

PENGARUH PENGGUNAAN PLASTIK PET (*POLYETHYLENE TEREPHTHALATE*) PADA CAMPURAN ASPAL AC-WC TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL

THE EFFECT OF USING POLYETHYLENE TEREPHTHALATE IN ASPHALT MIXTURE AC-WC FOR MARSHALL CHARACTERISTIC

Salma Alwi¹⁾, Anung Sudibyo^{2)*}, Herni³⁾

salmaalwi@yahoo.com¹⁾, bpk.anungsudibyo@gmail.com²⁾, hernienoo17@gmail.com³⁾,

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Samarinda

^{1,2,3}Jl. Cipto Mangunkusumo Kampus Gunung Panjang, Kota Samarinda 75131, Kalimantan Timur

Korespondensi Naskah : Salma Alwi

INTISARI

Campuran aspal beton adalah suatu bahan yang terdiri dari campuran antara batuan (agregat kasar dan agregat halus) dengan bahan ikat aspal. Campuran ini memiliki kelemahan yaitu terhadap cuaca di Indonesia yang rentan terjadi kerusakan. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk bahan tambah yang dapat meningkatkan kekuatan dan membantu perbaikan konstruksi jalan aspal. Bahan tambah yang digunakan adalah sampah botol plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) dan material yang digunakan aspal pen 60/70 dan jenis *filler* semen dan abu batu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai karakteristik *Marshall* pada campuran aspal Laston *AC-WC* dengan penambahan PET dengan kadar 1%, 1.5%, 2%, 2.5%, dan 3% dengan metode cara kering (*dry process*) dan dihitung dari berat aspal pada kadar aspal optimum (KAO). Hasil penelitian menunjukkan dengan cara kering karakteristik *Marshall* bahwa nilai stabilitas, *VIM*, *VFB* dan *MQ* dengan penambahan kadar 1% sampai 3% telah memenuhi syarat Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan 2018 Divisi 6 Tentang Perkerasan Aspal sedangkan nilai *flow* dan *VIM* tidak memenuhi syarat yang ditetapkan. Penambahan PET dengan kadar 2% merupakan kadar yang dapat digunakan dalam campuran beraspal, karena telah memenuhi syarat tertentu.

Kata kunci: PET, Laston *AC-WC*, KAO, Cara Kering.

ABSTRACT

Concrete asphalt mixture is a material consisting of a mixture of rock (coarse aggregate and fine aggregate) with asphalt connective material. This mixture has a weakness that is the weather in Indonesia which is vulnerable to damage. Therefore, this research is done for added materials that can increase strength and help improve asphalt road construction. The additive that used is plastic bottle waste PET (Polyethylene Terephthalate) and the material used is asphalt pen 60/70 and filler type of cement and stone ash. This study aims to determine the value of Marshall characteristics in the Laston AC-WC asphalt mixture with the addition of PET with content of 1%, 1.5%, 2%, 2.5%, and 3% with the dry process and is calculated from the weight of asphalt on the content optimum asphalt (KAO). The research results showed of Marshall characteristic that the stability values, VIM, VFB and MQ with the addition of content of 1% to 3% were late fulfilling the General Specifications of 2018 Division 6 Roads and Bridges

About Asphalt Pavement while the flow and VIM values did not meet the specified conditions. The addition of PET with a content of 2% is a level that can be used in asphalt mixtures, because it meets certain requirements.

Keywords: *PET, Laston AC-WC, KAO, Dry Process.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Campuran aspal beton suatu bahan yang terdiri dari campuran antara batuan (agregat kasar dan agregat halus) dengan bahan ikat aspal yang mempunyai persyaratan tertentu, dimana kedua material sebelum dicampur secara homogen, harus dipanaskan terlebih dahulu. Namun campuran ini memiliki kelemahan yaitu terhadap cuaca tropis seperti di Indonesia yang rentan terjadi kerusakan seperti jalan akan mudah berlubang dan bergelombang. Oleh karena itu dilakukan penelitian untuk dicari bahan tambah yang dapat meningkatkan kekuatan dan membantu perbaikan konstruksi jalan aspal tersebut.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) menerapkan adanya pemanfaatan sampah plastik menjadi teknologi aspal campuran plastik. Menurut uji laboratorium Badan Penelitian dan Pengembangan (Balitbang) Kementerian PUPR, hal ini disebabkan aspal plastik mampu menahan gempuran air yang selama ini membuat jalan rentan rusak. Ketahanan terhadap air, serta stabilitas keawetan aspal plastik dinyatakan lebih tinggi dibandingkan aspal tanpa plastik. Beberapa polimer yang lazim menjadi bahan tambah pada perkerasan aspal antara lain *Polypropylene (PP)*, *Polyethylene Terephthalate (PET* atau *PETE)*, *High Density Polyethylene (HDPE)* dan lain-lain.

Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan, penelitian selanjutnya yang akan dilakukan yaitu variasi PET dengan kadar 1%-3% dengan jenis *filler* semen dan abu batu dan jenis aspal pen 60/70 serta yang telah memenuhi karakteristik *Marshall* yang mengacu pada Spesifikasi Umum 2018 Jalan dan Jembatan Divisi 6 Perkerasan Aspal.

Adapun maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung nilai karakteristik *Marshall* pada campuran aspal AC-WC dengan penambahan PET dengan variasi 1%, 1.5%, 2%, 2.5% dan 3% serta

mengetahui persentase dari penambahan PET yang dapat meningkatkan karakteristik *Marshall*.

LANDASAN TEORI

Perkerasan Jalan

Menurut Sukiman (2003) perkerasan jalan adalah jalan yang diperkeras dengan lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan, kekakuan dan kestabilan tertentu. Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan menjadi:

1. Konstruksi Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Contohnya yaitu Laston (Lapis Aspal Beton), Laston (Lapis Atas Aspal Beton), *Hot Rolled Asphalt (HRA)*, *Hot Rolled Sheet (HRS)* dan *Split Masric Asphalt (SMA)*.
2. Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) adalah suatu perkerasan yang menggunakan semen (*portland semen*) sebagai bahan pengikatnya, pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis fondasi bawah.
3. Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*) adalah suatu konstruksi perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, baik dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.

Lapis Aspal Beton

Lapis aspal beton adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat, dicampur dan dihampar dalam keadaan panas. Material-material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampuran pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal apa yang akan digunakan (Sukiman, 2003).

Lapis aspal beton mempunyai 3 macam campuran yaitu:

1. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*), dengan tebal nominal minimum adalah 4 cm.
2. Laston sebagai lapisan antara, dikenal dengan nama AC-BC (*Asphalt Concrete-*

Binder Course), dengan tebal nominal minimum adalah 6 cm, terletak dibawah lapisan aus dan diatas lapisan pondasi.

3. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*), dengan tebal nominal minimum adalah 7,5 cm.

Tabel 1. Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston

Sifat-sifat Campuran	Laston		
	Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah partikel perbidang	75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min	0,6	
	Max	1,2	
Rongga dalam campuran (VIM) (%)	Min	3,0	
	Max	5,0	
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14
Rongga terisi aspal (VFA) (%)	Min	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800	1800
Pelelehan (mm)	Min	2	3
	Max	4	6
Stabilitas Marshall sis (%0 setelah perendaman selama 24 jam. 60°C	Min	90	
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min	2	
Marshall Quoetient (kg/mm)	Min	250	300

Sumber: Spesifikasi Umum 2018 Jalan dan Jembatan Divisi 6 Perkerasan Aspal

Karakteristik Campuran Aspal Beton

1. Stabilitas, yaitu kekuatan dari campuran aspal untuk menahan deformasi akibat beban tetap dan berulang tanpa mengalami keruntuhan (*plastic flow*). Stabilitas terjadi dari hasil geseran antar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal
2. Durabilitas, yaitu ketahanan campuran aspal terhadap pengaruh cuaca, air, perubahan suhu, maupun keausan akibat gesekan roda kendaraan. Untuk mencapai ketahanan yang tinggi diperlukan rongga dalam campuran (*VIM*) yang kecil, sebab dengan demikian udara tidak masuk kedalam campuran yang dapat menyebabkan menjadi rapuh. Selain itu diperlukan juga *VMA* yang besar, sehingga aspal dapat menyelubungi agregat lebih baik.
3. Fleksibilitas atau Kelenturan, yaitu kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa mengalami retak. Untuk mencapai kelenturan yang tinggi diperlukan *VMA*

yang besar, *VIM* yang kecil dan penetrasi yang tinggi.

4. Workabilitas, yaitu kemudahan campuran aspal untuk diolah. Faktor yang mempengaruhi *workabilitas* antara lain gradasi agregat, dimana agregat yang bergradasi baik lebih mudah dikerjakan.

Bahan Penyusun Perkerasan Jalan Aspal

Aspal merupakan material bitumen yang berwarna hitam kecoklatan yang bersifat *viskoelastis* sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan sebaliknya. Sifat *viskoelastis* inilah yang membuat aspal dapat menyelubungi dan menahan agregat tetap pada tempatnya selama proses produksi dan masa pelayanannya.

Fungsi aspal pada perkerasan jalan adalah sebagai bahan pengikat antara agregat maupun antar aspal itu sendiri dan sebagai bahan pengisi, mengisi rongga antar butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari ageragat itu sendiri.

Tabel 2. Ketentuan Untuk Aspal Keras

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Tipe I Aspal
			Pen 60/70
1	Penetrasi pada 25°C (0.1 mm)	SNI 2456:2011	60-70
2	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48
3	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 2434:2011	≥ 100
4	Berat jenis	SNI 2441:2011	≥ 1.0

Sumber: Spesifikasi Umum 2018 Jalan dan Jembatan Divisi 6 Perkerasan Aspal

Agregat

1. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah material yang tertahan pada saringan no.4 (4,75 mm). Agregat kasar untuk campuran aspal harus terdiri dari batu pecah yang bersih, kuat, kering, awet, bersudut, bebas dari kotoran lempung dan material asing lainnya serta mempunyai tekstur permukaan yang kasar dan tidak bulat agar dapat memberikan sifat *interlocking* (menyambungkan) yang baik dengan material yang lain.

Tabel 3. Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian	Standar	Spesifikasi	
Penyerapan air	SNI 03-1969-2008	Maks. 3%	
Berat jenis (<i>Specific gravity</i>)	SNI 03-1969-2008	Min. 0,2	
Abrasi dengan mesin Los Angeles	100 putaran 500 putaran	SNI 03-2417-2008	Maks. 8%
			Maks. 40%

Sumber: Spesifikasi Umum 2018 Jalan dan Jembatan Divisi 6 Perkerasan Aspal

2. Agregat Halus

Agregat halus adalah material yang lolos saringan no.8 (2,36 mm). Agregat dapat meningkatkan stabilitas campuran dengan penguncian (*interlocking*) antara butiran. Selain itu agregat halus juga mengisi ruang antara butiran. Bahan ini dapat terdiri dari butir-butiran batu pecah atau pasir alam atau campuran dari keduanya. Agregat halus pada umumnya harus memenuhi persyaratan sebagai pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Spesifikasi
Penyerapan air	SNI 03-1970-2008	Maks. 2%
Berat jenis (<i>Specific gravity</i>)	SNI 03-1970-2008	Min. 0,2

Sumber: Spesifikasi Umum 2018 Jalan dan Jembatan Divisi 6 Perkerasan Aspal

Bahan Pengisi (Filler)

Bahan pengisi yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen. Bahan pengisi

(*filler*) harus kering dan bebas dari gumpalan dan mempunyai sifat non plastis. Fungsi *filler* dalam campuran adalah:

1. Untuk memodifikasi agregat halus sehingga berat jenis campuran meningkat dan jumlah aspal yang diperlukan untuk mengisi rongga akan berkurang.
2. *Filler* dan aspal secara bersamaan akan membentuk suatu pasta yang akan membalut dan mengikat agregat halus untuk membentuk mortar.
3. Mengisi ruang antara agregat halus dan kasar serta meningkatkan kepadatan dan kestabilan.

Menurut Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan 2018 syarat bahan pengisi (*filler*) terlihat pada tabel 5:

Tabel 5. Ketentuan *Filler*

Pengujian	Standar	Spesifikasi
Berat jenis semen	SNI 15-2531-1991	3.0-3.2
Lolos ayakan No.200	SNI ASTM C136:2012	≥ 75%

Sumber: Spesifikasi Umum 2018 Jalan dan Jembatan Divisi 6 Perkerasan Aspal

Gradasi

Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya, ukuran butir agregat dapat di peroleh melalui pemeriksaan analisa saringan. Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase lolos, atau persentase tertahan, yang dihitung berdasarkan berat agregat. Gradasi agregat menentukan besarnya rongga atau pori yang mungkin terjadi dalam agregat campuran. Gradasi agregat dibedakan atas Gradasi Seragam, Gradasi Rapat dan Gradasi Buruk.

Tabel 6. Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan	(mm)	% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat				
		Lataston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM		WC	Base	WC	BC	Base
1½"	37,5					100
1"	25				100	90-100
¾"	19	100	100	100	90-100	76-90
½"	12,5	90-100	90-100	90-100	75-90	60-78
3/8"	9,5	75-85	65-90	77-90	66-82	52-71
No.4	4,75			53-69	46-64	35-54
No.8	2,36	50-72	35-55	33-53	30-49	23-41
No.16	1,18			21-40	18-38	13-30
No.30	0,600	35-60	15-35	14-30	12-28	10-22
No.50	0,300			9-22	7-20	6-15
No.100	0,150			6-15	5-13	4-10
No.200	0,075	6-10	2-9	4-9	4-8	3-7

Sumber: Spesifikasi Umum 2018 Jalan dan Jembatan Divisi 6 Perkerasan Aspal

Plastik PET

Menurut Mujiarto (2005) plastik adalah suatu polimer yang mempunyai sifat-sifat unik dan luar biasa. Polimer adalah suatu bahan yang terdiri dari unit molekul yang disebut monomer.

PET adalah jenis polimer sintesis termoplastik. PET film bersifat jernih, kuat, liat, dimensinya stabil, tidak beracun, permeabilitas terhadap gas, aroma maupun air rendah. PET dapat diproses dengan proses ekstrusi pada suhu tinggi 518-608°F, selain itu juga dapat diproses dengan teknik cetak injeksi maupun cetak tiup. Sebelum dicetak sebaiknya resin PET dikeringkan lebih dahulu (maksimum kandungan uap air 0,02%) untuk mencegah terjadinya proses hidrolisa selama pencetakan.

Plastik dan Perkerasan

Menurut Suroso (2008), pencampuran plastik untuk menaikkan kinerja campuran beraspal ada dua cara yaitu cara basah dan cara kering.

1. Cara Basah (*Wet Process*) yaitu suatu cara campuran dimana plastik kedalam aspal panas dan diaduk dengan kecepatan tinggi sampai homogen.
2. Cara Kering (*Dry Process*) yaitu cara campuran dimana plastik dimasukkan kedalam agregat yang dipanaskan pada temperatur campuran, kemudian aspal panas ditambahkan.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu melakukan percobaan terhadap benda uji campuran beraspal AC-WC dengan bahan tambah Plastik *Polyethylene Terephthalate*. Penelitian ini dilakukan pada Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Samarinda.

Jumlah Sampel/Benda Uji

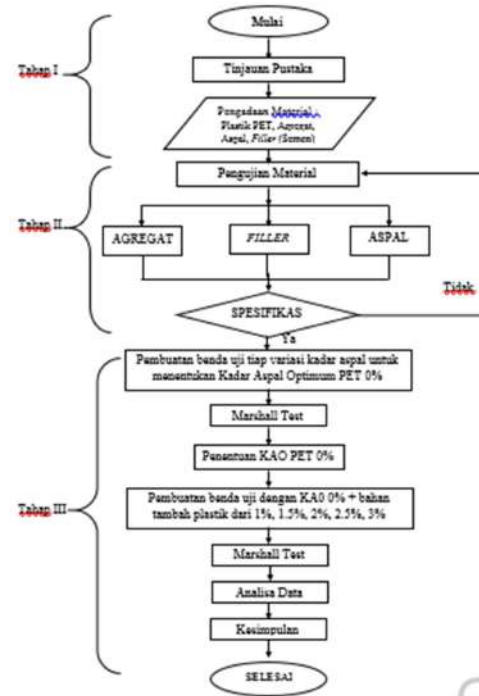
Tabel 7. Pembuatan Benda Uji 1 Laston AC-WC KAO (0 %)

Kadar Aspal (%)	Jumlah Benda Uji	Hasil
Pb-1,0 (%)	3	KAO
Pb-0,5 (%)	3	
Pb (%)	3	
Pb +0,5 (%)	3	
Pb +1,0 (%)	3	
Jumlah	15 Benda Uji	

Tabel 8. Rancangan Pembuatan Benda Uji+Kadar Plastik PET

Berat Material (gr)	(%) kadar plastik	(%)Kadar aspal	Jumlah benda uji	Total
1200	1%	KAO (Kadar Aspal Optimum)	5	25
	1,5%		5	
	2%		5	
	2,5%		5	
	3%		5	

Bagan Alir Penelitian



Gambar 1. Flow Chart Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Agregat

Tabel 9. Pengujian Agregat

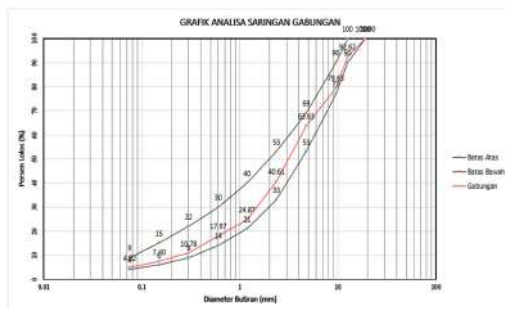
Jenis Pengujian	Hasil	Spek	Standar
Agregat Kasar 1/2			
Berat Jenis Bulk	2.78	-	Memenuhi
Berat Jenis Semu	2.92	≥ 2.5	Memenuhi
Penyerapan Air	1.76%	≤ 3%	Memenuhi
Abrasi	36.26%	≤ 26%	Memenuhi
Agregat Kasar 3/8			
Berat Jenis Bulk	2.66	-	Memenuhi
Berat Jenis Semu	2.75	≥ 2.5	Memenuhi
Penyerapan Air	1.16%	≤ 3%	Memenuhi
Abrasi	24.64%	≤ 26%	Memenuhi
Agregat Halus (Abu Batu)			

Berat Jenis Bulk	2.53	-	Memenuhi
Berat Jenis Semu	2.63	≥ 2.5	Memenuhi
Penyerapan Air	1.53%	≤ 3%	Memenuhi
Agregat Halus (Pasir Palu)			
Berat Jenis Bulk	2.54	-	Memenuhi
Berat Jenis Semu	2.71	≥ 2.5	Memenuhi
Penyerapan Air	2.41%	≤ 3%	Memenuhi

Pengujian Analisa Saringan

Tabel 10. Analisa Saringan Gabungan

Saringan	% Lolos Kumulatif					% Gabungan					Spesifikasi		
	Ukuran (mm)	batu 1/2 (%)	batu 3/8 (%)	abu batu (%)	pasir palu (%)	filler (%)	batu 1/2 (%)	batu 3/8 (%)	abu batu (%)	pasir palu (%)	filler (%)	Total (%)	Minimum (%)
10	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	28.00	28.00	24.00	15.00	5.00	100.00	100	100
12.5	73.66	100.00	100.00	100.00	100.00	20.62	28.00	24.00	15.00	5.00	92.62	90	100
9.5	27.25	100.00	100.00	100.00	100.00	7.63	28.00	24.00	15.00	5.00	79.63	77	90
4.75	0.00	79.32	90.66	97.73	100.00	0.00	22.21	21.76	14.66	5.00	63.63	51	69
2.50	0.00	31.86	54.33	90.98	100.00	0.00	8.92	13.04	13.65	5.00	40.61	33	53
1.18	0.00	3.57	27.73	81.46	100.00	0.00	1.00	6.66	12.22	5.00	24.87	21	40
0.6	0.00	0.00	17.21	38.96	100.00	0.00	0.00	4.13	8.84	5.00	17.97	14	30
0.3	0.00	0.00	11.05	20.89	99.90	0.00	0.00	2.65	3.13	4.99	10.78	9	22
0.15	0.00	0.00	6.16	7.33	98.45	0.00	0.00	1.48	1.10	4.82	7.40	6	15
0.075	0.00	0.00	2.37	1.76	79.70	0.00	0.00	0.17	0.26	3.98	4.82	4	9
pas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								



Gambar 2. Grafik Analisa Saringan Gabungan

Pengujian Aspal

Tabel 11. Hasil Pengujian Aspal

Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Metode Pengujian	Standar
Penetrasi 25°C (0.1 mm)	63	60-70	SNI 2456:2011	Memenuhi
Titik Lembek (°C)	50	≥ 48	SNI 2434:2011	Memenuhi
Daktilitas pada 25°C, (cm)	117.5	≥ 100	SNI 2432:2011	Memenuhi
Berat Jenis	1.024	≥ 1,0	SNI 2441:2011	Memenuhi

Sumber : Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan 2018 Divisi 6 Tentang Perkerasan Aspal

Pengujian Filler

Tabel 12. Hasil Pengujian filler

Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Metode Pengujian	Standar
Berat Jenis	3.06	3.0-3.2	SNI 15-2531-1991	Memenuhi
Lolos Ayakan No.200	79.70	≥ 75%	SNI ASTM C136:2012	Memenuhi

Sumber : Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan 2018 Divisi 6 Tentang Perkerasan Aspal

Menentukan KAO Campuran Laston Tanpa Plastik

Menentukan KAO dilakukan dengan menghitung kadar aspal rencana dengan rumus sebagai berikut:

$$Pb = 0.035 (\%CA) + 0.045(\%FA) + 0.18 (\%FF) + \text{Konstantan}$$

Perhitungan:

Saringan yang digunakan dalam hitungan Pb adalah saringan no.8 dan no.200

Diketahui:

$$\text{No.8} = 40.61 \%$$

$$\text{No.200} = 4.82\%$$

$$CA = 100 - 40.61 = 59.39\%$$

$$FA = 40.61 - 4.82 = 35.79\%$$

$$FF = 4.82\%$$

$$\text{Konstantan} = 1$$

Maka

$$Pb = 0.035 (59.39\%) + 0.045 (35.79\%) + 0.18 (4.82) + 1 = 5.5$$

Jadi kadar aspal yang akan digunakan untuk mencari KAO yaitu 4.5%, 5%, 5.5%, 6% dan 6.5%. Dengan kadar berat aspal dan agregat sebagai berikut:

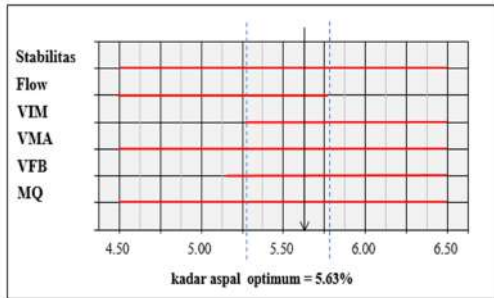
Tabel 13. Berat Benda Uji

Kadar Aspal	4.5	5	5.5	6	6.5
Berat Aspal	54	60	66	72	78
Batu 1/2	320.88	319.2	317.52	315.84	314.16
Batu 3/8	320.88	319.2	317.52	315.84	314.16
Abu Batu	275.04	273.6	272.16	270.72	269.28
Pasir Palu	171.9	171	170.1	169.2	168.3
Filler	22.92	22.8	22.68	22.56	22.44
Filler	34.38	34.2	34.02	33.84	33.66
Total	1200	1200	1200	1200	1200

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 14. Hasil Pengujian Marshall KAO

Kadar aspal (%)	Stabilitas	Flow	VMA	VIM	VFB	MQ
1%	2,186.80	3.70	15.89	7.65	52.17	595.02
1.50%	1,865.97	3.34	15.48	6.00	59.62	576.11
2%	1,515.50	3.70	15.08	4.33	71.59	410.70
2.50%	1,205.12	4.57	15.41	3.47	77.53	267.46
3%	1,222.39	4.78	16.25	3.20	80.47	258.69
Syarat	Min 800 Kg	2-4 mm	≥ 15%	3-5%	≥ 65%	Min 250 kg/mm



Gambar 3. Diagram Batang KAO

KAO yang didapatkan adalah 5.63%, nilai KAO ini akan menjadi nilai acuan untuk kadar yang akan digunakan dengan bahan tambah botol plastik PET.

Campuran Laston KAO + Plastik PET

Berikut perhitungan proporsi campuran untuk KAO 5.63% dengan penambahan plastik 1%:

Berat Benda Uji Total = 1200 gram

- a. Berat Aspal = 1200gr x 5.63% = 67.56 gr
- b. Berat Agregat= 1200gr – 67.56 gr = 1132.44 gr
- c. Berat Plastik= 67.56 gr x 1%= 0.68 gr
- d. Berat Aspal = 67.56 gr – 0.68gr = 66.88 gr

Tabel 15. Proporsi Campuran Laston (AC-WC) + Plastik PET

Kadar Plastik	Material				
	1%	1.50%	2.0%	2.50%	3%
Berat Plastik	0.68	1.01	1.35	1.69	2.03
Kadar Aspal	5.63%	5.63%	5.63%	5.63%	5.63%
Berat Aspal	66.88	66.55	66.21	65.87	65.53
Batu 1/2	28%	317.08	317.08	317.08	317.08
Batu 3/8	28.0%	317.08	317.08	317.08	317.08
Abu Batu	24%	271.79	271.79	271.79	271.79
Pasir Paku	15.0%	169.87	169.87	169.87	169.87
Filler	2.0%	22.65	22.65	22.65	22.65
Filler	3%	33.973	33.973	33.973	33.973
Berat Benda Uji	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00

Sumber: Hasil Perhitungan

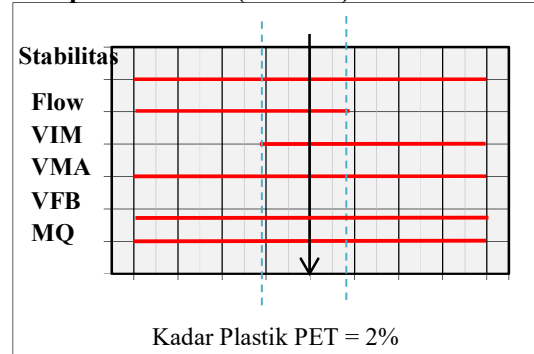
Hasil Analisa Perhitungan Marshall

Tabel 16. Hasil Perhitungan Marshall Test Laston (AC-WC) + Plastik PET

Kadar PET	Stabilitas	Flow	VIM	VMA	MQ
1 %	2297.412	3.75	5.35	16.27	618.67
1.5%	1995.118	3.97	5.23	16.16	514.16
2%	1720.00	3.86	4.82	15.79	445.00

2.5%	1421.972	4.10	4.72	15.71	347.44
3%	1606.658	4.66	4.68	15.67	359.92
Syarat	Min 800 Kg	2 - 4mm	3- 5%	≥ 15%	Min 250 Kg/mm

Kadar Plastik Maksimum Pada Campuran Laston (AC-WC)



Gambar 4. Diagram Plastik Maksimum

Rangkuman Analisa

Berdasarkan hasil karakteristik Marshall di atas, dapat disimpulkan bahwa kadar digunakan dalam campuran yang digunakan dalam campuran beraspal 2%.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisa penelitian yang diperoleh, maka dapat disimpulkan yaitu:

- 1. Penggunaan plastik dalam aspal dapat mempengaruhi karakteristik Marshall campuran Laston (AC-WC)

Tabel 16. Rekapitulasi Karakteristik Penambahan Plastik PET

Kadar Aspal	Kadar Plastik PET	Stabilitas	Flow /Kelelahan	VIM	VMA	MQ
5.63	1.00	2297.412	3.75	5.35	16.27	618.67
	1.50	1995.118	3.97	5.23	16.16	514.16
	2.00	1720.00	3.86	4.82	15.79	445.00
	2.50	1421.972	4.10	4.72	15.71	347.44
	3.00	1606.658	4.66	4.68	15.67	359.92
Syarat	Min 800 kg	2-4 mm	3-5%	≥ 15 %	Min 250 Kg/mm	

- 2. Setelah adanya penambahan plastik PET pada campuran Laston AC-WC yang memenuhi kriteria persyaratan spesifikasi Umum 2018 Divisi 6 Tentang Perkerasan Aspal baik karakteristik Marshall adalah pada penambahan kadar PET 2%.

Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan metode cara basah (*wet process*), serta dilakukan penelitian lain menggunakan bahan yang berbeda seperti plastik HDPE atau PP.
2. Penelitian selanjutnya perlu dilakukan menggunakan perkerasan aspal jenis lainnya seperti Laston AC-BC untuk mengetahui bisa atau tidak plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*).
3. Perlu ada penelitian lebih lanjut penambahan PET sebagai bahan tambah pada rentang penambahan $\leq 2\%$ dan penggunaan jenis aspal lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anita, Rahmawati dan Rama Rizana. 2013. *Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Polipropilena sebagai Pengganti Agregat Pada Campuran Laston Terhadap Karakteristik Marshall*. UMY, Yogyakarta Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTeKS 7) Universitas Sebelas Maret (UNS) – Surakarta, 24-26 Oktober 2013.
- Direktorat Jendral Bina Marga 2018. *Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan Divisi 6 Revisi 3, Tentang Pengerasan Jalan*.
- Elhamy, Muhammad Zaky. 2018. *Pengaruh Penggunaan Plastik High Density Polyethylene Pada Lapis Aspal Beton AC-WC Terhadap Karakteristik Marshall*. Tugas Akhir. Jurusan Tekni Sipil Politeknik Negeri Samarinda.
- Mujiarto, Iman. 2005. *Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif*. Traksi Vol.3. No.2, Desember 2005.
- Nasution, M. Fadil Natoras, dkk. 2018. *Pengaruh Penambahan Plastik PET (Polyethylene Terephthalate Terhadap Karakteristik Campuran Laston AC-WC di Laboratorium*.
- Prameswari, Putri Ajeng, dkk. 2016. *Pengaruh Pemanfaatan PET pada Laston Lapis Pengikat Terhadap Parameter Marshall*. Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain (JRSDD), Edisi Juni 2016, Vol.4 No.2 Hal: 294-305 (ISSN:2302-0011).
- Pratama, Nugraha Yuda, dkk. 2018. *Pengaruh Penggunaan Sampah Botol Plastik Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Lapis Aspal Beton (Laston)*. Vol.5, No.3.
- RSNI M-01-2003. *Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas Dengan Alat Marshall*
- Saputra Dian Eka. 2012. *Analisa Bahan Tambahan Serat Polypropylene (Fiber Plastic Beneser) Pada Campuran Aspal Beton*. Tugas Akhir Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
- Setiyawan Widar Rahmat. 2013. *Kinerja Penambahan Serat Polypropylene Terhadap Karakteristik Marsahll Menggunakan Bahan Pengikat Shell 60/70 Dengan Kadar Aspal 6,75%*. Universitas Negeri Yogyakarta 2013.
- Suhardi, dkk. 2016. *Studi Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Dengan Penambahan Limbah Botol Plastik*. Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain (JRSDD), Edisi Juni 2016, Vol.4 No.2, Hal: 284-293 (ISSN:2303-0011).
- Sukirman, Silvia. 1992. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova.
- Suroso, Tjitjik Wasiah. 2008. *Pengaruh Penambahan Plastik LDPE (Low Density Polyethilen) Cara Basah dan Cara Kering Terhadap Kinerja Campuran Beraspal*. Redaksi Media Komunikasi Teknik Sipil, Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan.
- Standar Nasional Indonesia, SNI ASTM C136:2012. *Metode Uji untuk Analisa Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar*.
- Standar Nasional Indonesia, SNI 03-1969-2008. *Metode Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar dan Penyerapan*.
- Standar Nasional Indonesia, SNI 03-1970-2008. *Metode Pengujian Berat Jenis Agregat Halus dan Penyerapan*.
- Standar Nasional Indonesia, SNI 03-2417-2008. *Metode Pengujian Abrasi dengan Mesin Los Angeles*.
- Standar Nasional Indonesia, SNI 06-2432-2011. *Metode Uji Daktilitas Aspal*.

- Standar Nasional Indonesia, SNI 06-2434-2011. *Cara Uji Titik Lembek dengan Alat Cincin dan Bola (ring and ball).*
- Standar Nasional Indonesia, SNI 06-2441-2011. *Metode Pengujian Berat Jenis Aspal.*
- Standar Nasional Indonesia, SNI 06-2456-2011. *Metode Uji Penetrasi Aspal.*
- Standar Nasional Indonesia, SNI 06-2489-1991. *Metode Pengujian Marshall Test.*