sehingga campuran aspal tersebut dapat bertahan lama.

Tabel 4.25 Hubungan VFB dengan kadar aspal

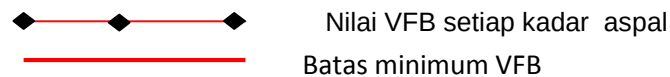
Kadar Aspal (%)	VFA (%)
4,5	61,92
5,0	67,74
5,5	73,75
6,0	78,18
6,5	82,15
7,0	84,36

Sumber : Hasil pengujian laboratorium



Gambar 4.7 Grafik hubungan VFB dengan kadar aspal

Sumber : Hasil pengujian laboratorium



Dari Tabel 4.25 dan gambar 4.7 juga dapat dilihat bahwa dari kadar aspal 4,5% sampai 7,0% mengalami kenaikan. 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 persentase aspal dalam rongga menjadi naik. Namun pada kadar aspal 4,5% tidak memenuhi spesifikasi bina marga.

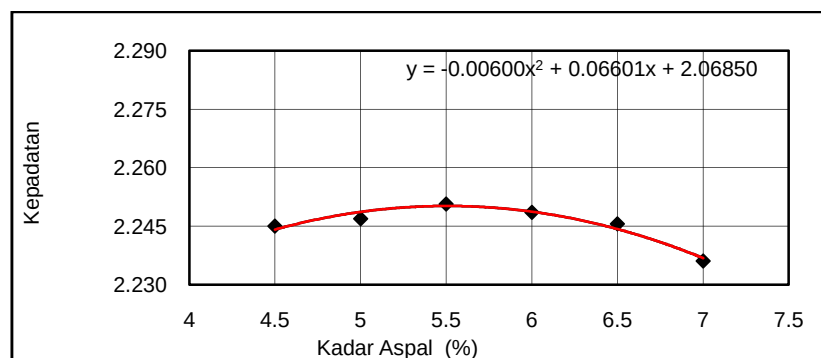
7. Hubungan Kepadatan dan Kadar Aspal

Untuk melihat hubungan antara nilai kepadatan dan kadar aspal dapat dilihat pada gambar 4.8 pada grafik terlihat bahwa semakin besar kadar aspal maka semakin besar pula nilai kepadatan yang terjadi namun setelah melewati batas kadar aspal optimum maka nilai kepadatan akan menurun. Hal ini karena rongga-rongga yang ada sudah terisi penuh oleh aspal pada saat kadar aspal optimum sehingga jika menambahkan kadar aspal lagi akan menyebabkan bleeding sehingga ikatan antar butiran menjadi lemah sehingga kepadatan menurun.

Tabel 4.26 Hubungan Kepadatan dengan kadar aspal

Kadar Aspal (%)	Kepadatan
4,5	2,245
5,0	2,247
5,5	2,251
6,0	2,249
6,5	2,246
7,0	2,236

Sumber : Hasil pengujian laboratorium



Gambar 4.8 Grafik hubungan Kepadatan dengan kadar aspal

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

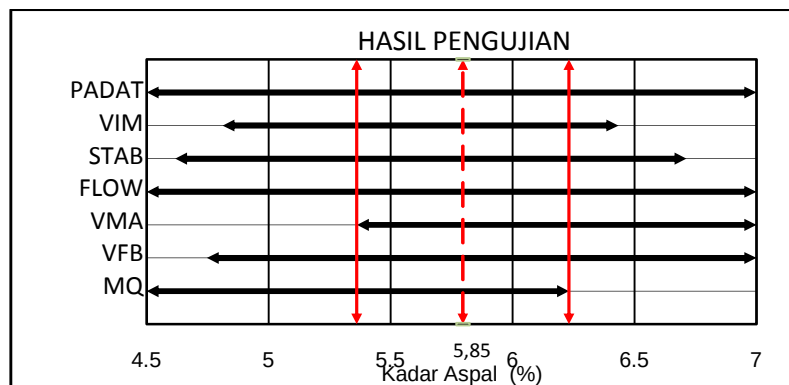


Nilai Kepadatan setiap kadar

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

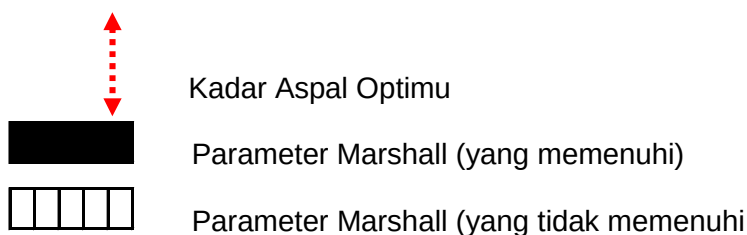
4.2.9 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar aspal optimum adalah nilai tengah dari rentang kadar aspal yang memenuhi semua spesifikasi campuran. Kadar aspal optimum yang dicapai sebesar 5,85 % dan memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan oleh spesifikasi Bina Marga yaitu menyangkut stabilitas, *flow*, *MQ*, *VIM*, *VMA*, *VFB* dan Kepadatan. 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 yang memenuhi persyaratan dan spesifikasi. untuk lebih jelas dapat dilihat pada diagram di bawah ini.



Gambar 4.9 Diagram kadar aspal optimum

Sumber : Hasil pengujian laboratorium



4.2.9.1 Rangkuman Hasil Pengujian Proporsi Campuran dengan KAO

Dari Tabel 4.27 terlihat bahwa kadar aspal optimum untuk campuran Laston AC-WC menggunakan material *Quarry* Bipolo dengan komposisi batu pecah $\frac{3}{4}$ " adalah sebesar 7.532%, batu pecah $\frac{1}{2}$ " adalah sebesar 29.187%, abu batu adalah sebesar 41.426 %, pasir adalah sebesar 14.123%, *filler* adalah sebesar 1.883% dan kadar aspal adalah 5,85 % dari parameter *Marshall* tersebut dapat terlihat pada Tabel 4.32 dan 4.33 di bawah ini.

Tabel 4.27 Rangkuman hasil uji campuran

NO	KOMPONEN	SATUAN	PROPORSI	SPESIFIKASI	KETERANGAN
1	Batu Pecah 3/4"	%	7.532	-	Tidak disyaratkan
2	Batu Pecah 1/2"	%	29.187	-	Tidak disyaratkan
3	Abu Batu	%	41.426	-	Tidak disyaratkan
4	Pasir Alam	%	14.123	-	Tidak disyaratkan
5	Semen	%	1.883	-	Tidak disyaratkan

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

Tabel 4.28 Rangkuman hasil uji campuran total

N O	SIFAT-SIFAT	SATUAN	HASIL	SPESIFIKASI	KETERANGAN
1	Kadar Aspal Total	%	5.85	-	Tidak disyaratkan
2	Berat Jenis Maksimum Campuran (Gmm)	-	2.339	-	Tidak disyaratkan
3	Berat Jenis Aspal	-	1.030	-	Tidak disyaratkan
4	Berat Jenis Bulk Agregat	-	2.505	-	Tidak disyaratkan
5	Proporsi Agregat	%	94.15	-	Tidak disyaratkan
6	Penyerapan Aspal	%	0.428	Max 1.2	Memenuhi
7	Kadar Aspal Efektif	%	5.422	5,1	Memenuhi
8	Berat Jenis Contoh Camp. Padat (Gmb)	-	2.249	-	Tidak disyaratkan
9	Stabilitas Marshall	Kg	880.94	Min 800	Memenuhi
10	Kelelahan Marshall	mm	3.335	Min 3	Memenuhi
11	Marshall Quotient	kg/mm	264.35	Min 250	Memenuhi
12	Rongga dalam campuran (VIM)	%	3.56	3,0 - 5,0	Memenuhi
13	Rongga dalam agregat (VMA)	%	15.52	Min 15	Memenuhi
14	Rongga terisi aspal (VFB)	%	77.04	Min 65	Memenuhi

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

4.2.10 Rancangan Campuran pada KAO dengan menambahkan Variasi Bahan Tambah Karet Alam

Kadar aspal optimum untuk campuran Laston adalah 5,85 %. Berdasarkan kadar aspal optimum di atas maka dilanjutkan dengan menambahkan variasi bahan tambah karet alam. Untuk variasi bahan tambah karet Alam yaitu 0%, 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3% dari berat total aspal (KAO). Perhitungan komposisi campuran beraspal atau beton aspal padat di laboratorium :

Misalnya percobaan komposisi dengan proporsi persen batu pecah $\frac{3}{4}$ " 7.532%, batu pecah $\frac{1}{2}$ " 29.187%, abu batu 41.426 %, pasir 14.123 %, *filler* 1.883 %. Berat masing-masing material untuk campuran AC-WC pada contoh kadar aspal optimum 5,85% dengan menambahkan variasi bahan tambah dalam campuran. Penambahan variasi bahan tambah karet alam ini dihitung terhadap berat total aspal.

Contoh perhitungan campuran beraspal di laboratorium dengan menambahkan bahan tambah karet alam 1% dari berat total aspal :

1) Batu pecah $\frac{3}{4}$ "	= 7.532 % x 1.200	= 90,38 gr
2) Batu pecah $\frac{1}{2}$ "	= 29.187 % x 1.200	= 350,32 gr
3) Abu batu	= 41.426 % x 1.200	= 497,11 gr
4) Pasir	= 14.123% x 1.200	= 169,68 gr
5) <i>Filler</i>	= 1.883 % x 1.200	= 22,59 gr
6) Aspal	= 5,85 % x 1.200	= 70,20 gr
7) Karet alam	= 1,00% x 70,200	= 0,70 gr
Jumlah		= 1.200,98 gr

Rangkuman hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel 4.29 dibawah ini

Tabel 4.29 Formula campuran rencana 0% karet alam

NO	Komponen	Satuan	Berat Material
1	Batu pecah $\frac{3}{4}$ "	Gr	90,38
2	Batu pecah $\frac{1}{2}$ "	Gr	350,32
3	Abu batu	Gr	497,11
4	Pasir kalil	Gr	169,68
5	Filler	Gr	22,59
5	Kadar aspal	Gr	70,20
6	Karet alam	Gr	0
7	Berat rencana total campuran	Gr	1200,28

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

Tabel 4.30 Formula campuran rencana 1% karet alam

NO	Komponen	Satuan	Berat Material
1	Batu pecah $\frac{3}{4}$ "	Gr	90,38
2	Batu pecah $\frac{1}{2}$ "	Gr	350,32
3	Abu batu	Gr	497,11
4	Pasir kalil	Gr	169,68
5	Filler	Gr	22,59
5	Kadar aspal	Gr	70,20
6	Karet alam	Gr	0.70
7	Berat rencana total campuran	Gr	1200,98

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

Tabel 4.31 Formula campuran rencana 1.5% karet alam

NO	Komponen	Satuan	Berat Material
1	Batu pecah $\frac{3}{4}$ "	Gr	90,38
2	Batu pecah $\frac{1}{2}$ "	Gr	350,32
3	Abu batu	Gr	497,11
4	Pasir kalil	Gr	169,68
5	Filler	Gr	22,59
5	Kadar aspal	Gr	70,20
6	Karet alam	Gr	1,05
7	Berat rencana total campuran	Gr	1201,33

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

Tabel 4.32 Formula campuran rencana 2% karet alam

NO	Komponen	Satuan	Berat Material
1	Batu pecah $\frac{3}{4}$ "	Gr	90,38
2	Batu pecah $\frac{1}{2}$ "	Gr	350,32
3	Abu batu	Gr	497,11
4	Pasir kalil	Gr	169,68
5	Filler	Gr	22,59
5	Kadar aspal	Gr	70,20
6	Karet alam	Gr	1.40
7	Berat rencana total campuran	Gr	1201,68

Sumber : Hasil pengujian laboratoriu

Tabel 4.33 Formula campuran rencana 2.5% karet alam

NO	Komponen	Satuan	Berat Material
1	Batu pecah $\frac{3}{4}$ "	Gr	90,38
2	Batu pecah $\frac{1}{2}$ "	Gr	350,32
3	Abu batu	Gr	497,11
4	Pasir kalil	Gr	169,68
5	Filler	Gr	22,59
5	Kadar aspal	Gr	70,20
6	Karet alam	Gr	1,75
7	Berat rencana total campuran	Gr	1202,03

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

Tabel 4.34 Formula campuran rencana 3% karet alam

NO	Komponen	Satuan	Berat Material
1	Batu pecah $\frac{3}{4}$ "	Gr	90,38
2	Batu pecah $\frac{1}{2}$ "	Gr	350,32
3	Abu batu	Gr	497,11
4	Pasir kalil	Gr	169,68
5	Filler	Gr	22,59
5	Kadar aspal	Gr	70,20
6	Karet alam	Gr	2,11
7	Berat rencana total campuran	Gr	1202,38

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

Untuk mengetahui pengaruh penambahan karet alam terhadap parameter marshall campuran laston maka dibuat 2 benda uji pada masing-masing variasi karet alam untuk melakukan pengujian marshall. Penambahan karet alam kedalam campuran aspal dalam bentuk irisan kecil (± 2 mm) agar mudah larut pada saat proses penggorengan.

4.2.11 Marshall Test

Uji *marshall* pada tahap ini bertujuan untuk mendapatkan nilai-nilai *marshall* baru pada campuran laston AC-WC dengan menambahkan variasi kadar karet ke dalam campuran. Nilai-nilai *marshall* yang dihasilkan dalam tahap ini akan dianalisa untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan karet pada Laston AC-WC, Apakah penambahan karet dalam campuran Laston AC-WC dapat meningkatkan sifat campuran Laston atau tidak, khususnya untuk stabilitas dan kelelahan (flow), juga parameter-

parameter marshall lain seperti VIM,VMA,VFB dan Koefisien Marshall (MQ). Hasil pengujian marshall pada campuran aspal padat dengan variasi karet alam dapat dilihat pada tabel 4.35 dibawah ini.

Tabel 4.35 Hasil uji marshall dengan menambahkan karet alam terhadap Laston AC-WC

Sifat Marshall	Batas Spesifikasi Laston AC-WC		Variasi Karet Alam					
			0% (variasi A)	1% (variasi A)	1,5% (variasi B)	2% (variasi C)	2,5% (variasi D)	3% (variasi E)
Stabilitas (kg)	Min	800	880,94	975,35	979,82	979,82	948,50	935,08
	Maks	-						
Flow (mm)	Min	3	3,33	3,28	3,38	3,71	4,14	5,00
	Maks	-						
MQ (kg/mm)	Min	250	264,35	297,47	290,43	259,86	229,66	186,93
	Maks	-						
VMA (%)	Min	15	15,46	15,31	15,11	15,01	14,95	14,90
	Maks	-						
VIM (%)	Min	3,0	3,56	3,30	3,08	2,97	2,90	2,84
	Maks	5,0						
VFB (%)	Min	65	76,94	78,41	79,63	80,24	80,61	80,93
	Maks	-						
Kepadatan			2,249	2,254	2,259	2,261	2,263	2,264

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

4.2.12 Evaluasi Karakteristik Marshall

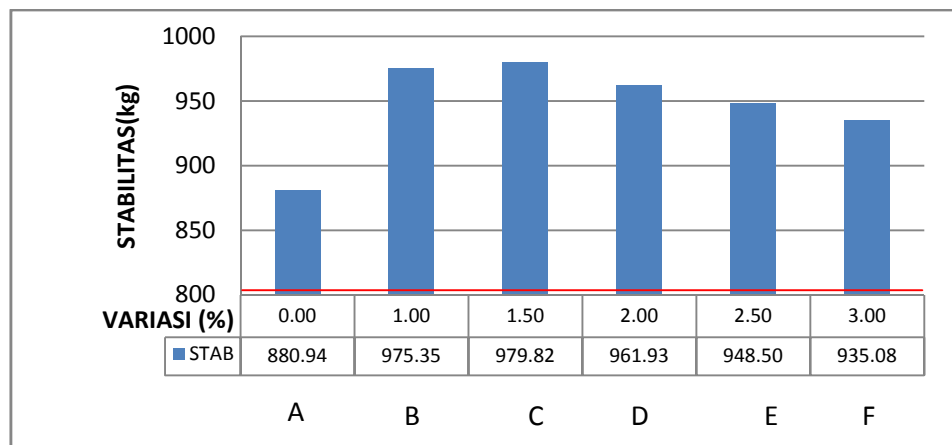
1. Hubungan Stabilitas Campuran dengan Variasi Bahan Tambah Karet Alam

Stabilitas merupakan kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk tetap. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh kohesi aspal, kadar aspal, gesekan (internal friction), sifat saling mengunci (interlocking) dari partikel – partikel agregat, bentuk dan tekstur permukaan serta gradasi agregat. Menurut silvia sukirman dalam buku beton aspal campuran panas menyatakan bahwa stabilitas akan meningkat jika kadar aspal bertambah sampai mencapai nilai maksimum, dan setelah itu stabilitas akan menurun dengan bertambahnya kadar aspal. Ketika karet ditambahkan kedalam aspal maka karet akan mencair dan larut dengan aspal, sehingga volume bahan pengikat bertambah dan melampaui kadar aspal optimum. Penurunan nilai stabilitas ini disebabkan karena sifat karet yang mudah merenggang dan sangat lentur sehingga ketika dicampur dalam campuran aspal beton maka campuran tersebut akan menjadi lunak, hal ini di dilihat dari menurunnya nilai stabilitas dan meningkatnya nilai flow.

Tabel 4.36 hubungan kadar karet alam dan stabilitas

Variasi karet alam (%)	Stabilitas (kg)
0%	880,94
1 %	975,35
1,5 %	979,82
2 %	961,93
2,5 %	948,50
3 %	935,08
Spesifikasi	800,00

Sumber : Hasil pengujian laboratorium



Gambar 4.10 Diagram batang hubungan stabilitas dan variasi karet alam

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

- KET : Variasi A = Penambahan Karet alam 0%
 Variasi B = Penambahan Karet alam 1%
 Variasi C = Penambahan Karet alam 1,5%
 Variasi D = Penambahan Karet alam 2%
 Variasi E = Penambahan Karet alam 2,5%
 Variasi F = Penambahan Karet alam 3%

Dari pengujian stabilitas dengan bahan tambah karet alam pada kadar aspal optimum, pada grafik 4.36 dan 4.10 terlihat bahwa nilai stabilitas mengalami kenaikan pada variasi karet 0% sampai 1,5%, sedangkan pada variasi karet 2% sampai 3% mengalami penurunan. Namun penurunan nilai stabilitas tidak melampaui batas minimum stabilitas. Ini menunjukkan bahwa variasi (1,5%) memiliki Stabilitas lebih tinggi dari kelima variasi yang lainnya, dimana nilai Stabilitas cenderung menurun atau berbanding terbalik dengan penambahan karet alam. Oleh karena itu bila dilihat dari nilai stabilitas maka

penambahan karet alam dalam campuran aspal beton nilai stabilitasnya masih berada diatas batas spesifikasi. Ini menunjukkan bahwa variasi 0% memiliki nilai stabilitas paling kecil dibandingkan dengan variasi lainnya, dimana nilai stabilitas cenderung meningkat seiring penambahan karet alam.

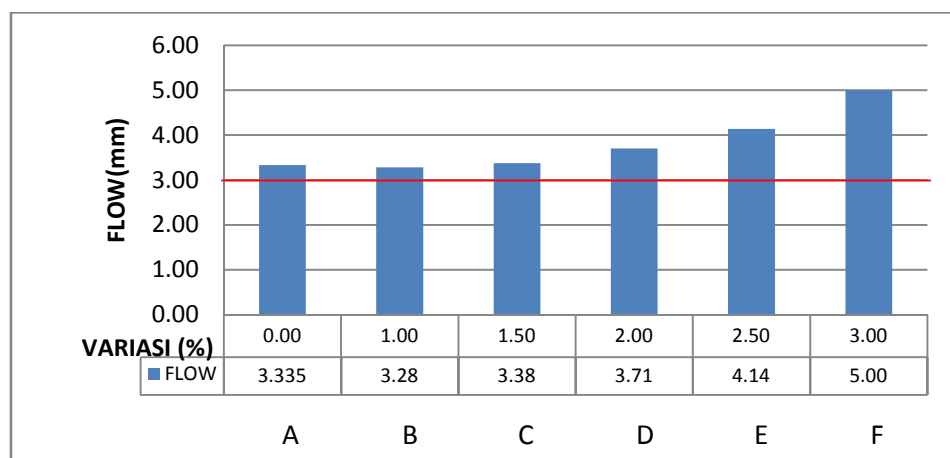
2. Hubungan *flow* dengan Variasi Bahan Tambah Karet Alam

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. Kelelahan atau *flow* akan terus meningkat dengan meningkatnya kadar aspal.

Tabel 4.37 hubungan kadar karet alam dan *Flow*

Variasi karet alam (%)	<i>Flow</i> (mm)
0	3,33
1 %	3,28
1,5 %	3,38
2 %	3,71
2,5 %	4,14
3 %	5,00
Spesifikasi	3,00

Sumber : Hasil pengujian laboratorium



Gambar 4.11 Diagram batang hubungan Flow dan variasi karet alam

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

KET : Variasi A	=	Penambahan Karet Alam 0%
Variasi B	=	Penambahan Karet alam 1%
Variasi C	=	Penambahan Karet alam 1,5%
Variasi D	=	Penambahan Karet alam 2%
Variasi E	=	Penambahan Karet alam 2,5%
Variasi F	=	Penambahan Karet alam 3%

Dari tabel 4.37 dan gambar 4.11 menunjukkan bahwa penambahan karet alam nilai flow meningkat pada variasi karet 1,5% sampai 3% seiring dengan persentase kenaikan pemakaian karet alam. Hal ini disebabkan dengan bertambahnya kadar aspal maka campuran menjadi semakin plastis. Ketika karet alam ditambahkan kedalam campuran maka terjadi penambahan bahan pengikat, sehingga ditambah lagi dengan sifat karet yang plastis menyebabkan nilai flow meningkat.

Berdasarkan data hasil uji diatas, penggunaan karet alam sbagai bahan tambah untuk semua variasi layak dipakai bila dilihat dari nilai flow yang dihasilkan karena pada parameter marshall ini memenuhi spesifikasi Flow yaitu minimal 3 mm. Dari Gambar 4.11 menunjukkan bahwa penambahan karet alam kedalam campuran menyebabkan nilai *Flow* meningkat seiring dengan persentase kenaikan pemakaian karet alam. Hal ini disebabkan dengan bertambahnya kadar aspal maka campuran menjadi semakin plastis. Ketika karet alam ditambahkan ke dalam campuran maka terjadi penambahan bahan pengikat, sehingga ditambah lagi dengan sifat karet alam yang plastis menyebabkan nilai *Flow* meningkat. Sedangkan variasi 0% karet alam memiliki nilai flow lebih rendah dari variasi karet lainnya, dimana nilai flow cenderung meningkat seiring penambahan karet alam.

3. Hubungan *MQ* dengan Variasi Bahan Tambah Karet Alam

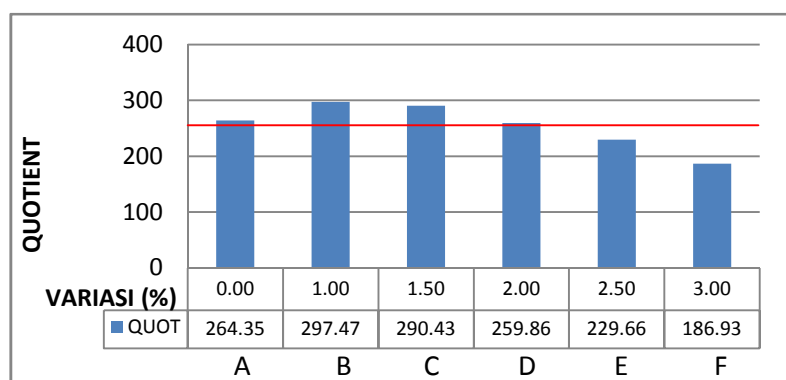
Marshall Quotient (*MQ*) adalah perbandingan antara nilai stabilitas dengan nilai flow. Tujuannya adalah untuk mendapatkan tingkat fleksibilitas dari suatu campuran. Fleksibilitas yang dimaksudkan adalah kemampuan lapisan untuk mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban berulang yang bekerja tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. Stabilitas yang tinggi tidak menjamin nilai Marshall Quotient yang tinggi pula bila hal tersebut juga diikuti oleh angka flow yang tinggi. Besarnya nilai *MQ* tergantung dari besarnya nilai stabilitas dan flow yang dihasilkan. Nilai *MQ* yang tinggi mengakibatkan campuran menjadi kaku dan fleksibilitasnya rendah, sebaliknya jika nilai *MQ* rendah dibawah batas spesifikasi akan menyebabkan campuran menjadi plastis dan akibatnya

lapis keras mengalami deformasi yang besar apabila menerima beban lalu lintas. Nilai MQ pada variasi penambahan karet alam dapat dilihat pada tabel 4.39 dan gambar 4.12.

Tabel 4.38 hubungan MQ dan variasi karet alam

Variasi karet alam (%)	MQ (kg/mm)
0%	264,35
1 %	297,47
1,5 %	290,43
2 %	259,86
2,5 %	229,66
3 %	186,93
Spesifikasi	250,00

Sumber : Hasil pengujian laboratorium



Gambar 4.12 Diagram batang hubungan MQ dan variasi karet alam
Sumber : Hasil pengujian laboratorium

KET : Variasi A	=	Penambahan Karet Alam 0%
Variasi B	=	Penambahan Karet Alam 1%
Variasi C	=	Penambahan Karet Alam 1,5%
Variasi D	=	Penambahan Karet Alam 2%
Variasi E	=	Penambahan Karet Alam 2,5%
Variasi F	=	Penambahan Karet Alam 3%

Dari tabel 4.38 dan gambar 4.12 di atas terlihat perubahan nilai *Marshall Quotient* (MQ) mengalami penurunan seiring dengan variasi penambahan karet alam. Penurunan tersebut disebabkan oleh rendahnya nilai stabilitas dan tingginya kelelahan (flow) akibat sifat lenturnya karet yang ditambahkan kedalam campuran.. Pada variasi karet alam 2,5% dan 3% nilai MQ menurun sampai di bawah batas spesifikasi. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan karet terlalu banyak dapat menyebabkan aspal semakin lentur sehingga kemungkinan terjadi *bleeding*.

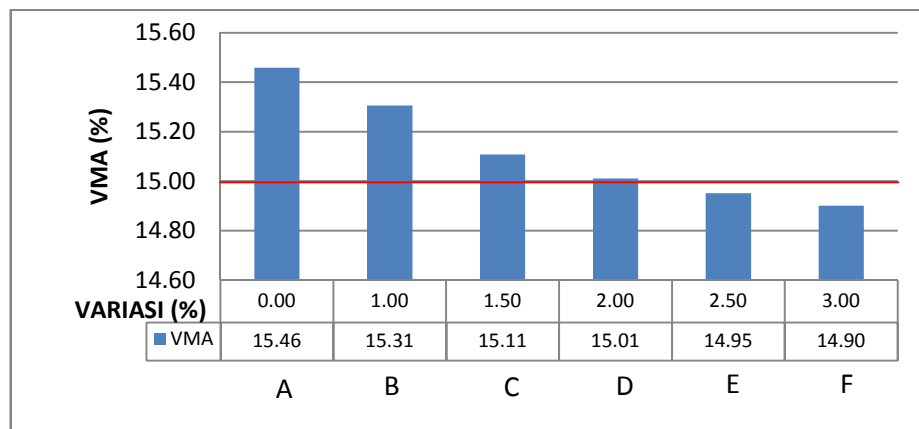
4. Hubungan VMA dengan Variasi Bahan Tambah Karet Alam

VMA adalah volume pori diantara butir agregat didalam beton aspal padat. Nilai VMA akan turun sampai mencapai nilai minimum dan kembali bertambah dengan bertambahnya kadar aspal. Hal ini disebabkan dengan semakin bertambahnya kadar aspal maka semakin banyak aspal yang mengisi rongga-rongga diantara agregat sehingga dengan sendirinya VMA akan semakin kecil.

Tabel 4.39 hubungan VMA dan variasi karet alam

Variasi karet alam (%)	VMA (%)
0%	15,46
1 %	15,31
1,5 %	15,11
2 %	15,01
2,5 %	14,95
3 %	14,90
Spesifikasi	15,00

Sumber : Hasil pengujian laboratorium



Gambar 4.13 Diagram batang hubungan VMA dan variasi karet alam

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

KET : Variasi A = Penambahan Karet alam 0%
 Variasi B = Penambahan Karet alam 1%
 Variasi C = Penambahan Karet alam 1,5%
 Variasi D = Penambahan Karet alam 2%
 Variasi E = Penambahan Karet alam 2,5%
 Variasi F = Penambahan Karet alam 3%

Dari tabel 4.39 dan grafik 4.13 hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai VMA terhadap variasi karet alam pada kadar aspal optimum cenderung mengalami penurunan seiring

dengan pertambahan kadar karet alam. Hal ini menunjukkan bahwa rongga antar agregat dalam campuran semakin kecil sehingga campuran semakin rapat. Semakin kecilnya nilai VMA yang diperoleh terjadi karena rongga-rongga yang terisi oleh aspal semakin banyak. Nilai VMA akan naik dari batas minimum seiring bertambahnya kadar aspal. Hal ini disebabkan dengan semakin bertambahnya kadar aspal maka semakin banyak aspal yang mengisi rongga - rongga diantara agregat sehingga dengan sendirinya VMA akan semakin kecil. Penurunan Nilai VMA hingga melampaui batas minimum spesifikasi yaitu pada variasi karet 2,5% dan 3%. Sedangkan pada variasi 0% karet alam VMA mengalami peningkatan karena VMA cenderung menurun seiring penambahan karet alam.

5. Hubungan VIM dengan Variasi Bahan Tambah Karet Alam

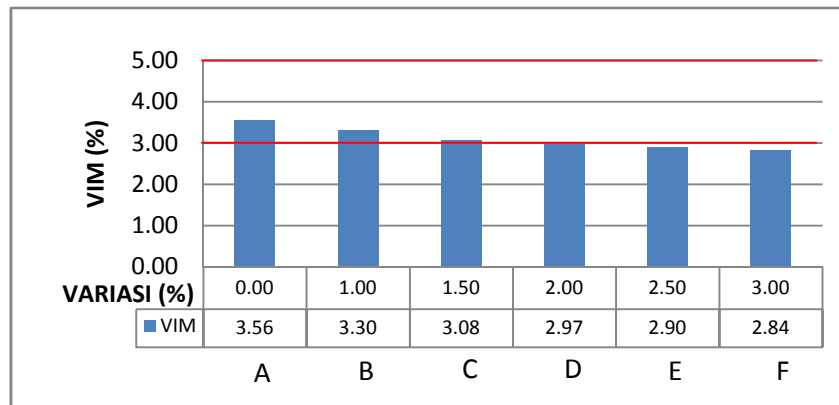
VIM (Void In Mixture) merupakan persentase rongga udara dalam campuran antara agregat dan aspal setelah dilakukan pemadatan. VIM atau rongga dalam campuran adalah parameter yang biasanya berkaitan dengan durabilitas dan kekuatan dari campuran. VIM ini dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat, akibat pemadatan tambahan yang terjadi oleh beban lalu lintas, atau tempat jika aspal menjadi lunak akibat meningkatnya temperatur.

Semakin kecil nilai VIM, maka akan bersifat kedap air. Namun nilai VIM yang terlalu kecil dapat mengakibatkan keluarnya aspal ke permukaan (*bleeding*).

Tabel 4.40 hubungan VIM dan variasi karet alam

Variasi karet alam (%)	VIM (%)	
0%	3,56	
1 %	3,30	
1,5 %	3,08	
2 %	2,97	
2,5 %	2,90	
3 %	2,84	
Spesifikasi	min	3,00
	max	5,00

Sumber : Hasil pengujian laboratorium



Gambar 4.14 Diagram batang hubungan VIM dan variasi karet alam
Sumber : Hasil pengujian laboratorium

KET : Variasi A	=	Penambahan Karet alam 0%
Variasi B	=	Penambahan Karet alam 1%
Variasi C	=	Penambahan Karet alam 1,5%
Variasi D	=	Penambahan Karet alam 2%
Variasi E	=	Penambahan Karet alam 2,5%
Variasi F	=	Penambahan Karet alam 3%

Grafik nilai VIM campuran AC–WC untuk berbagai variasi penambahan bahan tambah karet alam pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada tabel 4.40 dan gambar 4.14. Dari gambar menunjukkan bahwa penambahan variasi bahan tambah karet alam ke dalam campuran menyebabkan nilai VIM mengalami penurunan seiring bertambahnya variasi bahan tambah karet alam. Hal ini disebabkan karena semakin besar variasi karet alam maka volume bahan pengikat semakin besar sehingga karet dan aspal dapat menutup semua rongga yang ada. Hal inilah yang dapat menyebabkan nilai VIM makin menurun dengan bertambahnya kadar karet alam. Nilai VIM yang dihasilkan dengan variasi karet alam 1% dan 1,5% berada dalam batas minimum dan maksimum spesifikasi yang disyaratkan. Sedangkan penurunan nilai VIM pada variasi karet 2% sampai 3% melampaui batas minimum spesifikasi yang disyaratkan. Variasi 0% memiliki nilai lebih tinggi, karena seiring penambahan variasi karet alam nilai *VIM* cenderung menurun.

6. Hubungan *VFB* dengan Variasi Bahan Tambah Karet Alam

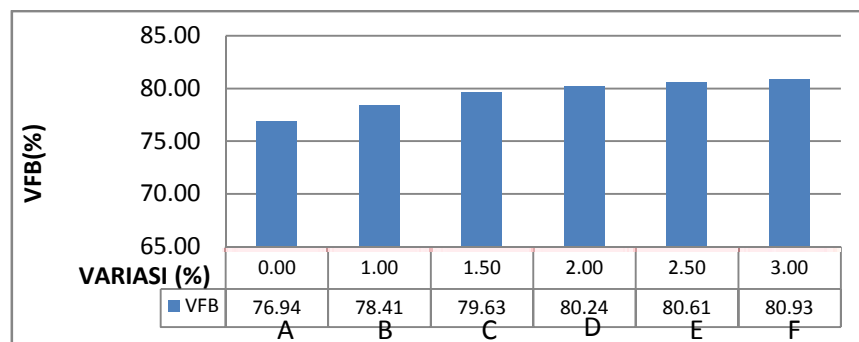
VFB merupakan volume pori beton aspal padat yang terisi oleh aspal. Nilai *VFB* memperlihatkan persentase rongga terisi aspal. Apabila *VFB* besar maka rongga yang terisi aspal sedikit sehingga kedapatan campuran terhadap udara dan air menjadi lebih tinggi. Hal ini disebabkan aspal yang berjumlah besar apabila menerima

beban dan panas akan mencari rongga yang kosong. Jika rongga yang tersedia sedikit dan semua telah terisi, maka aspal akan naik kepermukaan yang kemudian terjadi bleeding. VFB ini berfungsi untuk menjaga keawetan campuran beraspal dengan memberi batasan yang cukup. Kriteria VFB membantu perencanaan campuran dengan memberikan VMA yang dapat diterima. Pengaruh utama kriteria VFB adalah membatasi VMA maksimum dan kadar aspal maksimum. VFB juga dapat membatasi kadar rongga campuran yang diijinkan yang memenuhi kriteria VMA minimum. Dari tabel 4.41 dan gambar 4.15 menunjukkan bahwa penambahan variasi karet alam ke dalam campuran cenderung menyebabkan nilai VFB meningkat. Hal ini disebabkan karena penambahan karet alam membuat rongga yang tersedia semakin kecil dan kebutuhan rongga terisi aspal juga semakin sedikit.

Tabel 4.41 hubungan VFB dan variasi karet alam

Variasi karet alam (%)	VFB (%)
0%	76,94
1 %	78,41
1,5 %	79,63
2 %	80,24
2,5 %	80,61
3 %	80,93
spesifikasi	65%

Sumber : Hasil pengujian laboratorium



Gambar 4.15 Diagram batang hubungan VFB dan variasi karet alam
Sumber : Hasil pengujian laboratorium

- KET : Variasi A = Penambahan Karet alam 0%
 Variasi B = Penambahan Karet alam 1%
 Variasi C = Penambahan Karet alam 1,5%
 Variasi D = Penambahan Karet alam 2%
 Variasi E = Penambahan Karet alam 2,5%
 Variasi F = Penambahan Karet alam 3%

Dari gambar 4.15 menunjukkan bahwa penambahan karet alam ke dalam campuran menyebabkan nilai *VFB* meningkat seiring dengan persentase kenaikan pemakaian karet alam. Hal ini disebabkan karena penambahan karet alam membuat rongga yang tersedia semakin besar dan kebutuhan rongga terisi aspal juga semakin banyak.

Nilai *VFB* yang dihasilkan dengan variasi karet alam semuanya berada diatas batas minimum dan memenuhi batas minimum Spesifikasi yaitu 65%. Ini menunjukkan bahwa variasi (0%) memiliki *VFB* nilai lebih tinggi dari kelima variasi yang lainnya, dimana nilai *VFB* cenderung menurun atau berbanding terbalik dengan penambahan karet alam.

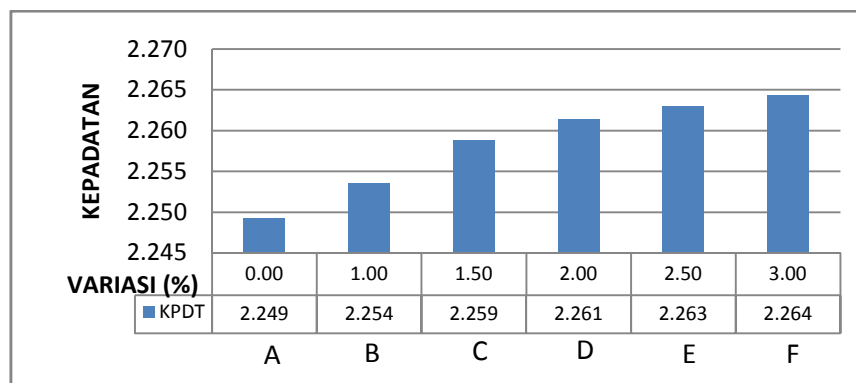
7. Hubungan Kepadatan Campuran dengan Variasi Bahan Tambah Karet ALAM

Kepadatan (density) merupakan perbandingan antara massa benda terhadap volumenya. Nilai kepadatan campuran beton aspal lapis aus AC-WC dengan menambahkan karet alam dengan variasi 0%, 1%, 1,5%, 2% 2,5% dan 3% dapat dilihat pada tabel 4.42 dan Gambar 4.15 untuk campuran beton aspal lapis aus AC-WC pada kondisi Kadar Aspal Optimum 5,85%.

Tabel 4.42 hubungan kepadatan dan variasi karet alam

Variasi karet alam (%)	Kepadatan(kg)
0%	2,249
1 %	2,254
1,5 %	2,259
2 %	2,261
2,5 %	2,263
3 %	2,264

Sumber : Hasil pengujian laboratorium



Gambar 4.16 Diagram batang hubungan kepadatan dan variasi karet alam
Sumber : Hasil pengujian laboratorium

KET : Variasi A	=	Penambahan Karet alam 0%
Variasi B	=	Penambahan Karet alam 1%
Variasi C	=	Penambahan Karet alam 1,5%
Variasi D	=	Penambahan Karet alam 2%
Variasi E	=	Penambahan Karet alam 2,5%
Variasi F	=	Penambahan Karet alam 3%

Dari tabel 4.42 dan gambar 4.16 dapat dilihat bahwa nilai density mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya kadar karet pada kadar aspal, hal ini disebabkan karena Semakin kecil nilai berat jenis suatu material maka volumenya akan semakin bertambah. Penambahan karet alam menyebabkan volume dalam campuran semakin bertambah. Nilai kepadatan tidak memiliki syarat khusus spesifikasi, ini menunjukkan bahwa variasi 0% karet alam memiliki kepadatan lebih kecil dari kelima variasi karet, dimana kepadatan cenderung menurun atau berbanding terbalik dengan penambahan karet alam