

ANALISA LABORATORIUM SIFAT CAMPURAN *POOR GRADED ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (ACWC)*

Slamet Budirahardjo ^{1*}, Setyoningsih Wibowo ²

¹Prodi Teknik Sipil FTI . Universitas PGRI Semarang

²Prodi Informatika FTI. Universitas PGRI Semarang

Universitas PGRI Semarang Jl. Sidodadi Timur No. 24 , Semarang, Jateng, Indonesia

*email : meetz.budi@gmail.com

ABSTRACT

The pavement layer arrangement has a function to support and distribute traffic loads with the aim of not causing construction failure or significant damage to the already formed road construction. In connection with the surface course performance which adheres to the principle of long life performance, in order to achieve this, a mixed design plan (Design Mix Formula, DMF) is made in accordance with the road function. The aim of this research is to analyze the value of stability and flexibility to the porosity value of hot asphalt mixture due to poor graded AC-WC mixture of PU Bina Marga 2010 technical specifications which deviates from the optimum mix design plan based on laboratory testing using the Marshall method. Based on the initial target for the gradation of the Laston AC-WC asphalt concrete aggregate mixture according to the technical specifications of Bina Marga in 2010, the Optimum Asphalt Content (KAO) value was obtained at 6.1%. Deviation of the target aggregate mix grading resulted in changes in the properties of the Laston AC-WC hot mix asphalt concrete. The deviation of the properties of the Laston AC-WC asphalt concrete mixture, with KAO conditions = 6.1%, the largest occurred at the target gradient of the type 2 aggregate mixture gap against the initial gradation target of the Laston AC-WC aggregate mixture.

Key words: *pavement; the Marshall method; optimum bitumen content; hot asphalt mixture.*

ABSTRAK

Susunan lapisan perkerasan jalan mempunyai fungsi untuk menopang dan mendistribusikan beban lalu lintas dengan tujuan tidak menimbulkan kegagalan konstruksi atau kerusakan yang berarti terhadap konstruksi jalan yang sudah terbentuk. Berkaitan dengan kinerja lapis permukaan perkerasan jalan (*surface course*) yang berpegang pada prinsip *long life performance*, maka guna mewujudkan hal tersebut dibuatlah suatu rancangan campuran rencana (*Design Mix Formula, DMF*) sesuai dengan fungsi jalan. Tujuan penelitian adalah menganalisa nilai stabilitas dan fleksibilitas terhadap nilai porositas campuran aspal panas akibat *poor graded* campuran AC-WC spesifikasi teknik PU Bina Marga Tahun 2010 yang menyimpang dari rancangan campuran rencana optimum berdasarkan pengujian di laboratorium dengan menggunakan metode Marshall. Berdasarkan target awal gradasi campuran agregat beton aspal Laston AC-WC sesuai spesifikasi teknis Bina Marga Tahun 2010 diperoleh nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6,1%. Penyimpangan target gradasi campuran agregat mengakibatkan perubahan sifat campuran panas beton aspal Laston AC-WC. Penyimpangan sifat campuran beton aspal Laston AC-WC kondisi KAO = 6,1% terbesar terjadi pada target gradasi senjang campuran agregat tipe 2 terhadap target gradasi awal campuran agregat Laston AC-WC.

Kata kunci : perkerasan jalan; metode Marshall; kadar aspal optimum; campuran aspal panas.

PENDAHULUAN

Susunan lapisan perkerasan jalan mempunyai fungsi untuk menopang dan mendistribusikan beban lalu lintas dengan tujuan tidak menimbulkan kegagalan konstruksi atau kerusakan yang berarti terhadap konstruksi jalan yang sudah terbentuk. Lapis permukaan jalan

khususnya jenis lapis permukaan lentur di Indonesia saat ini yang ada yaitu Laston (Lapisan Aspal Beton) dan Laston (Lapisan Tipis Aspal Beton), Sukirman, 2003. Lapis permukaan tersebut merupakan elemen dari susunan lapisan perkerasan yang langsung berhadapan dengan beban lalu lintas, sehingga menjadi salah satu elemen sangat penting dari konstruksi jalan.

Berkaitan dengan kinerja lapis permukaan perkerasan jalan (*surface course*) yang berpegang pada prinsip *long life performance*, maka guna mewujudkan hal tersebut dibuatlah suatu rancangan campuran rencana (*Design Mix Formula, DMF*) sesuai dengan fungsi jalan. Dalam rancangan campuran rencana permukaan perkerasan jalan telah dibuat proporsi bahan penyusun campuran tersebut secara teknis agar didapat campuran yang memenuhi standar persyaratan yang diinginkan. Rancangan campuran rencana perkerasan jalan yang telah disetujui oleh tenaga ahli berkompeten, maka dilakukan uji coba penghamparan dan pemadatan DMF tersebut dilapangan. Selama proses penghamparan DMF dilakukan pengambilan sampel guna diteliti karakteristik fisik dan mekanik dari campuran tersebut. Rancangan campuran rencana yang sesuai dengan proporsi bahan penyusunnya akan menghasilkan lapisan perkerasan yang homogen sebaran butiran bahan penyusunnya.

Ciri dari hasil penghamparan yang sesuai JMF dan prosedur teknis penghamparan adalah sebaran material yang merata. Akan tetapi dalam perjalanan masa konstruksi perkerasan jalan dijumpai adakalanya hasil pemadatan campuran tidak sesuai yang diinginkan, hal ini terlihat dari permukaan perkerasan jalan secara fisik terdapat rongga/celah dalam campuran.

Melihat dari permasalahan yang terjadi, maka tujuan dilakukan penelitian ini adalah menganalisa nilai stabilitas terhadap nilai porositas campuran aspal panas akibat *poor graded* campuran perkerasan jalan yang menyimpang dari rancangan campuran rencana optimum berdasarkan pengujian di laboratorium. Sedangkan urgensi penelitian menganalisa nilai fleksibilitas terhadap nilai porositas campuran aspal panas akibat *poor graded* campuran perkerasan jalan yang menyimpang dari rancangan campuran rencana optimum berdasarkan pengujian di laboratorium. Leily Fatmawati, tahun 2013 dengan penelitian yang berjudul "Karakteristik Marshall Dalam Aspal Campuran Panas AC-WC Terhadap Variasi Temperatur Perendaman". Variasi temperatur perendaman yang digunakan adalah 60, 65, 70, 75 dan 80 derajat celcius. Dari hasil penelitiannya menyatakan bahwa semakin tinggi suhu rendaman, nilai stabilitas Marshall semakin menurun, sedangkan nilai *flow* naik dengan bertambahnya suhu perendaman, sehingga harga bagi Marshall (MQ) juga turun. Hal ini disebabkan karena suhu yang tinggi melelehkan aspal dalam campuran.

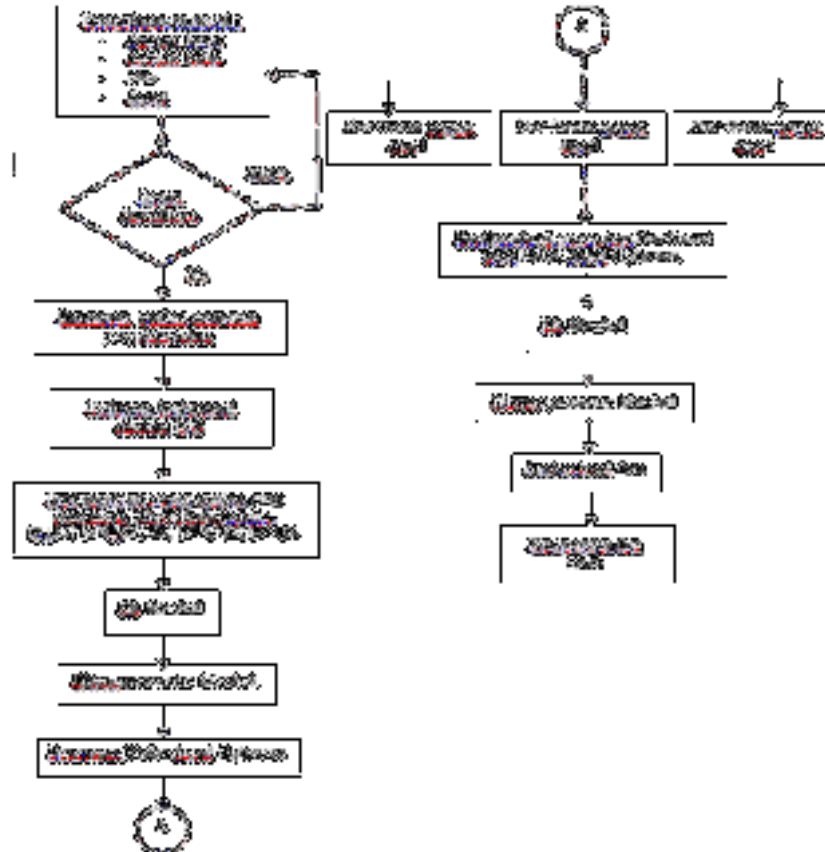
Putri dan Syamsuwirman, variasi substitusi styrofoam terhadap aspal yang digunakan adalah 0%, ½%, 1% dan 1,5%. Penambahan styrofoam yang optimum yang menghasilkan stabilitas maksimum adalah 1,5% dengan kadar aspal optimumnya 6,75%. Panungkelan dkk, 2017, semakin banyak jumlah tumbukan nilai stabilitas semakin tinggi, flow semakin rendah, VIM dan VMA semakin kecil dan VFB semakin besar.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Dan Informatika Universitas PGRI Semarang, dengan dasar menggunakan sistem pencampuran aspal panas *Laston Wearing Course (AC-WC)* mengacu Spesifikasi Teknik Departemen Pekerjaan Umum Bina Marga tahun 2010 yang merupakan dasar dari persyaratan. Di dalam penelitian ini, pengujian dilakukan secara bertahap, yaitu terdiri atas pengujian agregat (kasar, halus dan *filler*), aspal dan pengujian terhadap campuran (uji *Marshall*). Pengujian terhadap agregat termasuk pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air. Untuk pengujian aspal termasuk juga pengujian penetrasi dan berat jenis. Sedangkan metode yang digunakan sebagai pengujian campuran adalah metode Marshall, dimana dari pengujian Marshall tersebut didapatkan hasil-hasil yang berupa properties Marshall yaitu, stabilitas, *flow*, *Void In the Mix (VIM)*, *Void Filled with Asphalt (VFA)*, *Void in Mineral Aggregate (VMA)* dan dihitung *Marshall Quotient (MQ)* nya.

Kemudian setelah semua pengujian tersebut di atas telah dilalui dan mendapatkan hasil yang berupa data, maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan atau analisa. Dan terakhir, dapat diambil kesimpulan dan juga saran dari penelitian yang telah dilakukan.

Tahapan penelitian atau cara melaksanakan penelitian ini, secara garis besar dapat digambarkan dalam suatu kerangka yang berbentuk diagram alir seperti diagram di bawah ini (Gambar 1)



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian tahap I, beberapa kegiatan yang disiapkan yaitu mempersiapkan material penelitian secara lengkap baik kuantitas maupun kualitas yang meliputi pemilihan jenis agregat yang sesuai dan jenis aspal yang tepat. Selain itu pada tahap ini juga disiapkan semua peralatan penelitian termasuk didalamnya mengadakan kalibrasi peralatan seperti timbangan, alat tumbuk dan peralatan Marshall. Jika semua material/bahan penelitian di atas memenuhi syarat, maka dapat dibuat benda uji sampel dan kemudian diuji dengan *Marshall* standar, hal ini berguna untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum ($KAO = P_{opt}$) sesuai target rancangan gradasi campuran awal yang diinginkan.

Pada penelitian tahap II ini, setelah Kadar Aspal Optimum ($KAO = P_{opt}$) ditentukan sebagai patokan kadar aspal, maka langkah berikutnya adalah membuat benda uji dengan variasi target gradasi selanjutnya yang diinginkan, yaitu *poor graded* tipe 1, *poor graded* tipe 2 dan *poor graded* tipe 3 pada kondisi kadar aspal optimum tersebut.

Dalam penelitian ini, rancangan target campuran benda uji AC-WC ditampilkan seperti pada Gambar 2 sampai 5 dibawah ini.

Saringan	ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200	Pan	Jumlah
	(mm)	19	12,5	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,15	0,075	0	
Spesifikasi Lolos (%)	Max.	100	100	90	69	53	40	30	22	15	9		
	Min.	100	90	77	53	33	21	14	9	6	4		
Target Gradasi Agregat Lolos (%)		100	95	83	61	43	30	22	15	10	4	0	
Filler tambahan (%)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
Total Target Gradasi Lolos (%)		100	95	83	61	43	30	22	15	10	6	0	
Kebutuhan agregat (gram)		0	55	132	242	198	143	88	77	55	66	44	1100
Kebutuhan filler tambahan (gram)												22	

Gambar 2. Rancangan Target Campuran Laston AC-W (Awal)

Saringan	ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200	Pan	Jumlah
	(mm)	19	12,5	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,15	0,075	0	
Spesifikasi Lolos (%)	Max.	100	100	90	69	53	40	30	22	15	9		
	Min.	100	90	77	53	33	21	14	9	6	4		
Target Gradasi Agregat Lolos (%)		100	93	79	55	33	32	30	15	10	4	0	
Filler tambahan (%)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
Total Target Gradasi Lolos (%)		100	93	79	55	33	32	30	15	10	6	0	
Kebutuhan agregat (gram)		0	77	154	264	242	11	22	165	55	66	44	1100
Kebutuhan filler tambahan (gram)												22	

Gambar 3. Rancangan Target Campuran Laston AC-WC (Tipe 1)

Saringan	ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200	Pan	Jumlah
	(mm)	19	12,5	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,15	0,075	0	
Spesifikasi Lolos (%)	Max.	100	100	90	69	53	40	30	22	15	9		
	Min.	100	90	77	53	33	21	14	9	6	4		
Target Gradasi Agregat Lolos (%)		100	98	88	67	33	23	22	20	13	5	0	
Filler tambahan (%)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
Total Target Gradasi Lolos (%)		100	98	88	67	33	23	22	20	13	7	0	
Kebutuhan agregat (gram)		0	22	110	231	374	110	11	22	77	88	55	1100
Kebutuhan filler tambahan (gram)												22	

Gambar 4. Rancangan Target Campuran Laston AC-WC Tipe 2)

Saringan	ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200	Pan	Jumlah
	(mm)	19	12,5	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,15	0,075	0	
Spesifikasi Lolos (%)	Max.	100	100	90	69	53	40	30	22	15	9		
	Min.	100	90	77	53	33	21	14	9	6	4		
Target Gradasi Agregat Lolos (%)		100	95	83	61	43	27	24	21	8	3	0	
Filler tambahan (%)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
Total Target Gradasi Lolos (%)		100	95	83	61	43	27	24	21	8	5	0	
Kebutuhan agregat (gram)		0	55	132	242	198	176	33	33	143	55	33	1100
Kebutuhan filler tambahan (gram)												22	

Gambar 5. Rancangan Target Campuran Laston AC-WC (Tipe 3)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan pemeriksaan material dalam penelitian ini berdasarkan standar rujukan pengujian Standar Nasional Indonesia (SNI). Adapun pemeriksaan material penyusun campuran AC-WC dalam penelitian ini meliputi pemeriksaan sifat aspal, sifat agregat kasar dan agregat halus serta sifat material pengisi atau *filler* semen.

Hasil pemeriksaan material aspal Pen. 60/70 Ex. Pertamina dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Aspal Pen. 60/70

No.	Item Pemeriksaan	Satuan	Spesifikasi		Hasil	Standar Rujukan
			Min.	Max.		
1	Penetrasi aspal	0,1 mm	60	70	63	SNI 06-2456-1991
2	Berat jenis aspal	-	1	-	1,037	SNI 2441-2011

Adapun hasil dari pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 6 2 di bawah ini.

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar dan Agregat Halus
Agregat batu pecah maks. 3/4"

No.	Pemeriksaan	Standar pengujian	Hasil
1	Berat jenis bulk	SNI 1969:2008	2,619
2	Berat jenis apparent	SNI 1969:2008	2,762
3	Penyerapan	SNI 1969:2008	1,98 %
4	Kelekatan terhadap agregat	SNI 03-2439-1991	98 %
Agregat batu pecah maks. ½”			
No.	Pemeriksaan	Standar pengujian	Hasil
1	Berat jenis bulk	SNI 1969:2008	2,626
2	Berat jenis apparent	SNI 1969:2008	2,781
3	Penyerapan	SNI 1969:2008	2,12 %
4	Kelekatan terhadap agregat	SNI 03-2439-1991	98 %
Agregat abu batu			
No.	Pemeriksaan	Standar pengujian	Hasil
1	Berat jenis bulk	SNI 1970:2008	2,565
2	Berat jenis apparent	SNI 1970:2008	2,719
3	Penyerapan	SNI 1970:2008	2,21 %

Untuk hasil pemeriksaan material *filler* dalam pembuatan campuran AC-WC dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Material *Filler*

No.	Pemeriksaan	Standar pengujian	Hasil
1	Berat jenis bulk <i>filler</i> abu batu	SNI 3423:2008	2,539
2	Berat jenis bulk <i>filler</i> semen	SNI 3423:2008	3,08

Perhitungan penentuan nilai *Pb* optimum ini berdasarkan persamaan sebagai berikut :

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

Dimana :

CA = persentase agregat kasar, dari target awal agregat campuran = 57

FA = persentase agregat halus, dari target awal agregat campuran = 37

FF = persentase agregat *filler*, dari target awal agregat campuran = 6

K = konstanta untuk campuran Laston (0,5 – 1,0), diambil = 1,0

Adapun hasil pengujian campuran panas beton aspal AC-WC padat guna menentukan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan metode Marshall dapat dilihat pada Gambar 6 dibawah ini.

Nama/ kode Benda uji	Kadar aspal	Berat briket				Volume briket	Berat isi briket	Berat jenis maks. Teoritis (Gmm)	% Rongga dalam Agregat (VMA)	% Rongga dalam campuran (VIM)	% Rongga terisi Aspal (VFA)	Stabilitas				Pelelehan (Flow)	Marshall Quotient						
		a	b	c	d							e	f	g	h			i	j	k	l	m	n
		di Udara	SSD	dalam Air	c - d							b/c	$\frac{100}{\left(\frac{100-a}{Gse}\right) + \frac{a}{T}}$	$100 - \frac{(100-a)f}{Gsb}$	$100 - \frac{(100 f)}{g}$			$100 \frac{(h-i)}{h}$	Bacaan arloji	Disesua- kan	Faktor koreksi volume	Stabilitas x Koreksi Volume	
		%	gram	gram	gram							cc	gr/cc	gr/cc	%			%	%	strip	kg	mm	mm
5A	5	1201,1	1220,3	691,2	529,1	2,270	2,478	17,2	8,4	51,3	89	2082,6	1,00	2082,6	2,88	723,1							
5B	5	1192,7	1215,2	693,2	522,0	2,285	2,478	16,7	7,8	53,3	90	2106,0	1,04	2190,2	2,97	737,5							
5C	5	1188,9	1197,9	680,9	517,0	2,300	2,478	16,1	7,2	55,4	74	1731,6	1,00	1731,6	3,35	516,9							
						2,285	2,478	16,7	7,8	53,3				2001,5	3,1	659,2							
5,5A	5,5	1198,2	1217,1	700,1	517,0	2,318	2,459	15,9	5,8	63,8	83	1942,2	1,00	1942,2	2,91	667,4							
5,5B	5,5	1190,4	1198,9	689,9	509,0	2,339	2,459	15,1	4,9	67,6	88	2059,2	1,00	2059,2	3,83	537,7							
5,5C	5,5	1202,1	1220,7	702,2	518,5	2,318	2,459	15,9	5,7	63,9	92	2152,8	1,00	2152,8	3,99	539,5							
						2,325	2,459	15,6	5,5	65,1				2051,4	3,6	581,5							
6A	6	1191,5	1199,9	689,8	510,1	2,336	2,441	15,7	4,3	72,4	81	1895,4	1,04	1971,2	3,72	529,9							
6B	6	1188,9	1195,2	688,1	507,1	2,345	2,441	15,4	4,0	74,2	97	2269,8	1,04	2360,6	3,17	744,7							
6C	6	1198,3	1211,8	692,9	518,9	2,309	2,441	16,7	5,4	67,5	85	1989,0	1,04	2068,6	4,01	515,9							
						2,330	2,441	15,9	4,6	71,4				2133,5	3,6	596,8							
6,5A	6,5	1190,2	1199,1	693,9	505,2	2,356	2,424	15,4	2,8	81,9	84	1965,6	1,04	2044,2	3,19	640,8							
6,5B	6,5	1196,4	1204,3	695,6	508,7	2,352	2,424	15,6	3,0	81,0	79	1848,6	1,04	1922,5	4,19	458,8							
6,5C	6,5	1197,3	1206,8	700,4	506,4	2,364	2,424	15,1	2,5	83,8	87	2035,8	1,04	2117,2	3,84	551,4							
						2,357	2,424	15,4	2,7	82,2				2028,0	3,7	550,3							
7A	7	1189,9	1197,4	697,8	499,6	2,382	2,406	15,0	1,0	93,2	80	1872,0	1,04	1946,9	4,01	485,5							
7B	7	1198,3	1206,2	707,8	498,4	2,404	2,406	14,1	0,1	99,4	86	2012,4	1,04	2092,9	3,38	619,2							
7C	7	1196,1	1204,8	704,5	500,3	2,391	2,406	14,6	0,6	95,6	81	1895,4	1,04	1971,2	3,92	502,9							
						2,392	2,406	14,6	0,6	96,1				2003,7	3,8	535,9							

Gambar 6. Hasil Pengujian Campuran Panas Beton Aspal AC-WC Padat dengan metode Marshall

Berdasarkan analisa karakteristik campuran AC-WC sesuai hasil data Gambar 6 di atas maka ditentukan nilai KAO sebesar 6,1%, sedangkan hasil pemeriksaan uji Marshall target awal gradasi campuran AC-WC kondisi KAO (tipe 1,23) dapat dilihat pada Gambar 7,8,9.

Nama/ kode Benda uji	Kadar aspal	Berat briket				Volum briket	Berat isi briket	Berat jenis maks. Teoritis (Gmm)	% Rongga diantara Agregat (VMA)	% Rongga dalam campuran (VIM)	% Rongga terisi Aspal (VFA)	Stabilitas				Pelelehan (Flow)		Marshall Quotient						
		a	b	c	d							e	f	g	h	i	j		k	l	m	n	o	p
		di Udara	SSD	dalam Air	c - d							b/e	$\frac{100}{\left(\frac{100-a}{G_{se}}\right) + \frac{a}{T}}$	$100 - \frac{(100-a)f}{G_{sb}}$	$100 - \frac{(100f)}{g}$	$\frac{100(h-i)}{h}$	Bacaan arloji		Disesuai kan	Faktor koreksi volume	Stabilitas x Koreksi Volume			
		%	gram	gram	gram							cc	gr/cc	gr/cc	%	%	%		strip	kg		kg	mm	kg/mm
5,6-1.A	5,6	1189,4	1199,1	692,5	506,6	2,348	2,460	15,1	4,6	69,8	91	2129,4	1,04	2214,6	2,77	799,5								
5,6-1.B	5,6	1190,5	1201,3	693,3	508,0	2,344	2,460	15,2	4,7	68,9	83	1942,2	1,04	2019,9	2,52	801,5								
5,6-1.C	5,6	1188,9	1199,1	698,3	500,8	2,374	2,460	14,1	3,5	75,3	81	1895,4	1,04	1971,2	3,08	640,0								
						2,355	2,460	14,8	4,3	71,3				2068,6	2,8	747,0								
6,1-1.A	6,1	1197,2	1208,5	696,7	511,8	2,339	2,442	15,8	4,2	73,4	84	1965,6	1,00	1965,6	3,17	620,1								
6,1-1.B	6,1	1179,7	1190,1	692,9	497,2	2,373	2,442	14,6	2,8	80,6	88	2059,2	1,04	2141,6	2,99	716,2								
6,1-1.C	6,1	1192,1	1200,9	691,9	509,0	2,342	2,442	15,7	4,1	74,0	79	1848,6	1,00	1848,6	4,02	459,9								
						2,351	2,442	15,4	3,7	76,0				1985,3	3,4	598,7								
6,6-1.A	6,6	1199,5	1208,7	700,1	508,6	2,358	2,424	15,6	2,7	82,6	69	1614,6	1,00	1614,6	4,41	366,1								
6,6-1.B	6,6	1188,7	1198,2	700,4	497,8	2,388	2,424	14,5	1,5	89,7	74	1731,6	1,04	1800,9	3,99	451,3								
6,6-1.C	6,6	1198,2	1206,9	701,7	505,2	2,372	2,424	15,1	2,2	85,7	71	1661,4	1,04	1727,9	4,21	410,4								
						2,373	2,424	15,1	2,1	86,0				1714,4	4,2	409,3								

Gambar 7. Hasil Pemeriksaan Uji Marshall Target Awal Gradasi Campuran AC-WC Kondisi KAO (Tipe 1)

Nama/ kode Benda uji	Kadar aspal	Berat briket				Volum briket	Berat isi briket	Berat jenis maks. Teoritis (Gmm)	% Rongga diantara Agregat (VMA)	% Rongga dalam campuran (VIM)	% Rongga terisi Aspal (VFA)	Stabilitas				Pelelehan (Flow)		Marshall Quotient						
		a	b	c	d							e	f	g	h	i	j		k	l	m	n	o	p
		di Udara	SSD	dalam Air	c - d							b/e	$\frac{100}{\left(\frac{100-a}{G_{se}}\right) + \frac{a}{T}}$	$100 - \frac{(100-a)f}{G_{sb}}$	$100 - \frac{(100f)}{g}$	$\frac{100(h-i)}{h}$	Bacaan arloji		Disesuai kan	Faktor koreksi volume	Stabilitas x Koreksi Volume			
		%	gram	gram	gram							cc	gr/cc	gr/cc	%	%	%		strip	kg		kg	mm	kg/mm
5,6-2.A	5,6	1199,2	1209,1	700,6	508,5	2,358	2,459	14,7	4,1	72,1	79	1848,6	1,04	1922,5	3,35	573,9								
5,6-2.B	5,6	1201,6	1210,9	697,3	513,6	2,340	2,459	15,4	4,9	68,4	83	1942,2	1,00	1942,2	2,86	679,1								
5,6-2.C	5,6	1191,9	1202,0	700,4	501,6	2,376	2,459	14,0	3,4	76,0	70	1638,0	1,04	1703,5	4,01	424,8								
						2,358	2,459	14,7	4,1	72,2				1856,1	3,4	559,3								
6,1-2.A	6,1	1183,8	1194,0	703,2	490,8	2,412	2,441	13,2	1,2	90,9	73	1708,2	1,09	1861,9	3,88	479,9								
6,1-2.B	6,1	1191,7	1200,8	701,1	499,7	2,385	2,441	14,2	2,3	83,7	68	1591,2	1,04	1654,8	4,11	402,6								
6,1-2.C	6,1	1196,2	1205,9	704,1	501,8	2,384	2,441	14,2	2,4	83,5	77	1801,8	1,04	1873,9	4,19	447,2								
						2,394	2,441	13,9	2,0	86,1				1796,9	4,1	443,2								
6,6-2.A	6,6	1201,2	1209,9	705,2	504,7	2,380	2,424	14,8	1,8	87,9	66	1544,4	1,04	1606,2	3,16	508,3								
6,6-2.B	6,6	1192,9	1201,1	700,6	500,5	2,383	2,424	14,7	1,7	88,7	74	1731,6	1,04	1800,9	4,09	440,3								
6,6-2.C	6,6	1197,7	1208,3	707,7	500,6	2,393	2,424	14,4	1,3	91,1	69	1614,6	1,04	1679,2	4,31	389,6								
						2,385	2,424	14,6	1,6	89,3				1695,4	3,9	446,1								

Gambar 8. Hasil Pemeriksaan Uji Marshall Target Awal Gradasi Campuran AC-WC Kondisi KAO (Tipe 2)

Nama/ kode Benda uji	Kadar aspal	Berat briket				Volum briket	Berat isi briket	Berat jenis maks. Teoritis (Gmm)	% Rongga diantara Agregat (VMA)	% Rongga dalam campuran (VIM)	% Rongga terisi Aspal (VFA)	Stabilitas				Pelelehan (Flow)		Marshall Quotient						
		a	b	c	d							e	f	g	h	i	j		k	l	m	n	o	p
		di Udara	SSD	dalam Air	c - d							b/e	$\frac{100}{\left(\frac{100-a}{G_{se}}\right) + \frac{a}{T}}$	$100 - \frac{(100-a)f}{G_{sb}}$	$100 - \frac{(100f)}{g}$	$\frac{100(h-i)}{h}$	Bacaan arloji		Disesuai kan	Faktor koreksi volume	Stabilitas x Koreksi Volume			
		%	gram	gram	gram							cc	gr/cc	gr/cc	%	%	%		strip	kg		kg	mm	kg/mm
5,6-3.A	5,6	1186,9	1197,2	680,8	516,4	2,298	2,457	16,7	6,4	61,4	74	1731,6	1,00	1731,6	2,11	820,7								
5,6-3.B	5,6	1190,5	1199,1	688,2	510,9	2,330	2,457	15,5	5,1	66,9	81	1895,4	1,04	1971,2	3,71	531,3								
5,6-3.C	5,6	1197,4	1208,0	693,2	514,8	2,326	2,457	15,7	5,3	66,1	88	2059,2	1,00	2059,2	2,55	807,5								
						2,318	2,457	16,0	5,6	64,8				1920,7	2,8	719,8								
6,1-3.A	6,1	1200,7	1209,9	700,3	509,6	2,356	2,439	15,1	3,4	77,5	83	1942,2	1,00	1942,2	3,99	486,8								
6,1-3.B	6,1	1193,8	1202,1	690,9	511,2	2,335	2,439	15,8	4,2	73,2	89	2082,6	1,00	2082,6	4,18	498,2								
6,1-3.C	6,1	1197,4	1206,6	693,8	512,8	2,335	2,439	15,8	4,3	73,1	78	1825,2	1,00	1825,2	4,47	408,3								
						2,342	2,439	15,6	4,0	74,6				1950,0	4,2	464,4								
6,6-3.A	6,6	1199,9	1208,9	702,1	506,8	2,368	2,421	15,1	2,2	85,4	77	1801,8	1,04	1873,9	3,87	484,2								
6,6-3.B	6,6	1201,1	1210,5	700,7	509,8	2,356	2,421	15,5	2,7	82,7	81	1895,4	1,00	1895,4	4,82	393,2								
6,6-3.C	6,6	1193,8	1202,8	700,1	502,7	2,375	2,421	14,8	1,9	87,1	73	1708,2	1,04	1776,5	4,39	404,7								
						2,366	2,421	15,2	2,3	85,1				1848,6	4,4	427,4								

Gambar 9. Hasil Pemeriksaan Uji Marshall Target Awal Gradasi Campuran AC-WC Kondisi KAO (Tipe 3)

Penyimpangan sifat campuran beton aspal Laston AC-WC kondisi KAO = 6,1% terbesar terjadi pada target gradasi senjang campuran agregat tipe 2 terhadap target gradasi awal campuran

agregat Laston AC-WC sebagai berikut: nilai VIM turun dari nilai 3,91% menjadi 1,95%, nilai VFA naik dari nilai 74,87% menjadi 86,05%, nilai stabilitas turun dari nilai 2309,19 kg menjadi 1796,89 kg dan nilai MQ turun dari nilai 705,39 kg/mm menjadi 443,25 kg/mm. Sedangkan penyimpangan target gradasi campuran agregat Laston AC-WC yang terjadi pada gradasi campuran agregat tipe 2 dibandingkan dengan target awal gradasi campuran laston AC-WC sebagai berikut: lolos saringan $\frac{1}{2}$ " = +3%, lolos saringan $\frac{3}{8}$ " = 5%, lolos saringan #4 = 6%, lolos saringan #8 = -10%, lolos saringan #16 = -7%, lolos saringan #50 = +5%, lolos saringan #100 = +3% dan lolos saringan #200 = +1%.

KESIMPULAN

Dari hasil analisa perhitungan dan pembahasan pelaksanaan pengujian diatas, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Berdasarkan target awal gradasi campuran agregat beton aspal Laston AC-WC sesuai spesifikasi teknis Bina Marga Tahun 2010, maka pada pengujian campuran aspal panas Laston AC-WC diperoleh nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6,1%.
- b. Penyimpangan sifat campuran beton aspal Laston AC-WC kondisi KAO = 6,1% terbesar terjadi pada target gradasi senjang campuran agregat tipe 2 terhadap target gradasi awal campuran agregat Laston AC-WC sebagai berikut: nilai VIM turun dari nilai 3,91% menjadi 1,95%, nilai VFA naik dari nilai 74,87% menjadi 86,05%, nilai stabilitas turun dari nilai 2309,19 kg menjadi 1796,89 kg dan nilai MQ turun dari nilai 705,39 kg/mm menjadi 443,25 kg/mm.
- c. Penyimpangan target gradasi campuran agregat Laston AC-WC yang terjadi pada gradasi campuran agregat tipe 2 dibandingkan dengan target awal gradasi campuran laston AC-WC sebagai berikut: lolos saringan $\frac{1}{2}$ " = +3%, lolos saringan $\frac{3}{8}$ " = 5%, lolos saringan #4 = 6%, lolos saringan #8 = -10%, lolos saringan #16 = -7%, lolos saringan #50 = +5%, lolos saringan #100 = +3% dan lolos saringan #200 = +1%.

DAFTAR PUSTAKA

- Putri, E.E dan Syamsuwirman. (2016). *Tinjauan Substitusi Styrofoam Pada Aspal Pen. 60/70 Terhadap Kinerja Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)*, Jurnal Teknik Sipil Universitas Syah Kuala, Volume 6, Nomor 1, September 2016.
- Panungkelan, K.S dkk. (2017). *Pengaruh Jumlah Tumbukan Pemadatan Benda Uji Terhadap Besaran Marshall Campuran Beraspal Panas Bergradasi Menerus Jenis Asphalt Concrete (AC)*, Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.8, Oktober 2017.
- Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat, Direktorat Jenderal Bina Marga. (2010). *Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 3)*.
- Fatmawati, L. (2013) Karakteristik Marshall Dalam Aspal Campuran Panas AC-WC Terhadap Variasi Temperatur Perendaman, Jurnal Wahana TEKNIK SIPIL Vol.18 No.2, Desember 2013.
- Koestalam, P & Sutoyo. (2010) Perancangan Tebal Perkerasan Jenis Lentur (Flexible Pavement) dan Jenis Kaku (Rigit Pavement) (Sesuai AASHTO 1986)), Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum PT. Mediatama Saptakarya, Cetakan pertama.
- Bitumen, S. (1990). *The Shell Bitumen Hand Book*, Published By Shell Bitumen, East Molesey Serrey.
- Sukirman, S. (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*, Granit Jakarta 2003.
- The Asphalt Institute. (1993). *Mix Design Methods for Asphalt Concrete and other Hot Mix Types*, Manual Series No.2 (MS-2), Sixth Edition, Lexington, Kentucky, USA, Asphalt Institute.
- Yoder dan Witczak. (1975). *Principles of Pavement Design, 2nd Edition*, John Wiley & Sons, Inc.