

# RENTANG KADAR ASPAL CAMPURAN BERASPAL PANAS SESUAI SPESIFIKASI BERBASIS SUPERPAVE (THE RANGE OF ASPHALT CONTENT IN HOT MIX ASPHALT MIXTURE UNDER SUPERPAVE SPECIFICATION)

N o n o

Pusat Litbang Jalan dan Jembatan,  
Jl.A.H.Nasution 264 Bandung 40294  
E-mail: sunaryono\_nn@yahoo.com

Diterima : 28 Mei 2010 ; Disetujui : 10 Agustus 2010

## ABSTRAK

*Kesesuaian antara kualitas campuran beraspal panas hasil konstruksi dengan kualitas rencana sangat sulit dicapai. Ada beberapa faktor yang dapat mengakibatkan terjadinya perbedaan, antara lain adalah pengaruh kurang-tepatan sampling, pengujian dan proses pembuatan campuran dan pelaksanaan dilapangan. Perbedaan atau keragaman hasil konstruksi tersebut masih dapat diterima asalkan sesuai dengan toleransi yang ditetapkan pada spesifikasi. Toleransi dalam spesifikasi mencerminkan bahwa kualitas hasil produksi masih dapat diterima karena secara teknis masih dalam rentang yang disyaratkan. Makalah ini membahas tentang rentang batas kadar aspal yang masih memenuhi persyaratan sesuai spesifikasi yang berbasis Superpave untuk berbagai tipe dan gradasi campuran beraspal panas, baik untuk Laston maupun Lataston. Kegiatan yang dilakukan adalah mencakup kajian pustaka, pengujian bahan dan beberapa jenis campuran beraspal panas di laboratorium dan analisis data yang mencakup analisis deskriptif terhadap sifat bahan dari campuran beraspal. Hasil analisis diperoleh bahwa rentang batas kadar aspal untuk campuran beraspal panas mengacu terhadap spesifikasi yang berbasis Superpave, terutama untuk tipe campuran Laston rentang batas kadar aspal yang memenuhi persyaratan bervariasi dan lebih sempit ( $< 0,3\%$ ). Adapun untuk campuran Lataston masih cukup lebar ( $\geq 0,4\%$ ). Berhubung rentang batas kadar aspal yang diijinkan untuk campuran Laston cukup sempit maka pada proses pengambilan contoh, pengujian dan proses pembuatan campuran serta pelaksanaan konstruksi dilapangan diperlukan presisi dan akurasi yang tinggi. Dalam hal ini terkait dengan pelaksana yang terlatih dan peralatan yang baik serta terkalibrasi.*

*Kata kunci: rentang kadar aspal, campuran beraspal panas, Superpave, toleransi, Laston dan Lataston.*

## ABSTRACT

*Conformity between the quality of hot mix asphalt construction with quality results is very difficult to achieve the plan. There are several factors that can lead to differences, among others, is the effect of lack of precision sampling, testing and manufacturing process of the mixture and implementation of the field. Difference or diversity of the construction is still acceptable as long as it is within tolerance as specified in the specification. Tolerance in the specification reflects that the quality of the product is still acceptable because it is technically still within the range required. This paper discusses the range limit of bitumen content which still meet the requirements based Superpave specifications for various types and gradations of hot asphalt mixture, either for Laston or Lataston. Activities*

*undertaken are included literature review, testing of materials and some types of hot mix asphalt in the laboratory and data analysis that includes a descriptive analysis to properties of material and hot mix asphalt. Analysis shows that the range limit of bitumen for hot mix asphalt-based refers to the Superpave specification, especially for the type of mixture of bitumen mixture which limits the range to meet varied requirements and more narrower ( $< 0.3\%$ ). As for the mixture Laston was still quite wide, namely  $\geq 0.4\%$ . Since the range limit of bitumen content for Laston narrow enough, so in the process of sampling, testing and manufacturing process of the mixture and implementation of field is required precision and high accuracy. In this case associated with implementing a well-trained and well and calibrated equipment*

*Key words: the range of bitumen content, hot mix asphalt, Superpave, tolerance, Laston and Lastaston*

## PENDAHULUAN

Campuran beraspal panas terdiri atas beberapa bahan dan setiap bahan yang diproduksi dan dihampar ditempat kerja memiliki variabilitas berbeda tergantung pada banyak faktor. Pada umumnya hasil proses pencampuran dan pelaksanaan dilapangan terjadi perbedaan kala dibandingkan dengan rencana. Perbedaan atau keragaman ini berpengaruh sekali terhadap kinerja jalan. Namun demikian, perbedaan atau keragaman dari hasil konstruksi tersebut masih dapat diterima asalkan sesuai dengan toleransi yang ditetapkan pada spesifikasi. Toleransi dalam spesifikasi mencerminkan bahwa kualitas yang diperlukan untuk produk akhir masih memenuhi persyaratan. Perbedaan atau keragaman sangat sulit dihindari karena pengaruh beberapa faktor, diantaranya: kurang-tepatan pada saat pengambilan contoh (*sampling*), pengujian dan proses pembuatan campuran dan pelaksanaan dilapangan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi rentang kadar aspal yang masih memenuhi persyaratan sesuai spesifikasi yang berbasis Superpave untuk berbagai tipe dan gradasi campuran beraspal panas.

## KAJIAN PUSTAKA

### Kinerja Perkerasan Beraspal

Beberapa metode disain telah berevolusi untuk menghasilkan campuran beraspal panas

yang sesuai untuk situasi tertentu. Agar memenuhi kriteria untuk kondisi lalu lintas tertentu maka campuran beraspal panas tersebut harus (Shell Bitumen, 2003):

- mampu menahan deformasi permanen;
- mampu menahan kelelahan retak;
- mudah dilaksanakan selama penghamparan, memungkinkan material dapat dipadatkan secara memuaskan dengan peralatan yang tersedia;
- kedap, untuk melindungi lapisan bawah struktur jalan dari air;
- tahan lama, tahan abrasi oleh lalu lintas dan efek dari udara dan air;
- berkontribusi pada kekuatan struktur perkerasan;
- mudah dipelihara, dan yang paling penting
- biaya efektif.

Selain di atas, tentu saja permukaan bahan juga harus:

- mempunyai kekesatan yang memadai pada semua kondisi cuaca
- menghasilkan tingkat kebisingan yang rendah, dan
- memberikan kualitas permukaan yang nyaman.

Keruntuhan beton aspal berdasarkan SHRP A-410 (Kennedy, 1994) terdiri atas deformasi plastis, retak lelah dan retak pada temperatur rendah dan menurut NAPA-1991, retak lelah dipengaruhi beberapa faktor, yaitu: struktur perkerasan, aspal, kadar aspal, *Void Mineral Aggregate* VMA, karakteristik agregat pondasi (*cemented material*) dan karakteristik tanah dasar,

Sedangkan *rutting*/deformasi plastis sebagai akibat “kekakuan aspal rendah, kadar aspal tinggi dan VIM rendah” (fungsi dari gradasi dan kadar aspal).

Spesifikasi campuran beraspal panas yang menjadi acuan dalam pembangunan dan pemeliharaan/peningkatan perkerasan lentur adalah Spesifikasi Campuran Beraspal Panas sesuai Seksi 6.3 Buku V yang diterbitkan oleh Bina Marga tahun 2010. Spesifikasi ini sebagian merujuk pada Spesifikasi Superpave.

Adapun tujuan di perkenalkannya spesifikasi Superpave tersebut adalah untuk mengatasi deformasi permanen, kelelahan retak dan retak pada temperatur rendah, yaitu melalui karakteristik campuran yang mempunyai:

- o Kadar aspal yang cukup untuk keawetan, yakni dengan rongga terisi aspal (VFB) yang tepat;
- o Rongga dalam agregat (VMA) dan rongga dalam campuran (VIM) yang cukup;
- o Kemudahan pengerjaan yang cukup; dan
- o Kinerja yang memuaskan selama umur rencana perkerasan

Gradasi adalah sifat yang sangat penting dari campuran beraspal panas, karena mempengaruhi semua aspek campuran. Ketika proporsi agregat menjadi ukuran yang berbeda maka kontraktor dapat menentukan apa jenis tekstur permukaan perkerasan yang diinginkan. Spesifikasi gradasi adalah menggunakan grafik dengan power 0,45 untuk penentuan struktur agregat. Hal ini dapat digunakan untuk menunjukkan stabilitas, ketahanan dan

constructability. Struktur agregat padat tidak memberi ruang/rongga untuk aspal.

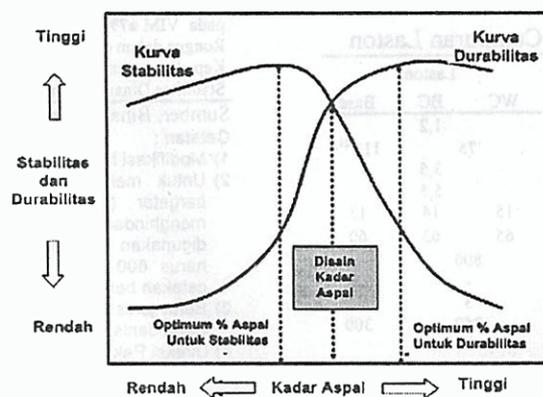
**Spesifikasi campuran beraspal panas sesuai Bina Marga Tahun 2010 (Buku V, Seksi 6.3 Edisi)**

Spesifikasi Umum Bina Marga 2006 mengenal 3 (tiga) kelompok pembagian karakteristik campuran berdasarkan beban lalu-lintas, yaitu untuk lalu-lintas <0,5 juta ESA digunakan Latasir (Lapis Tipis Aspal Pasir/ *Sand Sheet*), untuk lalu lintas 0,5 – 1 juta ESA digunakan Lataston (Lapis Tipis Beton Aspal / HRS) dan untuk lalu lintas >1 juta digunakan Laston (Lapisan Beton Aspal, AC).

Aspal yang digunakan adalah aspal dari jenis Aspal Keras Pen 40, Aspal Keras Pen 60, Aspal Polimer, Aspal dimodifikasi dengan Asbuton dan Aspal Multigrade. Kecuali untuk lalu-lintas berat seperti jalur utara Pulau Jawa, maka aspal yang digunakan adalah aspal keras pen 60.

Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal, ditunjukkan dalam Tabel 1, dan khusus untuk Laston harus berada di luar Daerah Larangan (*Restriction Zone*).

Campuran beraspal terdiri dari agregat, aspal dan filler. Bila diperintahkan oleh Direksi Pekerjaan aditif dapat ditambahkan untuk menghasilkan sifat-sifat khusus diluar ketentuan. Persyaratan karakteristik campuran untuk Lataston dan Laston serta Laston Dimodifikasi diperlihatkan berturut-turut pada Tabel 2, 3 dan 4.



**Gambar 1.** Hubungan antara kadar aspal dengan stabilitas dan durabilitas campuran beraspal (Sumber: WSDOT, 2005)

**Tabel 1. Gradasi Agregat Gabungan**

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos						
		Latasir (SS)		Lataston (HRS)		LASTON (AC) <sup>2</sup>		
ASTM	(mm)	Kelas A	Kelas B	WC	Base /BC	WC	BC	Base
1½"	37,5							100
1"	25						100	90 - 100 <sup>3)</sup>
¾"	19	100	100	100	100	100	90 - 100 <sup>3)</sup>	Maks.90
½"	12,5			90 - 100 <sup>3)</sup>	90 - 100 <sup>3)</sup>	90 - 100 <sup>3)</sup>	Maks.90	
3/8"	9,5	90 - 100 <sup>3)</sup>	100	75 - 85	65 - 100	Maks.90		
No.4	4,75	100						
No.8	2,36		75 - 100 <sup>3)</sup>	50 - 72 <sup>1</sup>	35 - 55 <sup>1</sup>	28 - 58	23 - 49	19 - 45
No.16	1,18							
No.30	0,600			35 - 60	15 - 35			
No.200	0,075	10 - 15	8 - 13	6 - 12	2 - 9	4 - 10	4 - 8	3 - 7
<b>DAERAH LARANGAN</b>								
No.4	4,75							39,5
No.8	2,36					39,1	34,6	26,8 - 30,8
No.16	1,18					25,6 - 31,6	22,3 - 28,3	18,1 - 24,1
No.30	0,600					19,1 - 23,1	16,7 - 20,7	13,6 - 17,6
No.50	0,300					15,5	13,7	11,4

Sumber: Bina Marga (2010).

Catatan :

1. Untuk HRS-WC dan HRS-Base, paling sedikit 80 % agregat lolos ayakan No.8 (2,36 mm) harus juga lolos ayakan No.30 (0,600 mm). Kriteria gradasi senjang yang lolos ayakan No.8 (2,36 mm) dan tertahan ayakan No.30 (0,600 mm) dalam Tabel 6.3.2-5.
2. Untuk AC, digunakan titik kontrol gradasi agregat, berfungsi sebagai batas-batas rentang utama yang harus ditempati oleh gradasi-gradasi tersebut. Batas-batas gradasi ditentukan pada ayakan ukuran nominal maksimum, ayakan menengah (2,36 mm) dan ayakan terkecil (0,075 mm).

**Tabel 2. Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Lataston**

Sifat-sifat Campuran		Lataston	
		WC	BC
Penyerapan Aspal (%)	Max	1,7	
Jumlah tumbukan per bidang		75	
Rongga dalam campuran (%) <sup>(3)</sup>	Min	3,0	
	Max	6,0	
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min	18	17
Rongga terisi aspal (%)	Min	68	
Stabilitas Marshall (%) (kg)	Min	800	
Pelelehan (mm)	Min	3	
Marshall Quotient (kg/mm)	Min	250	
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C pada VIM ±7% <sup>(4)</sup>	Min	80	75
Rongga dalam campuran (%) pada <sup>(2)</sup>			
Kepadatan membal (refusal)	Min	2	

\*) Sumber: Bina Marga (2010).

**Tabel 3. Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston**

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		WC	BC	Base
Penyerapan Aspal (%)	Max		1,2	
Jumlah tumbukan per bidang		75		112 <sup>(1)</sup>
Rongga dalam campuran (%) <sup>(3)</sup>	Min		3,5	
	Max		5,5	
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min	65	63	60
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800		1500 <sup>(1)</sup>
	Max	-		-
Pelelehan (mm)	Min	3		5 <sup>(1)</sup>
Marshall Quotient (kg/mm)	Min	250		300
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C pada VIM ±7% <sup>(4)</sup>	Min		75	
Rongga dalam campuran (%) pada <sup>(2)</sup>				
Kepadatan membal (refusal)	Min		2,5	

\*) Sumber: Bina Marga (2010).

**Tabel 4. Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston Dimodifikasi**

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		WC Mod	BC Mod	Base Mod
Penyerapan Aspal (%)	Max		1,7	
Jumlah tumbukan per bidang		75		112 <sup>(1)</sup>
Rongga dalam campuran (%) <sup>(3)</sup>	Min		3,5	
	Max		5,5	
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min	65	63	60
Stabilitas Marshall (%) (kg)	Min	1000		1800 <sup>(1)</sup>
	Max	-		-
Pelelehan (mm)	Min	3		5 <sup>(1)</sup>
	Max	-		-
Marshall Quotient (kg/mm)	Min	300		350
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C pada VIM ±7% <sup>(4)</sup>	Min		75	
Rongga dalam campuran (%) pada <sup>(2)</sup>	Min		2,5	
Kepadatan membal (refusal)				
Stabilitas Dinamis, Lintasan / mm <sup>(5)</sup>	Min		2500	

Sumber: Bina Marga (2010).

Catatan :

- 1) Modifikasi Marshall
- 2) Untuk menentukan kepadatan membal (refusal), penumbuk bergetar (vibratory hammer) disarankan digunakan untuk menghindari pecahnya butiran agregat dalam campuran. Jika digunakan penumbukan manual jumlah tumbukan per bidang harus 600 untuk cetakan berdiameter 6 in dan 400 untuk cetakan berdiameter 4 in
- 3) Berat jenis efektif agregat akan dihitung berdasarkan pengujian Berat Jenis Maksimum Agregat (Gmm test, AASHTO T-209).
- 4) Direksi Pekerjaan dapat menyetujui prosedur pengujian AASHTO T283 sebagai alternatif pengujian kepekaan kadar air. Pengondisian beku cair (freeze thaw conditioning) tidak diperlukan. Standar minimum untuk diterimannya prosedur T283 harus 75% Kuat Tarik Sisa.

## Spesifikasi campuran beraspal panas sesuai Superpave

Pada spesifikasi campuran beraspal panas "Superpave" M 323-07 AASHTO 2004 rancangan campuran dibagi menjadi 5 kelas sesuai dengan rencana lalu-lintas, yaitu:

- < 0,3 Juta  $ESAL_S$  (*Equivalent Standard Axle Loads*)
- 0,3 s/d < 3 Juta  $ESAL_S$  (*Equivalent Standard Axle Loads*)
- 3 s/d < 10 Juta  $ESAL_S$  (*Equivalent Standard Axle Loads*)
- 10 s/d < 30 Juta  $ESAL_S$  (*Equivalent Standard Axle Loads*)
- > 30 Juta  $ESAL_S$  (*Equivalent Standard Axle Loads*)

Masing-masing kelas jalan mempunyai persyaratan kepadatan, dan volumetrik yang berbeda, serta persyaratan kualitas bahan (aspal dan agregat) yang berbeda juga. Makin berat beban lalu-lintas maka persyaratan yang diminta makin berat juga. Sementara temperatur udara akan mempengaruhi persyaratan dari aspal yang akan digunakan. Sebelum pengujian campuran terhadap benda uji campuran maka untuk pembuatan benda ujinya disarankan menggunakan *Gyratory Compactor*. Alat *Gyratory* ini selain untuk pembuatan rancangan campuran juga untuk pengendalian mutu dilapangan.

Selama proses pemadatan, kepadatan benda uji dimonitor dan dicatat. Kepadatan sebagai persentase berat maksimum teoritis sesuai AASHTO T209 (AASHTO 2008), dapat diplot terhadap jumlah girasi atau terhadap jumlah girasi dalam log. Proses pemadatan ini memberikan gambaran kemudahan pada proses pemadatan (*workabilitas*) dan dapat memperkirakan ketahanan campuran terhadap deformasi. Ada 3 *compactive efforts* yang ditetapkan pada prosedur perencanaan campuran Superpave, yaitu:

- $N_{init}$  : *Compactive effort awal*
- $N_{design}$  : *Compactive effort rencana*
- $N_{max}$  : *Compactive effort maksimum*

*Compactive effort*  $N_{init}$  dan  $N_{max}$  digunakan untuk mengevaluasi tingkat

kepadatan campuran, namun  $N_{design}$  adalah digunakan untuk pemilihan kadar aspal rencana. Yang berkaitan dengan ke tiga *compactive effort* di atas adalah densitas atau kepadatan, yaitu:  $C_{init}$ ,  $C_{design}$ ,  $C_{max}$ , yang mana besarnya diekspresikan sebagai persentase dari berat jenis maksimum teoritis campuran AASHTO T209 (AASHTO 2008).

Nilai girasi rencana ( $N_{design}$ ) adalah fungsi dari rata-rata temperatur udara rencana dan lalu-lintas rencana ( $ESAL_S$ ) selama umur rencana sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5.

Jumlah girasi untuk  $N_{init}$  berkisar antara 7 sampai 10 sesuai persamaan:

$$\text{Log } N_{init} = 0,45 \text{ Log } N_{design} \dots\dots\dots 1)$$

Jumlah girasi untuk  $N_{max}$  berkisar antara 104 sampai 287 sesuai persamaan:

$$\text{Log } N_{max} = 1,10 \text{ Log } N_{design} \dots\dots\dots 2)$$

Tabel 5. Jumlah Girasi Rencana ( $N_{design}$ )

Lalu-Lintas Rencana ( $ESAL_S$ )	Jumlah Girasi Rencana Sesuai Temperatur Udara Rencana Rata-Rata ( $^{\circ}C$ )			
< 39	39-41	41-43	43-45	
< $3 \times 10^5$	68	74	78	82
< $1 \times 10^6$	76	83	88	93
< $3 \times 10^6$	86	95	100	105
< $1 \times 10^7$	96	106	113	119
< $3 \times 10^7$	109	121	128	135
< $1 \times 10^8$	126	139	146	153
> $1 \times 10^8$	143	158	165	172

Sumber: SHRP (1994)

Superpave merekomendasikan agar campuran tahan terhadap deformasi permanent maka  $C_{mit} \leq 89\%$ , sedangkan untuk mengantisipasi pemadatan akibat lalu-lintas sehingga dapat terjadi deformasi plastis dan membuat deformasi permanent maka direkomendasikan  $C_{max} \leq 98\%$ . Hal demikian, menunjukkan bahwa rongga dalam campuran (VIM) harus  $\geq 2\%$ .

Penentuan kadar aspal rencana (optimum) didasarkan atas karakteristik volumetrik, yaitu; rongga dalam campuran (VIM), rongga dalam agregat (VMA), rongga terisi aspal (VFB) dan kepadatan.

Karakteristik campuran kriteria persyaratannya dibagi menjadi lima kecuali rasio bahan pengisi terhadap aspal (*dust to binder ratio*) yang sama sebagaimana

ditunjukkan pada Tabel 6. Disain kelas lalu-lintas diarahkan untuk mengantisipasi beban lalu-lintas pada lajur rencana dalam perioda 20 tahun. Tanpa memperhatikan umur rencana perkerasan, tentukan design ESAL untuk 20 tahun.

Penentuan kadar aspal pada spesifikasi Superpave adalah perencana akan memilih kandungan aspal pengikat yang akan memberikan 4% VIM pada  $N_{design}$ . Kemudian perencana menentukan nilai untuk rongga dalam mineral agregat (VMA) dan rongga yang terisi aspal (VFB) dari kurva lain (lihat Gambar 3). Nilai-nilai ini kemudian akan diperiksa terhadap spesifikasi campuran.

Langkah-langkah yang dapat diambil untuk mengatur karakteristik campuran, yaitu jika pengujian menunjukkan bahwa campuran tidak memenuhi persyaratan disain campuran, saran-saran berikut ini diberikan (AASHTO R 35):

- Atur VMA; Perubahan pada gradasi agregat atau sumber agregat biasanya diperlukan untuk mengatur VMA. Ada tiga pilihan yang memungkinkan:
  - Ubah gradasi. Bergerak kurva gradasi menuju garis kepadatan maksimum

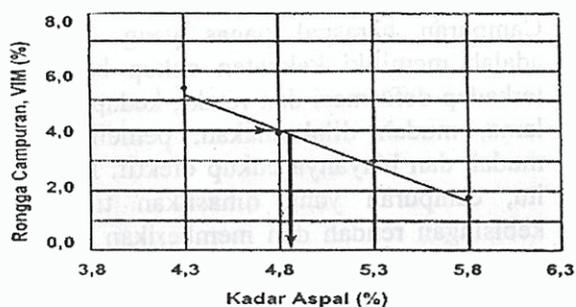
umumnya akan mengurangi VMA; bergerak menjauh dari garis kepadatan maksimum umumnya akan meningkatkan VMA.

- Ubah material yang lolos No. 200 (0.075 mm). Meningkatkan bahan yang lolos No 200 biasanya menurunkan VMA dan penurunan bahan yang lolos No. 200 biasanya akan meningkatkan VMA.
- Mengubah tekstur permukaan dan / atau bentuk partikel fraksi agregat halus. Peningkatan penggunaan suatu agregat dengan tekstur kasar pada umumnya akan meningkatkan VMA, dan meningkatnya penggunaan agregat bulat akan mengurangi VMA.
- Menyesuaikan VFB; Batas bawah rentang VFB jika VMA memenuhi persyaratan, selalu harus dipenuhi pada  $VIM = 4\%$ . Jika batas atas VFB terlampaui, maka VMA secara substansial di atas minimum yang dipersyaratkan. Hasilnya dapat merupakan campuran beraspal panas yang tidak akan mendukung lalu lintas yang padat. Jika ini terjadi, langkah-langkah yang dibahas di atas harus diambil untuk mengurangi VMA.

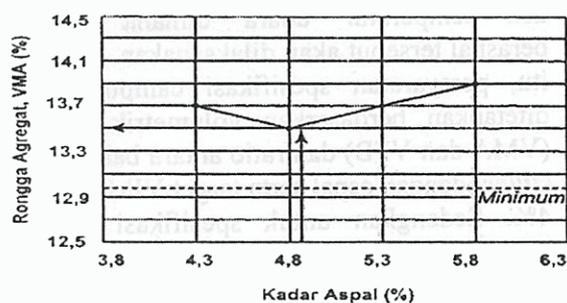
**Tabel 6.** Persyaratan karakteristik campuran beraspal panas berdasarkan spesifikasi Superpave

Disain ESALs (juta)	Kepadatan (% terhadap maksimum specific gravity teoritis)			Minimum Rongga dalam Agregat (%)					Rongga Terisi Aspal, VFB (%)	Rasio Abu terhadap aspal
				Ukuran Nominal Maksimum Agregat (mm)						
	$N_{initial}$	$N_{design}$	$N_{max}$	37,5	25,0	19,0	12,5	9,5		
<0,3	$\leq 91,5$								70 - 80	
0,3 - <0,3	$\leq 90,5$								65 - 78	
3 - <10		96,0		11,0	12,0	13,0	14,0	15,0		0,6 - 1,2
10 - <30	$\leq 89,0$		$\leq 98,0$						65 - 75	
$\geq 30$										

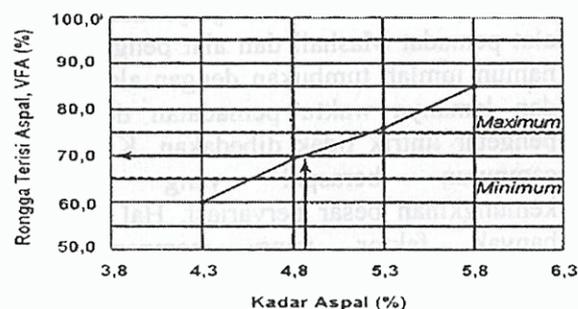
Sumber : The Asphalt Institute's (2007)



- a. Hubungan antara kadar aspal dengan rongga dalam campuran



- b. Hubungan antara kadar aspal dengan rongga dalam agregat



- c. Hubungan antara kadar aspal dengan rongga terisi aspal

**Gambar 3.** Penentuan kadar aspal pada spesifikasi Superpave  
(Sumber: The Asphalt Institute's, 2007)

### Variabilitas dan toleransi campuran beraspal

Berdasarkan World Road Association (2000) bahwa variabilitas melekat pada jenis bahan, karakteristik atau fitur yang akan diukur. Setiap bahan yang diproduksi dan dihampar ditempat kerja memiliki variabilitas berbeda tergantung pada banyak faktor. Hampir tidak

ada bahan atau proses konstruksi yang menunjukkan 100 persen sesuai dengan spesifikasi. Oleh karena itu, toleransi harus digunakan untuk menentukan tingkat penerimaan, berdasarkan variabilitas dan apa yang dapat dilaksanakan. Keragaman ini mungkin memiliki pengaruh yang sangat penting pada kinerja jalan. Sangat penting bahwa toleransi dalam spesifikasi mencerminkan kualitas yang diperlukan untuk produk akhir dan bahwa mereka yang didirikan berdasarkan sampling, pengujian dan kondisi pengolahan yang sama diharapkan selama konstruksi.

Tipikal variabilitas berevolusi dengan waktu. Namun, prosedur dan peralatan konstruksi, metoda pengujian, bahan dan keahlian telah berubah secara signifikan. Oleh karena itu, toleransi membutuhkan penyesuaian terus-menerus. Perbaikan teknologi, bersama dengan proses yang lebih baik dan prosedur pengujian telah menyebabkan penurunan variabilitas. Namun, masih penting untuk memahami sumber-sumber variabilitas dan pentingnya prosedur yang standar untuk pengambilan sampel dan pengujian.

Banyak faktor yang mempengaruhi variabilitas, termasuk: sifat bahan; proses produksi/pembuatan; lokasi dan jenis sampling, jarak, area atau volume yang diwakili; metoda pengujian dan waktu dimana karakteristik diukur. Variabilitas didefinisikan sebagai kuantifikasi variasi tipikal diperoleh pada bahan atau proses konstruksi. Berdasarkan NCHRP 232 yang dicuplik oleh World Road Association (2000) menggambarkan berbagai sumber variasi yang dapat dicatat menjadi lima jenis, yaitu:

- 1) Variasi yang melekat adalah variasi acak sebenarnya dari bahan dan merupakan fungsi dari karakteristik bahan itu sendiri. Variasi tersebut hanya dapat ditentukan melalui pengambilan contoh dan pengujian dan mungkin bervariasi dalam besarnya.
- 2) Variasi pengujian sesuai dengan kurangnya pengulangan antara hasil test. Hal ini dapat oleh beberapa faktor, yaitu: kondisi peralatan, kemampuan operator, kalibrasi, prosedur pengujian, dll.

- 3) Variabilitas terjadi ketika contoh yang diambil dengan proporsi yang berbeda dari sekelompok bahan (batch) yang memiliki kehomogen yang sama, namun tidak menunjukkan hasil yang sama. Variasi ini mungkin karena teknik pengambilan contoh tetapi sulit untuk secara jelas terpisah dari pengujian variasi, sehingga kedua faktor tersebut umumnya digabungkan. Hal ini penting untuk mengikuti pengambilan contoh dan prosedur pengujian untuk mengurangi keraguan dalam jenis variasi.
- 4) Variasi dalam sekelompok bahan adalah perbedaan antara hasil uji bukan fungsi dari teknik pengambilan contoh tetapi berhubungan dengan variasi nyata karakteristik bahan. Contoh dari jenis variasi segregasi agregat.
- 5) Variasi dari kelompok-kelompok bahan (*Batch-to-batch variation*) adalah merupakan selisih dari satu kelompok bahan dengan yang lainnya untuk jenis bahan yang sama yang diproduksi. Variasi dari kelompok-kelompok bahan akan meningkat ketika proses di luar kendali. Semua jenis variasi dapat dimasukkan dalam variasi secara keseluruhan, yang merupakan jumlah variasi individu. Secara keseluruhan variasi digunakan untuk mendefinisikan toleransi.

Mengacu pada spesifikasi umum bidang jalan dan jembatan-Bina Marga (2010) yaitu spesifikasi campuran beraspal panas Buku V Divisi 6.3, bahwa toleransi campuran beraspal panas disajikan pada Tabel 7. Sedangkan untuk toleransi kepadatan lapisan yang telah dipadatkan sama atau lebih besar 98% untuk Laston dan 97% untuk Lataston.

**Tabel 7.** Toleransi Campuran

Uraian	Toleransi
Agregat Gabungan Lolos Saringan	
- Sama atau lebih besar dari 2,36 mm	± 5 % berat total agregat
- 2,36 mm sampai No.50	± 3 % berat total agregat
- No. 100 dan tertahan No.200	± 2 % berat total agregat
- No.200	± 1 % berat total agregat
Kadar aspal	± 0,3 % berat total campuran
Temperatur Campuran keluar dari pugmill	± 10 °C

Sumber: Bina Marga (2010).

Campuran beraspal panas yang diharapkan adalah memiliki kekuatan cukup baik (tahan terhadap deformasi dan retak), kedap air, tahan lama, mudah dilaksanakan, pemeliharaannya mudah dan biayanya cukup efektif. Disamping itu, campuran yang dihasilkan tidak licin, kebisingan rendah dan memberikan kenyamanan bagi penggunaanya. Perencanaan campuran beraspal panas sesuai spesifikasi Superpave dalam pembuatan benda ujinya menggunakan alat *gyratory*, jumlah girasi rencananya disesuaikan dengan kondisi lalu lintas rencana dan temperatur udara dimana campuran beraspal tersebut akan dilaksanakan. Disamping itu, persyaratan spesifikasi campuran hanya ditetapkan berdasarkan volumetrik campuran (VMA dan VFB) dan ratio antara bahan pengisi (*filler*) dengan aspal serta target VIM ditetapkan 4%. Sedangkan untuk spesifikasi campuran beraspal panas berdasarkan Bina Marga untuk lalu lintas rencana dengan katagori sedang menggunakan campuran Lataston dan untuk lalu lintas berat menggunakan Laston dan sangat berat menggunakan Laston modifikasi. Dalam pembuatan benda ujinya menggunakan alat pemadat Mashall dan alat pengetar listrik, namun jumlah tumbukan dengan alat Marshall dan lamanya waktu pemadatan dengan alat pengetar listrik tidak dibedakan. Karakteristik campuran beraspal yang dihasilkan kemungkinan besar bervariasi. Hal ini karena banyak faktor yang mempengaruhinya, diantaranya akibat tingkat kehomogenan bahan, pengambilan contoh uji, prosedur pengujian kurang tepat, akurasi dan presisi dari alat yang digunakan serta keahlian personil. Untuk itu, untuk menjamin hasil yang diperoleh terutama untuk dasar penerimaan pada buku spesifikasi ditetapkan nilai toleransi, baik dalam penggunaan bahan maupun hasil pelaksanaan dilapangan (seperti nilai kepadatan).

## HIPOTESIS

Pembuatan campuran beraspal panas dengan mengacu terhadap spesifikasi yang berbasis spesifikasi Superpave, yaitu dengan mempertimbangkan kepadatan membal (*at*

*refusal*) maka rentang kadar aspal yang masih memenuhi persyaratan menjadi menyempit atau berkurang.

## METODOLOGI

Sesuai hasil kajian pustaka bahwa spesifikasi campuran beraspal panas yang berbasis pada spesifikasi Superpave ditujukan untuk mengantisipasi deformasi plastis, retak lelah dan retak pada temperatur rendah. Namun demikian, ada beberapa hal yang perlu dikaji ulang untuk masukkan terhadap spesifikasi campuran beraspal panas yang selama ini digunakan.

Tahapan kegiatan yang dilakukan mencakup pengkajian pustaka, pengujian laboratorium dan analisis data. Uraian untuk masing-masing kegiatan utama tersebut adalah:

- Pengkajian pustaka  
Sesuai dengan tujuan adalah mengevaluasi dan mengkaji beberapa literatur tentang campuran beraspal panas digunakan di negara yang lebih maju, termasuk spesifikasi campuran beraspal pada Buku V Divisi 6.3 pada Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan (Bina Marga, 2010).
- Pengujian laboratorium  
Kegiatan pengujian yang dilakukan adalah mencakup pengujian mutu bahan (agregat dan aspal) dan pembuatan campuran beraspal. Jenis campuran beraspal yang akan dicoba adalah mencakup beton aspal lapis permukaan (ACWC), beton aspal lapis antara (ACBC) dan beton aspal lapis pondasi (AC-Base). Di laboratorium dilakukan juga pengujian Laston lapis permukaan (HRS-WC) dan Laston lapis pondasi (HRS-Base). Jenis pengujian campuran dengan menggunakan alat Marshall Test. Masing-

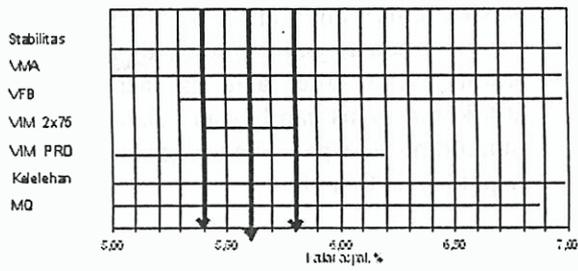
masing jenis campuran dilakukan minimum 2 variasi gradasi, yaitu gradasi di atas dan di bawah kurva fuller atau gradasi mendekati titik kontrol atas dan bawah. Bahan pengikat campuran beraspal yang digunakan adalah Aspal Keras Pen 60.

### Analisis Data

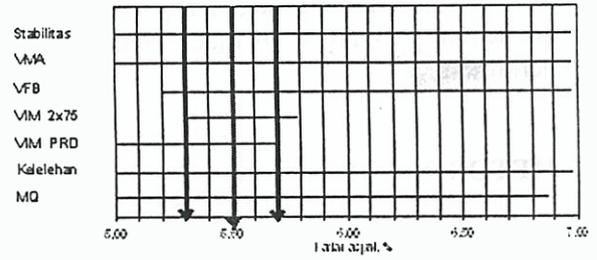
Analisis data yang dilakukan untuk mengevaluasi rentang kadar aspal campuran beraspal panas yang masih memenuhi persyaratan campurannya adalah menggunakan analisis deskriptif terhadap besaran Marshall dan volumetrik campuran beraspal panas yang menggunakan bahan pengikat aspal keras pen 60, baik untuk Laston dan Laston.

## HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS

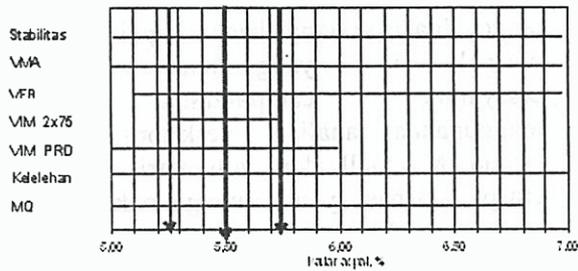
Kualitas bahan (agregat dan aspal) yang digunakan untuk campuran beraspal panas, baik untuk Laston maupun Laston adalah memenuhi persyaratan sesuai Spesifikasi Campuran Beraspal Panas, Seksi 6.3 Buku V. Bina Marga (2010). Begitu juga untuk karakteristik campuran beraspal panas, baik Laston maupun Laston, memenuhi persyaratan sesuai Spesifikasi Campuran Beraspal Panas, Seksi 6.3 Buku V. Bina Marga (2010). Rangkuman data karakteristik campuran Laston (AC) dan Laston (HRS) dengan bahan pengikat Aspal Pen 60, disajikan dalam Lampiran 1a sampai Lampiran 3a. Diagram penentuan kadar aspal disajikan pada Gambar 4 untuk campuran Laston (AC) dan Gambar 5 untuk campuran Laston (HRS).



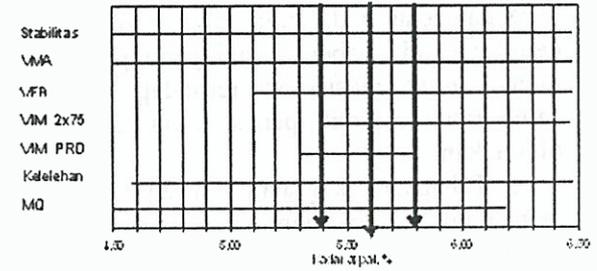
a. ACWC gradasi atas



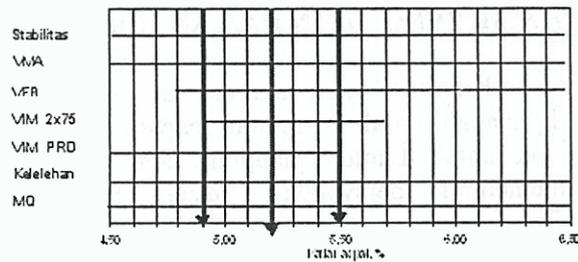
b. ACWC gradasi bawah/memotong fuller



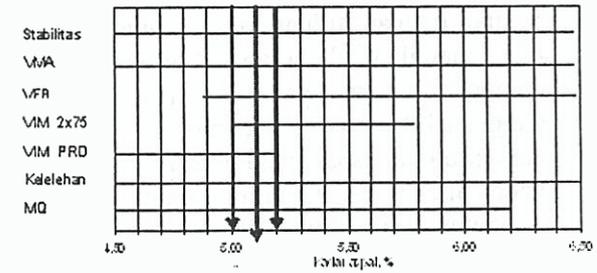
c. ACBC gradasi atas



d. ACBC gradasi bawah/memotong fuller

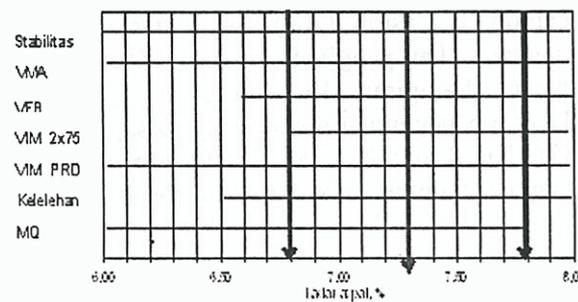


e. ACBase gradasi atas

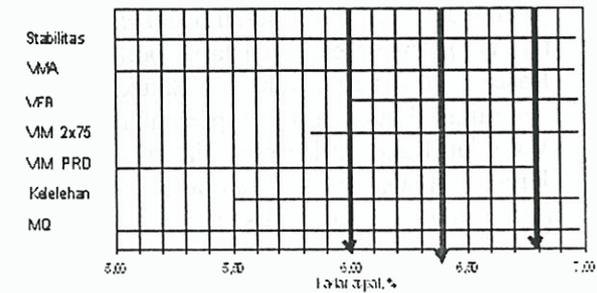


f. ACBase gradasi bawah/memotong fuller

Gambar 4. Diagram penentuan kadar aspal untuk campuran Laston (AC) (Lanjutan)

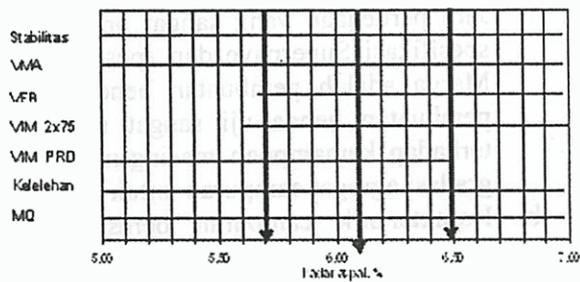


a. HRSWC gradasi atas

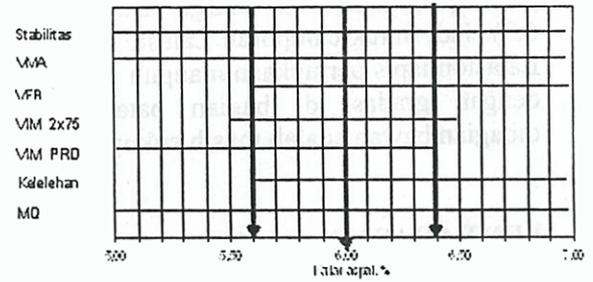


b. HRSWC gradasi bawah

Gambar 5. Diagram penentuan kadar aspal untuk campuran Lastaston (HRS)



c. HRSBase gradasi atas



d. HRSBase gradasi bawah

Gambar 5. Diagram penentuan kadar aspal untuk campuran Laston (HRS) (lanjutan)

Berdasarkan data pada Lampiran 1a, 1b dan 2a, dapat diperoleh bahwa rentang kadar aspal campuran Laston lapis permukaan (ACWC), lapis antara (ACBC) dan lapis pondasi (ACBase) yang karakteristik campurannya masih memenuhi persyaratan adalah:

- ACWC
  - a. Gradasi di atas fuller =  $\pm 0,20\%$
  - b. Gradasi di bawah atau memotong fuller =  $\pm 0,20\%$
- ACBC
  - a. Gradasi di atas fuller =  $\pm 0,25\%$
  - b. Gradasi di bawah atau memotong fuller =  $\pm 0,20\%$
- ACBase
  - a. Gradasi di atas fuller =  $\pm 0,30\%$
  - b. Gradasi di bawah atau memotong fuller =  $\pm 0,10\%$

Rentang kadar aspal untuk ACWC dan ACBC, baik untuk gradasi di atas maupun di bawah atau memotong kurva fuller di bawah toleransi ( $\pm 0,30\%$ ) yang ditetapkan pada spesifikasi Bina Marga, Buku V Divisi 6.3 (2010). Sedangkan untuk ACBase hanya dengan gradasi di bawah atau memotong kurva fuller yang di bawah toleransi. Apabila memperhatikan rentang kadar aspal ketiga jenis campuran maka untuk gradasi di bawah atau memotong kurva fuller memiliki rentang batas kadar aspal yang diijinkan cukup sempit dibandingkan dengan gradasi di atas kurva fuller. Hal demikian menunjukkan bahwa karakteristik campuran Laston dengan gradasi di bawah atau memotong kurva fuller lebih

sensitif terhadap perubahan kadar aspal, sehingga perlu lebih hati-hati karena memerlukan presisi dan akurasi lebih tinggi. Apabila data di atas merupakan data rancangan campuran kerja (*Job Mix Formula, JMF*) dan pelaksanaan dilapangan memiliki kadar aspal pada batas bawah toleransi ( $- 0,30\%$ ) maka rongga dalam campuran (*Void in Mix, VIM*) yang terjadi, khususnya untuk Laston dengan gradasi di bawah/memotong kurva fuller adalah sekitar 6%. Di samping itu, apabila kepadatan campuran hasil pelaksanaan di lapangan berada di ambang batas bawah toleransi (98%) sesuai yang ditetapkan pada spesifikasi Bina Marga, Buku V Divisi 6.3 (2010) maka rongga dalam campuran (*Void in Mix, VIM*) yang terjadi lebih besar dari 7%. Untuk itu, kemungkinan besar campuran Laston yang terhampar tersebut lebih sensitif terhadap pengaruh air.

Untuk campuran Laston seperti disajikan pada Lampiran 2b dan Lampiran 3a, terlihat bahwa rentang batas kadar aspal yang diijinkan, baik untuk Laston lapis permukaan (HRSWC) maupun lapis pondasi (HRSBase) dengan gradasi atas dan bawah adalah:

- HRSWC
  - a. Gradasi di atas =  $\pm 0,30\%$
  - b. Gradasi di bawah =  $\pm 0,30\%$
- HRSBase
  - a. Gradasi di atas =  $\pm 0,40\%$
  - b. Gradasi di bawah =  $\pm 0,40\%$

Dari data di atas bahwa untuk seluruh campuran Laston memiliki rentang batas kadar aspal yang diijinkan cukup lebar atau memenuhi toleransi ( $\pm 0,30\%$ ) yang ditetapkan

pada spesifikasi Bina Marga (Buku V Divisi 6.3). Jadi untuk campuran Laston, baik untuk Laston lapis permukaan maupun lapis pondasi dengan gradasi di bagian atas dan dibagian bawah adalah masih cukup aman.

## PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil kajian pustaka serta hasil pengujian di laboratorium terdapat beberapa hal penting, yaitu:

- a. Membandingkan antara spesifikasi campuran beraspal panas berdasarkan Superpave dengan spesifikasi Bina Marga, maka terdapat perbedaan, yaitu:
  - Perencanaan campuran beraspal panas berdasarkan spesifikasi Superpave adalah nilai VIM ditarget sebesar 4%. Apabila VMA tidak memenuhi persyaratan maka langkah yang dilakukan adalah merubah gradasi agregat campuran. Pembuatan benda uji menggunakan alat pemadat *Gyratory* dengan jumlah girasi  $N_{design} \{ \text{Log } N_{design} = (\text{Log } N_{max})/1,10 \}$ .
  - Menurut spesifikasi umum bidang jalan dan jembatan-Bina Marga bahwa perencanaan campuran beraspal panas tidak ditetapkan untuk nilai VIM dengan nilai target tertentu, tapi asalkan memenuhi rentang persyaratan VIM Marshall sebesar 3,5%-5,5% untuk Laston dan 3,0%-6,0% untuk Laston. Di samping itu, harus di atas persyaratan VIM pada kepadatan membal (*at refusal*) atau minimum 2,5% untuk Laston dan 2% untuk Laston. Disamping itu, harus memenuhi VMA, FVB dan parameter Marshall lainnya. Apabila karakteristik campuran beraspal panas tersebut tidak memenuhi persyaratan maka gradasi agregat harus dirubah. Pembuatan benda uji menggunakan alat pemadat getar listrik (*percentage refusal density, PRD*). Lamanya waktu pemadatan untuk semua gradasi tidak dibedakan.

Jadi perbedaan yang sangat prinsip antara spesifikasi Superpave dan spesifikasi Bina Marga adalah pembuatan benda. Padahal pembuatan benda uji sangat menentukan terhadap kemampuan masing-masing jenis gradasi agregat campuran untuk dipadatkan.

- b. Karakteristik campuran beraspal Laston dengan mengacu terhadap spesifikasi umum bidang jalan dan jembatan Bina Marga (Buku V Divisi 6.3) umumnya memiliki rentang batas kadar aspal yang lebih sempit (< 0,3%) dibandingkan dengan batas toleransi kadar aspal sesuai yang ditetapkan pada spesifikasi umum bidang jalan dan jembatan Bina Marga (Buku V Divisi 6.3), terutama untuk campuran Laston dengan gradasi di bawah atau memotong kurva fuller. Untuk itu, dalam pelaksanaan lapangan diperlukan personil yang memiliki keahlian yang cukup baik dan peralatan yang memiliki presisi dan akurasi yang baik. Di samping itu, material yang akan digunakan harus cukup homogen.
- c. Untuk campuran Laston memiliki rentang kadar aspal masih cukup lebar (0,4%) dan memenuhi toleransi kadar aspal sesuai yang ditetapkan pada Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Bina Marga (Buku V Divisi 6.3), baik untuk Laston dengan gradasi dibagian atas maupun yang dibagian bawah. Hal ini menunjukkan bahwa untuk campuran Laston tidak seketat dari pada campuran Laston.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

- a. Spesifikasi campuran beraspal panas berdasarkan spesifikasi umum bidang jalan dan jembatan-Bina Marga (2010) memiliki perbedaan yang cukup mendasar apabila dibandingkan dengan spesifikasi Superpave, yaitu:
  1. Pembuatan benda pada spesifikasi Superpave sesuai kemampuan masing-masing jenis gradasi agregat campuran serta alat pemadat yang digunakannya

- adalah gyratory, sedangkan pada spesifikasi Bina Marga jumlah tumbukannya sama untuk semua gradasi.
2. Parameter campuran yang ditetapkan pada spesifikasi Superpave hanya VIM, VMA dan VFB serta besaran VIM pada saat pembuatan rancangan campuran ditarget sebesar 4%. Apabila besaran VIM diluar target maka gradasi agregat campuran yang dirubah. Pada spesifikasi Bina Marga parameter campuran yang ditetapkan tidak hanya besaran volumetrik (VIM, VMA dan VFB) tetapi dibatasi juga dengan stabilitas, pelelehan dan hasil bagi Marshall. Besaran VIM pada saat pembuatan rancangan campuran batasannya dalam rentang serta dibatasi juga VIM pada kepadatan membal.
- b. Hasil kajian dilaboratorium diperoleh bahwa:
1. Untuk tipe gradasi Laston yang ditetapkan pada umumnya memiliki rentang kadar aspal cukup sempit (< 0,3%), sehingga diluar batas toleransi.
  2. Rentang kadar aspal untuk campuran Laston dengan gradasi yang ditetapkan masih memiliki rentang kadar aspal sekitar 0,4% atau masih memenuhi syarat toleransi yang ditetapkan ( $\leq$  0,3%).
  3. Berdasarkan data di atas, maka khusus untuk pelaksanaan campuran Laston di lapangan diperlukan personil yang memiliki keahlian yang cukup baik serta peralatan yang memiliki presisi dan akurasi yang baik. Di samping itu, material yang akan digunakan harus cukup homogen sehingga terjadinya perubahan gradasi dapat diatasi.

#### Saran

- a. Untuk campuran Laston dalam pelaksanaan memerlukan alat pencampur dengan tingkat akurasi tinggi serta personil dengan keterampilan yang baik.

- b. Prosedur pembuatan benda uji untuk menentukan VIM pada kepadatan membal campuran beraspal panas sebaiknya ditinjau ulang. Di samping itu, persyaratan VIM Marshall perlu dievaluasi kembali, khususnya untuk campuran Laston dengan berbagai variasi gradasi agregat campuran, baik untuk Laston lapis permukaan maupun Laston lapis antara serta lapis pondasi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- American Association of State Highway and Transportation Officials. 2008. Standard Method of Test for Theoretical Maximum Specific Gravity and Density of Bituminous Paving Mixtures. T 209 – 08. *Standard Specifications For Transportation Materials And Method Of Sampling And Testing Part 2a: Tests 28th Edition*. Washington, DC: AASHTO
- \_\_\_\_\_. 2008. Standard Practice for Superpave Volumetric Design for Hot-Mix Asphalt (HMA). R 35 – 04. *Standard Specifications For Transportation Materials And Method Of Sampling And Testing Part 1b : Specifications*. Washington, DC: AASHTO
- \_\_\_\_\_. 2008. Standard Specification for Superpave Volumetric Mix Design. M 323- 07. *Standard Specifications For Transportation Materials And Method Of Sampling And Testing Part 1b : Specifications*. Washington, DC: AASHTO
- Asphalt Institute. 2007. *The Asphalt Handbook, Manual Series No. 4 (MS-4)*. Kentucky: The Asphalt Institute
- Bina Marga. 2010. *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan*. Jakarta: Direktorat Bina Teknik.

- Brian D. Prowell and Richard J. Schreck. 2000. Virginia's use of laboratory wheel tracking as a mix performance predictor. *World of Asphalt Pavements 1<sup>st</sup> International Conference*. Sydney: Australian Asphalt Pavement Association.
- Kennedy, Thomas W. 1994. *Superior Performing Asphalt Pavements (Superpave): the Product of the SHRP Asphalt Research Program. SHRP-A-410*. Washington, DC: TRB
- National Asphalt Pavement Association. 1996. *Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design and Construction*, 2nd edition. Lanham: NAPA
- Shell Bitumen. 2003. *The Shell Bitumen Handbook*. 5<sup>th</sup> edition. London: Thomas Telford
- Permanent International Association of Road Congresses Technical Committee. 2000. *Flexible Pavement Evolution of Specifications and Quality Systems to Deliver Performance*. Montreal: World Road Association
- Washington State Department of Transportation (WSDOT). 2005. *Hot Mix Asphalt Production and Testing. Construction Inspector's Training manual*. Washington, DC.: WSDOT

## LAMPIRAN 1

### Lampiran 1a. Rangkuman data karakteristik campuran Laston lapis permukaan dengan Aspal Pen 60

No.	Parameter	Karakteristik Campuran AC-WC dengan Aspal Pen 60										Persyaratan* AC-WC dengan Aspal Pen 60
		Toleransi Spek -0,3% Opt	Grad. Diatas Fuller (Atas)			Toleransi Spek + 0,3% Opt	Toleransi Spek -0,3% Opt	Grad. Motong Fuller (Bawah)			Toleransi Spek + 0,3% Opt	
			Rentang Kadar Aspal					Rentang Kadar Aspal				
		Batas Bawah	Optimum	Batas Atas			Batas Bawah	Optimum	Batas Atas			
1	Kadar Aspal Opt. , %	5,30	5,40	5,60	5,80	5,90	5,20	5,30	5,50	5,70	5,30	-
2	Kepadatan, t/m <sup>3</sup>	2,356	2,365	2,379	2,390	2,395	2,333	2,340	2,353	2,363	2,356	-
3	VFB, %	65,80	68,31	72,93	77,01	78,84	65,40	67,77	72,14	76,04	65,80	Min. 65
4	VIMmarshall, %	<u>5,71</u>	5,23	4,37	3,62	<u>3,29</u>	<u>5,84</u>	5,40	4,60	3,90	<u>5,71</u>	3,5 – 5,5
5	VMA, %	16,44	16,23	15,89	15,66	15,59	16,76	16,59	16,32	16,13	16,44	Min. 15
6	VIMpr, %	4,30	4,01	3,47	3,02	2,82	5,05	4,49	3,53	2,76	4,30	Min 2,5
7	Stabilitas, kg	1408,51	1432,67	1466,36	1480,52	1480,27	1058,05	1096,86	1159,1	1200,77	1408,51	Min 800
8	Kelelehan, mm	3,17	3,16	3,19	3,29	3,36	3,32	3,35	3,42	3,49	3,17	Min. 3
9	Marshall Quotient, kg/mm	461,15	471,06	481,61	479,78	474,23	321,64	330,07	342,3	348,25	461,15	Min. 250
10	Tebal Film Aspal (mikron)	6,61	6,76	7,06	7,36	7,51	8,16	8,34	8,70	9,06	6,61	

\*) Sumber: Bina Marga (2010)

### Lampiran 1b. Rangkuman data karakteristik campuran Laston lapis antara dengan Aspal Pen 60

No.	Parameter	Karakteristik Campuran AC-BC dengan Aspal Pen 60										Persyaratan* AC-BC dengan Aspa Pen 60
		Toleransi Spek -0,3% Opt	Grad. Diatas Fuller (Atas)			Toleransi Spek + 0,3% Opt	Toleransi Spek -0,3% Opt	Grad. Motong Fuller (Bawah)			Toleransi Spek + 0,3% Opt	
			Rentang Kadar Aspal					Rentang Kadar Aspal				
		Batas Bawah	Optimum	Batas Atas			Batas Bawah	Optimum	Batas Atas			
1	Kadar Aspal Opt. , %	5,20	5,25	5,50	5,75	5,80	5,30	5,40	5,60	5,80	5,90	-
2	Kepadatan, t/m <sup>3</sup>	2,356	2,360	2,377	2,390	2,392	2,345	2,349	2,351	2,356	2,357	-
3	VFB, %	65,65	66,93	72,74	77,62	78,49	65,86	67,36	70,97	72,49	73,55	Min. 63
4	VIMmarshall, %	<u>5,67</u>	5,44	4,39	3,53	<u>3,38</u>	<u>5,80</u>	5,57	5,13	4,74	4,57	3,5 – 5,5
5	VMA, %	16,36	16,26	15,87	15,65	15,62	16,52	16,49	16,48	16,58	16,65	Min 14
6	VIMpr, %	4,01	3,91	3,43	2,95	2,85	3,53	3,29	2,86	2,51	<u>2,35</u>	Min 2,5
7	Stabilitas, kg	1400,75	1414,63	1462,58	1474,79	1472,94	1217,23	1220,49	1220,5	1201,34	1188,51	Min 800
8	Kelelehan, mm	4,12	4,05	3,81	3,70	3,69	3,59	3,64	3,71	3,97	4,07	Min. 3
9	Marshall Quotient, kg/mm	378,14	383,53	401,54	404,60	403,43	347,80	344,11	338,9	314,21	302,95	Min. 300
10	Tebal Film Aspal (mikron)	7,64	7,73	8,17	8,62	8,70	10,05	10,27	10,72	11,16	11,39	

\*) Sumber: Bina Marga (2010)

## LAMPIRAN 2

Lampiran 2a. Rangkuman data karakteristik campuran Laston lapis pondasi dengan Aspal Pen 60

Karakteristik Campuran AC-Base dengan Aspal Pen 60												
No	Parameter	Toleransi Spek -0,3% Opt	Grad. Diatas Fuller (Atas)			Toleransi Spek + 0,3% Opt	Toleransi Spek -0,3% Opt	Grad. Motong Fuller (Bawah)			Toleransi Spek + 0,3% Opt	Persyaratan AC-BC dengan Aspal Pen 60
			Rentang Kadar Aspal					Rentang Kadar Aspal				
			Batas Bawah	Optimum	Batas Atas			Batas Bawah	Optimum	Batas Atas		
1	Kadar Aspal Opt. , %	4,90	4,90	5,20	5,50	5,50	4,80	5,00	5,10	5,20	5,40	-
2	Kepadatan, t/m <sup>3</sup>	2,373	2,373	2,378	2,387	2,387	2,351	2,358	2,361	2,363	2,368	-
3	VFB, %	62,15	62,15	67,36	72,07	72,07	<b>58,20</b>	61,77	63,5	65,18	68,42	Min. 60
4	VIMmarshall, %	5,39	5,39	4,64	3,98	3,98	<b>6,06</b>	5,50	5,26	5,01	4,53	3,5 - 5,5
5	VMA, %	14,18	14,18	14,16	14,22	14,22	14,44	14,38	14,37	14,36	14,37	Min. 13
6	VIMpr, %	3,73	3,73	2,98	2,50	2,50	4,05	3,37	3,05	2,74	<b>2,16</b>	Min 2,5
7	Stabilitas, kg	2840,14	2840,14	2937,7	2971,64	2971,64	<b>2671,83</b>	2727,45	2745,3	2756,51	2759,01	Min 1500
8	Kelelehan, mm	6,73	6,73	7,02	7,29	7,29	8,06	8,05	8,06	8,07	8,12	Min. 5
9	Marshall Quotient, kg/mm	427,10	427,10	427,30	417,62	417,62	365,12	383,95	332	394,32	396,25	Min. 350
10	Tebal Film Aspal (mikron)	8,00	8,00	8,53	9,06	9,06	7,82	8,17	8,35	8,53	8,88	

\*) Sumber: Bina Marga (2010)

Lampiran 2b. Rangkuman data karakteristik campuran Lataston lapis permukaan dengan Aspal Pen 60

Karakteristik Campuran HRS-WC dengan Aspal Pen 60												
No.	Parameter	Toleransi Spek -0,3% Opt	Grad. Diatas Fuller (Atas)			Toleransi Spek + 0,3% Opt	Toleransi Spek -0,3% Opt	Grad. Motong Fuller (Bawah)			Toleransi Spek + 0,3% Opt	Persyaratan* HRS-WC dengan Aspal Pen 60
			Rentang Kadar Aspal					Rentang Kadar Aspal				
			Batas Bawah	Optimum	Batas Atas			Batas Bawah	Optimum	Batas Atas		
1	Kadar Aspal Opt. , %	7,10	7,10	7,40	7,70	7,70	6,10	6,00	6,4	6,80	6,70	-
2	Kepadatan, t/m <sup>3</sup>	2,309	2,309	2,312	2,323	2,323	2,324	2,322	2,33	2,338	2,336	-
3	VFB, %	75,58	75,58	76,87	82,64	82,64	70,12	68,81	73,29	78,63	77,48	min. 68
4	VIMmarshall, %	4,93	4,93	4,15	3,50	3,50	5,52	5,77	4,82	3,96	4,17	3 - 6
5	VMA, %	20,24	20,24	20,19	20,26	20,26	18,44	18,44	18,45	18,55	18,52	Min. 17
6	VIMpr, %	3,62	3,62	3,04	2,57	2,57	3,20	3,43	2,66	2,27	2,33	Min 2
7	Stabilitas, kg	1213,06	1213,06	1211,5	1164,56	1164,56	1331,78	1336,18	1317,7	1281,44	1290,72	Min. 800
8	Kelelehan, mm	3,50	3,50	3,6	4,24	4,24	3,39	3,35	3,5	3,74	3,68	Min. 3
9	Marshall Quotient, kg/mm	332,66	332,66	326,00	274,14	274,14	414,55	419,53	399,2	361,20	370,80	Min. 250
10	Tebal Film Aspal (mikron)	9,24	9,24	9,78	10,32	10,32	9,24	9,06	9,78	10,50	10,32	

\*) Sumber: Bina Marga (2010)

## LAMPIRAN 3

Lampiran 3a. Rangkuman data karakteristik campuran Lataston lapis pondasi dengan Aspal Pen 60

No.	Parameter	Karakteristik Campuran HRS-Base dengan Aspal Pen 60										Persyaratan* HRS-Base dengan Aspal Pen 60
		Toleransi Spek -0,3% Opt	Grad. Diatas Fuller (Atas)			Toleransi Spek + 0,3% Opt	Toleransi Spek -0,3% Opt	Grad. Motong Fuller (Bawah)			Toleransi Spek + 0,3% Opt	
			Rentang Kadar Aspal					Rentang Kadar Aspal				
		Batas Bawah	Optimum	Batas Atas			Batas Bawah	Optimum	Batas Atas			
1	Kadar Aspal Opt. , %	5,80	5,70	6,10	6,50	6,40	5,70	5,60	6,00	6,40	6,30	-
2	Kepadatan, t/m <sup>3</sup>	2,350	2,346	2,361	2,364	2,364	2,337	2,332	2,354	2,358	2,356	-
3	VFB, %	70,05	68,43	75,63	78,90	77,90	70,51	68,86	75,16	80,63	79,34	Min. 68
4	VIMmarshall, %	5,28	5,55	4,55	3,77	3,95	5,23	5,56	4,35	3,37	3,60	3 – 6
5	VMA, %	17,40	17,45	17,35	17,50	17,43	17,70	17,77	17,56	17,55	17,54	Min. 17
6	VIMpr, %	4,57	4,94	3,52	2,21	2,53	3,92	4,23	3,03	2,00	2,24	Min. 2
7	Stabilitas, kg	1406,59	1385,88	1442,2	1419,25	1431,62	1388,24	1361,13	1438,7	1433,93	1442,84	Min. 800
8	Kelelehan, mm	3,09	3,07	3,22	3,41	3,34	3,11	3,08	3,25	3,54	3,46	Min. 3
9	Marshall Quotient, kg/mm	450,45	445,14	449,90	426,51	436,48	470,14	465,60	469,3	434,63	446,91	Min. 250
10	Tebal Film Aspal (mikron)	8,70	8,53	9,24	9,96	9,78	8,53	8,35	9,06	9,78	9,60	

\*) Sumber: Bina Marga (2010)