

## Substitusi Limbah Low Density Polyethylene (LDPE) Pada Campuran AC-WC Dengan Perendaman Kotoran Sapi Terhadap Parameter Marshall

Rajib Muammar<sup>1)</sup>, Iqbal<sup>2)</sup>

<sup>1, 2)</sup> Program Studi Teknik Sipil FT Universitas Sains Cut Nyak Dhien, Kota Langsa

Email: [rajib\\_muammar@yahoo.com](mailto:rajib_muammar@yahoo.com)<sup>1)</sup>, [iqbal.sstmt@gmail.com](mailto:iqbal.sstmt@gmail.com)<sup>2)</sup>

DOI: <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v12i1.606>

(Received: August 2021 / Revised: December 2021 / Accepted: January 2022)

### Abstrak

Tingginya temperatur permukaan jalan, curah hujan dan beban lalu lintas merupakan beberapa penyebab kerusakan lapisan aspal. Pada jalan di daerah Aceh banyak dijumpai kotoran sapi berserakan di jalan. Kotoran sapi mengandung sangat banyak unsur hara dan kadar air yang cukup tinggi dan dapat diduga merupakan faktor penyebab kerusakan perkerasan jalan. Salah satu cara dalam mengatasi kerusakan perkerasan jalan adalah dengan memodifikasi aspal menggunakan bahan tambah yaitu polimer. Polimer yang digunakan berupa limbah plastik Low Density Polyethylene (LDPE) sebagai pensubstitusi aspal. Tujuan utama dari penelitian ini untuk mengetahui karakteristik marshall campuran Laston (AC-WC) dengan tambahan irisan limbah plastik LDPE 2%, 4%, dan 6% pada aspal pen. 60/70 terhadap berat aspal, serta mengetahui pengaruh rendaman kotoran dan urine sapi dengan variasi waktu 30 menit, 24 jam, dan 48 jam terhadap stabilitas aspal modifikasi LDPE. Dari hasil penelitian didapatkan nilai stabilitas dengan rendaman kotoran sapi yaitu 1181,93 kg, stabilitas terbaik untuk LDPE pada persentase 6% dengan cara basah 2213,72. Nilai parameter untuk tanpa dan dengan substitusi LDPE yang dihasilkan berupa stabilitas, flow, MQ, density, VIM, VMA, dan VFA masih memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga tahun 2014.

Kata kunci: *Laston Lapis Aus, Limbah Plastik LDPE, Rendaman Kotoran Sapi.*

### Abstract

High road surface temperatures, rainfall, and traffic loads are some of the causes of asphalt layer damage. On roads in the Aceh, you can find cow dung scattered on the road. Cow dung contains a lot of nutrients and a fairly high water content and can be suspected as a factor causing road pavement damage. One way to overcome the damage to the pavement is to modify the asphalt using added materials, namely polymers. The polymer used is Low-Density Polyethylene (LDPE) plastic waste as a substitute for asphalt. The main purpose of this study was to determine the characteristics of the marshall mixture of Laston (AC-WC) with the addition of 2%, 4%, and 6% LDPE plastic waste slices on the asphalt pen. 60/70 on the weight of asphalt, as well as knowing the effect of soaking cow dung and urine with variations in time of 30 minutes, 24 hours, and 48 hours on the stability of LDPE modified asphalt. From the results of the study, it was found that the stability value with cow dung bath was 1181.93 kg, the best stability for LDPE was at a percentage of 6% by wet method 2213.72. Parameter values for without and with substitution of LDPE produced in the form of stability, flow, MQ, density, VIM, VMA, and VFA still meet the requirements of the 2014 Highways specification.

Keywords: *Laston Lapis Aus, LDPE Plastic Waste, Cow Manure Soak.*

## 1. Latar Belakang

Jalan merupakan suatu konstruksi yang berfungsi sebagai prasarana perhubungan darat yang memegang peranan penting dalam kehidupan manusia. Persyaratan suatu jalan pada hakekatnya adalah dapat menyediakan lapisan permukaan yang selalu rata, konstruksi yang kuat sehingga dapat menjamin kenyamanan dan keamanan yang tinggi untuk pelayanan (umur jalan) yang cukup lama dan memerlukan pemeliharaan sekecil-kecilnya dalam berbagai keadaan. Banyak faktor yang menyebabkan kerusakan jalan, tingginya temperatur permukaan jalan, curah hujan dan beban lalu lintas merupakan beberapa penyebab kerusakan pada perkerasan aspal di Indonesia. Pada daerah tertentu khususnya di jalan daerah Aceh bagian barat, dan daerah Aceh lainnya banyak dijumpai kotoran sapi berserakan di jalan. Lingga and Marsono (2006) menjelaskan kotoran sapi mengandung sangat banyak unsur hara dan kadar air yang cukup tinggi dan dapat diduga merupakan faktor penyebab kerusakan aspal karena dapat melemahkan kemampuan lekatan aspal, sehingga diperlukan penanganan yang serius tentang kerusakan jalan.

Salah satu cara dalam mengatasi kerusakan jalan adalah dengan memodifikasi aspal menggunakan bahan tambah yaitu polimer. Polimer yang digunakan berupa limbah plastik *Polyethylene* (PE) dengan jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE) sebagai substitusi aspal. Berdasarkan penelitian sebelumnya dengan penambahan kadar LDPE sekitar 6-18% dari berat kadar aspal optimum bisa mengurangi deformasi pada perkerasan jalan dan bisa meningkatkan fatigue resistance sekaligus bisa memberikan peningkatan daya adhesi antara aspal dan agregat (Shbeeb and Awwad, 2007).

Penggunaan limbah plastik ini dapat mengurangi masalah lingkungan yang timbul akibat meningkatnya limbah plastik tiap tahunnya. Melalui aspal modifikasi ini diharapkan dapat menghasilkan suatu alternatif baru dalam meningkatkan kinerja dari lapisan permukaan jalan. Oleh karena itu Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik campuran AC-WC dengan substitusi variasi persentase limbah plastik LDPE.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan untuk pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat adalah sebagai berikut:

- 1) Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat  
Untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD*) dan berat jenis semu, serta penyerapan dari agregat. Peralatan yang digunakan untuk menentukan berat menggunakan timbangan digital;
- 2) Pengujian keausan agregat dengan mesin *Los Angeles*  
Pengujian ini untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*;
- 3) Pengujian kelekatan agregat oleh aspal (*Affinity for Asphalt*)  
Kelekatan agregat oleh aspal adalah persentase luas permukaan batuan yang terselimuti oleh aspal terhadap keseluruhan luas permukaan.
- 4) Pengujian indeks kepipihan dan kelonjongan (*flakiness and elongated index*)  
Indeks kepipihan dan kelonjongan adalah perbandingan dalam persen dari berat agregat pipih dan agregat yang lonjong terhadap berat total agregat.

Pemeriksaan indek kepipihan dan kelonjongan dilakukan dengan menggunakan alat *flakiness gauge* dan *elogated gauge*;

5) Pengujian tumbukan (*impact*)

Pengujian tumbukan dilakukan untuk mengetahui tingkat/nilai kekerasan dari agregat dengan menggunakan alat tumbukan (*impact*). Agregat ditumbuk dengan jumlah tumbukan sebanyak 15 kali dengan tinggi jatuh alat penumbuk 15,15inch (40 cm), kemudian setelah ditumbuk, agregat disaring menggunakan saringan No.8 (2,63 mm) dan agregat yang lolos tersebut ditimbang beratnya;

6) Pengujian analisis saringan agregat halus dan kasar

Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan kasar dengan menggunakan saringan.

Peralatan yang digunakan untuk pengujian sifat-sifat fisis aspal,

1) Pengujian berat jenis aspal

Pengujian ini dilakukan berdasarkan SNI 06-2441-1991. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis aspal keras dengan piknometer. Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal atau ter dan berat air suling dengan volume yang sama pada suhu tertentu;

2) Pengujian penetrasi aspal

Pengujian berdasarkan SNI 06-2456-1991 bertujuan untuk mengetahui aspal yang digunakan memiliki tingkat kekerasan yang keras atau lembek dengan cara memasukkan jarum ukuran tertentu, beban dan waktu tertentu ke dalam aspal pada suhu tertentu;

3) Pengujian titik lembek

Pemeriksaan berdasarkan SNI 06-2434-1991 dimaksudkan untuk mengetahui suhu aspal yang digunakan akan meleleh sehingga dapat melapisi agregat dengan baik. Peralatan yang digunakan yaitu cincin kuningan, bola baja, dudukan benda uji, bejana gelas, termometer, penjepit dan alat pengarah bola;

4) Pengujian daktalitas

Pemeriksaan berdasarkan SNI 06-2432-1991 bertujuan untuk mengetahui sifat kohesi aspal dengan cara mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi aspal keras sebelum putus pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Aspal dengan daktalitas yang lebih besar dapat mengikat butir-butir agregat lebih baik tetapi lebih peka terhadap perubahan temperatur.

Peralatan yang digunakan untuk pengujian marshall,

1) Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi agregat sampai  $(200 \pm 3) ^\circ\text{C}$ ;

2) Timbangan yang dilengkapi penggantung benda uji berkapasitas 2 kg dengan ketelitian 0,1 gram, timbangan berkapasitas 5 kg dengan ketelitian 1 gram, dan timbangan digital;

3) Cetakan benda uji berbentuk silinder (mold) berdiameter 10 cm (4") dan tinggi 7,5 cm (3") dilengkapi dengan pelat atas dan leher sambung;

4) *Compactor*, yaitu alat penumbuk yang mempunyai permukaan tumbuk rata berbentuk silinder dengan berat 4,536 kg (10 pound) dan tinggi jatuh beban 45,7 cm (18");

5) *Ejector*, yaitu alat untuk mengeluarkan benda uji yang telah dipadatkan dari cetakan.

- 6) Bak perendam (*W*) dilengkapi dengan *waterbath* pengatur suhu minimum 20° C, yang kemudian dimasukkan kotak persegi yang terbuat dari plat seng sebagai isolator untuk pengujian perendaman dengan menggunakan kotoran sapi, diasumsikan jika direndam tanpa menggunakan plat seng persegi tersebut akan menimbulkan korosi pada bak perendam;
- 7) Peralatan penunjang, seperti kompor, gelas ukur, pan, kain lap, wajan, spatula, bak plastik, jangka sorong, sarung tangan karet, termometer, dan lain-lain;
- 8) Alat uji Marshall yaitu sebagai berikut:
  - Kepala penekan yang berbentuk lengkung (*breaking head*);
  - Cincin penguji berkapasitas 2500 kg (5000 pound) dengan ketelitian 12,5 kg (25 pound);
  - Arloji tekan dengan ketelitian 0,0025 cm (0,0001");
  - Arloji pengukur kelelahan (*flow meter*) dengan ketelitian 0,25 mm (0,01") dengan perlengkapannya.

## 2.2 Prosedur Penelitian

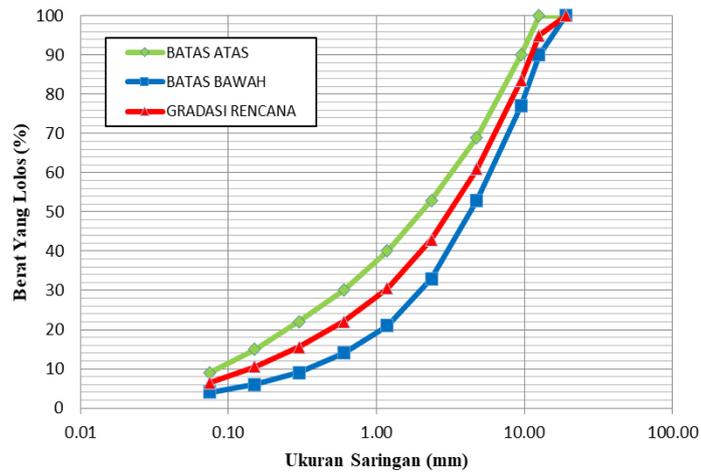
Prosedur penelitian ini terbagi atas beberapa tahap yaitu pengujian sifat-sifat fisis aspal substitusi LDPE, perencanaan campuran beton aspal metode Marshall, pembuatan benda uji, penentuan berat jenis bulk benda uji, pengujian stabilitas dan flow dengan alat Marshall, dan perhitungan parameter Marshall lainnya benda uji.

Pada penelitian ini gradasi yang digunakan adalah gradasi menerus. Untuk pemeriksaan gradasi agregat dilakukan dengan pengujian analisa saringan, pemeriksaan dilakukan dengan menggunakan satu set saringan sesuai dengan ukuran saringan yang dibutuhkan. Saringan disusun dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas, kemudian set saringan tersebut diguncangkan dengan mesin pengguncang selama 15 menit. Adapun gradasi agregat rencana yang digunakan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Gradasi agregat rencana

Ukuran Saringan		Laston Lapis Aus (AC-WC)			
		% Berat yang lolos		% Berat yang tertahan	
Saringan	Ukuran (mm)	Spesifikasi	Gradasi Benda Uji Rencana	Tertahan	Kumulatif
$\frac{3}{4}$ "	19,0	100	100		
$\frac{1}{2}$ "	12,5	90 – 100	95	5	5
$\frac{3}{8}$ "	9,5	77 – 90	83,5	11,5	16,5
No. 4	4,75	53 – 69	61	22,5	39
No.8	2,36	33 – 53	43	18	57
No. 16	1,18	21 – 40	30,5	12,5	69,5
No. 30	0,60	14 – 30	22	8,5	78
No. 50	0,30	9 – 22	15,5	6,5	84,5
No. 150	0,15	6 - 15	10,5	5	89,5
No. 200	0,075	4 – 9	6,5	4	93,5
Filler	0	0	0	6,5	100

Sumber: Bina Marga 3 (2014)



Gambar 1 Grafik rencana gradasi agregat

### 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian yang disajikan adalah evaluasi penggunaan limbah Low Density Polyethylene (LDPE) sebagai bahan substitusi terhadap karakteristik campuran aspal beton lapis aus (Asphalt Concrete -Wearing Course (AC-WC)).

#### 3.1 Hasil Pengujian Sifat-sifat Fisis Agregat

Pengujian sifat-sifat fisis meliputi pemeriksaan berat jenis, penyerapan, berat isi, keausan, indeks kepipihan, indeks kelonjongan, pemeriksaan tumbukan dan kelekatan agregat terhadap aspal.

Tabel 2 Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat

No.	Sifat-sifat Fisis yang Diperiksa	Satuan	Hasil	Persyaratan
1.	Berat Jenis	-	2,775	Min. 2,5
2.	Penyerapan	%	1,119	Maks 3
3.	Berat Isi	Kg/cm <sup>3</sup>	1,656	Min. 1
4.	Indeks Kepipihan	%	17,18	Maks. 10
5.	Indeks Kelonjongan	%	15,38	Maks. 10
6.	Impact	%	8,94	Maks. 30
7.	Keausan	%	15,00	Maks. 40
8.	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	%	98	Min. 95

#### 3.2 Hasil Pemeriksaan Sifat-sifat Fisis Aspal

Pengujian sifat aspal perlu dilakukan untuk mengetahui dan menentukan sifat fisik dan kimiawi aspal, sehingga aspal yang diperoleh sesuai dengan syarat mutu aspal. Dalam penelitian ini sifat-sifat fisis aspal meliputi pemeriksaan berat jenis, penetrasi, daktilitas, dan titik lembek. Data hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis aspal diperoleh setelah dilakukan pemeriksaan dari aspal penetrasi 60/70 produksi PT. Pertamina sebagai material pada penelitian ini. Dari hasil pemeriksaan memperlihatkan bahwa aspal tersebut dapat digunakan karena memenuhi persyaratan yang ditetapkan. Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis aspal penetrasi 60/70 disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis aspal pen 60/70

No.	Sifat-sifat fisis Aspal	Satuan	Hasil	Persyaratan	Keterangan
1.	Berat Jenis;	-	1,020	$\geq 1$	Memenuhi
2.	Penetrasi;	(0,1 mm)	64	60-70	Memenuhi
3.	Daktilitas;	cm	130	$\geq 100$	Memenuhi
4.	Titik Lembek	$^{\circ}\text{C}$	48,25	$\geq 48$	Memenuhi

Tabel 4 Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis aspal pen 60/70 substitusi LDPE

No.	Sifat Fisis Aspal Yang Diperiksa	Satuan	LDPE			Persyaratan	Ket
			2%	4%	6%		
1	Berat Jenis	-	1,037	1,038	1,039	$\geq 1,0$	Memenuhi
2	Penetrasi	(0,1 mm)	56,67	55,11	53,56	Min. 40	Memenuhi
3	Titik Lembek	$^{\circ}\text{C}$	57,5	58,0	58,75	$\geq 54$	Memenuhi
4	Daktilitas	Cm	64	62	59	$\geq 50$	Memenuhi

Pemeriksaan sifat-sifat aspal seperti berat jenis, penetrasi, titik lembek dan daktilitas dengan substitusi plastik LDPE dengan penambahan substitusi kedalam aspal sebesar 2%, 4%, 6%, serta tanpa substitusi limbah LDPE sebagai pembanding (0,0%). Pengujian sifat-sifat fisis aspal menunjukkan bahwa semakin besar persentase substitusi limbah LDPE dalam aspal dapat menurunkan nilai penetrasi dan menaikkan nilai titik lembek aspal, sehingga dapat menurunkan nilai penetrasi dan menaikkan nilai titik lembek aspal, sehingga dapat menurunkan kepekaan terhadap perubahan suhu, hal ini relevan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh (Suroso, 2008).

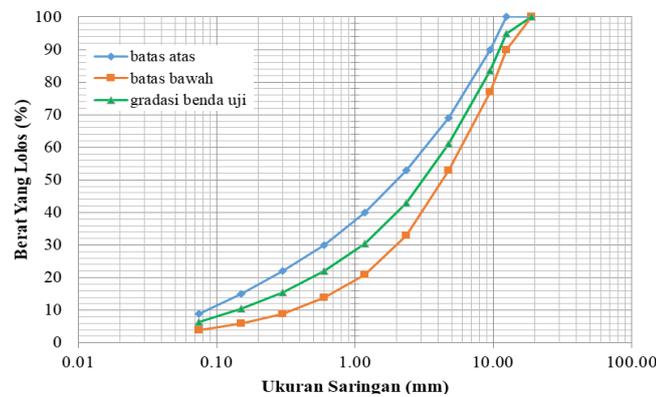
### 3.3 Hasil Pemeriksaan Gradasi

Gradasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah gradasi menerus (gradasi baik) berdasarkan nilai tengah dari spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 tahun 2014 untuk campuran laston lapis aus (AC-WC).

Tabel 5 Hasil gradasi agregat kasar dan agregat halus

Ukuran Saringan		Lapis Aus (AC-WC)			
ASTM	Ukuran (mm)	Berat lolos (%)		Berat Tertahan	
		Spesifikasi	Gradasi Benda Uji	Berat Tertahan (%)	Berat Tertahan (gr)
Aspal Pen. 60/70 kadar 4,5%					54
3/4"	19,0	100	100		
1/2"	12,5	90 - 100	95	5	57,3
3/8"	9,5	77 - 90	83,5	11,5	131,8
No.4	4,75	53 - 69	61	22,5	257,9
No.8	2,36	33 - 53	43	18	206,3
No.16	1,18	21 - 40	30,5	12,5	143,3
No.30	0,60	14 - 30	22	8,5	97,4
No.50	0,30	9 - 22	15,5	6,5	74,5
No.100	0,15	6 - 15	10,5	5	57,3
No.200	0,075	4 - 9	6,5	4	45,8
Filler	0	0	0	6,5	74,5
<b>Jumlah Total</b>				<b>100</b>	<b>1200</b>

Selanjutnya dari gradasi rencana tersebut dihitung komposisi campuran dan proporsi kadar aspal pen. 60/70. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.



Gambar 2 Grafik gradasi agregat untuk benda uji

Pemeriksaan gradasi agregat dilakukan dengan menggunakan analisa saringan. Hasil pemeriksaan dapat disimpulkan bahwa agregat tidak dapat digunakan langsung dalam campuran karena tidak memenuhi spesifikasi gradasi yang disyaratkan, oleh karena itu harus dilakukan penyesuaian gradasi terlebih dahulu sehingga agregat memenuhi syarat spesifikasi yang telah ditetapkan.

Agregat/batuan merupakan komponen utama dari perkerasan jalan yang mengandung 90-95 % agregat berdasarkan persentase berat atau 75-85 % agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian daya dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan ditentukan dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Agregat sebagai salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan memikul lalu lintas daya tahan terhadap cuaca. Pemakaian agregat sebagai bahan perkerasan jalan perlu diperhatikan mengenai gradasi, kebersihan, kekerasan dan ketahanan agregat, bentuk butir tekstur permukaan, porositas, absorpsi berat jenis dan daya kelekatan aspal (Ayu and Yulcherlina, 2020).

### 3.4 Pengujian marshall untuk penentuan kadar aspal optimum (KAO)

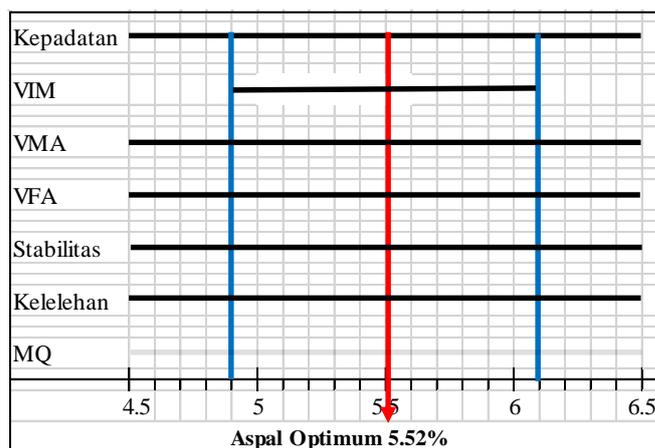
Berdasarkan hasil pengujian Marshall yaitu Stabilitas, Flow, density, Void In Mix (VIM) atau volume pori beton aspal padat, yaitu campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal.

Tabel 6 Hasil pengujian marshall dengan variasi kadar aspal penetrasi 60/70

No	Karakteristik Campuran	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi Dept. PU (2014)
		4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	
1	Stabilitas (Kg)	1608,9	990,9	1313,9	835,8	823,4	Min. 800
2	Flow (mm)	3,43	3,60	3,67	3,07	2,90	2 - 4
3	MQ (Kg/mm)	495,8	276,0	374,6	273,6	288,2	Min. 250
4	Density (t/m <sup>3</sup> )	2,42	2,40	2,46	2,44	2,43	-
5	VIM (%)	6,00	6,04	2,89	3,09	2,72	3 - 5
6	VMA (%)	22,40	23,47	21,97	23,18	23,92	Min. 15
7	VFA (%)	73,24	74,35	86,92	86,69	88,72	Min. 65

Voids Filled with Bitumen (VFB) atau rongga udara yang terisi aspal, yaitu persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Void in Mineral Agregat (VMA) atau rongga diantara agregat adalah volume rongga udara diantara butir agregat dalam campuran beraspal dalam kondisi padat VMA, dan Marshall Quotient.

Dari hasil pengujian Marshall dengan variasi kadar aspal tersebut kemudian diplot pada sumbu salib dengan koordinat kadar aspal (sumbu x) dan salah satu parameter Marshall (sumbu y). Untuk mempermudah perhitungan analisa regresi tersebut dilakukan dengan menggunakan software microsoft excel.



Gambar 3 Grafik penentuan nilai kadar aspal optimum (KAO)

Nilai *Marshall Quotient* ini dipengaruhi oleh nilai stabilitas dan nilai *flow* dari campuran. Nilai *Marshall Quotient* berkorelasi negatif dengan nilai *flow*, penurunan nilai *flow* mengakibatkan nilai *Marshall Quotient* semakin meningkat dan bila nilai *flow* semakin tinggi, maka *Marshall Quotient* semakin rendah. Semakin besar nilai *Marshall Quotient* dari suatu campuran cenderung memiliki fleksibilitas rendah (kaku), karena nilai *Marshall Quotient* merupakan pendekatan terhadap kekakuan dan kelenturan dari suatu campuran aspal (Razak and Erdiansa, 2016). Dari penelitian bahwa dengan bertambahnya persen polimer yang dicampur ke dalam aspal, maka akan meningkatkan nilai *Marshall Quotient*.

Hasil pengujian Marshall dengan variasi kadar aspal 4,5%; 5,0%; 5,5%; 6,0%; dan 6,5%, selanjutnya dianalisa untuk memperoleh nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh adalah sebesar 5,52% yang memenuhi persyaratan parameter Marshall untuk campuran aspal beton (AC-WC). Nilai KAO 5,52% digunakan untuk membuat benda uji dengan variasi persentase substitusi LDPE.

Hasil penelitian Situmorang, Yofianti and Safitri (2019) menunjukkan bahwa pengujian marshall dari keempat variasi persentase penambahan LDPE (0%, 2%, 4% dan 6%), hanya campuran 0% LDPE yang memenuhi spesifikasi (semua nilai karakteristik marshall terpenuhi) dengan nilai KAO sebesar 5,75%, sedangkan 3 variasi campuran lainnya (2%, 4% dan 6%) tidak memenuhi syarat yang ditetapkan (nilai VIM tidak terpenuhi) sehingga nilai KAO-nya pun tidak dapat ditentukan. Selanjutnya hasil penelitian Situngkir, Salonten and Mohamad Amin (2020) bahwa evaluasi karakteristik Marshall kadar plastik 8% dan 12% memenuhi untuk semua spesifikasi yang ditentukan. Dari hasil pengujian yang dilakukan maka diperoleh

kadar substitusi plastik optimum sebesar 8,90% menghasilkan nilai stabilitas turun sebesar 531 kg, nilai flow naik 0,6 mm, rongga dalam campuran (VIM) turun 0,12%, rongga terisi aspal (VFB) turun 0,6%, dan berat isi naik 0,01 gram/cm<sup>3</sup>, sedangkan penelitian Razak and Erdiansa (2016) penggunaan plastik LDPE memberikan pengaruh yang tidak stabil pada campuran aspal, namun dengan kadar aspal yang berbeda.

### 3.5 Hasil Pengujian marshall pada kadar aspal optimum tanpa substitusi dan substitusi LDPE

Pada penelitian ini polimer tambahan yang digunakan adalah material limbah LDPE pada campuran laston lapis aus (AC-WC) yang direndam dalam kotoran sapi. LDPE dalam campuran aspal tersebut dapat meningkatkan kekuatan dan keawetan pada lapisan aus (AC-WC). Maka hasil pengujian dan perhitungan parameter Marshall aspal beton (AC-WC) untuk tanpa substitusi dan substitusi variasi LDPE pada kadar aspal optimum (KAO) yaitu sebesar 5,52%.

Tabel 7 Hasil pengujian marshall tanpa substitusi limbah rendaman kotoran sapi

No	Karakteristik Campuran	Kadar Aspal Optimum (KAO)			Spesifikasi Dept. PU (2014)
		Tanpa substitusi limbah			
		30 Menit	24 Jam	48 Jam	
1	Stabilitas (Kg)	1181,93	1073,24	1059,53	Min. 800
2	Flow (mm)	3,93	3,97	4,13	2 - 4
3	MQ (Kg/mm)	316,53	275,73	257,98	Min. 250
4	Density (t/m <sup>3</sup> )	2,45	2,44	2,44	-
5	VIM (%)	3,16	3,68	3,64	3 - 5
6	VMA (%)	22,23	22,65	22,62	Min. 15
7	VFA (%)	86,22	83,74	83,98	Min. 65

Tabel 8 Pengujian marshall untuk variasi LDPE rendaman kotoran sapi 30 menit

No	Karakteristik Campuran	KAO substitusi persen LDPE			Spesifikasi Dept. PU (2014)
		2%	4%	6%	
1	Stabilitas (Kg)	1537,74	1850,04	2047,69	Min. 1000
2	Flow (mm)	3,63	3,47	3,37	2 - 4
3	MQ (Kg/mm)	428,05	546,22	609,25	Min. 250
4	Density (t/m <sup>3</sup> )	2,42	2,41	2,41	-
5	VIM (%)	4,58	4,72	4,89	3 - 5
6	VMA (%)	23,37	23,48	23,62	Min. 15
7	VFA (%)	80,42	79,92	79,31	Min. 65

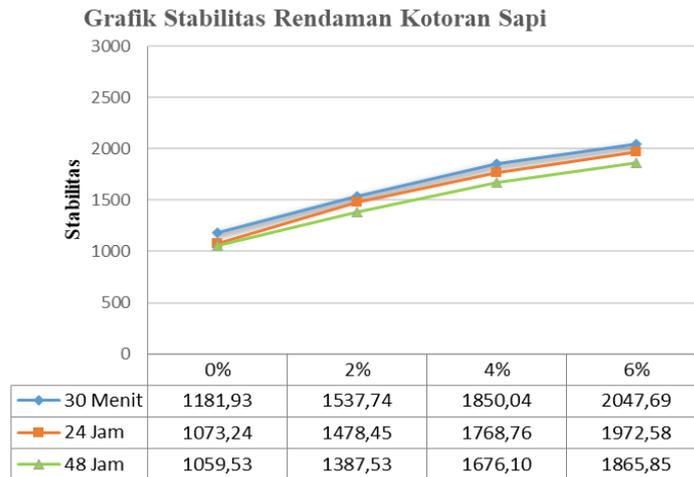
Tabel 9 Pengujian marshall untuk variasi LDPE rendaman kotoran sapi 24 jam

No	Karakteristik Campuran	KAO substitusi persen LDPE			Spesifikasi Dept. PU (2014)
		2%	4%	6%	
1	Stabilitas (Kg)	1478,45	1768,76	1972,58	Min. 1000
2	Flow (mm)	3,73	3,63	3,47	2 - 4
3	MQ (Kg/mm)	394,10	485,68	563,13	Min. 250
4	Density (t/m <sup>3</sup> )	2,42	2,41	2,41	-
5	VIM (%)	4,50	4,81	4,91	3 - 5
6	VMA (%)	23,31	23,56	23,64	Min. 15
7	VFA (%)	80,72	79,58	79,24	Min. 65

Tabel 10 Pengujian marshall untuk variasi LDPE rendaman kotoran sapi 48 jam

No	Karakteristik Campuran	KAO substitusi persen LDPE			Spesifikasi Dept. PU (2014)
		2%	4%	6%	
1	Stabilitas (Kg)	1387,53	1676,10	1865,85	Min. 1000
2	Flow (mm)	3,83	3,73	3,60	2 - 4
3	MQ (Kg/mm)	360,34	448,06	518,39	Min. 250
4	Density (t/m <sup>3</sup> )	2,42	2,41	2,41	-
5	VIM (%)	4,42	4,73	4,79	3 - 5
6	VMA (%)	23,24	23,49	23,54	Min. 15
7	VFA (%)	81,05	79,88	79,65	Min. 65

Nilai stabilitas campuran laston AC-WC menggunakan aspal Pen. 60/70 dengan variasi substitusi kadar limbah LDPE pada KAO 5,52% dan variasi waktu perendaman dengan kotoran sapi mengidentifikasi bahwa terjadi peningkatan dan penurunan nilai stabilitas campuran dengan dan tanpa substitusi limbah LDPE yang seiring lama waktu perendaman. Hal ini dipengaruhi oleh sifat-sifat fisis aspal, suhu, lama waktu perendaman dan tingkat keasaman kotoran sapi (pH 6,5 – 7,5), nilai stabilitas campuran yang diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Pangaruh nilai stabilitas pada rendaman kotoran sapi

Nilai stabilitas campuran dengan variasi substitusi limbah LDPE tersebut masih memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga yaitu  $\geq 1000$  kg pada setiap variasi waktu rendaman, dan  $\geq 800$  kg untuk aspal tanpa polimer. Nilai stabilitas campuran aspal pen 60/70 tanpa substitusi limbah plastik LDPE lebih rendah dibandingkan dengan campuran dengan variasi substitusi limbah plastik LDPE dalam rendaman kotoran sapi. Nilai stabilitas terbaik terdapat pada campuran dengan variasi penambahan limbah plastik LDPE sebanyak 6%. Semakin lama campuran aspal beton terendam kotoran sapi dapat membuat kerapatan campuran berkurang, baik dari sisi adhesi maupun kohesi, hal ini disebabkan oleh pengaruh gaya tekan air (water pressure) dalam campuran laston (AC-WC). Semakin bertambahnya kadar plastik yang digunakan, maka akan semakin rendah penetrasi yang dihasilkan. Nilai penetrasi yang rendah mengakibatkan nilai stabilitas yang didapat tinggi, sehingga akan menyebabkan perkerasan akan menjadi kaku dan mudah retak akibat beban lalu lintas. Demikian pula sebaliknya, jika nilai stabilitas yang dihasilkan terlalu rendah kan menyebabkan mudahnya terjadi deformasi.

Berdasarkan hasil penelitian Iqbal, Saleh and Yunus (2018) didapatkan nilai stabilitas terbaik tanpa substitusi rendaman kotoran sapi yaitu 1181,93 kg, stabilitas terbaik untuk Ethylene Vinyl Acetate (EVA) pada persentase 1,5% yaitu 1920.68 kg. Nilai parameter untuk tanpa dan dengan substitusi Ethylene Vinyl Acetate (EVA) yang dihasilkan berupa stabilitas, flow, MQ, density, VIM, VMA, dan VFA masih memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga tahun 2014. Nilai durabilitas tanpa substitusi yaitu sebesar 90,8% dengan rendaman kotoran sapi, nilai durabilitas dengan variasi persentase Ethylene Vinyl Acetate (EVA) sebesar 97,06%, dan telah memenuhi spesifikasi yang ditentukan Bina Marga tahun 2014 yaitu  $\geq 90\%$ .

Nilai stabilitas campuran setelah perendaman menerus dengan kotoran sapi, terjadi peningkatan dan penurunan stabilitas yang fluktuatif seiring lama waktu perendaman, hal ini dipengaruhi oleh sifat-sifat fisis aspal, suhu, lama waktu perendaman dan tingkat keasaman kotoran sapi (pH 6) (Iqbal, Saleh and Yunus, 2018).

#### **4. Kesimpulan dan Saran**

##### **4.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Hasil pengujian sifat-sifat fisis aspal dengan variasi substitusi limbah plastik LDPE terhadap berat aspal pada KAO, maka diperoleh bahwa terjadi peningkatan rheologi aspal seiring besarnya persentase substitusi limbah plastik LDPE terhadap berat jenis, titik lembek, dan dapat menurunkan nilai penetrasi serta daktilitas aspal. Hasil pemeriksaan masih memenuhi spesifikasi yang disyaratkan dan dapat digunakan sebagai campuran laston lapis aus (AC-WC).
2. Berdasarkan evaluasi terhadap Karakteristik Marshall pada campuran AC-WC dengan variasi persentase substitusi limbah plastik LDPE pada kadar aspal optimum 5,52%, maka diketahui nilai Stabilitas cenderung meningkat seiring besarnya persentase substitusi limbah plastik LDPE dalam campuran, sedangkan nilai Density, flow, dan VFA cenderung menurun, hal ini dipengaruhi oleh sifat fisis aspal yang mulai getas dan mengental seiring besarnya persentase substitusi limbah plastik LDPE.
3. Nilai stabilitas yang diperoleh telah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan  $\geq 800$  kg untuk campuran laston AC pen 60/70 baik itu setelah rendaman kotoran sapi. Nilai stabilitas 0,0% LDPE pada rendaman kotoran sapi 30 menit 1181,93 kg, rendaman 24 jam 1073,24 kg, dan rendaman 48 jam 1059,53 kg.
4. Nilai stabilitas untuk aspal substitusi limbah plastik LDPE yang diperoleh telah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan yaitu  $\geq 1000$  kg untuk campuran AC-Mod. Nilai stabilitas substitusi LDPE terbaik yaitu substitusi LDPE 6% pada rendaman kotoran sapi 30 menit 2047,69 kg, rendaman 24 jam 1972,58 kg, rendaman 48 jam 1865,85 kg.

##### **4.2 Saran**

Pada penelitian ini, proses pencampuran limbah plastik LDPE yaitu dengan mengiris plastik menjadi kecil dan kemudian dimasukkan kedalam aspal panas. Cara tersebut membutuhkan proses yang lama karena harus mengaduk sampai aspal dan plastik LDPE homogen. Disarankan untuk penelitian selanjutnya plastik

dicairkan terlebih dahulu dan kemudian dicampurkan kedalam aspal panas agar mempercepat aspal dan plastik menjadi homogen. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar menggunakan limbah plastik jenis lainnya seperti HDPE, PP, atau PET disubstitusikan dalam campuran aspal dengan persentase yang berbeda dan dilihat pengaruhnya terhadap rendaman kotoran sapi. Pada penelitian selanjutnya disarankan agar melakukan penelitian mengenai rendaman kotoran dengan durasi waktu perendaman yang lebih lama seperti 60 jam dan 72 jam agar dapat diketahui pengaruh rendaman terhadap campuran aspal dalam waktu yang lebih lama.

### Daftar Kepustakaan

- AASTHO (1990) *Standard Specification for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing*, 15<sup>th</sup>ed, AASHTO, Washington, DC.
- AASTHO (1993) *Guide for Design of Pavement Structures*, AASHTO, Washington, DC.
- Ayu, E. S. and Yulcherlina (2020) ‘Analisa Biaya Perkerasan Aspal Dengan Substitusi Plastik’, *Jurnal Rekayasa*, 10(01), pp. 17–31. doi: 10.37037/jrftsp.v10i1.49.
- Iqbal, D., Saleh, S. M. and Yunus, Y. (2018) ‘Pengaruh Lama Rendaman Kotoran Sapi Terhadap Durabilitas Campuran Aspal Beton Menggunakan Aspal Pen.60/70 Yang Di Substitusi Limbah Ethylene Vinyl Acetate (EVA)’, *Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala*, 3(1), pp. 571–580. doi: 10.24815/jts.v1i3.9996.
- Lingga and Marsono (2006) *Petunjuk Penggunaan Pupuk*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Razak, B. A. and Erdiansa, A. (2016) ‘Karakteristik Campuran AC-WC dengan Penambahan Limbah Plastik Low Density Polyethylene (LDPE)’, *Jurnal Intek*, 3(1), pp. 8-14., doi: 10.31963/intek.v3i1.9.
- Shbeeb, L. and Awwad, M. T. (2007) ‘The Use of Polyethylene in Hot Asphalt Mixtures’, *American Journal of Applied Sciences*, 4(6), pp. 390–396.
- Situmorang, P., Yofianti, D. and Safitri, R. (2019) ‘Penggunaan Plastik Ldpe (Low Density Polyethilen) Sebagai Substitusi Aspal Pada Campuran AC - WC’, in *Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Pada Masyarakat*. Bangka Belitung, pp. 27–31.
- Situngkir, K. W., Salonten and Amin, M. (2020) ‘Pengaruh Penambahan Limbah Plastik LDPE Sebagai Bahan Substitusi Aspal Pada Perkerasan Lentur Landas Pacu’, *Jurnal Teknika: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Keteknikan*, 4(1), pp. 56 – 62. doi: 10.52868/jt.v4i1.2648.
- Suroso, T. W. (2008) ‘Pengaruh Penambahan Plastik LDPE (Low Density Polyethilen) dengan Cara Basah dan Cara Kering Terhadap Kinerja Campuran Beraspal’, 16(3), pp. 208–222. doi: <https://doi.org/10.14710/mkts.v16i3.3695>.