

Pengaruh Distribusi Agregat Dari Produk Campuran Hrs Base Terhadap Parameter Marshall

Yustina Fatima Tiung¹, Diarto Trisnoyuwono^{2*}, Koilal Alokabel³
^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Kupang, Kota Kupang

^{*}Penulis korespondensi (diartopoltek@mail.com)

Abstract

Road service quality can be determined by qualitative assessment (safety and comfort). The quality of the surface layer is one of the parameters. The HRS Base hot mix asphalt surface course, for example, is often a product failure. One of the reasons is the mismatch between the design results and the production of the mixture, for example, the gradation of mixed aggregates whose composition may deviate due to weaknesses in the production process at AMP. The first variation (10% more coarse aggregate) did not meet the specifications because there were several parameters that did not meet the requirements, namely VIM, VFB, MQ, and residual marshall stability, the second and third variations (10% less coarse aggregate and 10% more fine aggregate) the parameter values of VIM, VFB, MQ and residual marshall stability did not meet the specification requirements and only the parameter values of stability and VMA met the specifications. In the fourth variation (10% less coarse aggregate and 10% more fine aggregate), some of them met the specifications but there were two marshall parameter values that did not meet the specifications, namely the MQ value and the residual marshall stability, while in the control variable all the marshall parameter values met the specification requirements.

Keywords: aggregate distribution, HRS Base mix product

Abstrak

Kualitas pelayanan jalan dapat ditentukan dari penilaian kualitatif (keamanan dan kenyamanan). Kualitas lapis permukaan yang baik menjadi salah satu parameternya. Jenis lapis permukaan campuran aspal panas HRS Base misalnya, dalam pelaksanaannya sering mengalami kegagalan produk. Salah satu penyebabnya adalah ketidaksesuaian antara hasil desain dengan hasil produksi campuran, misalnya gradasi agregat campuran yang komposisinya dapat saja menyimpang akibat kelemahan dalam proses produksi di AMP. Eksperimen yang dijalankan adalah simulasi penyimpangan pada komposisi agregat kasar dan agregat halus dalam campuran aspal panas hasil yang diperoleh adalah Variasi pertama (agregat kasar 10 % lebih banyak) tidak memenuhi spesifikasi karena ada beberapa parameter yang tidak memenuhi persyaratan yaitu VIM, VFB, MQ, dan stabilitas marshall sisa, variasi kedua dan ketiga (agregat kasar 10 % lebih sedikit dan agregat halus lebih banyak 10 %) nilai parameter VIM, VFB, MQ dan stabilitas marshall sisa tidak memenuhi persyaratan spesifikasi dan yang memenuhi spesifikasi hanya nilai parameter stabilitas dan VMA. Pada variasi keempat (agregat halus 10 % lebih sedikit) sebagian sudah memenuhi spesifikasi akan tetapi terdapat dua nilai parameter marshall yang tidak memenuhi spesifikasi yaitu nilai MQ dan stabilitas marshall sisa, sedangkan pada variabel kontrol semua nilai parameter marshall sudah memenuhi persyaratan spesifikasi.

Kata kunci: distribusi agregat, produk campuran HRS Base

Pendahuluan

Suatu hasil pekerjaan konstruksi lapis perkerasan lentur jalan akan selalu diharapkan dapat bertahan selama umur layannya. Parameter ketahanan yang dimaksudkan di sini adalah aspek kemampuan melayani beban lalu lintas, sekaligus bertahan terhadap kondisi lingkungannya. Kedua parameter

tersebut dapat tercapai jika prosedur desain tebal lapis konstruksi perkerasan dilakukan dengan baik, proses pemilihan material yang sesuai spesifikasi, proses produksi campuran yang baik dan proses pelaksanaan pekerjaan yang baik.

Terutama jika dilihat dari kualitas hasil pekerjaan lapis permukaan yang misalnya menggunakan produk campuran aspal beton (AC atau HRS) sering

ditemukan bahwa kondisi lapis permukaan tepatnya di awal umur layannya telah mengalami deformasi yang mempengaruhi kenyamanan dan keamanan berkendara, deformasi permukaan yang dimaksudkan tersebut misalnya berupa cacat bleeding (aspal menumpuk di permukaan), corrugation (bergelombang/ keriting) maupun shovel (sungkur), akibat nilai stabilitas dan flow campuran yang buruk karena tidak sesuai hasil produksi campuran aspal panas yang telah dirancang sebelumnya (DMF) dengan hasil produksi dari Asphalt Mixing Plant (AMP).

Penyimpangan hasil produksi campuran aspal panas dari AMP dapat saja disebabkan oleh tidak akuratnya komponen alat penakar material (aspal dan agregat) atau alat pengukur suhu pemanasan di AMP dan bisa juga akibat tidak dijalkannya prosedur trial and error untuk menentukan Job Mix Formula (JMF).

Agregat adalah material pengisi yang digunakan dalam campuran beton. Agregat yang baik memiliki ukuran standar saringan dalam campuran beton. Untuk mengetahui komposisi yang baik dilakukan dengan percobaan analisa saringan sesuai dengan standar. Agregat yang baik harus memiliki distribusi ukuran yang baik yang disebut dengan gradasi. Gradasi berfungsi untuk mendapatkan kemampuan/kepadatan. Gradasi agregat memiliki peran penting dalam memberikan kekuatan dan dukungan pada campuran aspal, yaitu pada saat partikel saling mengunci antara satu dengan yang lainnya (*interlocking*). Susunan butir agregat mempunyai pengaruh besar terhadap volume rongga yang terbentuk dalam campuran, mempengaruhi sifat kemudahan dalam pelaksanaan (*workability*) dan dapat menentukan nilai parameter Marshall terutama stabilitas.

Sehingga kajian yang perlu dilakukan di sini adalah menyelidiki pengaruh komposisi agregat campuran dalam produk aspal panas (HRS-Base) apabila porsinya disimulasikan untuk menyimpang (tidak sesuai ketentuan amplop gradasi agregat campuran), sehingga diketahui sejauh mana pengaruh gradasi agregat terhadap mutu campuran beraspal panas (parameter nilai stabilitas, marshall quotient dan sifat volumetrik campuran).

Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan referensi untuk dapat mengenali salah satu kemungkinan penyebab timbulnya cacat - cacat pada lapis permukaan jalan yang menggunakan produk campuran aspal panas terutama di awal umur layannya.

Metode

Penelitian eksperimen yang dijalankan ini adalah untuk menyelidiki kemungkinan saling hubungan sebab-akibat dengan cara memberikan suatu kondisi perlakuan dan membandingkan hasilnya

dengan satu kelompok kontrol yang tidak dikenai kondisi perlakuan.

Perlakuan yang diberikan adalah terhadap komposisi agregat kasar dan agregat halus yaitu empat variasi simulasi penyimpangan terhadap amplop gradasi agregat campuran yaitu dua variasi simulasi penyimpangan komposisi agregat halus, dua variasi simulasi penyimpangan komposisi agregat kasar serta satu variasi sebagai kontrol yang sesuai dengan amplop gradasi agregat campuran. Perinciannya adalah sebagai berikut: 10% lebih banyak dan 10% lebih sedikit untuk porsi agregat kasar, lalu untuk porsi agregat halus dengan 10% lebih banyak dan 10% lebih sedikit.

Tahap awal penelitian diawali dengan pemeriksaan sifat - sifat fisik material agregat dan aspal seperti pemeriksaan BJ aspal, pengujian berat jenis dan penyerapan agregat, pengujian kadar air, pengujian kadar lumpur, dan analisa saringan. Rangkaian prosedur pemeriksaan ini adalah hanya untuk memastikan bahwa material agregat dan aspal telah layak dijadikan bahan campuran HRS Base.

Persiapan produksi sampel material diawali dengan menghitung nilai kadar aspal optimum awal (Pb) dengan rumus :

$$Pb = 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA) + (0,18FF) + \text{konstanta.}$$

Nilai Pb ini akan dipakai sebagai patokan nilai tengah kadar aspal rencana benda uji untuk menentukan desain rancangan Kadar Aspal Optimum (KAO). Dimana untuk jumlah benda uji yang disiapkan adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Desain rancangan KAO

Kadar Aspal Rencana (%)					Jumlah Benda Uji
Pb-1	Pb-0,5	Pb	Pb+0,5	Pb+1	
3	3	3	3	3	15
Total benda uji					15

Selanjutnya Pembuatan benda uji untuk penentuan Kadar Aspal Optimum, dengan menguji sifat volumetrik dan mekanik dari 15 buah benda uji yang sudah dibuat pada tahap sebelumnya dengan perincian jumlah benda uji untuk menjalani prosedur marshall standard dan immersion test sebagai berikut :

Tabel 2 Jumlah Benda Uji Berdasarkan KAO

Variasi Campuran	Jumlah sampel
Kadar agregat kasar > 10% JMF	4
Kadar agregat kasar < 10 % JMF	4
Kadar agregat halus > 10 % JMF	4
Kadar agregat halus < 10 % JMF	4
Kadar agregat sesuai JMF	4

Pengujian Marshall terhadap benda uji tersebut untuk mendapatkan nilai parameter berupa stabilitas, marshall quotient (MQ), serta nilai volumetric campuran seperti VIM, VMA dan VFB. Setelah semua parameter marshall tersebut diperoleh, maka akan dianalisa bagaimana keterkaitan antara penyimpangan komposisi agregat terhadap parameter marshall dan sifat volumetric campuran, bagaimana akibatnya jika produk campuran tersebut diaplikasikan sebagai lapis permukaan jalan. Apakah terdapat kinerja lapis permukaan yang terpengaruh

Hasil dan Pembahasan

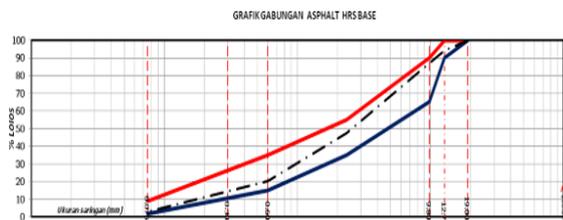
Hasil dari serangkaian eksperimen yang dijalankan di Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Kupang diawali dengan pemeriksaan sifat dan karakteristik material penyusun campuran aspal panas HRS Base yang bertujuan untuk memastikan bahwa materialnya telah memenuhi syarat sebagai bahan campuran aspal panas. Kemudian dilanjutkan dengan membuat benda uji dari 4 variasi simulasi komposisi agregat

Hasil

Hasil pengujian berat jenis material aspal pentrasi 60/70 adalah 1,031. Kemudian hasil pencampuran gradasi agregat menghasilkan komposisi sebagai berikut :

Tabel 3. Porsi agregat campuran

Ukuran saringan	AGREGAT KASAR		AGREGAT SEDANG		AGREGAT HALUS		FILLER/ SEMEN		HASIL	SPESIFIKASI	
	100%	15%	100%	23%	100%	60%	100%	2%			
Inch	Mm	100%	15%	100%	23%	100%	60%	100%	2%		
3/4	19.0	100.00	15.00	100.00	23.00	100.00	60.00	100.00	2.00	100.00	
1/2	12.7	62.11	9.32	100.00	23.00	100.00	60.00	100.00	2.00	94.32	
3/8	9.8	14.93	2.24	98.99	22.77	100.00	60.00	100.00	2.00	87.01	
No.4	4.75	9.8	1.87	0.28	8.56	1.97	99.78	39.87	100.00	2.00	64.12
No. 8	2.35	1.68	0.25	1.20	0.28	75.12	45.07	100.00	2.00	47.60	
No. 30	0.6	1.32	0.20	0.95	0.22	29.79	17.87	100.00	2.00	20.29	
No. 200	0.08	0.22	0.03	0.23	0.05	2.20	1.32	75.37	1.51	2.91	



Gambar 1. Grafik gradasi agregat campuran

Setelah menentukan agregat gabungan, kemudian agregat dibagi atas tiga fraksi yaitu fraksi kasar (CA), fraksi halus (FA), fraksi bahan pengisi filler (FF) guna untuk perhitungan kadar aspal rencana. Untuk mengetahui variasi kadar aspal maka sebelumnya dilakukan perhitungan untuk mencari tahu berapa nilai kadar aspal optimum rencana atau

Pb. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai Pb adalah 6.53% dibulatkan menjadi 6.5%, kemudian nilai Pb ini divariasikan menjadi lima variasi kadar aspal rencana yaitu 5,5%, 6%, 6,5%, 7%, 7,5% yang kemudian hasil perhitungannya sebagai berikut

Table 4. Perhitungan KAO Rencana

URAIAN	NILAI	SATUAN
Proporsi fraksi Kasar	CA	35.88 %
Proporsi fraksi Halus	FA	61.20 %
Proporsi Bahan Pengisi	FF	2.91 %
Nilai Konstanta	K	2.00 %
Rumus Perkiraan Kadar Aspal (Pb)	Pb	$Pb = 0,035 (CA) + 0,045 (FA) + 0,18 (FF) + K$
Perkiraan Kadar Aspal		6.53 %

Rancangan campuran variasi kadar aspal didapat berdasarkan nilai Pb. Setelah nilai Pb didapat maka kemudian merancang campuran aspal. Dalam satu buah benda uji total campurannya adalah 1200 gr. Dari masing-masing variasi kadar aspal rencana kemudian dibuat rancangan komposisi campuran aspal. Dari hasil rancangan komposisi campuran akan didapat berat masing-masing material

Tabel 5. Rancangan Proporsi Campuran

KOMPOSISI CAMPURAN	KOMPOSISI AGREGAT	BERAT TIMBANGAN				
		5.5	6	6.5	7	7.5
KADAR ASPAL RENCANA						
a Agregat Halus	60%	680.4	676.8	673.2	669.6	666.0
b Agregat Sedang	23%	260.8	259.4	258.1	256.7	255.3
c Agregat Kasar	15%	170.1	169.2	168.3	167.4	166.5
d Filler/ semen	2%	22.7	22.6	22.4	22.3	22.2
BERAT AGREGAT CAMPURAN (gr)		1134.0	1128.0	1122.0	1116.0	1110.0
BERAT ASPAL (gr)		66.0	72.0	78.0	84.0	90.0
BERAT RENCANA TOTAL CAMPURAN (gr)		1200.0	1200.0	1200.0	1200.0	1200.0

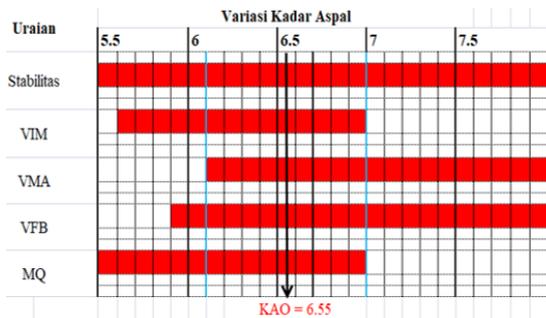
Analisa untuk data marshall selanjutnya adalah menghitung nilai berat jenis maksimum campuran (GMM) ditentukan dengan mengukur berat dan isi dari benda uji dimana udara yang berada di antara butir benda uji dikeluarkan dengan cara pengisapan. Dan hasil uji yang diperoleh adalah sebesar 2.42.

Hasil Uji Marshall

- Hubungan antara kadar aspal dengan stabilitas : Kadar aspal 5,5% sampai 6,5% nilai stabilitasnya semakin naik akan tetapi terjadi penurunan stabilitas di kadar aspal 7% dan 7.5%. Terjadi penurunan stabilitas di kadar aspal 7% dan 7,5% tidak sampai batas minimum (600 kg). Kelima nilai variasi kadar aspal memenuhi spesifikasi.
- Hubungan antara Kadar Aspal dengan Rongga dalam Campuran (VIM), yaitu ruang udara yang masih tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan. Nilai VIM yang disyaratkan adalah minimum 4 % dan maksimum 6 %. Dari grafik tampak bahwa dari kadar aspal 5,5% sampai kadar aspal 7,5% nilai VIM semakin turun. Pada kadar aspal 5,5% dan

7,5% nilai VIM tidak memenuhi spesifikasi. Jadi, yang memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2018 adalah kadar aspal 6%, 6,5%, dan 7%.

- c. Hubungan Kadar Aspal dengan Rongga Terhadap Agregat (VMA), yaitu banyaknya pori di antara butir-butir agregat di dalam beton aspal padat, termasuk rongga yang terisi aspal yang dinyatakan dalam persentase dari volume total. Nilai VMA yang disyaratkan adalah minimum 17%. Dari grafik tampak bahwa dari kadar aspal 5,5% sampai kadar aspal 7,5% nilai VMA semakin naik, akan tetapi pada kadar aspal 5,5% dan 6% nilai VMA tidak memenuhi persyaratan. Jadi, kadar aspal yang memenuhi spesifikasi adalah kadar aspal 6,5%, dan 7% dan 7,5%.
- d. Hubungan Kadar Aspal dengan Rongga Terisi Aspal (VFB), yaitu rasio antara volume aspal efektif terhadap volume rongga dalam agregat mineral. Nilai VFB yang disyaratkan adalah minimum 68%. Kadar aspal 5,5% sampai kadar aspal 7,5% nilai VFB semakin naik, akan tetapi pada kadar aspal 5,5% nilai VFB tidak memenuhi persyaratan. Nilai variasi kadar aspal yang memenuhi spesifikasi adalah kadar aspal 6%, 6,5%, dan 7% dan 7,5%.
- e. Hubungan Antara Kadar Aspal dan Marshall Quotient (MQ), MQ adalah merupakan hasil bagi antara stabilitas dan nilai Flow yang diperoleh dari uji tekan dengan metode Marshall. Nilai MQ yang disyaratkan adalah minimum 250 kg/mm. Kadar aspal 5,5% sampai kadar aspal 7,5% nilai MQ nya semakin turun, sehingga pada kadar aspal 7% dan 7,5 % nilai MQ tidak memenuhi persyaratan. Jadi, nilai MQ yang memenuhi persyaratan berada pada kadar aspal 5,5% sampai kadar aspal 6,5%.



Dari grafik di atas maka dapat ditentukan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang memenuhi seluruh parameter Marshall yaitu 6,55%. Dengan nilai KAO 6,55% dapat dilakukan evaluasi terhadap nilai Parameter Marshall. Dari tabel 4.14 dapat disimpulkan bahwa dengan nilai KAO 6,55% semua nilai parameter Marshall sudah memenuhi spesifikasi.

Tabel 6. Evaluasi Nilai Parameter Marshall Berdasarkan KAO

No	Sifat-Sifat	Nilai	Satuan	Spesifikasi
1	Kadar Aspal Optimum (KAO)	6.55	%	-
2	Kepadatan	2.313	gr/cm ³	-
3	Rongga dalam Agregat (VMA)	17.317	%	Min.17
4	Rongga Terisi Aspal (VFB)	74.219	%	Min.68
5	Rongga dalam Campuran (VIM)	4.48	%	4 – 6
6	Stabilitas	1193.094	kg	Min.600
8	Marshall Quotient (MQ)	273.835	kg/mm	Min.250

Kemudian dari nilai parameter marshall tersebut dapat ditentukan KAO yang optimum untuk semua rentang nilainya menggunakan barchart berikut ini:

Rancangan Campuran Variasi Komposisi Agregat

- a. Variasi 1 adalah agregat kasar (agregat sedang) 10% lebih banyak dari DMF dan agregat halus perlu dikurangi 10% tujuannya agar berat agregat campuran tetap 100%

Tabel 7. Rancangan Gradasi Agregat Kasar 10% lebih banyak dari DMF (Variasi 1)

Ukuran saringan	AGREGAT KASAR			AGREGAT SEDANG			AGREGAT HALUS		FILLER/ SEMEN		HASIL	SPESIFIKASI
	100%	15%	5%	100%	50%	100%	100%	2%				
3/4	19,0	100,00	15,00	100,00	55,00	100,00	50,00	100,00	2,00	100,00	100	
1/2	12,7	62,11	9,32	100,00	55,00	100,00	50,00	100,00	2,00	94,52	90 - 100	
3/8	9,5	14,95	2,24	95,99	52,67	100,00	50,00	100,00	2,00	86,90	65 - 90	
No.4	4,75	1,87	0,25	8,56	2,82	99,75	49,89	100,00	2,00	54,99	-	
No.8	2,35	1,68	0,25	1,20	0,40	75,12	37,56	100,00	2,00	40,21	35 - 55	
No.30	0,6	1,32	0,20	0,95	0,31	29,79	14,89	100,00	2,00	17,40	15 - 35	
No.200	0,075	0,22	0,05	0,23	0,07	2,20	1,10	75,37	1,51	2,71	2 - 9	

Tabel 8. Rancangan Proporsi Campuran Variasi 1

KOMPOSISI CAMPURAN		KOMPOSISI AGREGAT	BERAT TIMBANGAN
KADAR ASPAL RENCANA			6.5
a	Agregat Halus	50%	561.0
b	Agregat Sedang	33%	370.3
c	Agregat Kasar	15%	168.3
e	Filler/ semen	2%	22.4
BERAT AGREGAT CAMPURAN (gr)			100%
			1122.0
BERAT ASPAL (gr)			78.0
BERAT RENCANA TOTAL CAMPURAN (gr)			1200.0

- b. Variasi 2 adalah agregat kasar (agregat sedang) 10 % lebih sedikit dari DMF dan agregat halus ditambah 10%.

Tabel 9. Rancangan Gradasi Agregat Kasar 10% lebih sedikit dari DMF (Variasi 2).

Ukuran saringan	AGREGAT KASAR			AGREGAT SEDANG			AGREGAT HALUS		FILLER/ SEMEN		HASIL	SPESIFIKASI
	100%	5%	100%	25%	100%	70%	100%	2%				
3/4	19,0	100,00	5,00	100,00	25,00	100,00	70,00	100,00	2,00	100,00	100	
1/2	12,7	62,11	5,11	100,00	25,00	100,00	70,00	100,00	2,00	98,11	90 - 100	
3/8	9,5	14,95	0,75	95,99	22,77	100,00	70,00	100,00	2,00	95,51	65 - 90	
No.4	4,75	1,87	0,09	8,56	1,97	99,75	69,88	100,00	2,00	73,91	-	
No.8	2,35	1,68	0,08	1,20	0,28	75,12	52,59	100,00	2,00	54,95	35 - 55	
No.30	0,6	1,32	0,07	0,95	0,22	29,79	20,88	100,00	2,00	23,13	15 - 35	
No.200	0,075	0,22	0,01	0,23	0,05	2,20	1,54	75,37	1,51	3,11	2 - 9	

Tabel 10. Rancangan Proporsi Campuran Variasi 2

KOMPOSISI CAMPURAN		KOMPOSISI AGREGAT	BERAT TIMBANGAN
KADAR ASPAL RENCANA			
a	Agregat Halus	70%	785.4
b	Agregat Sedang	23%	258.1
c	Agregat Kasar	5%	56.1
d	Filler/ semen	2%	22.4
BERAT AGREGAT CAMPURAN (gr)		100%	1122.0
BERAT ASPAL (gr)			78.0
BERAT RENCANA TOTAL CAMPURAN (gr)			1200.0

c. Variasi 3 adalah Agregat halus 10% lebih banyak dari DMF dan agregat kasar dikurangi 10%.

Tabel 11. Rancangan Gradasi Agregat Halus 10% lebih banyak dari DMF (Variasi 3)

Ukuran saringan		AGREGAT KASAR		AGREGAT SEDANG		AGREGAT HALUS		FILLER/ SEMEN		HASIL	SPESIFIKASI
Inch	mm	100%	15%	100%	15%	100%	70%	100%	2%		
3/4	19.0	100.00	15.00	100.00	13.00	100.00	70.00	100.00	2.00	100.00	100
1/2	12.7	62.11	9.32	100.00	13.00	100.00	70.00	100.00	2.00	94.32	90 - 100
3/8	9.8	14.93	2.24	98.99	12.87	100.00	70.00	100.00	2.00	87.11	65 - 90
No.4	4.75	1.18	0.28	8.56	1.11	99.78	69.85	100.00	2.00	73.24	-
No.8	2.35	1.68	0.25	1.20	0.16	75.12	32.39	100.00	2.00	54.99	35 - 55
No.30	0.6	1.32	0.20	0.95	0.12	29.79	20.85	100.00	2.00	23.17	15 - 30
No.200	0.075	0.22	0.05	0.23	0.05	2.20	1.84	75.37	1.51	3.11	2 - 9

Tabel 12. Rancangan Proporsi Campuran Variasi 3

KOMPOSISI CAMPURAN		KOMPOSISI AGREGAT	BERAT TIMBANGAN
KADAR ASPAL RENCANA			
a	Agregat Halus	70%	785.4
b	Agregat Sedang	13%	145.9
c	Agregat Kasar	15%	168.3
e	Filler/ semen	2%	22.4
BERAT AGREGAT CAMPURAN (gr)		100%	1122.0
BERAT ASPAL (gr)			78.0
BERAT RENCANA TOTAL CAMPURAN (gr)			1200.0

d. Variasi 4 yaitu agregat halus 10% lebih sedikit dari DMF dan agregat kasar ditambah 10%.

Tabel 13. Rancangan Gradasi Agregat Halus 10% lebih sedikit dari DMF (Variasi 4)

Ukuran saringan		AGREGAT KASAR		AGREGAT SEDANG		AGREGAT HALUS		FILLER/ SEMEN		HASIL	SPESIFIKASI
Inch	mm	100%	25%	100%	23%	100%	50%	100%	2%		
3/4	19.0	100.00	25.00	100.00	23.00	100.00	50.00	100.00	2.00	100.00	100
1/2	12.7	62.11	15.55	100.00	23.00	100.00	50.00	100.00	2.00	90.55	90 - 100
3/8	9.8	14.93	3.73	98.99	22.77	100.00	50.00	100.00	2.00	78.50	65 - 90
No.4	4.75	1.87	0.47	8.56	1.97	99.78	49.89	100.00	2.00	84.32	-
No.8	2.35	1.68	0.42	1.20	0.28	75.12	37.56	100.00	2.00	40.26	35 - 55
No.30	0.6	1.32	0.33	0.95	0.22	29.79	14.89	100.00	2.00	17.44	15 - 35
No.200	0.075	0.22	0.05	0.23	0.05	2.20	1.10	75.37	1.51	2.71	2 - 9

Table 14. Rancangan Proporsi Campuran Variasi 4

KOMPOSISI CAMPURAN		KOMPOSISI AGREGAT	BERAT TIMBANGAN
KADAR ASPAL RENCANA			
a	Agregat Halus	50%	561.0
b	Agregat Sedang	23%	258.1
c	Agregat Kasar	25%	280.5
e	Filler/ semen	2%	22.4
BERAT AGREGAT CAMPURAN (gr)		100%	1122.0
BERAT ASPAL (gr)			78.0
BERAT RENCANA TOTAL CAMPURAN (gr)			1200.0

e. Variasi ke 5 adalah komposisi agregat yang sesuai DMF.

Tabel 15. Rancangan gradasi agregat sesuai DMF

Ukuran saringan		AGREGAT KASAR		AGREGAT SEDANG		AGREGAT HALUS		FILLER/ SEMEN		HASIL	SPESIFIKASI
Inch	mm	100%	15%	100%	23%	100%	60%	100%	2%		
3/4	19.0	100.00	15.00	100.00	23.00	100.00	60.00	100.00	2.00	100.00	100
1/2	12.7	62.11	9.32	100.00	23.00	100.00	60.00	100.00	2.00	94.32	90 - 100
3/8	9.8	14.93	2.24	98.99	22.77	100.00	60.00	100.00	2.00	87.01	65 - 90
No.4	4.75	1.87	0.28	8.56	1.97	99.78	59.87	100.00	2.00	64.12	-
No.8	2.35	1.68	0.25	1.20	0.28	75.12	45.07	100.00	2.00	47.60	35 - 55
No.30	0.6	1.32	0.20	0.95	0.22	29.79	17.87	100.00	2.00	20.29	15 - 35
No.200	0.075	0.22	0.05	0.23	0.05	2.20	1.32	75.37	1.51	2.91	2 - 9

Table 16. Rancangan Proporsi Campuran Variasi 5

KOMPOSISI CAMPURAN		KOMPOSISI AGREGAT	BERAT TIMBANGAN
KADAR ASPAL RENCANA			
a	Agregat Halus	60%	673.2
b	Agregat Sedang	23%	258.1
c	Agregat Kasar	15%	168.3
d	Filler/ semen	2%	22.4
BERAT AGREGAT CAMPURAN (gr)		100%	1122.0
BERAT ASPAL (gr)			78.0
BERAT RENCANA TOTAL CAMPURAN (gr)			1200.0

Pembahasan

Setelah menentukan variasi penyimpangan gradasi agregat, maka untuk mengetahui pengaruhnya terhadap karakteristik campuran maka dilakukan pengujian Marshall dengan menggunakan nilai KAO yang sama. Hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut :

Tabel 17. Rekapitulasi Nilai Parameter Marshall

No	Sifat-Sifat	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3	Variasi 4	Variasi 5	Satuan	Sp	
1	Kadar Aspal Optimum (KAO)	6.55						%	Δ
2	Stabilitas	815.87	757.93	792.11	918.39	1136.79	kg	Δ	
3	Rongga dalam Campuran (VIM)	8.02	7.10	6.22	5.39	4.61	%	Δ	
4	Rongga dalam Agregat (VMA)	20.29	19.49	18.73	18.01	17.33	%	Δ	
5	Rongga Tenisi Aspal (VFB)	60.55	63.56	66.74	70.11	73.67	%	Δ	
6	Marshall Quotient (MQ)	163.50	171.01	189.27	218.29	258.07	kg/mm	Δ	
7	Stabilitas Marshall Sisa	56.85	68.07	78.13	87.05	94.83	%	Δ	

Dari Tabel 17 ini diketahui nilai parameter marshall variasi pertama dimana campuran kelebihan kadar agregat kasar, ada beberapa parameter yang tidak memenuhi persyaratan yaitu VIM (> 6%), VFB (< 68%), MQ (< 250 kg/mm), dan stabilitas marshall sisa (< 90%). Dari hasil ini diketahui dengan bertambahnya kadar agregat kasar, nilai volume rongga campuran meningkat, yang sekaligus menurunkan nilai volume rongga yang dapat terisi oleh aspal, nilai marshall quotient (nilai kekakuan campuran) dan kemampuan campuran dalam menerima beban (stabilitas marshall)

Variasi kedua nilai parameter yang tidak memenuhi persyaratan spesifikasi adalah VIM (> 6%), VFB (< 68%), MQ (< 250 kg/mm) dan stabilitas marshall sisa (< 90%), sedangkan yang memenuhi spesifikasi hanya nilai parameter stabilitas dan VMA.

Variasi ketiga nilai parameter yang tidak memenuhi persyaratan spesifikasi adalah VIM (> 6%), VFB (< 68%), MQ (< 250 kg/mm) dan stabilitas marshall sisa (< 90%), sedangkan yang memenuhi spesifikasi hanya nilai parameter stabilitas dan VMA.

Kemudian pada variasi keempat dua nilai parameter marshall yang tidak memenuhi spesifikasi yaitu nilai MQ (< 250 kg/mm) dan stabilitas marshall sisa (< 90%).

Variasi kelima yang merupakan variable kontrol yaitu gradasi agregat yang sesuai DMF, semua nilai parameter marshall sudah memenuhi persyaratan spesifikasi.

Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu-lintas tanpa mengalami perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) seperti gelombang, alur (*rutting*), atau *bleeding*. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh kohesi atau penetrasi aspal, kadar aspal, gesekan (*internal friction*), sifat saling mengunci (*interlocking*) dari partikel-partikel agregat, bentuk dan tekstur permukaan, serta gradasi agregat.

Flow Kelelahan (flow) adalah deformasi vertikal yang terjadi mulai awal pembebanan sampai kondisi stabilitas menurun. Ini menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Besarnya nilai flow dinyatakan dalam milimeter (mm) atau 0.01 inci. Nilai flow dipengaruhi oleh kadar aspal, viskositas aspal, gradasi agregat, jumlah, dan temperatur pepadatan. Marshall quotient (MQ) merupakan perbandingan antara nilai stabilitas dan flow, artinya nilai MQ sangat ditentukan oleh besarnya stabilitas dan flow dari campuran. Nilai MQ yang terlalu tinggi menandakan campuran yang terlalu kaku sehingga

perkerasan mudah retak jika dibebani, sedangkan nilai MQ yang terlalu rendah menandakan campuran yang terlalu plastis dan mudah terjadi perubahan bentuk.

VIM merupakan volume pori yang masih tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan. Besarnya nilai VIM dipengaruhi oleh gradasi, berat jenis dan penyerapan serta persentasi kadar aspal. Nilai VIM yang terlalu besar mengakibatkan kurangnya kekedapan terhadap air, sehingga mempercepat penuaan aspal dan menurunnya sifat durabilitas beton aspal.

VMA adalah volume pori di dalam beton aspal padat jika selimut aspal diadukan, termasuk juga volume pori di dalam masing-masing butir agregat. Nilai VMA akan meningkat jika selimut aspal lebih tebal atau agregat yang digunakan bergradasi terbuka.

VFB merupakan volume pori beton aspal padat yang terisi oleh aspal atau volume selimut aspal. Biasa juga disebut rongga terisi aspal. VFB dipengaruhi oleh persentase kadar aspal serta berat jenis dan penyerapan agregat.

Nilai Stabilitas Marshall Sisa merupakan perbandingan stabilitas campuran yang direndam dengan stabilitas standar yang dinyatakan dalam persen. Angka IRS menunjukkan besarnya stabilitas yang masih dimiliki oleh campuran setelah dipengaruhi oleh air dari perendaman dengan lama waktu tertentu.

Berdasarkan hasil yang diperoleh ini membuktikan bahwa salah satu faktor penentu mutu campuran aspal panas yaitu distribusi ukuran/gradasi agregat produk campuran aspal panas memegang peranan penting karena hal ini berkaitan dengan masalah void/rongga yang dapat menentukan sifat - sifat mekanis dan fisik campuran. Selain itu pemberian rongga dalam campuran sangat menentukan karakteristiknya seperti stabilitas campuran, sifat durabilitas campuran serta kuantitas pemakaian aspal di dalam campuran beton aspal tersebut. Hal ini bisa dimaklumi karena pemakaian aspal dalam campuran selain dipengaruhi oleh luas permukaan agregat juga sangat dipengaruhi oleh besarnya rongga atau void di dalam campuran beton aspal.

Kesimpulan

Variasi gradasi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat campuran beton aspal terhadap parameter marshall. Dari penelitian ini membuktikan bahwa jika campuran beraspal panas mengandung kadar agregat kasar dan agregat halus yang berlebihan maupun kurang dari standar gradasi yang telah ditetapkan dalam spesifikasi campuran akan menyebabkan perubahan karakteristik campuran secara signifikan. Oleh karenanya kontrol pada saat penakaran agregat di dalam instalasi pencampur (AMP) sangatlah

penting, agar produk campuran beraspal panas dapat memenuhi ekspektasi yang digariskan dalam spesifikasi umum pekerjaan jalan dan jembatan dari Bina Marga

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kami tujukan kepada Kepala Laboratorium Pengujian Bahan Politeknik Negeri Kupang beserta jajaran teknisi yang telah memberikan kesempatan seluas – luasnya untuk memanfaatkan fasilitas peralatan dan material – material dalam pembuatan benda uji dan serangkaian pengujian sehingga kami dapat mengumpulkan data – data yang diinginkan guna keperluan Analisa lebih lanjut

Daftar Pustaka

- Ariawan, Made Agus, dkk. 2010. Pengaruh Gradasi Agregat Terhadap Karakteristik Campuran Laston. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*. Denpasar: Universitas Udayana.
- Ariestiani, Prilia. 2018. Pengaruh Gradasi Agregat pada Daerah Larangan Terhadap Kinerja Campuran Lapis Aspal Beton (Laston) Menggunakan Aspal Penetrasi 60/70. *Jurnal*

- Spek Umum Bina Marga Divisi 5-Spek 2010 Rev 3*. Mataram: Universitas Mataram.
- Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2010. “Divisi 6 Perkerasan Aspal Seksi 6.3 Campuran Beraspal Panas”, <https://keselamatanjalan.files.wordpress.com/2015/02/divisi-6-spek-2010-rev-3.pdf>. diakses 12 Mei 2022 Pukul 12.54.
- Samranda. 2017. “Perkerasan Berbutir dan Perkerasan Beton Semen” , <http://www.scribd.com/document/367369906/spek-umum-bina-marga-divisi-5-spek-2010-rev-3>, diakses 12 Mei 2022 pukul 13.56.
- Saodang, Hamirhan. 2005. *Perancangan Perkerasan Jalan Raya*. Bandung: Nova Bandung.
- Sukirman, Silvia. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Bandung: Institut Teknologi Nasional Bandung.
- Sumiati, Sukarman. 2014. ”Pengaruh Gradasi Agregat Terhadap Nilai Karakteristik Aspal Beton (AC-BC)” dalam *Jurnal Teknik Sipil Politeknik Negeri Sriwijaya*. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Syarwan, dkk. 2013. “Kajian Gradasi Agregat Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC) Terhadap Nilai Parameter Marshall Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2010” dalam *Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Terapan*. Aceh: Politeknik Negeri Lhokseumawe.