

# PENGARUH PENGGUNAAN PLASTIK HDPE SEBAGAI BAHAN ADITIF TERHADAP ASPAL DENGAN AGREGAT KASAR HASIL LIMBAH BETON

## *THE EFFECTS OF HDPE PLASTICS ADDITION IN ASPHALT MIXTURES WITH CONCRETE WASTE AS THE COARSE AGGREGATES*

Ita Lopang<sup>1</sup>, Nicholas Tedjasukmana<sup>2</sup>, Ardeneline Lara Yana P.<sup>3</sup>, Jerry<sup>4</sup>, Amelia Makmur<sup>4</sup>

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Krida Wacana - Jakarta

<sup>1</sup>Ita.2014ts023@civitas.ukrida.ac.id, <sup>2</sup>Nicholas.2014ts008@civitas.ukrida.ac.id,

<sup>3</sup>Ardeneline.2014ts014@civitas.ukrida.ac.id, <sup>4</sup>Jerry.2014ts002@civitas.ukrida.ac.id, Amelia@ukrida.ac.id

### Abstrak

Peningkatan kinerja campuran aspal dapat dilakukan dengan memodifikasi campuran aspal untuk mendapatkan campuran aspal yang kuat dan tahan lama. Namun, jalan raya yang digunakan setiap hari tidak luput dari kerusakan yang diakibatkan oleh iklim, cuaca, dan kapasitas kendaraan, khususnya di Indonesia yang beriklim tropis dengan curah hujan tinggi dan jumlah kendaraan yang meningkat pesat. Oleh karena itu, dibutuhkan aspal yang tahan terhadap perubahan cuaca dan iklim, dengan penggunaan bahan aditif seperti plastik HDPE (*High Density Polythylene*). Dalam penelitian sebelumnya telah didapatkan *mix design* HDPE optimum sebesar 8-9%. Plastik ini akan digunakan sebagai bahan aditif terhadap aspal modifikasi dengan kandungan agregat kasar yang merupakan hasil dari daur ulang limbah beton. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan pengujian aspal dengan agregat kasar menggunakan limbah uji beton dan dihasilkan hasil uji marshall yang lebih rendah dibandingkan dengan aspal biasa tanpa campuran aditif. Untuk meningkatkan hasil tes marshall terhadap aspal dengan agregat kasar hasil dari limbah uji beton digunakan plastik HDPE. Limbah Beton yang digunakan adalah limbah beton dengan spesifikasi  $f_c' > 30$  Mpa. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan plastik HDPE terhadap campuran aspal modifikasi agregat *Bin 1* hasil limbah uji beton, dengan nilai persentase sebesar 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% dari total berat agregat *Bin 1*. Dari pengujian yang telah dilakukan terlihat bahwa plastik HDPE akan menurunkan nilai stabilitas dengan nilai VIM, VMA, dan VFA yang tidak memenuhi spesifikasi. Nilai terbaik yang diperoleh dengan kadar 30% dari dari total berat agregat *Bin 1*.

**Kata Kunci:** plastik HDPE, aspal, limbah beton, agregat, stabilitas

### Abstract

*Modifying the asphalt mixture can improve its performance, in addition to obtain a strong and durable mixture. The highways that we use everyday cannot withstand the damage caused by climate, weather and vehicle capacity, especially in Indonesia, where tropical climate go along with heavy rainfall and rapidly increasing number of vehicles. Therefore, asphalt that withstands weather and climate, which uses additives such as HDPE plastic (High Density Polythylene), is needed. According to the previous research, the optimum value of HDPE mix design is between 8%-9%. This plastic waste is used as an additive in the modified asphalt mixture where recycled concrete waste was used as coarse aggregates. Previous research testing the same asphalt mixture shows lower marshal test results when compared to normal asphalt mixtures. Therefore, HDPE plastics are used to improve marshal test results in asphalt where concrete waste functions as coarse aggregates. The concrete waste applied in this study has  $f_c' > 30$  MPa. The purpose of this research is to identify the effects of HDPE plastic as an addition to the modified asphalt mixture of *Bin 1* aggregates where concrete waste functions as the coarse aggregate, and the content level were: 0%, 10%, 20%, 30%, and 40% from the total weight of *Bin 1*. The results*

shows that HDPE plastics reduced the stability value in which VIM, VMA and VFA values did not meet the specifications. The best value was obtained at 30% of the total weight of Bin 1 aggregates.

**Keywords:** HDPE plastic, asphalt, concrete waste, aggregates, stability

**Tanggal Terima Naskah : 05 Januari 2018**

**Tanggal Persetujuan Naskah : 18 Juli 2018**

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Aspal merupakan salah satu material yang paling sering digunakan sebagai bahan perkerasan jalan raya. Jalan yang sering digunakan terbuat dari campuran aspal dan agregat dengan kualitas yang tidak selalu mulus dan tahan lama. Pada sebagian besar kasus, jalan mengalami kerusakan akibat iklim, cuaca, dan jumlah kendaraan di Indonesia yang meningkat dengan pesat.

Aspal modifikasi dengan menambahkan berbagai jenis aditif yang berupa polimer menggunakan plastik dari jenis HDPE (*High Density Polyethylene*) ini sering ditemukan dalam bentuk kantung plastik yang dipakai oleh masyarakat dalam kehidupan sehari-hari. Campuran dengan bahan plastik ini bermaksud untuk meningkatkan berbagai karakteristik aspal non-modifikasi, terutama dalam menaikkan nilai stabilitas [1]. Dengan menggunakan plastik HDPE (*High Density Polyethylene*) daur ulang, diharapkan juga dapat membantu mengurangi limbah plastik yang ada di Indonesia, yang melimpah ruah jumlahnya. Menurut YLKI, Indonesia merupakan penyumbang terbesar kedua sampah plastik di dunia [2]. HDPE dipilih karena bahan yang relatif mudah didapat, serta bahan yang tidak mengeluarkan asap saat dipanaskan, sehingga relatif lebih aman dan tidak beracun, jika dibandingkan dengan jenis plastik lainnya seperti PVC.



Gambar 1. Plastik Jenis HDPE [2]

Dengan menambahkan plastik, akan menunjukkan nilai *density*, sabilitas marshall, MQ, VFB yang lebih besar dari campuran beraspal dengan aspal konvensional. Pada hasil penelitian sebelumnya [3], dilakukan penelitian *mix design* HDPE optimum sebesar 8% dimana dapat meningkatkan stabilitas marshall sebesar 70% serta meningkatkan *rutting resistance* dan *load carrying capability* (kemampuan menahan muatan).



Gambar 2. Parutan Plastik Hasil Daur Ulang [3]

Plastik ini akan digunakan sebagai bahan aditif terhadap aspal modifikasi dengan kandungan agregat kasar yang merupakan hasil dari daur ulang hasil limbah uji beton. Dari hasil penelitian sebelumnya [4], telah dilakukan pengujian aspal dengan agregat kasar dengan limbah uji beton dan dihasilkan pengetesan uji marshall yang lebih rendah dibandingkan dengan aspal biasa tanpa campuran aditif tertentu. Untuk itu digunakan plastik HDPE untuk meningkatkan hasil tes marshall terhadap aspal dengan agregat kasar hasil dari limbah uji beton. Limbah Beton yang digunakan adalah limbah beton dengan spesifikasi  $f_c' > 30$  Mpa.



Gambar 3. Limbah Uji Beton

## 1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh campuran plastik HDPE terhadap aspal modifikasi agregat *Bin 1* hasil limbah uji beton, dengan nilai persentase agregat kasar sebesar 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% dari total berat agregat *Bin 1*.

## 1.3 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup penelitian sebagai berikut:

- Nilai persentase limbah beton sebagai pengganti *hotbin I* sebagai variabel 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%;
- Limbah Beton yang digunakan adalah limbah beton hasil uji tekan dengan hasil uji tekan  $f_c' > 30$  Mpa;
- Pengujian hanya menilai karakteristik dari hasil uji tes Marshall, yaitu nilai *density*, stabilitas, *flow*, VIM, VMA, VFA, dan *Marshall Quotient*;
- Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70;
- Plastik yang digunakan adalah plastik HDPE yang telah dalam bentuk potongan dengan ukuran diameter lolos saringan No. 4.

## 2. KONSEP DASAR

### 2.1 Aspal

Aspal adalah salah satu jenis bahan yang digunakan sebagai bahan pengikat (*binder*) bagi lapisan perkerasan jalan raya. Aspal merupakan turunan dari proses penyulingan minyak bumi, yang sering juga disebut dengan bitumen. Aspal bersifat lengket dan berfungsi untuk mengikat agregat yang telah disiapkan sesuai dengan desain rencana lapisan perkerasan.

## 2.2 Lapisan Perkerasan

Secara umum terdapat empat lapisan perkerasan di jalan raya. Lapisan paling atas merupakan lapisan aus (*Wearing Course*), lapisan ini merupakan lapisan yang bersentuhan langsung dengan lapisan kendaraan, di bawahnya terdapat lapisan *base course*, yang terdiri dari agregat yang berukuran lebih besar, untuk menahan beban lalu lintas yang diterima dari lapisan aus di atasnya, selanjutnya di bawah *base course*, terdapat *sub-base course* yang memiliki ukuran agregat lebih besar lagi dari lapisan di atasnya, kemudian barulah terdapat lapisan *sub-grade* yang berupa tanah. Tanah yang berada paling dasar ini memiliki ketentuan CBR tertentu sesuai dengan peruntukannya dan beban lalu lintas rencana di atasnya.

## 2.3 Laston-WC

Lapisan paling atas disebut dengan Laston, yang merupakan singkatan dari Lapisan Aspal Beton. Lapisan ini sering juga disebut dengan Laston-WC (Lapisan Aspal Beton-*Wearing Course*) yang berarti lapisan aspal beton aus, yang terletak paling atas. Terdapat beberapa metode yang digunakan dalam membuat lapisan aspal ini. Metode yang digunakan adalah metode *Hot-Mix*. Metode ini menggunakan suhu tinggi pada saat pencampuran aspal dengan agregat, agar agregat terlapisi dengan sempurna dan tahan lebih lama.

## 2.4 Agregat

Agregat adalah material yang keras, bisa berupa pasir, kerikil, batu pecah, atau abu batu. Agregat yang telah dipilih dan digradasi, dicampur dengan aspal agar membentuk lapisan aspal. Aspal ini disaring dan dipilih sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Berikut adalah ketentuan gradasi agregat yang digunakan.

Tabel 1. Spesifikasi Gradasi Agregat

No. Saringan	Spesifikasi
1/2" (12,75 mm)	80-100
3/8" (9,6 mm)	70-90
#4 (4,8 mm)	50-70
#8 (2,4 mm)	35-50
#16 (1,2 mm)	-
#30 (0,425 mm)	18-28
#50 (0,3 mm)	13-23
#100 (0,15 mm)	8 -16
#200 (0,075 mm)	4-10

Spesifikasi Umum DPU, 2010[9]

## 2.5 Jenis-Jenis Plastik

Secara garis besar plastik dapat digolongkan menjadi dua jenis [5], yakni plastik yang bersifat *thermoplastic* dan yang bersifat *thermoset*.

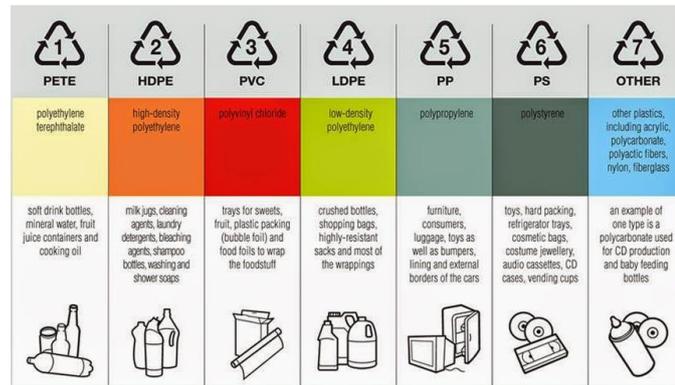
### a. Thermoplastic

*Thermoplastic* adalah jenis plastik yang menjadi lunak jika dipanaskan dan akan mengeras jika didinginkan dimana proses ini bisa dilakukan berulang kali. Nama *thermoplastic* diperoleh dari sifat plastik ini yang bisa dibentuk ulang dengan proses pemanasan. Secara sederhana *thermoplastic* adalah jenis plastik yang bisa didaur ulang, contoh: polietilen (PE), polistiren (PS), ABS, polikarbonat (PC).

### b. Thermoset

*Thermoset* adalah jenis plastik yang tidak bisa didaur ulang atau dicetak lagi. Pemanasan ulang akan menyebabkan kerusakan molekul-molekulnya, contoh: resin epoksi, bakelit, resin melamin, urea formaldehida. Data dari Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM)

menyebutkan bahwa untuk memudahkan proses daur ulang maka plastik dibagi kembali menjadi beberapa jenis dengan diberikan nomor pada tiap-tiap jenis plastiknya.



Gambar 5. Jenis-jenis plastik [7]

Dari jenis plastik tersebut diambil jenis plastik nomor dua untuk selanjutnya dimodifikasi untuk dicampur dengan aspal untuk mengurangi penggunaan aspal dalam pembuatan jalan. Plastik *high density polyethylene* adalah jenis plastik yang murah dan mudah didapatkan, yang biasa dipakai untuk tempat makanan, plastik kemasan, dan botol-botol yang lembek. HDPE dipakai untuk tutup plastik, kantong/tas kresek dan plastik tipis lainnya. Walaupun demikian HDPE tidak mudah untuk dihancurkan.

Tabel 2. Karakteristik HDPE

Parameter	Nilai
Density	0,958 gram/cm <sup>3</sup>
Viskositas	380 ml/g
Titik lembek	67 °C
Suhu leleh	127 °C

Teknik pencampuran plastik untuk menaikkan kinerja campuran aspal, terdapat dua cara pencampuran aspal untuk menaikkan kinerja pencampuran aspal, yaitu:

a. Cara Basah (*wet process*)

Plastik dimasukkan ke dalam aspal panas dan diaduk dengan kecepatan tinggi agar bercampur rata atau *homogeny*.

b. Cara kering (*dry process*)

Plastik dimasukkan ke dalam agregat yang dipanaskan kemudian aspal panas dicampurkan. Dari cara basah dan cara kering tersebut, dipilih cara kering. Plastik yang akan digunakan dalam pengujian ini didapatkan dari rumah daur ulang, yang telah memarut plastik menjadi bentuk kecil-kecil.

## 2.6 Limbah Uji Beton

Limbah uji beton didapatkan dari limbah hasil pengujian beton yang ada di Laboratorium Sipil Teknik Ukrida. Limbah uji beton ini memiliki spesifikasi  $f_c' > 30$ , sehingga termasuk jenis beton mutu tinggi. Limbah uji beton ini kemudian dipecahkan secara manual menggunakan palu, dipisahkan dan disaring berdasarkan spesifikasi *Bin 1*, yaitu lolos saringan 3/8" dan tertahan di saringan 1/2".

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Studi Literatur

Kadar plastik yang optimum bagi suatu campuran aspal adalah sebesar 8% dari nilai total berat *sample* [6] sedangkan bagi hasil uji limbah beton, didapatkan kadar paling baik untuk sebuah campuran aspal dengan agregat gradasi kasar, yaitu sebesar 2,5% dari total agregat kasar [7].

#### 3.2 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan memeriksa sifat-sifat agregat, aspal dan plastik. Pengujian sifat fisik, yaitu pengujian gradasi saringan, berat jenis, dan penyerapan agregat halus dan agregat kasar, serta keausan agregat. Pengujian yang dilakukan pada aspal, yaitu berat jenis, titik lembek, titik nyala, titik bakar, dan penetrasi. Pengujian tersebut merujuk pada spesifikasi aturan pemerintah seperti pada tabel 3 sedangkan data karakteristik plastik didapatkan dari berbagai sumber.

Tabel 3. Spesifikasi pengujian agregat kasar, agregat halus dan aspal

No.	Spesifikasi	Keterangan
1	SNI 03-1968-1990	Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar
2	SNI 1969:2008	Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar
3	SNI 1970:2008	Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus
5	SNI 2417:2008	Metode Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles
6	SNI 03-2439-1991	Metode Pengujian Kelekatan Agregat Terhadap Aspal
7	SNI 2432:2011	Cara Uji Daktilitas Aspal
8	SNI 2433:2011	Cara Uji Titik Nyala dan Titik Bakar dengan Alat <i>Cleveland Open Cup</i>
9	SNI 2434:2011	Cara Uji Titik Lembek dengan Alat Cincin dan Bola ( <i>Ring and Ball</i> )
10	SNI 2439:2011	Cara Uji Penyelesaian dan Pengelupasan pada Campuran Agregat-Aspal
11	SNI 2441:2011	Cara Uji Berat Jenis Aspal Keras
12	SNI 2456:2011	Cara Uji Penetrasi Aspal

#### 3.3 Metode Perencanaan Campuran

Pembuatan *Mix design* dilakukan untuk mencari kadar persentase per *bin* dalam satu *sample*. Kadar ini ditentukan dari memenuhi atau tidaknya hasil perhitungan dalam *mix design* sesuai dengan spesifikasi yang diberikan oleh Bina Marga tahun 2010. Pada pembuatan benda uji, pencarian kadar aspal optimum dilakukan dengan pembuatan benda uji yang memiliki perbedaan 6 kadar aspal, yaitu 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5%. Kadar Aspal Optimum didapatkan dari perhitungan. Kadar aspal dengan nilai-nilai terbaik, akan menjadi nilai kadar aspal optimum. Selanjutnya *mix design* untuk penelitian dilakukan dengan perhitungan-perhitungan kembali sesuai dengan rencana modifikasi yang ingin dilakukan, yaitu 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% dari total berat agregat *Bin 1*.

Tabel 4. *Mix Design*

Berat	Aspal Optimum	Mix Plastik 8%	Mix Plastik 8% + Limbah 10%	Mix Plastik 8%+ Limbah 20%	Mix Plastik 8%+ Limbah 30%	Mix Plastik 8% + Limbah 40%	Mix Plastik 8% + Limbah 50%
Aspal 5,3% (gr)	63,60	63,60	63,60	63,60	63,60	63,60	63,60
Bin 1 12% (gr)	136,36	135,10	121,59	108,08	94,57	81,06	67,55
Bin 2 16% (gr)	181,82	180,55	180,55	180,55	180,55	180,55	180,55
Bin 3 37% (gr)	420,46	419,20	419,20	419,20	419,20	419,20	419,20
Bin 4 35% (gr)	397,74	396,47	396,47	396,47	396,47	396,47	396,47
Plastik 8% (gr)	0,00	5,09	5,09	5,09	5,09	5,09	5,09
Limbah (gr)	0,00	0,00	13,51	27,02	40,53	54,04	67,55
Total Agregat (gr)	1136,4	1136,4	1136,4	1136,4	1136,4	1136,4	1136,4
Total Keseluruhan (gr)	1200,00	1200,00	1200,00	1200,00	1200,00	1200,00	1200,00

### 3.4 Pembuatan Benda Uji Optimal dan Penelitian

Nilai kadar aspal optimum akan digunakan untuk membuat benda uji berikutnya yang campurannya telah dimodifikasi dengan menggunakan plastik serta agregat kasar hasil limbah uji beton, yang diharapkan akan menaikkan nilai kualitas benda uji pada metode marshall. Untuk benda uji modifikasi dengan plastik, agregat kasar terlebih dahulu diproses oven bersama dengan plastik yang telah lolos saringan no. 4, dengan suhu 190° selama 2,5 jam. Hal ini dimaksudkan untuk menempelkan plastik pada agregat kasar. Setelah benda uji selesai diproses oven dan didinginkan, benda uji dicampur dengan agregat halus dan dipanaskan hingga suhu 110°C, untuk kemudian dicampurkan dengan aspal.

### 3.5 Pengujian Marshall

Setelah *sample* dingin dan mencapai suhu ruangan, selanjutnya benda uji dapat dikeluarkan dari *mold*. Setelah keluar dari *mold*, dilakukan penimbangan benda uji di udara, di dalam air, serta benda uji saat kering permukaan. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan berat jenis *bulk* benda uji. Setelah selesai penimbangan, benda uji direndam selama kurang lebih 30 menit dan kemudian dilakukan uji Marshall. Pada saat pengujian dengan alat Marshall dilakukan pembacaan *dial* stabilitas serta *flow* kemudian akan dihitung nilai *density*, stabilitas, *flow*, VIM, VMA, VFA, dan *Marshall Quotient*. Dari parameter tersebut akan dihitung sesuai persamaan berikut.

$$\text{VIM} = \frac{\text{Gmm Maks} - \text{Bj Bulk}}{\text{Gmm Maks}} \times 100\%$$

$$\text{VMA} = \frac{100 - (\text{Bj Bulk} \times (100 - \text{Kadar Aspal}))}{\text{Gmm Maks}}$$

$$\text{VFA} = \frac{\text{VMA} - \text{VIM}}{\text{VMA}} \times 100\%$$

$$\text{Stabilitas} = \text{Data Bacaan} \times k \times \text{koreksi}$$

Benda uji kemudian diuraikan dan dioven agar kering, untuk dilakukan pengujian Gmm.



Gambar 6. Butiran agregat yang telah terselimuti

Pada Gambar 6 tampak agregat yang telah terselimuti oleh plastik serta aspal.

#### 4. PENGOLAHAN DATA

##### 4.1 Data Pengujian Material

Hasil pengujian agregat kasar dan agregat halus telah memenuhi persyaratan menurut Spesifikasi Bina Marga Bina Marga 2010 Divisi 6 Revisi 3 dan hasil pengujian aspal menurut spesifikasi Bina Marga 2010 seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Material

Aspal			Agregat			
Kriteria		Spesifikasi	Kriteria	Agregat Kasar	Agregat Halus	Spesifikasi
<b>Berat Jenis</b>	1,03 gr/cm <sup>3</sup>	1,03 gr/cm <sup>3</sup>	<b>Gradasi</b>	Well Graded		Well Graded
<b>Titik Lembek</b>	48 °C	≥48 °C	<b>Bj Bulk</b>	2,54 gr/cm <sup>3</sup>	2,355 gr/cm <sup>3</sup>	2,5 gr/cm <sup>3</sup>
<b>Titik Nyala</b>	292 °C	≥232 °C	<b>Bj SSD</b>	2,60 gr/cm <sup>3</sup>	2,464 gr/cm <sup>3</sup>	2,5 gr/cm <sup>3</sup>
<b>Titik Bakar</b>	312°C	≥232 °C	<b>Bj Semu</b>	2,70 gr/cm <sup>3</sup>	2,642 gr/cm <sup>3</sup>	2,5 gr/cm <sup>3</sup>
<b>Penetrasi</b>	63	60-70 mm	<b>Penyerapan</b>	2,30 %	4,61 %	≤3%
			<b>Keausan</b>	19,98 %	-	<40%

Tabel 6. Hasil Pengolahan Data

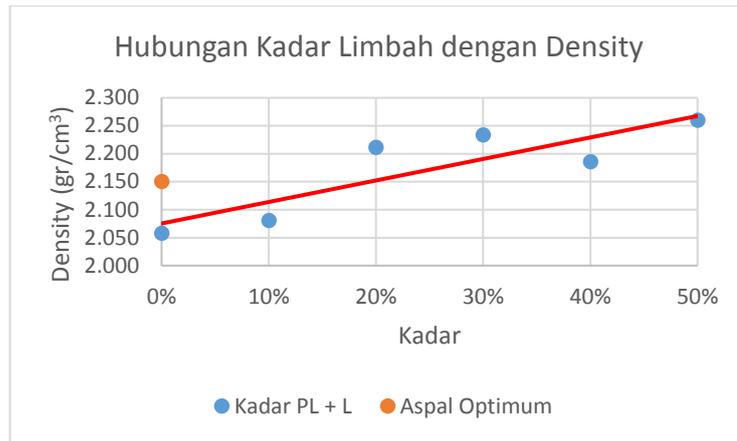
Kadar	Density	VIM	VMA	VFA	Stability	Flow	MQ
<b>KAO</b>	2,15	3,496	12,349	71,737	1103,6	4,6	239
<b>KAO + P</b>	2,06	5,63	15,27	63,07	740,98	6,00	123,50
<b>KAO + P + L 10%</b>	2,08	6,61	14,32	53,53	979,46	6,00	163,24
<b>KAO + P + L 20%</b>	2,21	4,39	12,98	71,37	1042,52	6,33	164,61
<b>KAO + P + L 30%</b>	2,23	8,41	15,78	46,68	1104,72	7,33	150,64
<b>KAO + P + L 40%</b>	2,19	6,02	15,44	60,36	1117,42	7,00	159,63
<b>KAO + P + L 50%</b>	2,26	7,35	13,89	44,98	948,57	5,33	177,86
<b>Spesifikasi</b>	≥2,2	3,0-5,0	>15	65-75	>800	>3,0	≥ 300

Keterangan:

KAO = Kadar Aspal Optimum

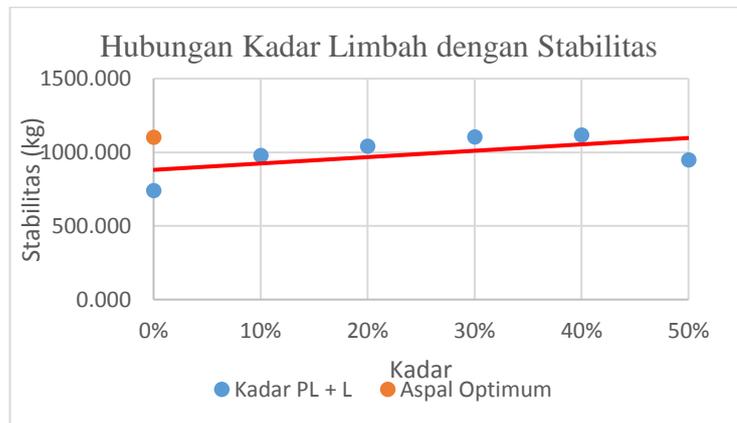
P = Kadar Plastik 8%

L = Kadar Limbah



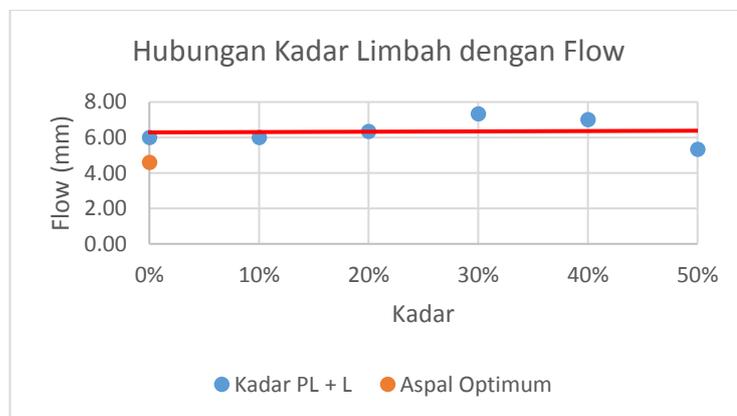
Gambar 7. Hubungan Kadar Limbah dengan *Density*

Dari grafik pada Gambar 7 didapatkan nilai *density* yang cenderung naik dari kadar plastik 8% tanpa limbah. Dari grafik dapat pula disimpulkan bahwa tidak seluruh kepadatan benda uji tidak memenuhi syarat Bina Marga tahun 2010, yang memiliki syarat adalah yang bernilai di atas 2,2 gr/cm<sup>3</sup>.



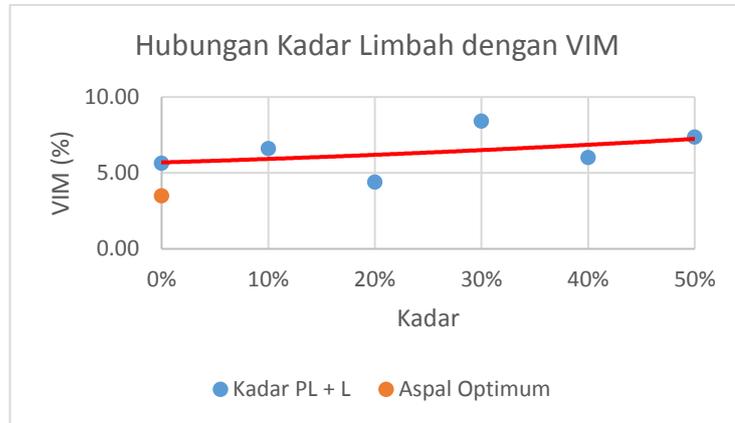
Gambar 8. Hubungan Kadar Limbah dengan Stabilitas

Dari Gambar 8 didapatkan hasil nilai stabilitas tertinggi pada kadar limbah 40% dan memiliki kecenderungan untuk naik dari kadar paling rendah hingga kadar tertinggi. Kadar terendah didapatkan pada kadar Plastik 8% tanpa limbah, yaitu sebesar ± 700 kg, sehingga tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga tahun 2010, yaitu minimal sebesar 800 kg. Hasil juga menunjukkan *sample* dengan kadar plastik 8% memiliki nilai stabilitas jauh di bawah *sample* dengan kadar aspal optimum.



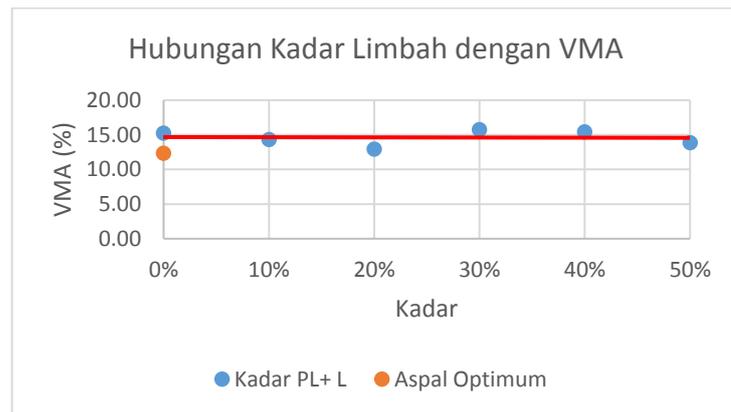
Gambar 9. Hubungan Kadar Limbah dengan *Flow*

Dari Gambar 9 didapatkan nilai *flow* tertinggi pada kadar plastik dengan limbah 30% dan terendah pada kadar aspal optimum sehingga keseluruhan nilai *flow* yang memenuhi syarat Bina Marga tahun 2010 hanya kadar aspal optimum, dengan spesifikasi nilai *flow* 3-5 mm.



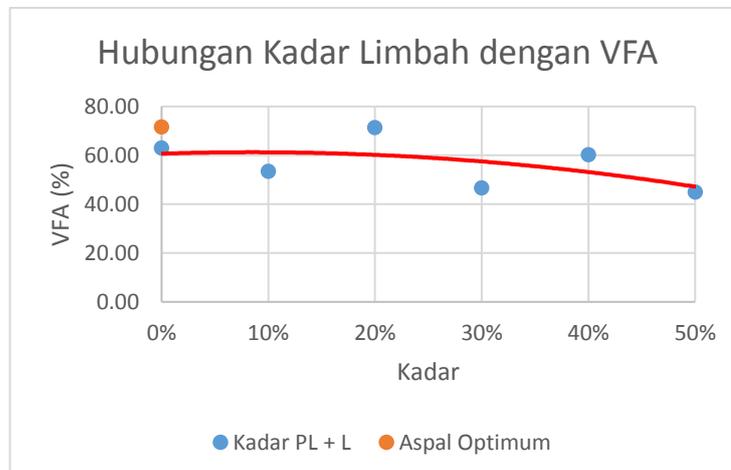
Gambar 10. Hubungan Kadar Limbah dengan VIM

Dari grafik pada Gambar 10 didapatkan nilai VIM tertinggi pada kadar plastik dengan limbah 10% dan terendah pada kadar aspal optimum. Dari grafik tersebut didapatkan nilai VIM tidak ada yang memenuhi syarat Bina Marga tahun 2010, yaitu sebesar 3-5%.



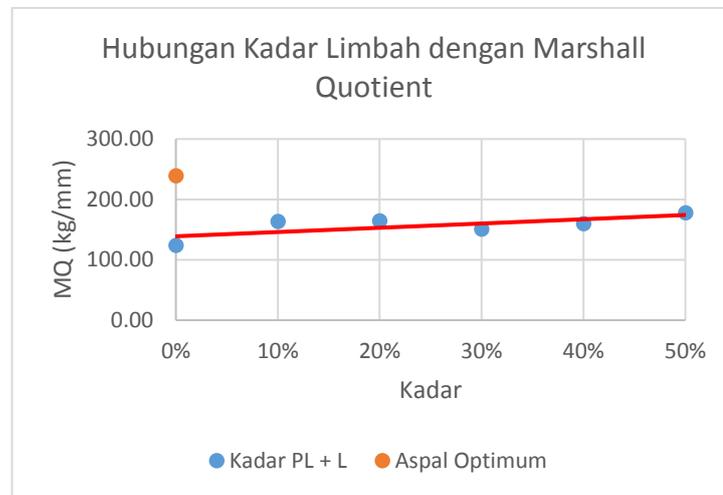
Gambar 11. Hubungan Kadar Limbah dengan VMA

Dari grafik pada gambar 11 didapatkan hasil garis regresi seperti pada gambar, sehingga nilai VMA stabil. Dari nilai VMA yang didapat, terdapat beberapa *sample* yang tidak masuk syarat spesifikasi Bina Marga tahun 2010, yaitu dengan nilai VMA minimal di atas 15%.



Gambar 12. Hubungan Kadar Limbah dengan VFA

Dari grafik pada Gambar 12 dapat dilihat bahwa nilai VFA cenderung untuk turun dan pada poin tertentu berbalik naik. Nilai VFA yang memenuhi syarat hanya pada kadar aspal optimum serta kadar plastik dan limbah 30%. Syarat minimum Bina Marga tahun 2010, yaitu nilai VFA minimal sebesar 65%.



Gambar 13. Hubungan Kadar Limbah dengan VFA

Dari grafik pada Gambar 13 didapatkan nilai MQ hampir stabil pada berbagai kadar aspal dan cenderung untuk naik seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Keseluruhan hasil yang ada tidak memenuhi spesifikasi minimal Bina Marga tahun 2010, yaitu sebesar 250 kg.

Tabel 7. Hubungan antara kadar dengan nilai yang memenuhi kriteria

Kadar \ Parameter	KAO	KAO + P	KAO + P + L 10%	KAO + P + L 20%	KAO + P + L 30%	KAO + P + L 40%	KAO + P + L 50%
	<b>Stabilitas</b>	Yellow		Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
<b>Flow</b>	Blue						
<b>VIM</b>	Purple						
<b>VMA</b>		Yellow			Yellow	Yellow	
<b>VFA</b>	Grey			Grey			
<b>Density</b>				Green	Green		Green
<b>MQ</b>							

Kadar Limbah Optimum : 30%

Keterangan:

Kotak yang diberi warna menunjukkan kadar *sample* tersebut memenuhi parameter dari Bina Marga tahun 2010.

Dari Tabel 7 dapat dilihat bahwa terdapat dua kadar limbah yang memiliki paling banyak parameter terpenuhi, yaitu sebanyak tiga parameter. Tetapi dikarenakan nilai stabilitas pada kadar limbah 30% lebih tinggi dibandingkan kadar limbah 20%, sehingga dapat disimpulkan bahwa kadar optimum limbah beton adalah sebesar 30% dari total berat *bin* 1.

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil yang ada, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Penggunaan plastik HDPE sebagai bahan aditif terhadap aspal dengan agregat kasar hasil beton, tidak menambah nilai stabilitas tetapi justru menurunkan nilai stabilitas dengan nilai VIM, VMA, dan VFA yang tidak memenuhi spesifikasi.
- b. Penggunaan limbah beton sebagai pengganti agregat *bin* 1, mencapai nilai terbaiknya dengan kadar 30% dari jumlah *bin* 1.

## REFERENSI

- [1] Kumar, K. Rajesh, et. al. *Experimental Studies on Modified Bituminous Mixes Using Waste HDPE and Crump Rubber*.
- [2] *Ironis RI Penyumbang Sampah Plastik Kedua Terbanyak di Dunia*. 2016. Diakses pada 20 April 2016; <http://bisnis.liputan6.com/read/2482292/ironis-ri-penyumbang-sampah-plastik-kedua-terbanyak-di-dunia>
- [3] Khurshid, Muhammad Bilal, et. al. 2013. *Comparative Analysis of Conventional and Waste Polyethylene Modified Bituminous Mixes*.
- [4] Abdoli, M. A. 2015. *The Application of Recycled Aggregates of Construction Debris in Asphalt Concrete Mix Design*
- [5] John, W., & Sons, I. (1982). Teknik Jalan Raya. Jakarta: Erlangga. Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.3, Februari 2013 (190-195)
- [6] Piller, Robert. 2011. *How Do You Convert a Plastic Water Bottle Into Recycled Plastic?*. Diakses pada tanggal 1 Agustus 2018. <http://blog.ecomarketingsolutions.com/tag/converting-plastic-bottles/>
- [7] Pradana, Tendy. 2016. 7 Jenis Kode Kemasan Plastik. Diakses pada tanggal 1 Agustus 2018. <http://www.teddypradana.com/2016/12/refleksi-matkul-pengemasan-1-7-jenis.html>
- [8] Abdoli, M. A. 2015. *The Application of Recycled Aggregates of Construction Debris in Asphalt Concrete Mix Design*
- [9] Badan Standarisasi Nasional. 1990. Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. SNI 03-1968-1990. Jakarta.
- [10] Badan Standarisasi Nasional. 1991. Metode Pengujian Kelekatan Agregat Terhadap Aspal. SNI 03-2439-1991. Jakarta.
- [11] Badan Standarisasi Nasional. 2008. Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. SNI 1969:2008. Jakarta.
- [12] Badan Standarisasi Nasional. 2008. Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. SNI 1970:2008. Jakarta.
- [13] Badan Standarisasi Nasional. 2008. Metode Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles. SNI 2417:2008. Jakarta.
- [14] Badan Standarisasi Nasional. 2011. Cara Uji Daktilitas Aspal. SNI 2432:2011. Jakarta.
- [15] Badan Standarisasi Nasional. 2011. Cara Uji Titik Nyala dan Titik Bakar dengan Alat Cleveland Open Cup. SNI 2433:2011. Jakarta.
- [16] Badan Standarisasi Nasional. 2011. Cara Uji Titik Lembek dengan Alat Cincin dan Bola (Ring and Ball). SNI 2434:2011. Jakarta.
- [17] Badan Standarisasi Nasional. 2011. Cara Uji Penyelimutan dan Pengelupasan pada Campuran Agregat-Aspal. SNI 2439:2011. Jakarta.

- [18] Badan Standarisasi Nasional. 2011. Cara Uji Berat Jenis Aspal Keras. SNI 2441:2011. Jakarta.
- [19] Badan Standarisasi Nasional. 2011. Cara Uji Penetrasi Aspal. SNI 2456:2011. Jakarta
- [20] Bina Marga. 2014. Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Revisi 3 tentang Perkerasan Aspal. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga.
- [21] Bina Marga. 2010. Spesifikasi Umum Perkerasan Aspal. Jakarta: Bina Marga
- [22] Fatmawati, Annike. 2013. *Kombinasi Fraksi Kasar Agregat Keang Dayu Paser Pada Campuran Beraspal AC\_WC*. Samarinda
- [23] Firdaus, Ormuz.(2014).*Penggunaan Limbah Peleburan Timah (Tin Slag) Sebagai Agregat Kasar Pada Campuran Hot Rolled Sheed-Wearing Ourse untuk Perkerasan Jalan Raya*. Vol 2 Nomor 2.
- [24] *Ironis RI Penyumbang Sampah Plastik Kedua Terbanyak di Dunia*. 2016. Diakses pada 20 April 2016; <http://bisnis.liputan6.com/read/2482292/ironis-ri-penyumbang-sampah-plastik-kedua-terbanyak-di-dunia>
- [25] John, W., & Sons, I. (1982). Teknik Jalan Raya. Jakarta: Erlangga. Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.3, Februari 2013 (190-195)
- [26] Khurshid, Muhammad Bilal,et. al. 2013 .*Comparative Analysis of Conventional and Waste Polyethylene Modified Bituminous Mixes*.
- [27] Kumar, K. Rajesh, et. al. *Experimental Studies on Modified Bituminous Mixes Using Waste HDPE and Crump Rubber*.
- [28] Piller, Robert. 2011. *How Do You Convert a Plastic Water Bottle Into Recycled Plastic?*. Diakses pada tanggal 1 Agustus 2018. <http://blog.ecomarketingsolutions.com/tag/converting-plastic-bottles/>
- [29] Pradana, Tendy. 2016. 7 Jenis Kode Kemasan Plastik. Diakses pada tanggal 1 Agustus 2018. <http://www.teddypradana.com/2016/12/refleksi-matkul-pengemasan-1-7-jenis.html>
- [30] Sukirman, Silvia. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Granit
- [31] Toruan, Almin L.,et. al. 2013. Pengaruh Porositas Agregat Terhadap Berat Jenis Maksimum Campuran.
- [32] *View Photos/Explanation of Plastic Recycle Symbols 1 thru 7*. Diakses pada 15 April 2016. <https://www.jayvt.com/index.asp?SEC=F8F8430B-8732-4133-84FB-CB30E2341418&DE=096A2861-4F20-4DEE-AFFD-8047A8A77670>.