

ANALISIS NILAI KARAKTERISTIK MARSHALL PADA PENGGUNAAN LIMBAH PLASTIK HDPE SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT PADA CAMPURAN LATASTON

Asima L. Lumbantobing

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya, e-mail: asima27tobing@gmail.com

Ina Elvina

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya, e-mail: inaelvina@yahoo.co.id

Desriantomy

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya, e-mail: desriantomy@yahoo.co.id

Abstract: Plastic has been widely used by the community, namely as packaging for a product because it is strong and easy to obtain. The increasing use of plastics will result in increased waste as well, which in turn can cause environmental pollution due to the nature of plastics which are difficult to degrade by microorganisms. The purpose of this study was to determine how much HDPE type plastic waste was used and its effect on the Marshall characteristic stud was to determine how much the maximum level of HDPE type plastic waste and its effect on the Marshall characteristic value in the mixture of Lapis Asphalt Concrete (Lataston) or HRS. The implementation of this research was carried out in two stages, the first stage was making the test object to obtain the Optimal Asphalt Content (KAO) without using HDPE plastic waste. In the second stage, using the optimum asphalt content obtained, the test object was made by substituting HDPE waste with variations of substitution for aggregates of 5%, 10%, 15%, 20% and 25%. The result of Marshall test phase one obtained the optimum asphalt content value of 7,3%. In the Marshall II test, the maximum HDPE plastic waste substitution was 23,5% with a stability value of 1008, 0 kg, an increase occurred 7,23% and met the specified requirements.

Keywords: HDPE, lataston lapis aus, marshall

Abstrak: Plastik telah digunakan masyarakat secara luas yaitu sebagai kemasan suatu produk karena kuat dan mudah didapatkan. Penggunaan plastik yang semakin meningkat akan menghasilkan limbah yang meningkat pula, yang pada gilirannya dapat menimbulkan pencemaran lingkungan karena sifat plastik yang sulit terdegradasi oleh mikroorganisme. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar kadar maksimum limbah plastik jenis HDPE dan pengaruhnya terhadap nilai karakteristik Marshall dalam campuran Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston) atau HRS. Pelaksanaan penelitian ini dilakukan melalui dua tahap, tahap pertama adalah melakukan pembuatan benda uji untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) tanpa penggunaan limbah plastik HDPE. Pada tahap kedua dengan menggunakan kadar aspal optimum yang diperoleh dilakukan pembuatan benda uji dengan melakukan substitusi limbah HDPE dengan variasi substitusi terhadap agregat sebesar 5%, 10%, 15%, 20%, 25%. Hasil pengujian Marshall tahap satu diperoleh nilai kadar aspal optimum yaitu sebesar 7,3 %. Pada pengujian Marshall II diperoleh substitusi limbah plastik maksimum HDPE sebesar 23,5% dengan nilai stabilitas sebesar 1008,0 kg, terjadi peningkatan 7,23% dan memenuhi persyaratan spesifikasi yang ditetapkan.

Kata kunci: HDPE, lataston lapis aus, marshall

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Jalan sebagai prasarana transportasi merupakan unsur yang sangat penting dalam mendukung pengembangan dan memajukan kesejahteraan masyarakat. Perekonomian masyarakat meningkat berdampak juga terhadap kebutuhan pemakaian transportasi jalan raya sehingga pemerintah mengupayakan infrastruktur seperti jalan terus dibangun untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dan kelancaran mobilisasi barang dan jasa dalam mendukung perekonomian, pendidikan, politik dan pertahanan nasional.

Perkerasan jalan merupakan suatu komponen penting dalam memenuhi pergerakan lalu lintas dalam menunjang transportasi secara aman, nyaman. Perkerasan jalan banyak digunakan di Indonesia adalah perkerasan lentur (*flexible*) dengan aspal sebagai bahan pengikat. Salah satu jenis campuran perkerasan lentur yaitu Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston) atau HRS. Lataston merupakan salah satu jenis campuran pada perkerasan jalan yang terdiri atas dua jenis yaitu Lapis Pondasi dan Lapis Aus. Bahan campuran yang digunakan pada Lapis Aus (HRS-WC) adalah agregat kasar, agregat halus, *filler* dan aspal keras. Pemilihan penggunaan agregat pada campuran merupakan penting dalam mendukung perkerasan jalan dengan syarat ketentuan yang digunakan. Pada penelitian ini menggunakan agregat kasar *ex.Palu* pada *stockfile* berada di PT. Kalindra Utama Pulang Pisau, Kalimantan Tengah.

Indonesia mempunyai permasalahan dimana banyaknya limbah yang sulit terurai kembali seperti plastik salah satunya yaitu jenis limbah plastik *High Density PolyEthlene* (HDPE). Pada umumnya plastik bekas akan didaur ulang sebagai wadah makanan juga non-makanan. Dalam perkerasan jalan agregat yang digunakan merupakan salah satu bahan baku yang tidak dapat diperbaharui dalam jangka panjang dan akan habis. Saat ini permasalahan dalam lingkungan yaitu mengenai limbah plastik yang sulit terurai. Dalam penelitian ini, plastik botol bekas pembersih lantai jenis HDPE akan digunakan sebagai pengganti sebagian agregat pada campuran HRS-WC dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25%. Agregat yang akan diganti dilakukan pada kadar aspal optimum (KAO), dalam penelitian ini akan mengidentifikasi pengaruh dari substitusi agregat dengan menggunakan limbah plastik jenis HDPE terhadap nilai karakteristik Marshall. Penelitian

saat ini menggunakan variasi kadar plastik hasil cacahan sebagai pengganti sebagian agregat dalam campuran Lataston.

Rumusan Masalah

1. Bagaimana hasil pemeriksaan sifat-sifat fisik material yang digunakan.
2. Berapa nilai parameter Marshall yang dihasilkan dari penggunaan substitusi HDPE dengan kadar 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%.
3. Berapa nilai kadar maksimum penggunaan limbah plastik HDPE yang digunakan sebagai substitusi agregat dalam campuran lataston.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui apakah sifat fisik material yang digunakan memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.
2. Mengetahui nilai parameter Marshall pada campuran HRS-WC menggunakan limbah plastik HDPE sebagai substitusi agregat.
3. Mengetahui kadar maksimum HDPE sebagai substitusi agregat dalam campuran lataston.

Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian ini untuk mengetahui apakah penggunaan limbah plastik HDPE mampu meningkatkan kualitas konstruksi lapis perkerasan sebagai upaya mengurangi pemakaian agregat yang berasal dari bahan galian dan meminimalkan sampah plastik dengan memanfaatkan limbah plastik.

TINJAUAN PUSTAKA

Definisi Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan komponen konstruksi jalan raya yang bahan penyusunnya terdiri dari agregat, bahan pengikat, filler yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan yang berfungsi memikul dan menyebarkan beban lalu lintas akibat roda kendaraan di atasnya (Sukirman, 2003). Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dibedakan sebagai berikut :

1. Konstruksi perkerasan Lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Lapisan-lapisan perkerasan bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
2. Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikatnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah.
3. Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

Perkerasan Lentur

Menurut (Sukirman, 1992) perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar dan berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan di bawahnya. Perkerasan lentur terdiri dari :

1. Lapis permukaan (*Surface Course*)
2. Lapis Pondasi atas (*Base Course*)
3. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapis perkerasan lentur yang umum digunakan di Indonesia adalah :

- a. Lapisan bersifat non-struktural berfungsi sebagai lapisan aus dan kedap air antara lain burtu, burdu, latasir, buras, latasbum, laston.
- b. Lapisan bersifat struktur berfungsi sebagai lapisan yang menahan dan menyebarkan beban roda yaitu penetrasi macadam (lapen), lasbutag, laston (lapis tipis beton).

Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston)

Lataston merupakan salah satu jenis campuran aspal panas yang digunakan untuk beban lalu lintas ringan. Lataston sering digunakan di Indonesia yang dikenal dengan HRS (*Hot Rolled Sheet*) yaitu salah satu jenis lapis perkerasan jalan lentur yang bahannya terdiri dari agregat dan aspal penetrasi (Nyoman, 2019). Ada 2 jenis HRS pondasi (HRS-Base) dan HRS-Lapis Aus (HRS-WC). Karakteristik HRS-WC yaitu memiliki ukuran masing-masing agregat yaitu 19 mm dan tebal 3 cm. Persyaratan campuran perkerasan HRS-WC yang digunakan yaitu berdasarkan spesifikasi Bina Marga, 2018. Ketentuan tersebut dapat dilihat dalam tabel 1.

Tabel 1. Persyaratan campuran perkerasan

Sifat-sifat Campuran Lataston		Lataston	
		Lapis Aus	Lapis Pondasi
Kadar aspal efektif (%)	Min	5,9	5,5
Penyerapan aspal (%)	Maks		1,7
Jumlah tumbukan perbidang			50
Rongga dalam campuran VIM (%)	Min		4,0
	Maks		6,0
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	18	17
Rongga terisi aspal VFB (%)	Min		68
Stabilitas Marshall (kg)	Min		600
Pelelehan (mm)	Min		3
Marshall <i>Quotient</i> (kg/mm)	Min		250
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min		90

Sumber : Spesifikasi umum (2018)

Agregat

Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% agregat

berdasarkan volume (Sukirman, 2003). Berdasarkan ukuran butirnya agregat terdiri :

1. Agregat kasar, agregat kasar adalah agregat tertahan saringan No.8 (2,36 mm). Agregat kasar untuk campuran aspal terdiri dari batu pecah.

2. Agregat halus, agregat halus adalah lolos saringan No. 30 . Dimana agregat halus dapat meningkatkan stabilitas campuran dengan pengujian antara butiran.
3. Bahan pengisi (*filler*), yaitu bagian agregat halus lolos saringan No.200 (0,075 mm). Bahan *filler* dapat berupa abu batu, kapur.

Dengan ketentuan yang digunakan yaitu spesifikasi Bina Marga, 2018. Ketentuan agregat berdasarkan syarat spesifikasi Bina Marga 2018 seperti pada tabel 2 berikut :

Tabel 2. Ketentuan agregat kasar

Pengujian	Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium sulfat	Maks.12%
	Magnesium sulfat	Maks.18%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran 500 putaran
	SNI 2417:2008	Maks.6% Maks.30%
Kelekatan agregat terhadap aspal	Semua jenis aspal bergradasi lainnya	100 putaran 500 putaran
	SNI 2439:2011	Maks.8% Maks.40%
Butir Pecah pada Agregat Kasar	SMA	Min. 95%
	Lainnya	100/90 % 95/90 %
Partikel Pipih dan Lonjong	SMA	Maks. 5%
	Lainnya	ASTM D4791-10 Perbandingan 1:5
Material lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117 : 2012	Maks. 10% Maks. 1%

Sumber : Spesifikasi umum (2018)

Ketentuan agregat halus berdasarkan syarat Spesifikasi Bina Marga 2018 seperti pada tabel 3.

Tabel 3. Ketentuan agregat halus

Pengujian	Metoda Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min.50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemadatan Gumpalan Lempung dan Butir-butir mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-6877-2002	Min.45%
Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI 03-4141-1996	Mak.1%
	SNI ASTM C117-2012	Maks.10%

Sumber : Spesifikasi Umum (2018)

Aspal

Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat, jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun. Fungsi aspal yaitu sebagai bahan pengikat dan bahan pengisi aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan

jalan, banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10%.. Ketentuan dari aspal adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Ketentuan Aspal

No	Jenis Pengujian	Metode	Per-syaratan
1	Penetrasi, 25°C, (0,1 mm)	SNI 2456 : 2011	60 – 70
2	Titik Lembek, °C	SNI 2434 : 2011	≥ 48
3	Daktilitas, 25°C	SNI 2432 : 2011	≥ 100
4	Titik Nyala, °C	SNI 2433:2011	≥ 232
5	Berat Jenis	SNI 2441 : 2011	≥ 1,0
6	Berat yang hilang, %	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8

Sumber : Spesifikasi Umum (2018)

Plastik HDPE

Plastik HDPE (*High Density Polyethelen*) merupakan salah satu jenis jenis plastik yang kalau dilihat secara visual jenis plastik HDPE ini pekat (Fauzan, 2018). HDPE yang memiliki kode segitiga dengan angka 2 ini memiliki kekuatan tahan terhadap reaksi kimia dan tahan terhadap panas.

Dalam penelitian ini HDPE digunakan sebagai substitusi dalam campuran HRS-WC yang

digunakan adalah hasil cacahan limbah botol cairan pembersih lantai rumah tangga beserta botol oli. Dengan karakteristik plastik bekas jenis HDPE yang digunakan memiliki temperatur lembek berkisar 130-145°C dan memiliki berat jenis HDPE yaitu 0,916 (Gunadi, 2013).

Pencampuran plastik untuk menaikan kinerja campuran beraspal yaitu : Cara basah (*wet process*) yaitu suatu campuran dimana plastik dimasukkan ke dalam aspal panas dan diaduk dengan kecepatan tinggi sampai homogen. Cara kering (*dry process*) yaitu suatu cara pencampuran dimana plastik dimasukkan ke dalam agregat yang dipanaskan pada temperatur campuran. (Suroso, 2008).

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen untuk mengetahui pengaruh limbah HDPE terhadap campuran lapis perkerasan jalan raya sebagai bahan substitusi agregat kasar. Penelitian ini dilakukan di laboratorium Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

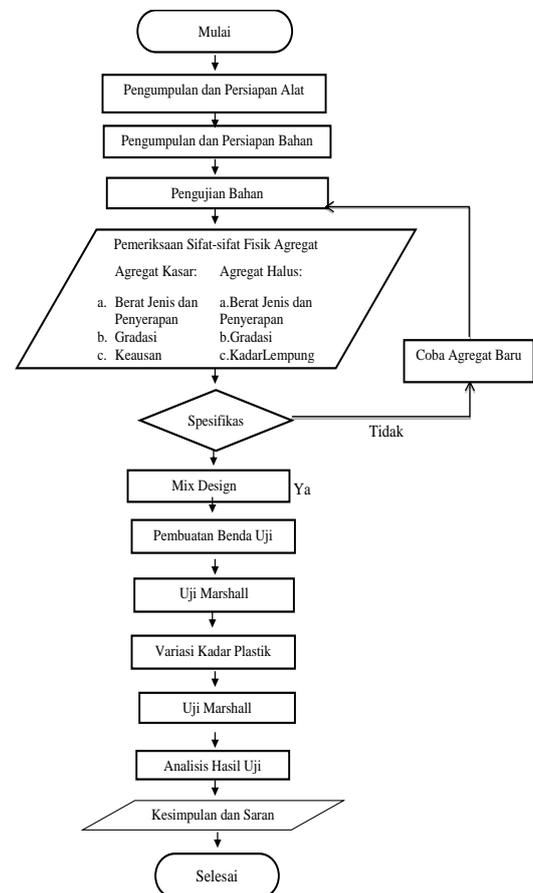
Tahapan Penelitian

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Tahapan Persiapan meliputi kegiatan pengadaan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain persiapan material yaitu agregat kasar berupa batu pecah *ex* Palu dari Pulang Pisau dan agregat halus berupa pasir dari Tangkiling, aspal pen 60/70 dan limbah plastik HDPE.
2. Pemeriksaan gradasi agregat dan pengujian sifat-sifat fisik pada material yaitu agregat kasar, agregat halus, *filler* dan aspal sebagai bahan pengikat.
3. Dari hasil pengujian sifat fisik material selanjutnya, menentukan proporsi yang akan digunakan dengan menggunakan cara diagonal dan cara coba-coba (*trial and error*). Hasil kedua cara ini akan dibandingkan yang lebih mendekati nilai titik tengah spesifikasi akan digunakan.
4. Membuat campuran benda uji, pemadatan dan pengujian Marshall I sesuai proporsi yang sudah ditentukan untuk mendapatkan

nilai kadar aspal optimum (KAO). Selanjutnya, pengujian Marshall terhadap KAO.

5. Dengan proporsi yang sama, proses pembuatan campuran benda uji dengan menggunakan limbah plastik jenis HDPE sebagai bahan substitusi agregat. Dengan kadar limbah plastik HDPE yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25%. Pencampuran dilakukan dengan dengan cara kering (*dry process*). Limbah plastik dimasukkan sesaat setelah agregat dipanaskan pada suhu pemanasan agregat.
 6. Pengujian Marshall II terhadap benda uji dengan campuran HDPE.
 7. Analisis data hasil pengujian Marshall.
- Secara garis besar penelitian mencakup seperti diagram berikut :



Gambar 1. Diagram alir penelitian

HASIL DAN ANALISIS

Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat

Sebelum melakukan perhitungan proporsi campuran yang digunakan, terlebih dahulu menganalisa gradasi masing-masing agregat

yang digunakan untuk menentukan pembagian butiran agregat yang akan dipakai dalam campuran. Perhitungan proporsi campuran agregat menggunakan cara coba-coba (*trial error*) dengan melihat syarat yang ditentukan spesifikasi. Hasil pengujian gradasi masing-masing agregat yang digunakan seperti pada tabel berikut :

Tabel 5. Hasil pemeriksaan gradasi agregat

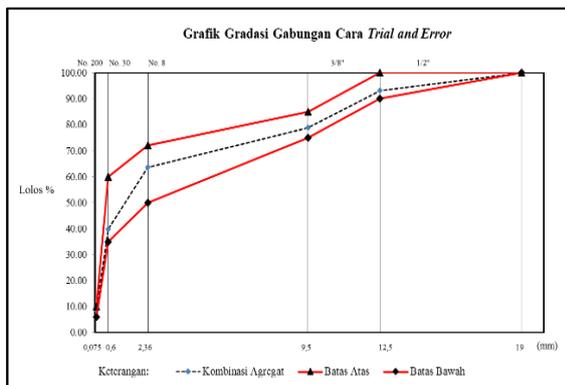
No. Saringan		Persentase Lolos Saringan (%)		
		Eks. Palu	Eks. Tangkiling	
Inch	mm	Agregat Kasar (CA)	Abu Batu (FA)	Pasir (SA)
#3/4	19	100,00	100,00	100,00
#1/2	12,7	77,87	100,00	100,00
#3/8	9,5	31,73	100,00	100,00
No.8	2,36	4,63	85,27	94,14
No.30	0,60	1,97	57,05	56,67
No.200	0,075	0,73	13,73	11,05

Hasil pengujian sifat fisik pada material dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 6. Hasil pengujian sifat fisik campuran

No	Pemeriksaan	Satuan	Hasil Perhitungan
1.	Berat Jenis Bulk (GSB)	(gram/cm ³)	2,567
2.	Berat Jenis Semu (GSA)	(gram/cm ³)	2,692
3.	Berat Jenis Efektif (GSE)	(gram/cm ³)	2,690
4.	Penyerapan (Pba)	(gram/cm ³)	1,014

Setelah mendapatkan hasil gradasi agregat masing-masing. Hasil gradasi gabungan seperti berikut.



Gambar 2. Grafik gradasi gabungan

Menentukan Kadar Aspal Optimum

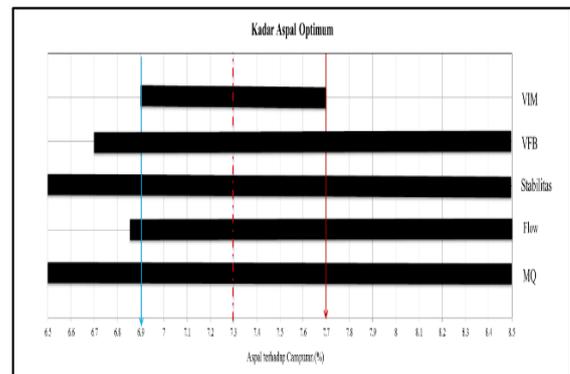
Variasi kadar aspal rencana awal menggunakan rumus :

$$P_b = 0,035\% (\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%filler) + k$$

$$P_b = 0,035(36,36) + 0,045(54,96) + 0,18(8,688) + 2,0$$

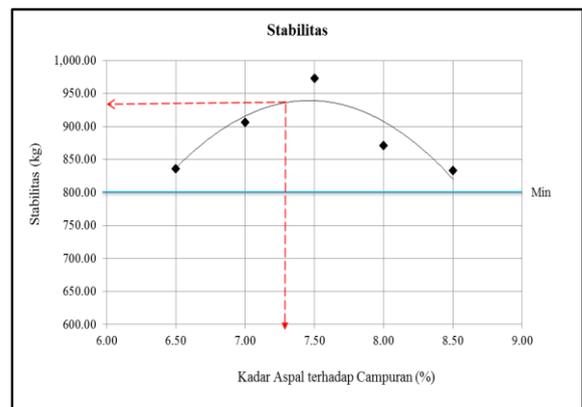
$$P_b = 7,5\%$$

Dari hasil P_b , variasi kadar aspal rencana yaitu 6,5%, 7%, 7,5%, 8% dan 8,5%. Proporsi campuran lataston sebagai berikut : Agregat kasar 31 %, Abu batu 31%, Pasir 38%. Pengujian Marshall yang dilakukan terhadap sampel menggunakan prosedur SNI 06-249-1991 dengan jumlah sampel 15 sampel untuk mendapatkan kadar aspal optimum seperti gambar berikut :

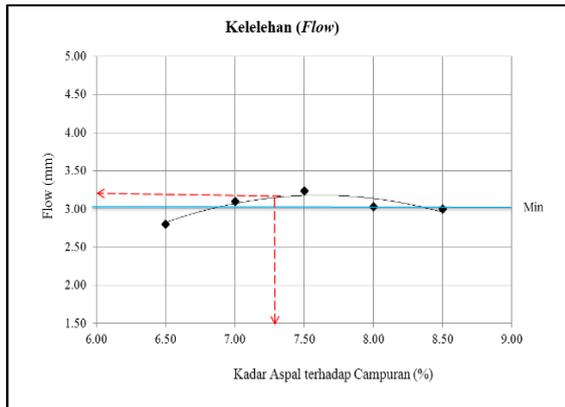


Gambar 3. Grafik hasil pengujian karakteristik marshall terhadap kadar aspal optimum

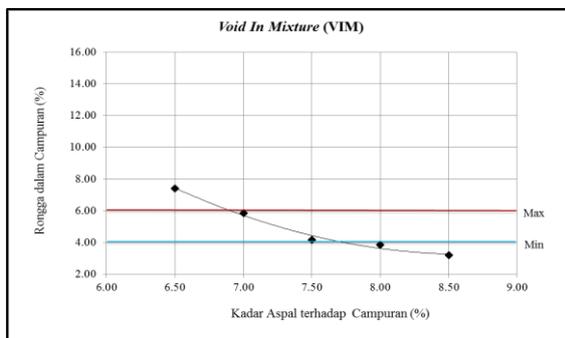
Dari hasil pengujian Marshall, grafik hubungan antar parameter Marshall untuk setiap variasi kadar aspal dapat dilihat pada gambar berikut :



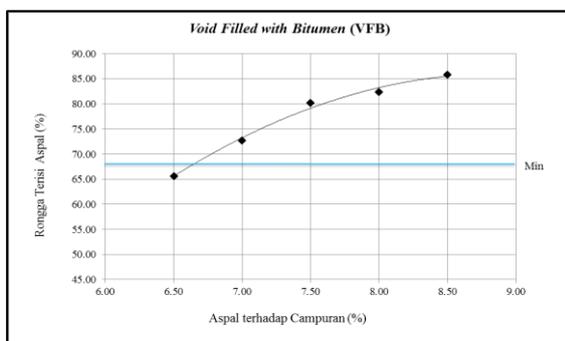
Gambar 4. Hubungan nilai stabilitas terhadap variasi kadar aspal



Gambar 5. Hubungan nilai *flow* terhadap variasi kadar aspal



Gambar 6. Hubungan nilai VIM terhadap variasi kadar aspal



Gambar 7. Hubungan nilai VFB terhadap variasi kadar aspal

Hasil pengujian Marshall yang di plot berdasarkan nilai kadar aspalnya ke dalam diagram batang (*bar chart*) seperti terlihat pada gambar 2. Kadar aspal optimum didapat dengan mengambil nilai titik tengah dari keseluruhan nilai parameter Marshall yang memenuhi spesifikasi, sehingga didapat kadar aspal yang paling optimum.

Nilai kadar aspal optimum diambil berdasarkan *bar chart* terpendek dari sebelah kiri dan kanan. Berdasarkan grafik *bar chart* nilai

terpendek yaitu nilai *flow* 6,95% dan 7,65%.
 $KAO = (6,95 + 7,65\%)/2 = 7,3\%$

Analisis Campuran Lataston dengan menggunakan Plastik

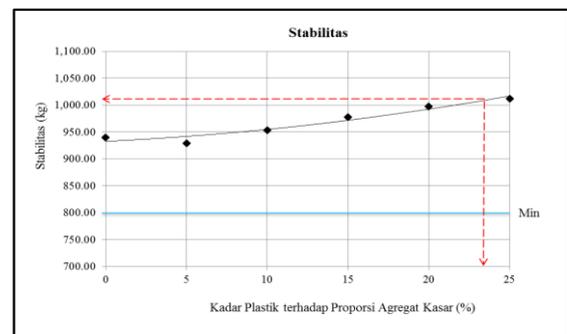
Perencanaan campuran dengan menggunakan kadar aspal optimum 7,3% dan substitusi limbah plastik jenis HDPE 5% terhadap berat agregat adalah sebagai berikut :

- Berat benda uji total = 1200 gr
- Berat aspal = $1200 \text{ gr} \times 7,3\% = 83,9 \text{ gr}$
- Berat agregat = $1200 \times 31\% = 372 \text{ gr}$
- Abu batu = $1200 \times 31\% = 372 \text{ gr}$
- Pasir = $1200 \times 38\% = 456 \text{ gr}$
- HDPE = $372 \times 5\% = 18,6 \text{ gr}$

Dengan hasil perhitungan perencanaan campuran, benda uji di uji menggunakan alat Marshall dan hasil analisis parameter Marshall adalah sebagai berikut:

1. Analisis nilai stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan suatu lapisan perkerasan jalan untuk menahan deformasi akibat adanya beban lalu lintas yang bekerja di atasnya.

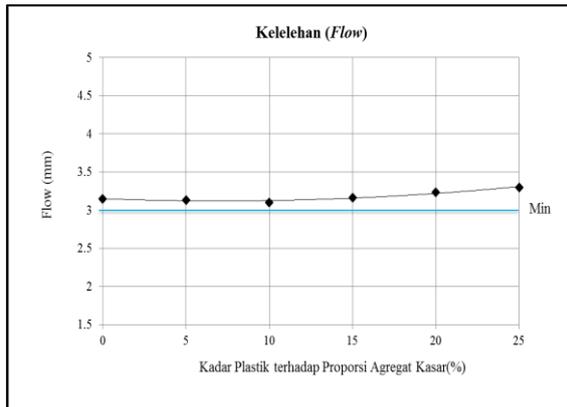


Gambar 8. Hubungan nilai stabilitas terhadap % agregat kasar.

Nilai stabilitas semakin meningkat dengan bertambahnya penggunaan plastik. Dengan begitu penggunaan plastik dalam campuran aspal dapat meningkatkan stabilitas dan penambahan pada 25% telah memenuhi persyaratan sesuai spesifikasi bina marga 2018 yaitu 800 kg.

2. Analisis nilai *flow*

Flow atau kelelehan adalah besarnya deformasi atau penurunan yang terjadi pada campuran benda uji akibat beban yang bekerja hingga batas runtuhnya dinyatakan dalam satuan mm.

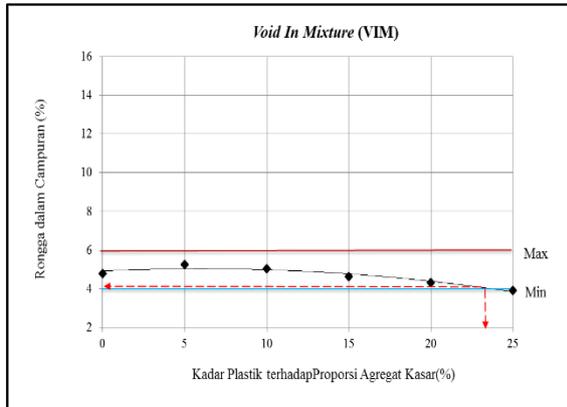


Gambar 9. Hubungan nilai *flow* terhadap % plastik

Nilai *flow* terus meningkat akibat penambahan plastik pada kadar 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% pada agregat. Hal tersebut menunjukkan dengan penggunaan plastik dalam campuran aspal dapat meningkatkan nilai *flow*.

3. Analisis nilai VIM

VIM adalah persentase rongga yang terdapat dalam campuran. Rongga udara diperlukan untuk tersedianya ruang gerak bagi unsur-unsur dalam campuran.

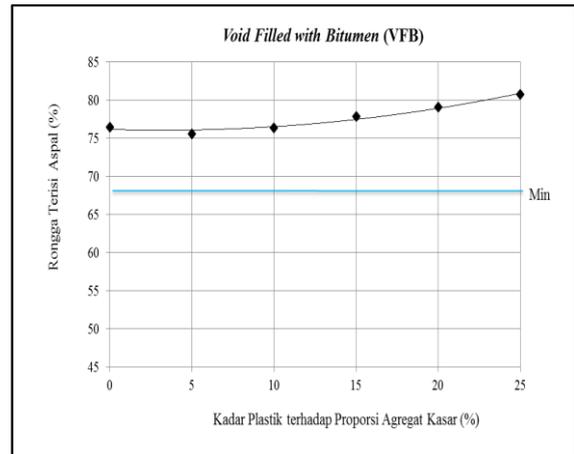


Gambar 10. Hubungan nilai VIM terhadap % substitusi kadar plastik

Nilai VIM mengalami penurunan pada persentase 25% dan tidak memenuhi syarat spesifikasi bina marga 2018. Hal tersebut menunjukkan bahwa substitusi kadar HDPE dapat menurunkan nilai VIM campuran.

4. Analisis nilai VFB

VFB adalah persentase rongga yang dapat terisi aspal. Besarnya nilai VFB menentukan tingkat keawetan campuran

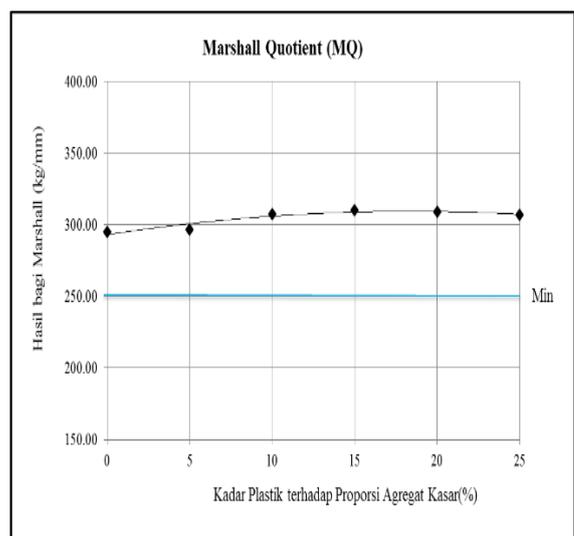


Gambar 11 . Hubungan nilai VFB terhadap % substitusi kadar plastic

Nilai VFB pada campuran mengalami peningkatan dimana semakin bertambahnya tingkat penggunaan kadar HDPE nilainya dan memenuhi nilai spesifikasi bina marga 2018. Dan nilai VFB pada kadar 25% yaitu 80, 74% meningkatnya nilai VFB pada campuran lebih kedap dan lebih mudah mengalami *bleeding*.

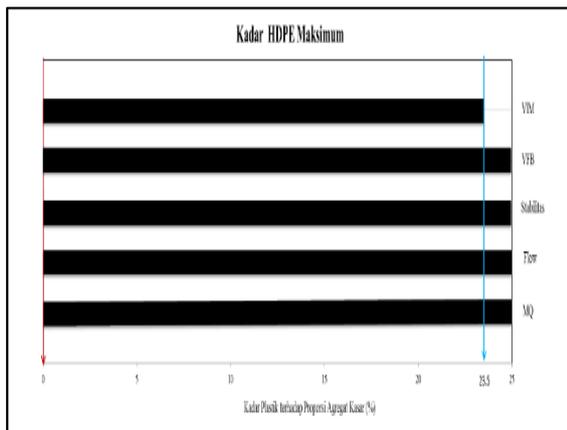
5. Analisis nilai Marshall Quotient

Marshall Quotient merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan nilai *flow*. MQ dapat mengindikasikan pendekatan terhadap kekuatan dan fleksibilitas dari suatu campuran aspal.



Gambar 12. Hubungan *Marshall Quotient* % terhadap substitusi kadar plastik

Nilai bagi Marshall (*Marshall Quotient*) pada percobaan Marshall ini sudah memenuhi spesifikasi bina marga (2018) yaitu lebih besar dari 250 kg/mm.



Gambar 13. Grafik hasil pengujian karakteristik marshall terhadap kadar aspal maksimum

Dari hasil nilai parameter Marshall dapat dilihat gambar di atas hubungan nilai stabilitas, *flow*, VIM, VFB dan *Marshall Quotient*. Berdasarkan *bar chart* tersebut menunjukkan nilai kadar maksimum penggunaan plastik dalam campuran lataston pada kadar 23,5%. Dimana nilai kadar plastik yang digunakan secara optimum dalam artian penggunaan secara maksimum yaitu 23,5% kadar plastik HDPE. Hasil parameter Marshall pada kadar 23% dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 7. Hasil parameter marshall

No.	Karakteristik Marshall	Nilai	Persyaratan	Satuan
1	Stabilitas	1008,00	600	kg
2	<i>Flow</i>	3,23	≥ 3	mm
3	VIM	4,03	4-6	%
4	VFB	80,05	≥ 68	%
5	Hasil Bagi Marshall	310,04	≥ 250	kg/m

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisis penelitian yang diperoleh maka dapat ditarik kesimpulan, yaitu :

1. Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisik agregat penyusun campuran *hot rolled sheet wearing course* (HRS-WC) yaitu pemeriksaan gradasi, berat jenis, penyerapan dan keausan agregat kasar semua memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga Tahun 2018.

2. Penggunaan limbah plastik HDPE dalam campuran Lataston dapat mempengaruhi karakteristik Marshall.

a. Nilai stabilitas untuk semua variasi kadar plastik memenuhi nilai spesifikasi yang disyaratkan. Nilai stabilisasi tertinggi terdapat pada 25% yaitu 1012,199 kg. Nilai stabilitas yang dihasilkan meningkat seiring dengan proporsi kadar plastik.

b. Nilai kelelahan (*flow*) untuk semua variasi kadar plastik memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Nilai kelelahan (*flow*) tertinggi terdapat pada penambahan kadar plastik 25% yaitu sebesar 3,30 mm. Nilai *flow* meningkat seiring dengan penambahan proporsi kadar plastik.

c. Nilai rongga udara dalam campuran (VIM) untuk variasi kadar plastik 5%, 10%, 15% dan 20% memenuhi spesifikasi dan untuk variasi 25% tidak memenuhi spesifikasi. Nilai VIM tertinggi yang memenuhi spesifikasi pada kadar penggunaan kadar plastik 5% yaitu sebesar 5,24%. Nilai rongga dalam campuran (VIM) yang dihasilkan cenderung menurun dengan meningkatnya kadar plastik yang digunakan.

d. Nilai rongga terisi aspal (VFB) untuk semua variasi kadar plastik memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Nilai rongga terisi aspal (VFB) tertinggi terdapat pada substitusi kadar plastik 25% yaitu sebesar 80,74%. Nilai terisi rongga aspal meningkat seiring dengan penambahan persentase kadar plastik.

e. Nilai hasil bagi Marshall (*Marshall Quotient*) untuk semua variasi kadar plastik memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Nilai hasil bagi Marshall (*Marshall Quotient*) tertinggi terdapat pada substitusi kadar plastik 25% yaitu 306,884 kg/mm dan nilai terendah yaitu pada substitusi kadar plastik sebesar 5% sebesar 308,330 kg/mm.

3. Berdasarkan hasil karakteristik Marshall bahwa kadar substitusi HDPE yang dapat digunakan sebagai substitusi agregat yaitu sebesar 23,5% dari berat agregat.

Saran

1. Pada penelitian ini menggunakan campuran perkerasan laston untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan campuran perkerasan lain.
2. Pada penelitian selanjutnya dalam pencampuran limbah plastik HDPE untuk memvariasikan suhu campuran.
3. Penelitian selanjutnya hasil cacahan limbah plastik jenis HDPE untuk di bentuk bongkahan yang akan dipecah menyerupai agregat sehingga dapat dilakukan pemeriksaan sifat fisik abrasi untuk gradasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). Spesifikasi Umum Perkerasan Aspal devisi 6. Kementrian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Fauzan, M. A. (2018). Analisis Optimum *Bitumen Content* dan Suhu Pematatan Pada Campuran Spilt Mastic Asphalt (SMA) dengan Limbah Plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai Pengganti sebagian Agregat. *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, Maret 2018.
- Gunadi, M.A.D, Thanaya, I. N. A, Negara, I. N. W. (2013). "Analisis Karakteristik campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) dengan menggunakan Plastik Bekas sebagai Bahan Pengganti Sebagian Agregat". *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil* Vol.17, No 2, Juli 2013.
- Nyoman, I. A. T, Made I. A. A, Agung, A. I. M. (2019) Studi Karakteristik Campuran HRS-WC dengan Agregat Dilapisi Plastik Tipis Bekas". *Jurnal Spektran*. Vol. 7, No. 2, Juli 2019, Hal 147-154.
- Sukirman, S. (1999). "*Perkerasan Lentur Jalan Raya*" Nova, Bandung.
- Sukirman, S. (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*" Granit, Bandung.
- Suroso. T. W (2008). "Pengaruh Penambahan Plastik LDPE (*Low Density Polyethelen*) Cara Basah dan Cara Kerinng terhadap Kinerja Campuran Beraspal". *Media Komunikasi Teknik Sipil*. Tahun 16, No.3 Oktober 2008.