

PENGARUH SUBSTITUSI DOLOMIT SEBAGAI *FILLER* PADA CAMPURAN ASPHALT CONCRETE-BINDER COURSE (AC- BC) TERHADAP KARAKTERISTIK UJI MARSHALL

Ilham¹

Universitas Bung Hatta
ilham27faqath@gmail.com

Indra Khaidir²

Universitas Bung Hatta
indrakhaidir@bunghatta.ac.id

ABSTRAK

Dolomit dapat digunakan sebagai *filler* pengganti pada campuran beraspal, dolomit memiliki ketersediaan melimpah, biaya yang relative murah, sifat kimia yang baik dan potensi lingkungan. Dolomit dapat meningkatkan ketahanan perkerasan aspal agar tidak mudah mengalami kerusakan jika digunakan sebagai pengisi atau *filler* pada campuran (AC-BC). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kadar aspal optimum, mengetahui pengaruh substitusi sebagai *filler* terhadap karakteristik uji marshall sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Setelah selesai pengujian marshall, didapat nilai kadar aspal optimum sebesar 6%. Setelah didapat nilai ini benda uji dipersiapkan dengan menggunakan *filler* dolomit 60%, 70%, 80%, 90%, 100% dari berat total *filler*. Dari hasil analisis nilai marshall terhadap benda uji dengan menggunakan *filler* dolomit, dapat diketahui bahwa dengan bertambahnya kadar dolomit maka nilai *Density* dan *Stability* mengalami peningkatan sedangkan nilai VMA dan VIM mengalami penurunan, dan nilai VFA, Flow dan MQ mengalami fluktuasi. Kadar dengan variasi 90% merupakan kadar terbaik karna memiliki parameter marshall paling optimum dengan nilai *Density* 2,270gr/cc, nilai VMA 16,45%, nilai VIM 4,81, nilai VFA 70,76%, nilai *Stability* 1315kg, nilai *Flow* 3,98%, nilai MQ 330kg/mm.

Kata Kunci : Dolomit, Asphalt Concrete-Bearing Course (AC-BC), *Filler*, Uji Marshall

ABSTRACT

Dolomite can be used as a substitute filler in asphalt mixtures, dolomite has abundant availability, relatively cheap costs, good chemical properties and environmental potential. Dolomite can increase the resistance of asphalt pavement so that it is not easily damaged if used as a filler in the mixture (AC-BC). This study aims to determine the optimum asphalt content, to determine the effect of substitution as a filler on the characteristics of the marshall test according to the 2018 Bina Marga specifications. This study uses an experimental method. After completing the marshall test, the optimum asphalt content value was obtained at 6%. After obtaining this value, the test specimen was prepared using 60%, 70%, 80%, 90%, 100% dolomite filler of the total weight of the filler. From the results of the marshall value analysis of the test specimen using dolomite filler, it can be seen that with increasing dolomite content, the Density and Stability values increase while the VMA and VIM values decrease, and the

VFA, Flow and MQ values fluctuate. The content with a variation of 90% is the best content because it has the most optimum marshall parameters with a Density value of 2,270gr/cc, VMA value of 16.45%, VIM value of 4.81, VFA value of 70.76%, Stability value of 1315kg, Flow value of 3.98%, MQ value of 330kg/mm.

Keywords: *Dolomite, Asphalt Concrete-Bearing Course (AC-BC), Filler, Marshall Test*

PENDAHULUAN

Dalam pembangunan infrastruktur jalan, perkerasan lentur dengan lapisan aspal merupakan salah satu jenis konstruksi yang banyak digunakan karena fleksibilitas dan kemampuan menahan beban lalu lintas. Salah satu komponen penting dalam campuran aspal beton adalah filler, yaitu material halus yang berfungsi mengisi rongga antar agregat sehingga meningkatkan stabilitas dan kekuatan lapisan perkerasan. Lapisan *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)* merupakan salah satu lapisan utama dalam struktur perkerasan jalan yang terletak di antara lapisan pondasi bawah (*base course*) dan lapisan permukaan (*wearing course*). Fungsi utama AC-BC adalah memberikan kekuatan struktural yang harus mempunyai ketebalan perkerasan minimum 6 cm dan mendistribusikan beban kendaraan secara merata ke lapisan bawahnya. Oleh karena itu, kualitas dan karakteristik material yang digunakan dalam AC-BC sangat menentukan umur layanan dan performa jalan. Selama ini, filler yang umum digunakan dalam campuran aspal adalah semen, kapur, dan abu batu. Namun, penggunaan filler tradisional memiliki beberapa kendala, seperti harga yang relatif tinggi serta potensi dampak lingkungan akibat penambangannya. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk mencari alternatif filler yang lebih ekonomis, ramah lingkungan, dan tetap memenuhi spesifikasi teknis. Pemilihan dolomit sebagai filler pengganti didasarkan pada beberapa pertimbangan: Ketersediaan melimpah, Biaya yang relatif murah, Sifat kimia yang baik, Potensi lingkungan, penggunaan dolomit dapat mengurangi ketergantungan pada material filler konvensional yang proses produksinya memiliki dampak lingkungan besar. Penelitian bertujuan untuk, mengetahui nilai kadar aspal optimum (KAO) pada campuran AC-BC, mengetahui pengaruh substitusi dolomit sebagai bahan pengisi (*Filler*) terhadap nilai karakteristik marshall pada campuran AC-BC. Manfaat penelitian yang diperoleh dari penelitian ini adalah: Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan dalam penggunaan dolomit sebagai alternatif filler dalam campuran aspal, yang dapat menghasilkan campuran aspal yang lebih ekonomis dan berkelanjutan tanpa mengorbankan kualitas dan kinerja. Selain itu, dapat menjadi referensi bagi praktisi di bidang konstruksi jalan dalam memilih material filler yang tepat dan efisien.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di UPTD Laboratorium Bahan Konstruksi Dinas Bina Marga, Cipta Karya dan Tata Ruang Provinsi Sumatera, dengan metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan percobaan untuk mendapatkan data. Pengujian –pengujian material menggunakan metode uji Spesifikasi Bina Marga 2018. Menurut Spesifikasi Bina Marga (2018), Pengujian yang pertama pada penelitian ini yang dilakukan yaitu melakukan pemeriksaan bahan campuran aspal, seperti pemeriksaan agregat yang meliputi pengujian abrasi dengan mesin Los Angeles, Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat dan analisa saringan. Tahapan selanjutnya dilakukan pemeriksaan aspal yang meliputi pengujian penetrasi, titik lembek, titik nyala aspal, pengujian berat jenis aspal dan pengujian kehilangan berat aspal (TFOT). Dari pengujian agregat, aspal dan filler memenuhi persyaratan maka dilanjutkan dengan pembuatan benda uji atau mix formula dimana campuran aspal telah dihitung proporsi agregat dan kadar aspal nya. Kemudian setelah benda

uji dibuat lalu dilakukan marshall test untuk mengetahui karakteristik dari campuran aspal tersebut, kemudian menentukan kadar aspal optimum (KAO). Setelah penentuan KAO dilakukan untuk substitusi Dolomit pada campuran mix formula, setelah itu dilakukan marshall test. Kemudian setelah di lakukan marshall test dilakukan analisa data dari sampel yang telah dilakukan marshall tersebut.

Menurut Spesifikasi Bina Marga (2018), teknik pengumpulan data dilaksanakan dengan metode eksperimen terhadap beberapa benda uji. Jenis data pada penelitian digunakan data primer. Data primer adalah data yang di kumpulkan langsung pada serangkaian kegiatan pengujian yang dilakukan sendiri yang mengacu pada sumber berdasarkan petunjuk manual yang ada, misalnya dengan mengadakan penelitian langsung. Dalam Penelitian ini data primer adalah data analisis sifat fisik agregat dan data pengujian marshall.

Sebelum digunakan untuk campuran beraspal, karakteristik bahan harus diperiksa untuk memastikan bahwa mereka memenuhi syarat yang disebutkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Dilakukan tiga pengujian bahan penyusun yaitu :

A. Pengujian Agregat kasar dan halus

Pada pengujian yang akan dilakukan untuk melihat karakteristik agregat sebagai berikut :

- 1) Pengujian Keausan Agregat Dengan mesin abrasi *Los Angeles*
- 2) Pengujian Sieve Analisis
- 3) Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat
- 4) Pengujian kelekatan agregat terhadap aspal

B. Pengujian Aspal

Pada penelitian yang dilakukan, aspal yang digunakan yaitu aspal pen 60/70. Adapun pengujian yang akan dilakukan untuk melihat karakteristik aspal agar sesuai spesifikasi adalah sebagai berikut :

- 1) Pengujian penetrasi aspal
- 2) Pengujian titik nyala dan titik bakar aspal dengan *Cleveland Open Cup*
- 3) Pengujian daktilitas aspal
- 4) Pengujian berat jenis aspal
- 5) Pengujian titik lembek aspal

C. Pengujian *Filler*

Persiapan Sampel *Filler* Dolomit.

- 1) Pengambilan sampel ambil filler dolomit dari pabrik dolomit dengan metode pengambilan acak yang mewakili keseluruhan material.
- 2) Simpan dalam wadah tertutup untuk mencegah kontaminasi. 1.2 Pengeringan Keringkan filler dalam oven pada suhu $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam untuk menghilangkan kadar air sebelum pengujian.
- 3) Pengujian *Filler* dolomit mengacu kepada SNI ASTM C136: 2012 harus mengandung bahan yang lolos ayakan menggunakan saringan no. 200 (0,075mm). Prosedur:

Dalam penelitian ini dilakukan dengan cara analitis untuk menentukan proporsi agregat untuk campuran. Penelitian ini juga menggunakan beberapa fraksi agregat diantaranya adalah fraksi agregat kasar, agregat halus, dan filler. Fraksi tersebut digabungkan menjadi satu campuran dimana gradasi presentasi lolos saringan yang diperoleh dengan cara mengambil nilai diantara batas atas dan batas bawah presentase lolos saringan.

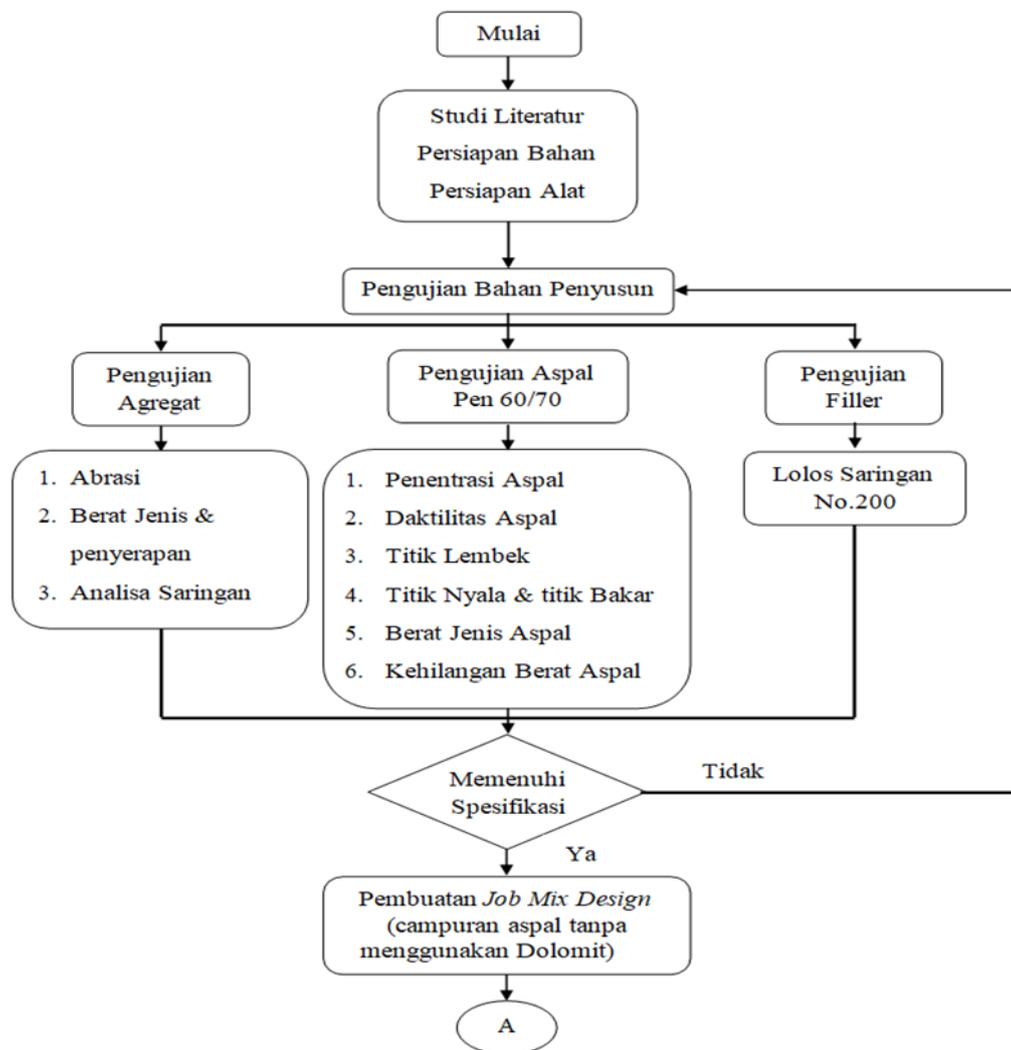
Menurut Spesifikasi Bina Marga (2018), kadar aspal optimum pada umumnya berkisar antara 4% sampai dengan 7%. Untuk mendapatkan kadar aspal yang optimum, maka diperlukan

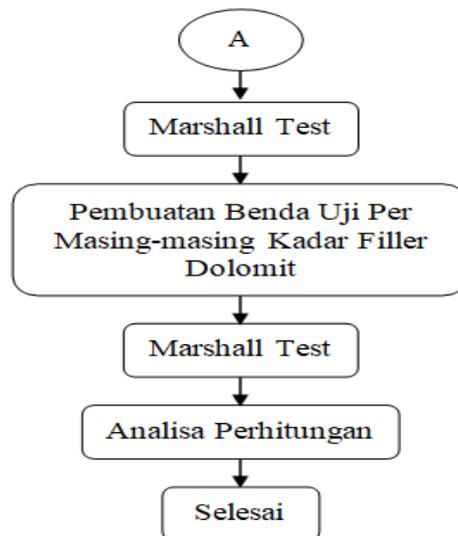
variasi kadar aspal dengan kenaikan 0,5% atau permuman 0,5%. Perhitungan penentuan kadar aspal rencana (Pb) yang mengacu pada gradasi agregat yang digunakan dengan menggunakan langkah-langkah sebagai berikut:

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

Tahap untuk pengujian dengan metode marshall yaitu :

- A. Persiapan Benda Uji
- B. Pencampuran Benda Uji
- C. Pematatan Benda Uji
- D. Persiapan Pengujian Mrshall
- E. Pengujian *Marshall*





Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum benda uji dibuat, material yang digunakan agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan aspal diuji untuk memastikan bahwa material tersebut layak untuk digunakan dalam pembuatan benda uji. Material yang digunakan di uji sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga 2018. Setelah material diuji dan memenuhi spesifikasi, pembuatan benda uji dapat dimulai.

Tabel 1. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar (1-2)

Pengujian	Notasi	Split 1-2		Satuan
		I	II	
Berat benda uji kering oven	A	3404.90	3690.40	gram
Berat benda uji kering permukaan di udara	B	3442.20	3732.10	gram
Berat benda uji dalam air	C	2112.20	2290.50	gram

Pengujian	Notasi	Split 1-2		Rata - Rata
		I	II	
Berat Jenis curah kering (Sd)	$\frac{A}{B - C}$	2.56	2.56	2.56
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (Ss)	$\frac{B}{B - C}$	2.59	2.59	2.59
Berat jenis semu (Sa)	$\frac{A}{A - C}$	2.63	2.64	2.64
Penyerapan air (Sw)	$\frac{B - A}{A} \times 100$	1.10	1.13	1.11

Tabel 2. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar (0,5-1)

Pengujian	Notasi	Split 0.5-1		Satuan
		I	II	
Berat benda uji kering oven	A	2635.90	2990.40	gram
Berat benda uji kering permukaan di udara	B	2676.50	3032.70	gram
Berat benda uji dalam air	C	1635.20	1850.70	gram

Pengujian	Notasi	Split 0.5-1		Rata - Rata
		I	II	
Berat Jenis curah kering (Sd)	$\frac{A}{B - C}$	2.53	2.53	2.53
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (Ss)	$\frac{B}{B - C}$	2.57	2.57	2.57
Berat jenis semu (Sa)	$\frac{A}{A - C}$	2.63	2.62	2.63
Penyerapan air (Sw)	$\frac{B - A}{A} \times 100$	1.54	1.41	1.48

Tabel 3. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Pengujian	Notasi	Abu Batu		Satuan
		I	II	
Labu takar no.				
Berat benda uji ssd	S	505.42	503.86	gram
Berat labu takar + air + benda uji	C	928.19	926.83	gram
Berat labu + air	B	620.92	620.92	gram
Berat benda uji	A	497.20	495.40	gram

Pengujian	Notasi	Abu Batu		Rata - Rata
		I	II	
Berat jenis curah kering (Sd)	$\frac{A}{(B + S - C)}$	2.51	2.50	2.51
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (Ss)	$\frac{S}{(B + S - C)}$	2.55	2.55	2.55
Berat jenis semu (Sa)	$\frac{A}{(B + A - C)}$	2.62	2.61	2.62
Penyerapan air (Sw)	$\frac{(S - A)}{A} \times 100 \%$	1.65	1.71	1.68

Tabel 4. Hasil Pengujian Penetrasi Aspal

Penetrasi pada 25 °C 50 gram, 5 detik		Sample I	
		A	B
Pengamatan	1	64.8	65.6
	2	65.3	65.4
	3	64.9	65.1
	4	64.5	64.8
	5	64.2	65.0
Rata - rata (A dan B)		64.7	65.2
Rata - rata		65.0	

Tabel 5. Hasil Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar

°C di bawah titik nyala	Pembacaan		Pembacaan		Titik nyala
	waktu		suhu		
56	pk.	10.10	285	°C	
51	pk.	10.11	290	°C	
46	pk.	10.12	295	°C	
41	pk.	10.13	300	°C	
36	pk.	10.14	305	°C	
31	pk.	10.15	310	°C	
26	pk.	10.16	315	°C	
21	pk.	10.17	320	°C	
16	pk.	10.18	325	°C	
11	pk.	10.19	330	°C	
6	pk.	10.20	335	°C	
1	pk.	10.21	340	°C	340 °C

Tabel 6. Hasil Pengujian Daktilitas Aspal

Daktilitas pada 25°C 5 cm per menit		I		II	
		Pengamatan	1	148	148
Rata - rata			148		

Tabel 7. Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal

		I		II	
Berat piknometer + aspal		60.0493	gr	67.2809	gr
Berat piknometer kosong		43.4606	gr	40.4046	gr
Berat aspal	(a)	16.5887	gr	26.8763	gr
Berat piknometer + air		68.8382	gr	76.3274	gr
Berat piknometer kosong		43.4606	gr	40.4046	gr
Berat air	(b)	25.3776	gr	35.9228	gr
Berat piknometer + aspal + air		69.3721	gr	77.2072	gr
Berat piknometer + aspal		60.0493	gr	67.2809	gr
Berat air	(c)	9.3228	gr	9.9263	gr
Isi aspal	(b - c)	16.0548	ml	25.9965	ml
Berat jenis I	= Berat aspal/isi aspal	=	1.0333	gr / ml	
Berat jenis II	= Berat aspal/isi aspal	=	1.0338	gr / ml	
	Rata - rata	=	1.0335	gr / ml	

Tabel 8. Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal

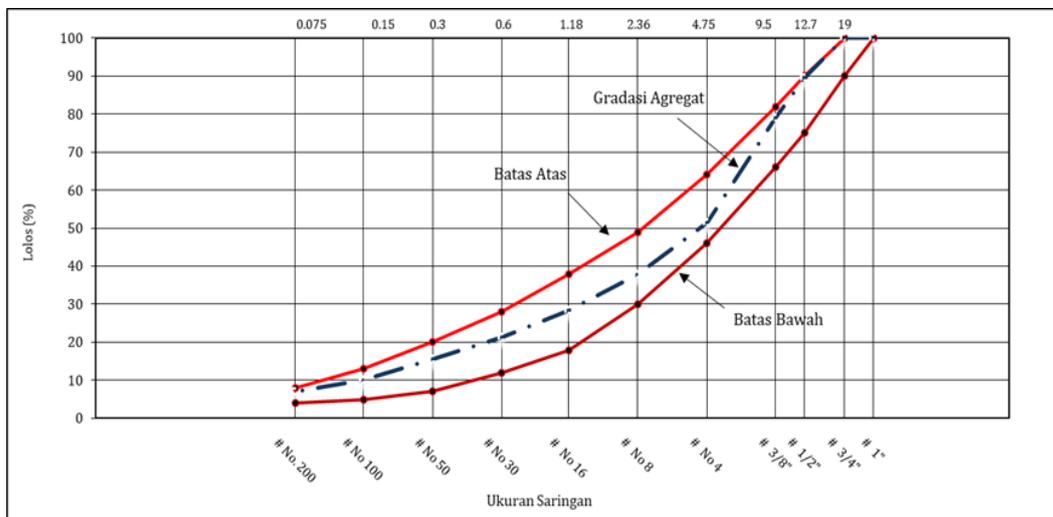
No	Suhu yang diamati		Waktu (detik) kumulatif		Titik lembek	
	°C	°F	I	II	I	II
1	5	41	0	0		
2	10	50	68	68		
3	15	59	140	140		
4	20	68	184	184		
5	25	77	234	234		
6	30	86	268	268		
7	35	95	302	302		
8	40	104	356	356		
9	45	113	394	394		
10	50	122	460	460		
11	51	124	470	470	51.0 °C	49.0 °C
					Rata - Rata :	50.0 °C

Pengujian Filler mengacu kepada SNI ASTM C136: 2012 harus mengandung bahan yang lolos ayakan menggunakan saringan no. 200 (0,075mm).

Dalam perencanaan gradasi campuran dilakukan pengujian analisa saringan untuk masing-masing agregat yang mengacu pada ASTM C 136-2012. Dari hasil pengujian analisa saringan untuk masing-masing agregat maka diperoleh data perencanaan gradasi campuran pada campuran AC-BC. Perhitungan untuk perencanaan gradasi campuran AC-BC, dilakukan dengan menggunakan metode trial and error. Dengan menggunakan metode ini, diperoleh presentase untuk perencanaan komposisi campuran dari masing-masing fraksi pada campuran AC-BC yang ideal digunakan dalam pembuatan benda uji. Perencanaan gradasi campuran dapat dilihat pada Tabel sebagai berikut:

Tabel 9. Gradasi Campuran AC-BC

Uraian		Ukuran saringan										
Inc		1"	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	#16	# 30	# 50	#100	# 200
mm		25.4	19	12.7	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.149	0.075
Data material												
Agregat 1 - 2		100.00	100.00	50.24	7.60	0.78	0.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Agregat 0,5 - 1		100.00	100.00	99.33	97.23	41.55	20.65	13.56	9.89	7.18	6.50	4.39
Abu Batu		100.00	100.00	100.00	100.00	92.90	78.99	61.96	46.07	33.08	18.42	11.68
Filler (Semen)		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	98.20
Komposisi campuran												
Agregat 1 - 2		22%	22.00	22.00	11.05	1.68	0.18	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00
Agregat 0,5 - 1		42%	42.00	42.00	41.72	40.83	17.45	8.67	5.69	4.16	3.02	2.73
Abu Batu		35%	35.00	35.00	35.00	35.00	32.51	27.65	21.68	16.12	11.58	6.45
Filler (Semen)		1%	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98
Total campuran		100%	100.00	100.00	88.77	78.51	51.14	37.49	28.38	21.28	15.59	10.18
Spec.gradasi												
max			100.00	100.00	90.00	82.00	64.00	49.00	38.00	28.00	20.00	13.00
min			100.00	90.00	75.00	66.00	46.00	30.00	18.00	12.00	7.00	4.00



Gambar 2. Grafik Gradasi Campuran AC-BC

Untuk menentukan kadar aspal rencana (PB), dapat menggunakan rumus seperti dibawah ini:

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

Keterangan :

- Pb = Perkiraan Kadar aspal rencana awal
- CA = Agregat kasar (*Coarse Aggregate*)

- FA = Agregat halus, (*Fine Aggregate*)
- FF = Bahan pengisi (*filler*)
- K = Konstanta 0,5-1,0 (Untuk Laston)

Dimana :

- CA = 100% - Persentase Saringan No.8
- FA = Persentase Saringan No.8 – Persentase bahan pengisi (*Filler*)
- FF = Persentase bahan pengisi (*filler*)

Maka diperoleh nilai CA, FA dann FF sebagai berikut :

- CA = 100 - 37,9 = 62,1
- FA = 37,9 – 6,91 = 30,6
- FF = 6,91

Maka berdasarkan rumus di atas, dapat diperoleh kadar aspal rencana sebagai berikut ini:

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

$$Pb = (0,035 \times 62,1) + (0,045 \times 30,6) + (0,18 \times 6,91) + 0,7$$

$$Pb = 5,49 \% \rightarrow 5,5 \%$$

Maka dari hasil perhitungan didapatkan kadar aspal rencana (Pb) sebesar 5,5%.

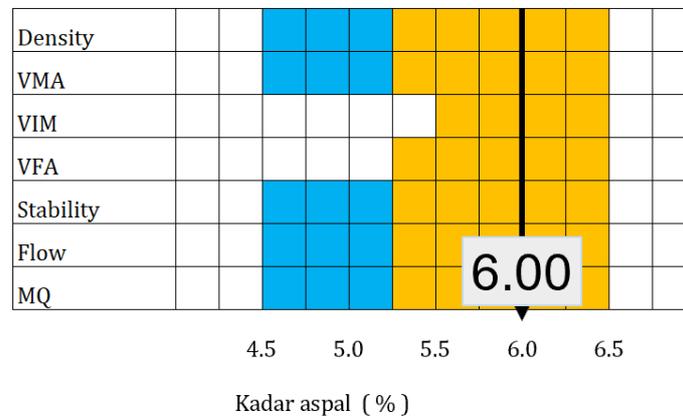
Setelah mendapatkan kadar aspal rencana, hal yang selanjutnya dilakukan yaitu membuat sampel dengan kenaikan kadar aspal sebesar 0.5% yaitu 4.5%, 5%, 5.5.%, 6%, 6,5%. Masing masing kadar aspal tersebut dibuat untuk 3 sampel benda uji. Dalam pengujian untuk mendapatkan nilai Kadar Aspal Optimum ini, maka dibuat sampel benda uji. Benda uji yang dibuat ditentukan nilai *density*, VMA, VIM, VFB, *stability*, *flow*, dan MQ yang harus memenuhi syarat karakteristik marshall campuran AC-BC. Dalam penelitian ini, pengujian marshall mengguakan *filler* semen dengan kadar aspal yang dipakai 4.5%, 5%, 5.5.%, 6%, 6,5% dengan membuat 3 sampel benda uji dari masing-masing kadar aspal. Dari hasil pembuatan benda uji kadar aspal optimum (KAO) yang telah dilakukan pengujian Marshall, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 10. Hasil Pengujian Marshal Kadar Aspal Optimum (KAO)

No	Karakteristik	Spesifikasi	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
1	<i>Density</i>	-	2.222	2.265	2.279	2.273	2.255
2	VMA (%)	Min 14	16.92	15.76	15.66	16.63	17.43
3	VIM (%)	3-5	8.79	6.36	5.08	4.70	4.76
4	VFA (%)	Min 65	48.07	59.66	67.55	71.27	72.68
5	Stabilitas	Min 800	994	1064	1141	1113	1041
6	<i>Flow</i> (mm)	2-4	2.69	3.02	3.29	3.61	4.08
7	MQ (kg/mm)	Min 250	350	352	347	308	255

Berdasarkan hasil penelitian di laboratorium yang dilihat pada Tabel 10 dapat disimpulkan bahwa kadar aspal yang memenuhi syarat karakteristik Marshall berupa *density*, VMA, VIM,

VFA, stability, flow, dan MQ berada pada kadar aspal 6,00 %. Maka untuk menentukan nilai KAO pada campuran AC-BC ini digunakan grafik pita seperti Gambar 3 di bawah ini:



Gambar 3. Grafik Pita untuk Nilai KAO

Berdasarkan Gambar 3 syarat untuk mendapatkan nilai kadar/aspal optimum (KAO) ditinjau dari nilai karakteristik marshall yang dapat memenuhi semua minimum dan maksimum yang memenuhi semua persyaratan campuran, dari grafik tersebut yang memenuhi semua nilai karakteristik marshall pada kadar 6% nilai yang paling dominan diantara nilai parameter yang paling memenuhi spesifikasi.

Setelah mendapatkan hasil perencanaan gradasi campuran, hasil perencanaan kadar aspal rencana (Pb) dan hasil perencanaan kadar aspal optimum (KAO). maka dilanjutkan dengan merencanakan mix formula AC-BC untuk membuat benda uji dengan mensubstitusikan filler menggunakan Dolomit dan semen dengan variasi kadar filler Dolomit 60%, 70%, 80%, 90%, 100%. Untuk setiap benda uji dibuat sebanyak 3 sampel.

Setelah pembuatan sampel benda uji sebanyak 15 sampel benda uji dengan mensubstitusikan filler dolomit dengan semen sebagai filler utama, maka dilakukan pengujian Marshall untuk masing-masing benda uji. Adapun hasil dari pengujian Marshall didapatkan hasil analisis terhadap nilai *density*, *stabilitas*, *flow*, VMA, VIM, VFA, MQ, dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 11. Resume hasil pengujian marshall filler dolomit

No	Karakteristik	Spesifikasi BM 2018	Satuan	Variasi Kadar filler				
				60%	70%	80%	90%	100%
1	Density	-	gr/cc	2,231	2,234	2,269	2,270	2,247
2	VMA (%)	Min 14	%	17,88	17,77	16,48	16,45	17,30
3	VIM (%)	3-5	%	6,43	6,31	4,85	4,81	5,78
4	VFA (%)	Min 65	%	64,01	64,48	70,60	70,76	66,60
5	Stabilitas	Min 800	Kg	1281,1	1287,0	1321,5	1315,2	1288,8
6	Flow (mm)	2-4	Mm	3,52	3,82	3,87	3,98	4,11
7	MQ (Kg/mm)	Min 250	Kg/mm	364,2	336,7	341,2	330,9	313,9

Jadi dapat ditarik kesimpulan, untuk variasi kadar *filler* yang memenuhi semua nilai karakteristik Marshall adalah variasi kadar *filler* 80% dan 90% dolomit sehingga variasi kadar *filler* ini memenuhi spesifikasi dan dapat digunakan sebagai *filler* untuk campuran AC-BC.

Density merupakan besarnya kerapatan suatu campuran yang telah dipadatkan. Campuran yang memiliki kepadatan yang tinggi akan lebih mampu menahan beban yang lebih berat dibandingkan dengan campuran yang mempunyai kepadatan yang rendah. Semakin tinggi nilai stabilitasnya maka nilai *density* juga naik sampai dengan *density* maksimum, karena pada kondisi tersebut campuran sudah dalam keadaan padat begitupun sebaliknya. Berdasarkan analisis nilai *density* diatas maka dapat disimpulkan bahwa kepadatan maksimum terjadi pada variasi kadar *filler* (90% dolomit dan 10% semen) dengan nilai 2,270 gr/cm³. Kepadatan minimum terjadi pada variasi kadar *filler* (60% dolomit dan 40% semen) dengan nilai 2,231gr/cc.

Void in Mineral Agreggate (VMA) adalah rongga udara yang ada diantara mineral agregat di dalam campuran beraspal panas yang sudah dipadatkan termasuk ruang yang terisi aspal VMA dinyatakan dalam presentase dari campuran beraspal panas. VMA digunakan sebagai ruang untuk menampung aspal dan volume rongga udara yang diperlukan dalam campuran beraspal panas. VMA berpengaruh terhadap ketahanan dari campuran aspal VMA menunjukkan banyaknya persen aspal dari rongga yang terisi. Berdasarkan analisis nilai *Void Mineral Agreggate (VMA)* diatas maka dapat disimpulkan bahwa nilai VMA pada semua variasi kadar *filler* memenuhi spesifikasi. Dan nilai VMA yang minimum pada variasi kadar *filler* (90% dolomit dan 10% semen) dengan nilai 16,45% memenuhi spesifikasi nilai VMA.

Void in mix (VIM) atau disebut juga dengan rongga dalam campuran digunakan untuk mengetahui besarnya rongga campuran dalam persen. Nilai rongga dalam campuran dipengaruhi oleh kadar aspal pada campuran beraspal panas dengan bertambahnya kadar aspal maka jumlah aspal yang dapat mengisi rongga antar butiran agregat semakin bertambah, sehingga volume rongga dalam campuran semakin berkurang, Nilai VIM terlalu tinggi mengakibatkan bekurangnya keawetan dari lapis keras karena rongga yang terlalu besar akan memudahkan masuknya air dan udara kedalam lapisan perkerasan. Nilai VIM yang terlalu rendah akan mengakibatkan mudah terjadi *bleeding* dan kekuatan lapis keras akan menjadi semakin tinggi yang mengakibatkan mudah mengalami retak (*cracking*). Berdasarkan analisis nilai *Void in the Mix (VIM)* diatas maka dapat disimpulkan bahwa nilai VIM pada *filler* (80% dolomit dan 20% semen) dan *filler* (90% dolomit dan 20% semen) memenuhi spesifikasi. Sedangkan pada variasi kadar *filler* (60% ,70% dan 100% dolomit), tidak memenuhi spesifikasi nilai *Void In the Mix (VIM)*.

Void filled with asphalt (VFA) adalah menunjukkan persentase besarnya rongga yang dapat terisi oleh aspal. Besarnya nilai VFA menentukan keawetan suatu campuran beraspal panas, semakin besar nilai VFA akan menunjukkan semakin kecil nilai VIM yang berarti rongga yang terisi aspal semakin banyak. Begitu sebaliknya apabila VFA terlalu kecil maka rongga yang terisi aspal akan semakin sedikit sehingga agregat yang terselimuti aspal dan akan semakin tipis yang menyebabkan campuran beraspal panas tidak awet. Berdasarkan analisis nilai *Void Filled with Asphalt (VFA)* diatas maka dapat disimpulkan bahwa nilai VFA pada variasi kadar *filler* (80% dolomit dan 20% semen) dengan nilai 70,60 % dan variasi kadar *filler* (90% dolomit dan 10% semen) dengan nilai 70,76% dan variasi kadar *filler* (100% dolomit) dengan nilai 66,60%

memenuhi spesifikasi nilai *Void Filled with Asphalt* (VFA). Sedangkan pada variasi kadar *filler* (60% dan 70% dolomit), tidak memenuhi spesifikasi nilai *Void Filled with Asphalt* (VFA).

Stabilitas adalah kemampuan suatu lapis perkerasan jalan untuk menahan deformasi akibat adanya beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur (*rutting*) atau *bledding*. Campuran yang memiliki nilai kepadatan yang tinggi akan mampu meningkatkan nilai stabilitas dan kekuatan campuran serta mengurangi tendensi terjadinya bekas roda lalu lintas. Berdasarkan analisis nilai stabilitas di atas maka dapat disimpulkan bahwa nilai stabilitas pada semua variasi kadar *filler* memenuhi spesifikasi. Dengan nilai stabilitas maksimum pada variasi kadar *filler* (80% dolomit dan 20% semen) dengan nilai 1321,5 kg dan nilai stabilitas minimum pada variasi kadar *filler* (60% dolomit dan 40% semen) dengan nilai 1281,1 kg.

Kelelahan menunjukkan deformasi benda uji akibat pembebanan atau kelelahan merupakan keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh, yang dinyatakan dalam mm atau inch, Nilai *flow* menyatakan besarnya deformasi bahan susun benda uji, campuran yang mempunyai angka *flow* rendah dengan stabilitas tinggi akan cenderung menghasilkan campuran beraspal panas yang kaku dan getas sehingga akan mudah retak apabila terkena beban lalu lintas yang tinggi dan berat. Sebaliknya apabila campuran beraspal panas mempunyai *flow* terlalu tinggi maka akan bersifat plastis sehingga mudah berubah bentuk (deformasi plastis) akibat beban lalu lintas yang tinggi dan berat.

Berdasarkan analisis nilai *flow* (kelelahan) di atas maka dapat disimpulkan bahwa nilai *flow* (kelelahan) pada variasi kadar *filler* (60% sampai 90% dolomit), memenuhi spesifikasi nilai *flow* (kelelahan). Sedangkan pada variasi kadar *filler* (100% dolomit), tidak memenuhi spesifikasi nilai *flow* (kelelahan).

Marshall Quotient (MQ) adalah perbandingan antara stabilitas dengan kelelahan plastis yang dinyatakan dalam kg/mm Campuran dengan stabilitas yang tinggi dan kelelahan plastis yang rendah menghasilkan nilai MQ yang tinggi dan menunjukkan campuran tersebut kaku, sehingga perkerasan mudah mengalami perubahan bentuk jika mengalami beban lalu lintas, seperti potensial terhadap retak. Sebaliknya campuran dengan stabilitas yang rendah dengan kelelahan plastis yang tinggi menghasilkan MQ rendah, sehingga cenderung plastis dan tidak stabil. Besarnya nilai *Marshall Quotient* juga tergantung dari besarnya nilai stabilitas yang dipengaruhi oleh gesekan antar butiran (*fictional resistance*) dan saling mengunci antar butiran (*interlocking*) yang terjadi antara partikel agregat dan kohesi campuran bahan susun serta nilai *flow* yang dipengaruhi oleh viskositas, kadar aspal, gradasi bahan susun, dan jumlah tumbukan. Berdasarkan analisis nilai *Marshall Quotient* (MQ) di atas maka dapat disimpulkan bahwa nilai *Marshall Quotient* (MQ) pada semua variasi kadar *filler* memenuhi spesifikasi. Dengan nilai *Marshall Quotient* (MQ) maksimum pada variasi kadar *filler* (60% dolomit dan 40% semen) dengan nilai sebesar 364,2 kg/mm dan nilai *Marshall Quotient* (MQ) minimum pada variasi kadar *filler* (100% dolomit dan 0% semen) dengan nilai 313,9 kg/mm.

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian Marshall benda uji KAO diperoleh nilai karakteristik Marshall density 2,276 kg/mm, stabilitas 1120 Kg, kelelahan (*flow*) 3,7 mm, rongga dalam agregat (VMA) 16,2%, rongga terisi aspal (VFA) 71,7%, rongga dalam campuran (VIM) 4,5%, Marshall Quotient 310 kg/mm. Jadi dapat disimpulkan bahwa kadar aspal optimum yang memenuhi spesifikasi karakteristik Marshall berada pada kadar aspal 6,00% untuk merencanakan

campuran AC-BC. Hasil pemeriksaan dan analisa pengaruh penambahan filler kaca sebagai filler ke dalam agregat sebanyak 60%, 70%, 80%, 90% dan 100% dari berat total filler pada komposisi campuran aspal beton lapisan aus AC-BC pada kadar aspal optimum dinyatakan dalam sifat-sifat berikut : Nilai *Density*/kepadatan pada komposisi filler 60% diperoleh sebesar 2,231 Gr/cc, pada komposisi 70% sebesar 2,234 Gr/cc, Pada komposisi 80% sebesar 2,269 Gr, pada komposisi 90% sebesar 2,270 Gr/cc, pada komposisi 100% sebesar 2,247 Gr/cc. Kepadatan cenderung mengalami sedikit fluktuasi seiring dengan peningkatan komposisi filler. Nilai kepadatan tertinggi terjadi pada komposisi filler 90% dengan 2,270 Gr/cc. Pada komposisi 100%, kepadatan justru mengalami sedikit penurunan dibandingkan 90%, yaitu menjadi 2,247 Gr/cc. Nilai VMA pada komposisi filler 60% diperoleh sebesar 17,88 %, pada komposisi 70% sebesar 17,77%, Pada komposisi 80% sebesar 116,48%, pada komposisi 90% sebesar 16,45%, pada komposisi 100% sebesar 17,30%. Nilai VMA tersebut telah memenuhi spesifikasi Bina Marga yaitu sebesar minimal 14%. Pada sampel dengan kadar filler Dolomit 80% dan 90 % Setelah Filler Dolomit ditambahkan nilai VMA cenderung mengalami penurunan dan mulai naik kembali dikadar 100%. Nilai VIM pada komposisi filler 60% diperoleh sebesar 6,43%, pada komposisi 70% sebesar 6,31%, Pada komposisi 80% sebesar 4,85%, pada komposisi 90% sebesar 4,81%, pada komposisi 100% sebesar 5,78%. Pada filler kadar 80 % dan 90% memenuhi spesifikasi Bina Marga yaitu 3-5%, sedangkan pada komposisi 60%,70% dan 100% melebihi batas spesifikasi tersebut. Nilai VFA pada komposisi filler 60% diperoleh sebesar 64,01%, pada komposisi 70% sebesar 64,48%, Pada komposisi 80% sebesar 70,60%, pada komposisi 90% sebesar 70,76%, pada komposisi 100% sebesar 66,60%. Nilai VFA tersebut telah memenuhi spesifikasi Bina Marga yaitu sebesar minimal 65%. Pada sampel dengan kadar filler Dolomit 60% dan 70% tidak memenuhi syarat. Nilai Stability pada komposisi filler 60% diperoleh sebesar 1281 Kg, pada komposisi 70% sebesar 1287 Kg, Pada komposisi 80% sebesar 1321 Kg, pada komposisi 90% sebesar 1315 Kg, pada komposisi 100% sebesar 1288 Kg. Nilai Stability tersebut telah memenuhi spesifikasi Bina Marga yaitu sebesar minimal 800 Kg. Nilai Stability pada berbagai komposisi filler (60%–100%) berkisar antara 1281–1321 Kg, yang semuanya memenuhi spesifikasi Bina Marga (≥ 800 Kg). Stabilitas tertinggi diperoleh pada komposisi 80% (1321 Kg), sementara nilai lainnya relatif stabil. Nilai *Flow* pada komposisi filler 60% diperoleh sebesar 3,52 mm, pada komposisi 70% sebesar 3,82 mm, Pada komposisi 80% sebesar 3.87 mm, pada komposisi 90% sebesar 3,98 mm, pada komposisi 100% sebesar 4,11 mm. Kenaikan ini menunjukkan bahwa campuran menjadi lebih plastis dengan bertambahnya filler. Nilai MQ pada komposisi filler 60% diperoleh sebesar 364 Kg/mm, pada komposisi 70% sebesar 336 Kg/mm, Pada komposisi 80% sebesar 3313 Kg/mm, pada komposisi 90% sebesar 330 Kg/mm, pada komposisi 100% sebesar 338 Kg/mm. Nilai MQ tersebut telah memenuhi spesifikasi Bina Marga yaitu sebesar minimal 250 Kg/mm.

DAFTAR PUSTAKA

ASTM C117-2012 Metode Pengujian Analisa Saringan. Ameirican: American Society For Testing and Materials.

- Bina Marga. (2018). Spesifikasi Umum Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan Revisi 2 Divisi 6 Untuk Perkerasan Aspal. Jakarta Selatan : Dinas Pekerjaan Umum.
- Harisandy, A., Robby, R., & Desriantomy, D. (2022). Pemanfaatan Kapur Gamping Sebagai Bhan Tambah Pengisi (Filler) Pada Campuran Lataston HRS-WC (Hot Rolled Sheet-Wearing Course). *Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 4(2), 95-104.
- Rahmawati, Mufidah, et al. "Pemanfaatan Limbah Batu Kapur Bukit Sekapuk Gresik Sebagai Filler Campuran AC-BC." *Jurnal Taguchi: Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri 3.1* (2023): 1-8
- Yusuf, F. A., Ridwan, A., & Poernomo, Y. C. S. (2019). Penelitian Penambahan Bahan Dolomite Dan Pasir Brantas Pada Campuran Aspal Beton. *Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Sipil (JURMATEKS)*, 2(2), 214-223.
- Rahman, Fitriadi, Khadavi Khadavi, and Eko Prayitno. "Pengaruh Penggantian Filler Dolomit Terhadap Karakteristik Aspal Pada Campuran Aspal Lpisan Aus AC-WC." *Abstract of Undergraduate Research, Faculty of Civil and Planning Engineering, Bung Hatta University 2.2* (2019).
- SNI-03-2417-2008. (2008). Meitodei Peinguijian Keiauisan Agreigat Deingan Meisin Los angeileis. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- SNI-03-4428-1997. (1997). Meitodei Peinguijian Nilai Seitara Pasir. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- SNI-06-2439-2011. (2011). Meitodei Peinguijian Keileikatan Agreigat Teirhadap Aspal. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- SNI-06-2456-2011. (2011). Meitodei Peinguijian Peineitrasi Aspal. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- SNI-06-2489-1990. (1990). Langkah-langkah peimbuiatan beinda uiji marshall. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- SNI-06-2489-1990. (n.d.). Langkah-langkah peimbuiatan beinda uiji marshall.
- SNI-1969:2016. (2016). Meitodei Peinguijian Beirat Jeinis Builk. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- SNI-1969-2016. (2016). Meitodei Peinguijian Beirat Jeinis Seimui. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- SNI-1969-2016. (2016). Meitodei Peinguijian Beirat Jeinis SSD. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Yusuf, F. A., Ridwan, A., & Poernomo, Y. C. S. (2019). Penelitian Penambahan Bahan Dolomite Dan Pasir Brantas Pada Campuran Aspal Beton. *Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Sipil (JURMATEKS)*, 2(2), 214-223