

**ANALISIS KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL BETON LAPIS
AUS (AC-WC) DENGAN MENGGUNAKAN PLASTIK BEKAS
SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT**

Made Andy Dwi Gunadi¹, I Nyoman Arya Thanaya² dan I Nyoman Widana Negara²

¹Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana

²Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana

e-mail: andy_dalung@yahoo.com

Abstrak: Agregat alam yang sering digunakan untuk konstruksi perkerasan jalan merupakan bahan baku yang tidak dapat diperbaharui dan dalam jangka panjang ketersediaannya akan habis. Penelitian ini menggunakan plastik jenis HDPE sebagai bahan pengganti sebagian agregat pada campuran aspal beton lapis aus (AC-WC). Sebagai pengganti sebagian dari agregat dipergunakan plastik HDPE dengan variasi, 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% terhadap berat total agregat. Plastik dicacah dengan menggunakan mesin pencacah plastik, dan dipotong lebih lanjut dengan alat potong manual (berbentuk relatif/ mendekati kubikal) hingga mencapai ukuran $\leq 4,75$ mm. Agregat yang diganti adalah agregat kasar. Penggantian material agregat dengan plastik dilakukan pada kadar aspal optimum (KAO), dengan substitusi berdasarkan volume. Untuk penelitian ini dilakukan pemeriksaan plastik dan agregat serta aspal terlebih dahulu yang dilakukan berdasarkan SNI. Kemudian dilakukan pengujian Marshall untuk mencari kadar aspal optimum. Diperoleh nilai KAO sebesar 5,9%. Persentase inilah yang digunakan sebagai dasar penentuan kadar/jumlah aspal pada campuran AC-WC dengan plastik bekas sebagai pengganti sebagian agregat. Hasil penelitian menunjukkan nilai stabilitas tertinggi terjadi pada penggunaan kadar plastik 50% sebesar 875,1 kg dan terendah pada kadar plastik 10% sebesar 527,0 kg. Nilai *Flow* tertinggi pada penggunaan kadar plastik 50% sebesar 7,11 mm dan terendah pada kadar 0% sebesar 3,43 mm. Sedangkan nilai MQ tertinggi pada penggunaan kadar plastik 0% dan terendah pada kadar plastik 10% masing-masing sebesar 251,7 kg/m dan 109,3 kg/m. Untuk nilai VMA tertinggi terjadi pada penggunaan kadar plastik 10% sebesar 20,3% dan terendah pada kadar plastik 0% sebesar 15,2%. Nilai VIM tertinggi pada penggunaan kadar plastik 50% dan terendah pada kadar plastik 0% masing-masing sebesar 12,6% dan 4,9%. Sedangkan nilai VFB tertinggi pada penggunaan kadar plastik 0% sebesar 67,9% dan terendah pada kadar 50% sebesar 37,3%. Pengurangan porositas dilakukan dengan peningkatan energi pemadatan menjadi 2x100 tumbukan. Penambahan sebanyak 25 tumbukan pada masing-masing sisi dilakukan pada campuran dengan variasi kadar plastik 50%. Dari hasil pengujian Marshall dan perhitungan, diperoleh data berupa nilai karakteristik meliputi nilai stabilitas, *Flow*, *Marshall Quotient*, VIM, VMA, dan VFB, yaitu masing-masing secara berturut-turut sebesar 1539,7 kg; 8,38 mm; 183,51 kg/mm; 8,8%; 16,6%; dan 47,2%.

Kata kunci: Laston (AC-WC), Plastik Bekas HDPE, Marshall

**ANALYSIS OF ASPHALT CONCRETE – WEARING COURSE
CHARACTERISTICS BY USING ‘USED PLASTICS’ AS A PARTIAL
REPLACEMENT OF AGGREGATE**

Abstract: Natural aggregates that are often used for road pavement construction is the raw material that can not be renewed and in long term may unavailable. This research used plastic (HDPE) as partial substitute of aggregate on a mixture of asphalt concrete wearing course. As a substitute for a portion of the aggregate, the HDPE plastic was varied at 0 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, and 50 % against the total weight of the aggregate. The plastic was chopped in using plastic chopping machine, and cut further by manually until reaches the size of ≤ 4.75 mm. The

aggregat yang digantikan oleh agregat kasar. Penggantian agregat dengan plastik dilakukan pada optimum asphalt content dengan substitusi per volume. Awalnya material: plastik, asphalt, agregat diuji sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI). Kemudian campuran diuji untuk Marshall test untuk menentukan optimum asphalt content. Ditemukan bahwa optimum asphalt content adalah 5,9%. Persentase ini digunakan sebagai dasar untuk penentuan jumlah asphalt content pada campuran AC-WC dengan plastik HDPE sebagai substitusi agregat. Hasilnya menunjukkan bahwa nilai stabilitas tertinggi terjadi pada penggunaan plastik 50% (875,10 g) dan terendah pada 10% plastik (527,0). Nilai Flow tertinggi pada penggunaan plastik 50% (7,11 mm) dan terendah pada 0% plastik (3,43 mm). Nilai Marshall Quotient tertinggi pada 0% plastik (251,7 kg/mm) dan terendah pada 10% plastik (109,3 kg/mm). Nilai VMA tertinggi pada 10% plastik (20,3%) dan terendah pada 0% plastik (15,2%). Nilai VIM tertinggi pada 50% plastik (12,6%) dan terendah pada 0% plastik (4,9%). Nilai VFB tertinggi pada 0% plastik (67,9%) dan terendah pada 50% plastik (37,3%). Upaya mengurangi porositas dilakukan dengan meningkatkan energi pemadatan dari 2x75 menjadi 2x100 Marshall blows. Ditambah energi pemadatan 25 blow pada setiap sisi sampel. Hal ini dilakukan pada campuran dengan variasi 50% plastik. Dari hasil Marshall test dan perhitungan campuran tersebut, diperoleh karakteristik sampel, yaitu Stabilitas, Flow, Marshall Quotient, VIM, VMA, dan VFB, masing-masing bernilai 1539,7 kg; 8,38 mm; 183,51 kg/mm; 8,8%; 16,6%; dan 47,2%.

Keywords: Asphalt Concrete - Wearing Course, HDPE Plastic, Marshall

PENDAHULUAN

Jalan sebagai salah satu prasarana transportasi merupakan unsur penting dalam usaha memperlancar mobilitas suatu barang atau jasa guna meningkatkan perekonomian nasional. Untuk mewujudkan hal-hal tersebut, penyediaan prasarana transportasi darat tidak bisa terlepas dari penyediaan bahan penyusun konstruksi jalan itu sendiri. Agregat alam yang sering digunakan untuk konstruksi perkerasan lentur merupakan bahan baku yang tidak dapat diperbaharui dan dalam jangka panjang ketersediaannya akan habis. Oleh karena itu perlu adanya suatu bahan pengganti untuk menggantikan pemakaian agregat alam dalam pembuatan konstruksi perkerasan lentur.

Di Denpasar dan kota-kota lain di Indonesia, terdapat banyak barang bekas dari plastik. Sejauh ini barang bekas dari plastik didaur ulang sebagai wadah-wadah untuk makanan, minuman (botol) dan juga non-makanan seperti shampoo, kondisioner, plastik lembaran, dan lain-lain. Secara

umum pengolahan plastik ini dilakukan dengan cara mekanis yaitu dengan menggunakan mesin pencacah plastik sehingga menghasilkan serpihan plastik daur ulang yang merupakan bahan baku dari biji plastik, yang kemudian diolah menjadi barang baru. Dalam penelitian ini, sesuai ketersediaannya dipergunakan plastik dari hasil pemecahan barang-barang bekas rumah tangga berbahan plastik, sebagai bahan pengganti sebagian agregat untuk campuran laston (AC-WC). Pembuatan campuran ini memiliki tingkat kesulitan pemadatan yang tinggi (workabilitas rendah) karena bentuk plastik relatif pipih, sehingga dapat berakibat pada tingginya porositas yang terjadi. Bila karakteristik campuran yang diperoleh ada yang tidak terpenuhi, diupayakan cara untuk mengatasinya, misalnya dengan penambahan energi pemadatan untuk mengurangi porositas.

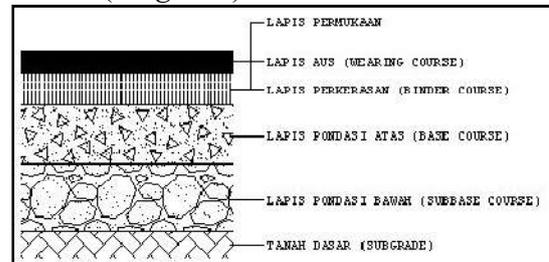
Dalam penelitian ini, jenis campuran aspal panas yang dipilih adalah Laston (AC-WC) gradasi halus, dengan menggunakan agregat standar berupa agregat kasar, agregat halus dan *filler* yang diperoleh

dari PT. Kresna Karya, Desa Akah Kabupaten Klungkung. Sebagai pengganti sebagian dari agregat dipergunakan plastik dengan variasi, 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% terhadap berat total agregat. Jenis plastik yang digunakan adalah HDPE (*High Density Polyethelene*) yang berasal dari pecahan ember bekas, wadah-wadah produk non pangan, dan lain-lain. Cara pencacahan plastik bekas yaitu dengan cara dicacah dengan menggunakan mesin pencacah plastik, dan dipotong lebih lanjut dengan alat potong manual (berbentuk relatif/ mendekati kubikal) hingga mencapai ukuran $\leq 4,75$ mm. Setelah itu disaring untuk mendapatkan gradasi plastik. Karakteristik plastik bekas yang ditinjau adalah berat jenis dan temperatur lembek plastik. Penggantian material agregat dengan plastik dilakukan pada kadar aspal optimum, dengan substitusi berdasarkan volume. Agregat yang diganti adalah agregat yang tertahan saringan 1/2" (12,5mm), 3/8" (9,5mm), no.4 (4,75 mm) dan no.8 (2,36 mm). Pada campuran ini, aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70 Pertamina. Karakteristik campuran AC-WC ditentukan berdasarkan pemadatan dengan metode Marshall dan pendekatan kepadatan mutlak (PRD). Dilakukan penambahan energi pemadatan yang dibatasi sebesar 2x100 tumbukan, untuk mengurangi tingginya porositas yang terjadi pada campuran AC-WC dengan variasi kadar plastik. Pada penelitian ini tidak dibahas mengenai analisis ekonomi dan analisis kimia.

MATERI DAN METODE

Kontruksi perkerasan lentur (*fleksible pavement*) merupakan jenis perkerasan dengan aspal sebagai bahan pengikat yang telah banyak digunakan dalam pembangunan perkerasan di Indonesia, karena dianggap lebih menguntungkan dibandingkan dengan jenis perkerasan yang lainnya. Pelaksanaannya tidak terlalu rumit, relatif lebih efisien untuk jangka waktu tertentu dan dapat dilakukan secara bertahap. Su-

sunan perkerasan ini terdiri dari lapisan permukaan (*surface course*) yaitu lapisan aus dan lapis antara. Lapisan dibawahnya ialah lapisan pondasi yang terdiri dari lapisan pondasi atas (*base course*) dan pondasi bawah (*subbase course*). Lapisan ini diletakkan di atas tanah dasar yang dipadatkan (*subgrade*).



Gambar 1. Lapis Perkerasan Jalan
Sumber: Silvia Sukirman (2003)

Lapisan Aspal Beton (Laston)

Laston adalah beton aspal bergradasi menerus yang umum digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat. Laston dikenal pula dengan nama AC (*Asphalt Concrete*). Karakteristik yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas. Tebal nominal minimum Laston 4 - 6 cm. Persyaratan teknis yang digunakan dalam penelitian sesuai dengan persyaratan teknis campuran aspal beton yang dikeluarkan oleh DPU. Campuran Laston yang dihasilkan harus memenuhi persyaratan seperti yang tercantum di dalam Tabel 1. Gradasi yang dipakai dalam campuran Laston menggunakan persyaratan Laston (AC-WC) gradasi halus seperti pada Tabel 2.

Tabel 1. Persyaratan Campuran Laston

Sifat-sifat Campuran	Laston					
	Lapis Aus		Lapis Antara		Pondasi	
	Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Kadar aspal efektif (%)	5,1	4,3	4,3	4,0	4,0	3,5
Penyerapan aspal (%)	Maks.		1,2			
Jumlah tumbukan per bidang	75				112 ⁽¹⁾	
Rongga dalam campuran (%) ⁽²⁾	Min		3,5			
	Maks.		5,0			
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.		15		13	
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.		65		63	
Stabilitas Marshall (kg)	Min.		800		1800 ⁽³⁾	
	Maks.		-		-	
Pelelehan (mm)	Min.		3		4,5 ⁽¹⁾	
Marshall Quosient (kg/cm)	Min.		250		300	
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam 50 °C ⁽²⁾	Min.		90			
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membai. (refusal) ⁽⁴⁾	Min.		2,5			

Sumber: Kementerian PU RI-Ditjen Bina Marga, (2010)

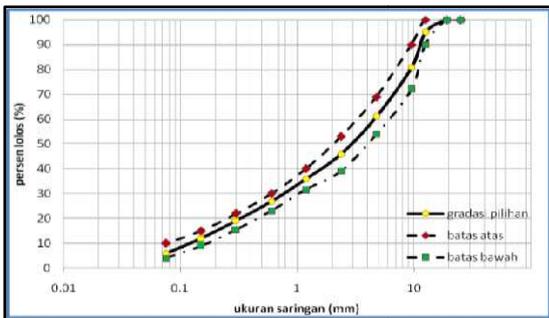
Tabel 2. Gradasi Laston (AC-WC)

Ukuran Ayakan		Batas Gradasi % Berat yang Lolos (AC-WC) Halus
No.	(mm)	
1"	25,4	100
3/4"	19	90-100
1/2"	12,5	72-90
3/8"	9,5	54-69
No. 4	4,75	39.1-53
No. 8	2,36	31.6-40
No. 16	1,18	23.1-30
No. 30	0,6	15.5-22
No. 50	0,3	9-15
No. 100	0,15	4-13,74
No. 200	0,075	

Sumber: Kementerian PU RI-Ditjen Bina Marga, (2010)

Pencampuran Agregat dengan Pendekatan Proporsional

Pencampuran dilakukan dengan pendekatan proporsional untuk memperoleh proporsi agregat campuran sesuai gradasi spesifikasi yang dituju. Metode memproporsikan agregat yang dipakai adalah tanpa *blending*, tapi diproporsikan berdasarkan titik tengah spesifikasi agregat campuran. Gradasi agregat campuran yang digunakan seperti terlihat pada Gambar 2, sedangkan proporsi agregat dapat dilihat pada Tabel. 3.



Gambar 2. Grafik gradasi campuran

Tabel 3. Proporsi Agregat Campuran

No. Saringan	Ukuran Saringan (mm)	% berat agregat yang lolos			
		Batas Atas	Batas Bawah	Batas Tengah (Gradasi Pilihan)	% tertahan
1"	25,4	100	100	100	-
3/4"	19	100	100	100	-
1/2"	12,5	100	90	95	5
3/8"	9,5	90	72	81	14
No. 4	4,75	69	54	61	20
No. 8	2,36	53	39,1	46	15
No. 16	1,18	40	31,6	36	10
No. 30	0,6	30	23,1	27	9
No. 50	0,3	22	15,5	19	8
No. 100	0,15	15	9	12	7
No. 200	0,075	10	4	6	6
Filler					6
			Jumlah		100

Proporsi agregat yang didapat dalam gradasi pilihan tersebut adalah agregat kasar sebanyak 54%, agregat halus sebanyak 40% dan *filler* sebanyak 6%. Ketiga pro-

porsi agregat tersebut yang nantinya akan digunakan dalam penelitian ini.

Penentuan Kadar Aspal Rencana

Nilai variasi kadar aspal rencana dalam campuran diperoleh berdasarkan persentase penggunaan agregat kasar, agregat halus, dan *filler* dengan menggunakan Persamaan:

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

Keterangan:

Pb = kadar aspal rencana awal, adalah % terhadap berat campuran

CA = agregat kasar, adalah % terhadap agregat tertahan saringan no.8

FA = agregat halus, adalah % terhadap agregat lolos saringan no.8 dan tertahan saringan no.200

FF = *filler*, adalah % terhadap agregat lolos saringan no.200

k = konstanta, berkisar antara 0,5-1,0

Berdasarkan Tabel 3, maka didapat kadar aspal rencana sebesar 5,47% (dibulatkan 5,5%) dari berat total campuran. Prosentase terhadap berat total campuran akan berubah sesuai dengan variasi prosentase kadar aspalnya.

Rancangan Campuran Benda Uji

Berdasarkan komposisi agregat dan variasi kadar aspal, maka dibuat rancangan campuran benda uji pada setiap variasi kadar aspal. Untuk masing-masing kadar aspal dibuat tiga buah benda uji. Rancangan campuran benda uji dibuat pada variasi kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5% untuk menentukan kadar aspal optimum.

Penentuan Kadar Aspal Optimum

Penentuan Kadar aspal optimum ditentukan dengan merata-ratakan kadar aspal yang memberikan stabilitas maksimum, kepadatan maksimum, dan VIM-PRD yang diisyaratkan, serta persyaratan campuran lainnya seperti VMA, VFB dan kelelahan campuran. Kadar aspal optimum dapat ditentukan dengan menggunakan Metode Bar-chart. Nilai kadar aspal opti-

jumlah ditentukan sebagai nilai tengah dari rentang kadar aspal maksimum dan minimum yang memenuhi spesifikasi.

Penggantian Agregat Dengan Plastik

Sebagai pengganti sebagian dari agregat dipergunakan plastik dengan variasi, 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% terhadap

berat total agregat. Penggantian agregat dengan plastik dilakukan pada kadar aspal optimum, dengan substitusi berdasarkan volume. Jumlah aspal disesuaikan berdasarkan berat total agregat. Proporsi kebutuhan material disajikan pada Tabel 4.

Tabel. 4 Kebutuhan Agregat Untuk Benda Uji

No. Saringan	Ukuran Saringan (mm)	Agregat Total (0% Plastik)		Variasi 1				Variasi 2				Variasi 3				Variasi 4				Variasi 5			
		agg (%)	agg (gr)	Agregat		Plastik																	
				%	gram	%	gram																
1"	25,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3/4"	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1/2"	12,5	5	60	5	60			5	60			5	60			5	60			4	48	1	4.262*
3/8"	9,5	14	168	14	168			14	168			14	168			4	48	10	42.621*	-	-	14	59.670*
No. 4	4,75	20	240	15	180	5	21.311*	10	120	10	42.621*	5	60	15	63.932*	5	60	15	63.932*	-	-	20	85.242*
No. 8	2,36	15	180	10	120	5	21.311*	5	60	10	42.621*	-	-	15	63.932*	-	-	15	63.932*	-	-	15	63.932*
No. 16	1,18	10	120	10	120			10	120			10	120			10	120			10	120		
No. 30	0,6	9	108	9	108			9	108			9	108			9	108			9	108		
No. 50	0,3	8	96	8	96			8	96			8	96			8	96			8	96		
No. 100	0,15	7	84	7	84			7	84			7	84			7	84			7	84		
No. 200	0,075	6	72	6	72			6	72			6	72			6	72			6	72		
filler		6	72	6	72			6	72			6	72			6	72			6	72		
Jumlah		100	1200	90	1080	10	42.622	80	960	20	85.242	70	840	30	127.864	60	720	40	170.485	50	600	50	213.106
Berat Total	1 sampel	1200 gr		1122.622				1045.242				967.864				890.485				813.106			
	2 sampel	2400 gr		2245.244				2090.484				1935.728				1780.970				1626.212			
	3 sampel	3600 gr		3367.866				3135.726				2903.592				2671.455				2439.318			

Sumber: Hasil Perhitungan (2013)

Catatan: *substitusi berdasarkan volume {berat plastik = (berat agg/SGa) x SGp}

Metode Pembuatan Benda Uji Dengan Variasi Kadar Plastik

Metode pembuatan benda uji dengan ataupun tanpa variasi kadar plastik hanya memiliki sedikit perbedaan, yaitu pada saat pencampuran dan pemanasan material. Berikut prosedur pencampuran dan pemanasan material dengan variasi kadar plastik:

- Agregat yg sudah diproporsikan dicampur dan dipanaskan dalam wajan /oven.
- Masukkan cacahan plastik bekas sesaat setelah pemanasan agregat. Lalu aduk agar plastik tercampur dengan agregat.
- Tuangkan aspal panas (KAO) ke dalam campuran agregat yg telah dipanaskan.
- Aduk secara manual sehingga agregat dan plastik terselimuti aspal secara tipis dan merata.
- Setelah plastik mulai melembek (mulai mengalami deformasi/masih me-

iliki tingkat kekentalan yg cukup), tuangkan campuran ke dalam cetakan.

- Lakukan prosedur pemadatan sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Material Agregat

Karakteristik material agregat dirangkum dalam Tabel 5. Semua karakteristik agregat memenuhi spesifikasi (DPU) yang ditentukan dan dapat digunakan sebagai bahan campuran Laston (AC-WC).

Karakteristik Aspal

Ringkasan hasil pemeriksaan aspal dituangkan pada Tabel 6. Dari tabel tersebut terlihat bahwa hasil pengujian aspal penetrasi 60/70 secara umum memenuhi persyaratan spesifikasi.

Karakteristik Plastik HDPE

Karakteristik plastik yang ditinjau adalah berat jenis dan temperatur lembek plastik. Berdasarkan pengujian yang

dilakukan, diperoleh berat jenis plastik sebesar 0,916 dan temperatur lembek plastik berkisar antara 130-145°C.

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat

Jenis Pengujian	Jenis Agregat	Hasil			Spesifikasi
		Bulk	SSD	Apparent	
Berat Jenis	Kasar	2,523	2,566	2,635	-
	Halus	2,399	2,448	2,522	
	Filler	2,458	2,458	2,458	
Penyerapan Air	Kasar		1,664%		Maks 3%
	Halus		2,011%		
Angularitas	Kasar		99,985%		≥ 95%
	Halus		46,117%		Min 45%
Kadar Lumpur	Kasar		0,667%		≤ 1%
	Halus		0,898%		
Soundness Test	Kasar		4,377%		≤ 12%
Kcausan Agregat	Kasar		30,213%		Maks 40%
Kelekatan Agregat thd. Aspal	Kasar		97,5%		Min 95%
Sand Equivalent	Halus		91,575%		≥ 50%

Sumber: Hasil Penelitian (2013)

Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Aspal Pen 60/70

Pengujian	Hasil	Spesifikasi
Penetrasi	65,46	60 – 79
Titik Nyala	344°C	≥ 200°C
Titik Lembek	50,5°C	48-58°C
Berat Jenis	1,08	Min. 1,0
Daktilitas	147,9 cm	Min. 100 cm
Kehilangan Berat Aspal	0,335 %	Maks. 0,8 %

Sumber: Hasil Penelitian (2013)

Karakteristik Campuran Laston (AC-WC)

Ringkasan karakteristik campuran Laston berupa korelasi antara variasi kadar aspal 4,5% hingga 6,5% terhadap nilai stabilitas, *flow*, *Marshall Quotient*, VIM, VMA, dan VFB dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Karakteristik Campuran Laston (AC-WC)

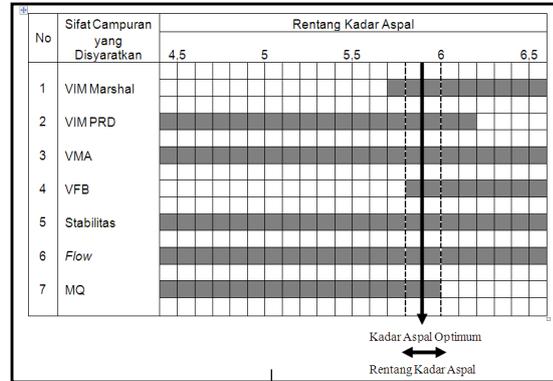
Karakteristik Campuran	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi Campuran
	4,5	5	5,5	6	6,5	
Stabilitas (kg)	841,6	969,5	1022,5	947,9	803,9	Min 800
Flow (mm)	3,13	3,30	3,73	3,81	4,15	Min 3
Marshall Quotient (kg/mm)	272,8	295,1	276,4	250,2	194,04	Min 250
VIM Marshall (%)	8,606	7,351	5,613	4,466	4,330	3,0 – 5,0
VMA (%)	15,840	15,662	15,065	15,016	15,869	Min 15
VFB (%)	45,674	53,110	62,750	70,511	72,766	Min 65

Sumber: Hasil Penelitian (2013)

Penentuan Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal optimum diperoleh 5,9%, ditentukan dengan menggunakan metode Bar-chart seperti pada Gambar 3. Nilai

kadar aspal optimum ditentukan sebagai nilai tengah dari rentang kadar aspal maksimum dan minimum yang memenuhi persyaratan nilai stabilitas, *flow*, MQ, VMA, VIM, dan VFB.



Gambar 3. Grafik barchart karakteristik campuran laston (AC-WC) dengan variasi kadar aspal

Sumber: Hasil Penelitian (2013)

Kadar aspal inilah yang selanjutnya digunakan sebagai kadar aspal untuk campuran Laston (AC-WC) dengan variasi kadar plastik. Jumlah aspal ditentukan berdasarkan berat total agregat campuran masing-masing variasi.

Penggantian Agregat dengan Plastik HDPE

Memvariasikan kadar plastik dilakukan untuk melihat pengaruhnya terhadap karakteristik campuran Laston. Dibuat 6 variasi kadar plastik, masing-masing 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% terhadap berat total agregat. Tabel 8 menunjukkan nilai karakteristik Laston dengan variasi kadar plastik.

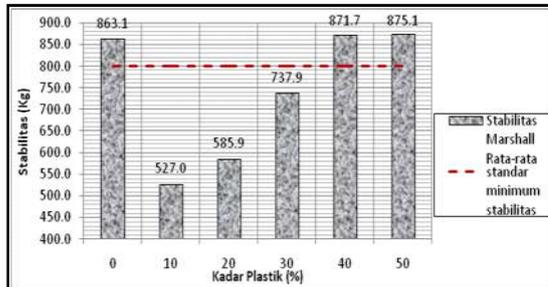
Tabel 8. Nilai Karakteristik Campuran Laston dengan Variasi Kadar Plastik

Karakteristik Campuran	Kadar Plastik (%)						Spesifikasi Campuran
	0%	10%	20%	30%	40%	50%	
Stabilitas (kg)	863,1	527,0	585,9	737,9	871,7	875,1	Min 800
Flow (mm)	3,43	4,95	5,33	6,60	6,99	7,11	Min 3
Marshall Quotient (kg/mm)	251,7	109,3	112,2	112,2	124,82	123,71	Min 250
VIM Marshall (%)	4,894	11,143	11,451	11,757	12,302	12,631	3,0 – 5,0
VMA (%)	15,202	20,289	20,073	19,849	19,838	20,139	Min 15
VFB (%)	67,93	45,097	44,847	41,350	38,386	37,282	Min 65

Sumber: Hasil Penelitian (2013)

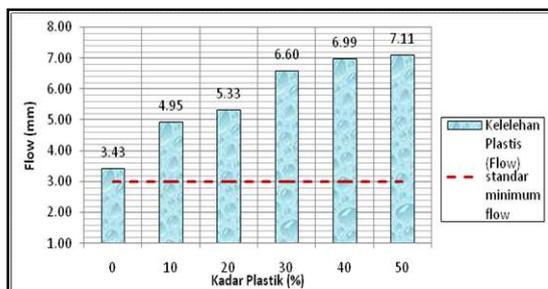
Analisis Pengaruh Variasi Kadar Plastik HDPE Terhadap Karakteristik Laston

Pengaruh variasi kadar plastik HDPE terhadap karakteristik Laston dapat dilihat pada Gambar 4 sampai dengan Gambar 9.



Gambar 4. Kadar plastik vs Stabilitas rata-rata
Sumber: Hasil Penelitian (2013)

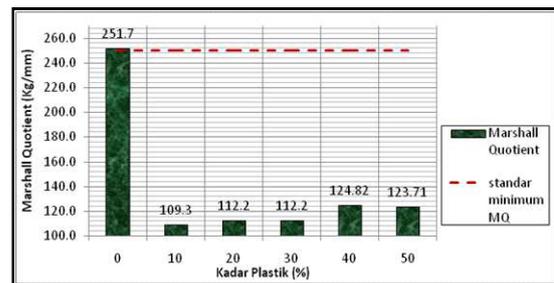
Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai stabilitas campuran meningkat seiring dengan bertambahnya kadar plastik. Namun, pada penambahan plastik di bawah 40%, nilai stabilitas belum mencapai nilai minimum yang disyaratkan untuk campuran Laston AC-WC yaitu 800 kg. Ini disebabkan karena plastik bekas (HDPE) adalah jenis material yang tidak menyerap aspal dan memiliki bidang permukaan halus sehingga menyebabkan berkurangnya sifat saling kunci (*interlock*) antar agregat. Dengan meningkatnya kadar plastik yang ditambahkan, memungkinkan terjadinya sifat saling kunci dan pelekatan antara plastik dengan plastik lainnya yang dalam hal ini dapat meningkatkan nilai stabilitas atau kekuatan campuran beraspal.



Gambar 5. Kadar Plastik vs Flow rata-rata
Sumber: Hasil Penelitian (2013)

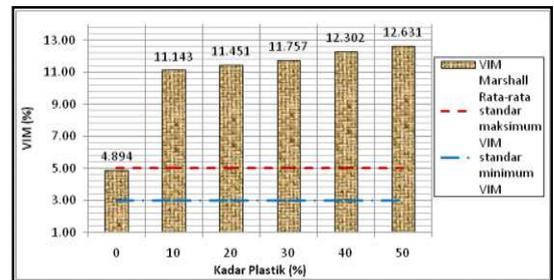
Gambar 5 adalah grafik hubungan antara kadar plastik dengan Flow rata-rata

pada campuran AC-WC dengan kadar aspal optimum 5,9%. Grafik ini menunjukkan peningkatan waktu kelelahan plastis sejalan dengan peningkatan kadar plastik pada campuran. Nilai *Flow* yang diperoleh jauh lebih besar dari spesifikasi minimum. Ini disebabkan karena material plastik memiliki tekstur yang elastis, sehingga lebih rentan terhadap deformasi dan pada saat diberikan beban akan lebih mampu mengikuti perubahan bentuk akibat pembebanan.



Gambar 6. Kadar plastik vs MQ rata-rata
Sumber: Hasil Penelitian (2013)

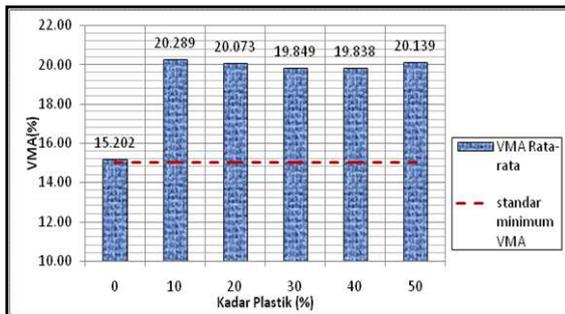
Gambar 6 menunjukkan bahwa nilai *Marshall Quotient* meningkat sampai pada campuran dengan kadar plastik 40%, dan menurun pada kadar plastik 50% namun masih dibawah nilai minimum MQ yang disyaratkan untuk campuran AC-WC yaitu 250 kg/mm. Ini disebabkan karena nilai *flow* yang sangat besar. Nilai *Marshall Quotient* merupakan perbandingan antara nilai stabilitas dan *flow*.



Gambar 7. Kadar Plastik vs VIM rata-rata
Sumber: Hasil Penelitian (2013)

Gambar 7 menunjukkan hubungan antara kadar plastik dengan nilai VIM campuran. Nilai VIM meningkat seiring bertambahnya kadar plastik pada campuran, namun nilai-nilai ini jauh diatas nilai mak-

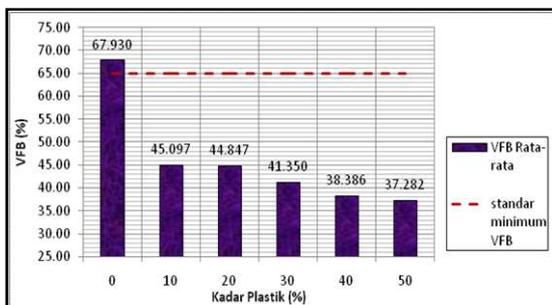
simum yang disyaratkan oleh Bina Marga untuk campuran AC-WC yaitu 5%. Besarnya rongga dalam campuran disebabkan oleh posisi dari partikel atau butiran plastik yang tidak ideal dan memberikan perlawanan (cenderung kembali ke bentuk semula) pada saat temperatur mulai menurun hingga menyisakan rongga-rongga pori besar di dalam dan permukaan benda uji. Rongga dan pori yang terlalu besar berakibat buruk pada durabilitas atau keawetan perkerasan karena rentan terhadap pengaruh air dan udara, sehingga selimut aspal akan semakin mudah beroksidasi dan menjadi getas.



Gambar 8. Kadar plastik vs VMA rata-rata

Sumber: Hasil Penelitian (2013)

Gambar 8 menunjukkan bahwa nilai VMA menurun sampai pada kadar plastik 40% dan selanjutnya meningkat pada kadar plastik 50%, namun masih sesuai spesifikasi yang disyaratkan oleh Bina Marga untuk campuran AC-WC yaitu minimum 15%. Nilai VMA dipengaruhi oleh jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat, serta kadar aspal.



Gambar 7. Kadar Plastik vs VFB rata-rata

Sumber: Hasil Penelitian (2013)

Gambar 9 adalah grafik hubungan antara kadar plastik dengan VFB rata-rata pada campuran AC-WC dengan kadar aspal optimum 5,9%. Grafik ini menunjukkan penurunan jumlah rongga terisi aspal sejajar dengan peningkatan kadar plastik pada campuran. Nilai VFB dari hasil perhitungan dan pengujian semua variasi benda uji tidak memenuhi spesifikasi yang disyaratkan yaitu minimum 65%. Ini disebabkan karena jumlah rongga dalam campuran (VIM) yang terlalu besar akibat dari penggunaan agregat yang bukan merupakan material standar.

Penambahan Energi Pemadatan

Peningkatan pemadatan dengan menambah jumlah tumbukan pada campuran bertujuan untuk memperkecil rongga dalam campuran yang berpengaruh pada ketahanan terhadap kelelahan serta keawetan atau durabilitas perkerasan jalan. Kepadatan campuran menentukan pula tekanan kontak, dan tingginya gesekan internal. Stabilitas terbentuk dari kondisi gesekan internal yang terjadi diantara butir-butir agregat, saling mengunci dan mengisinya butir-butir agregat, dan masing-masing butir saling terikat akibat gesekan antar butir dan adanya aspal. Penambahan energi pemadatan dibatasi sebanyak 25 tumbukan pada masing-masing sisi dilakukan pada campuran dengan variasi kadar plastik 50%. Kadar aspal yang digunakan adalah kadar aspal optimum (KAO) 5,9%. Karakteristik campuran dengan tambahan energi pemadatan disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Karakteristik Campuran dengan Metode Marshall 2x100 Tumbukan

No	Karakteristik Campuran	2x75 Tumbukan	2x100 Tumbukan	Spesifikasi Bina Marga
1.	Stabilitas	875,1 kg	1539,7 kg	Min 800 kg
2.	Flow	7,11 mm	8,38 mm	Min 3 mm
3.	Marshall Quotien	123,71 kg/mm	183,51 kg/mm	Min 250 kg/mm
4.	VIM	12,631 %	8,798 %	3,0 – 5,0%
5.	VMA	20,139 %	16,635 %	Min 15%
6.	VFB	37,282 %	47,193 %	Min 65%

Sumber: Hasil Penelitian (2013)

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- Karakteristik plastik bekas yang ditinjau adalah berat jenis dan temperatur lembek plastik. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh berat jenis plastik HDPE sebesar 0,916 dan temperatur lembek berkisar antara 130-145°C.
- karakteristik campuran aspal beton (AC-WC) yang menggunakan plastik bekas sebagai bahan pengganti sebagian agregat adalah sebagai berikut:
 - Pada campuran dengan variasi plastik 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% diperoleh nilai stabilitas secara berturut-turut adalah 527 kg; 585,9 kg; 737,9 kg; 871,7 kg; 875,1 kg. Nilai stabilitas dengan variasi plastik di atas 40% sedikit lebih besar karena jumlah material plastik yang saling melekat satu sama lain bertambah.
 - Pada campuran dengan variasi plastik 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% diperoleh nilai *Flow* meningkat sejalan dengan peningkatan kadar plastik pada campuran. Secara berturut-turut nilai *Flow* yang didapat adalah 4,95 mm; 5,33 mm; 6,6 mm; 6,99 mm; 7,11 mm.
 - Pada campuran dengan variasi plastik 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% diperoleh nilai *Marshall Quotient* berturut-turut adalah sebesar 109,3 kg/mm; 112,2 kg/mm; 112,2 kg/mm; 124,82 kg/mm; 123,71 kg/mm. Nilai *Marshall Quotient* menunjukkan campuran tidak memenuhi spesifikasi.
 - Pada campuran dengan variasi plastik 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% diperoleh Nilai VIM berturut-turut sebesar 11,1%; 11,4%; 11,7%; 12,3%; 12,6%. Nilai VIM

meningkat seiring bertambahnya kadar plastik pada campuran, namun nilai-nilai ini jauh diatas nilai maksimum yang disyaratkan oleh Bina Marga untuk campuran AC-WC. Besarnya rongga dalam campuran akan berpengaruh pada keawetan atau durabilitas campuran beraspal.

- Nilai VMA yang diperoleh untuk campuran dengan variasi plastik 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% adalah sebesar 20,289%; 20,073%; 19,849%; 19,838%; 20,139%. Nilai ini dinyatakan memenuhi spesifikasi yaitu diperoleh nilai VMA diatas 19,5%. Batas minimum yang disyaratkan sebesar 15%.
- Pada campuran dengan variasi plastik 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% diperoleh nilai VFB secara berturut-turut sebesar 45,1%; 44,8%; 41,3%; 38,3%; 37,2%. Nilai VFB menurun sejalan dengan peningkatan kadar plastik pada campuran. Kecilnya rongga terisi aspal disebabkan karena jumlah rongga dalam campuran (VIM) yang terlalu besar. Hal ini akan berpengaruh langsung pada kekepadan campuran.
- Pengurangan nilai porositas yang terlalu tinggi dilakukan dengan cara peningkatan energi pemadatan dengan menambah jumlah tumbukan (penambahan dibatasi sebanyak 25x) pada masing-masing sisi. Nilai karakteristik yang diperoleh dengan cara ini menunjukkan peningkatan ke arah yg lebih baik, namun beberapa diantaranya masih belum memenuhi spesifikasi

Saran

- Untuk penelitian selanjutnya dapat dikembangkan penggunaannya dengan mengubah variabel penelitian sebelumnya antara lain:
 - Memperkecil ukuran plastik hingga mencapai ukuran < 2,36mm

- agar campuran lebih mudah dipadatkan.
- Menambah variasi kadar plastik.
 - Mengganti type atau jenis plastik.
 - Mengganti Perekat/Aspal dengan yang lebih keras.
 - Mengganti jenis campuran dengan laston atau lastasir.
 - Mengurangi kadar aspal dari kadar aspal optimum yang didapat untuk mencegah terjadinya *bleeding* akibat terlalu tebalnya selimut aspal yg dipengaruhi oleh kurangnya penyerapan aspal oleh agregat (plastik tidak menyerap aspal).
 - Memperhitungkan reaksi kimia dari plastik HDPE.
 - Memperhitungkan harga dari plastik bekas jika dibandingkan dengan agregat standar.
- Perlu adanya pengkajian ulang terhadap spesifikasi terkait dengan penggunaan material non-standar.
 - Campuran ini lebih cocok dimanfaatkan untuk jalan dengan beban lalu lintas ringan.
 - Kesulitan pada penelitian ini terletak pada proses pengadaan dan persiapan material berupa plastik bekas, karena membutuhkan banyak waktu untuk mengumpulkan, tahap pencacahan, sampai pada saat material ini siap digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian Dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia. 1989. *Tata Cara Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) Untuk Jalan Raya*. SNI 03-1737-1989
- Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian Dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia. 2003. *Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas Dengan Alat Marshall*. RSNI M-01-2003.
- Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian Dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia. 2006. *Pedoman Tentang Pelaksanaan Lapis Campuran Beraspal Panas*. Revisi SNI 03-1737-1989.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2004. *Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas*.
- Kementerian PU RI-Ditjen Bina Marga. 2010. *Dokumen Pelelangan Nasional Penyediaan Pekerjaan Konstruksi (Pemborongan) Untuk Harga Satuan, Spesifikasi Umum, Campuran Beraspal Panas*.
- Krebs, R.D. and Walker, R.D. 1971. *Highway Materials*. McGraw-Hill Book Company.
- PD Menara Plastik. 2009. *Belajar Plastik*. <http://www.distributorplastik.com>. Diakses tanggal 23/11/2012.
- Putra, Y. 2004. *Pengaruh Penggunaan High Density Poly Ethylene Sebagai Agregat Pengganti Terhadap Karakteristik Marshall Uji Hveem Stabilometer Dan Permeabilitas Campuran Superpave*. (Thesis Terpublikasi, Magister Sistem Dan Teknik Transportasi Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada, 2004).
- Sukirman, S. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova, Bandung
- Sukirman, S. 2007. *Beton Aspal Campuran Panas*. Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.
- Suparma, L.B. 2001. *The Use of Recycled Waste Plastics in Bituminous Composites*. Thesis submitted to the University of Leeds for the degree of Doctor of Philosophy.
- Thanaya, I N.A. 2003. *Improving The Performance of Cold Bituminous Emulsion Mixtures (CBEMs) Incorporating Waste Materials*. Thesis for Doctor of Philosophy, School of Civil Engineering, University of Leeds, U.K.
- Thanaya, I N.A. 2008. *Buku Ajar Mata Kuliah Teknologi Bahan*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana, Bukit Jimbaran.

- Thanaya, I N.A. 2008. *Praktikum Bahan Perkerasan Jalan*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana, Bukit Jimbaran.
- Widayanti, A. 2009. *Studi Sifat-Sifat Campuran Aspal Panas Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston) Yang Menggunakan Agregat Bekas*. (Tugas Akhir yang tidak dipublikasikan, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana, 2009).
- Wikipedia (ensiklopedia bebas). *Plastik*. <http://www.wikipedia.org>. Diakses tanggal 23/11/2012.