

PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK HDPE SEBAGAI AGREGAT PENGGANTI PADA CAMPURAN ASPHALT CONCRETE – BINDER COURSE (AC – BC)

Anissa Noor Tajudin

Mahasiswa Pascasarjana
Prodi Magister Sistem dan Teknik Transportasi,
Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan,
Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada
Jln. Grafika 2, Kampus UGM,
Yogyakarta, 55281
Telp: (62) 85719568090
nissatajudin@yahoo.com

Latif Budi Suparma

Staf Pengajar
Prodi Magister Sistem dan Teknik Transportasi,
Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan,
Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada
Jln. Grafika 2, Kampus UGM,
Yogyakarta, 55281
Telp: (0274) 524712
suparma@yahoo.com

Abstract

People's mindset regarding to waste needs to be changed: Waste materials are actually a collection of "resources and products". With this mindset, many innovations of waste utilization will be developed. HDPE (High Density Polyethylene) is one type of plastic that is difficult to recycled and is used in large quantities for product packaging and others. This research was conducted to use HDPE plastic waste seeds as aggregate substitute in Asphalt Concrete-Binder Course (AC - BC) hotmix in order to get the solution of waste utilization. The variations of waste plastic seeds used are 0%, 25%, and 50% of the aggregate volume through sieve no. 4 and retained on the sieve No. 8 for every samples. Marshalland durability test were conducted for every variation. The results showed that the seeds could be used as aggregate substitute for fulfilling the specification from Direktorat Jendral Bina Marga.

Keywords: HDPE plastic waste, hotmix, AC - BC, Marshall

Abstrak

Pola pikir masyarakat mengenai sampah perlu diubah: sampah sesungguhnya merupakan kumpulan "bahan baku dan produk". Dengan pola pikir seperti ini, tentunya akan berkembang inovasi-inovasi dalam hal pemanfaatan sampah. HDPE (High Density Polyethylene) adalah salah satu jenis plastik yang sulit didaur ulang dan jumlah pemakaiannya cukup besar seperti untuk kemasan berbagai jenis produk. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi penggunaan biji limbah plastik HDPE sebagai agregat kasar pengganti pada campuran panas Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) sehingga didapat solusi pemanfaatan limbah. Variasi biji limbah plastik yang digunakan adalah sebesar 0%, 25%, dan 50% terhadap volume agregat yang lolos saringan no. 4 dan tertahan no. 8 pada setiap benda uji. Pengujian Marshall dan ketahanan terhadap air dilakukan pada setiap variasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biji limbah plastik HDPE dapat digunakan sebagai agregat pengganti karena memenuhi Spesifikasi Umum Direktorat Jendral Bina Marga Edisi 2010 Revisi 2 Divisi 6.

Kata Kunci: Limbah Plastik HDPE, campuran panas, AC - BC, Marshall

PENDAHULUAN

Pola pikir masyarakat mengenai sampah perlu diubah: sampah sesungguhnya merupakan kumpulan "bahan baku dan produk". Dengan pola pikir seperti ini, tentunya akan berkembang inovasi-inovasi dalam hal pemanfaatan sampah. Langkah pemanfaatan sampah dapat dimulai dengan produk yang terkait dengan kebutuhan skala tinggi, seperti infrastruktur jalan raya. Jalan raya merupakan sarana utama lalu lintas yang sangat diperlukan untuk transportasi dan kelancaran roda perekonomian, oleh karena itu kondisi dan penggunaannya harus diperhatikan. Sulitnya mengurangi jumlah pemakaian kendaraan bermotor menyebabkan perlu adanya jalan keluar lain yang harus dipikirkan untuk

meminimalisir kerusakan jalan lebih lanjut dan juga mengurangi eksploitasi sumber daya alam yang berlebihan. Salah satu cara dalam mengatasi kerusakan jalan yang terjadi lebih awal adalah dengan memperbaiki kinerja campuran agregat dan aspal yaitu memodifikasi dengan cara menggunakan bahan tambah atau menggunakan alternatif material lain sebagai pengganti komponen campuran.

Pokok permasalahan yang akan didalami melalui penelitian ini adalah karakteristik Marshall pada campuran AC – BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*) dengan penggunaan biji limbah plastik HDPE (*High Density Polyethylene*) sebagai agregat pengganti pada campuran panas gradasi rapat sesuai spesifikasi yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga sehingga dapat diketahui Kadar Aspal Optimum untuk memberikan hasil yang terbaik. Variasi biji limbah plastik yang digunakan adalah sebesar 0%, 25%, dan 50% terhadap volume agregat yang lolos saringan no. 4 dan tertahan no. 8. Biji limbah plastik yang digunakan diperoleh dari industri plastik PT. Inti Indah Plasindo yang terletak di Solo dan bergerak di bidang produksi rafia. Biji limbah plastik ini merupakan hasil peleburan dari limbah plastik HDPE yang dicetak lalu dipecah-pecah menjadi bentuk pelet dengan mesin crusher.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan data mengenai kualitas perkerasan ditinjau terhadap sifat Marshall apabila digunakan biji limbah plastik sebagai agregat kasar pengganti. Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan alternatif pemanfaatan limbah plastik yang ada dengan memperkirakan jumlah limbah yang dapat digunakan, sehingga menjadi jawaban optimal untuk meminimalkan penipisan sumber daya, degradasi lingkungan, dan konsumsi energi yang disebabkan baik dari limbah itu sendiri maupun dari proses penggalan agregat.

TINJAUAN PUSTAKA

Plastik HDPE (High Density Polyethylene)

Poliethilen adalah salah satu di antara bermacam-macam jenis plastik yang banyak sekali digunakan. Bahan termoplastik ini keras dan dapat dibuat kaku ataupun lemas. HDPE merupakan jenis poliethilen dengan tingkat kerapatan yang tinggi sehingga bahan ini tahan terhadap panas, dingin, air, cuaca, goresan, serta merupakan bahan isolator yang sangat baik. Pemanfaatan plastik jenis HDPE cukup banyak meliputi pembuatan pipa dan tabung, lapisan kabel listrik, botol-botol yang kaku, dan kemasan produk lainnya (Schwarz, 1986).

Lapisan AC – BC (Asphalt Concrete – Binder Course)

Beton aspal (AC) merupakan salah satu jenis lapis perkerasan lentur yang terdiri dari campuran aspal dan agregat bergradasi menerus (*dense graded*) yang dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu dan merupakan lapisan permukaan yang terletak di bawah *wearing course* (Oglesby & Hicks, 1996).

Karakteristik Campuran AC – BC

Tujuh karakteristik yang harus dimiliki oleh campuran beton aspal adalah: stabilitas, keawetan (durabilitas), kelenturan (fleksibilitas), ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan / ketahanan geser, kedap air (impermeabilitas) dan kemudahan pelaksanaan (Sukirman, 2003).

Pengujian Campuran Metode Marshall

Pengujian Marshall dikembangkan pertama kali di Missisipi Highway Department oleh Bruce Marshall (1939) dan kemudian disempurnakan oleh Insinyur dari Watering Experiment Station (WES) pada tahun 1943. (Roberts dkk, 1991).

Pengujian Marshall dilakukan dengan mengukur resistensi terhadap penerapan beban pada spesimen silinder berdiameter 4 inchi dan tinggi 2.5 inchi. Dua nilai diukur dari uji Marshall: nilai stabilitas yang didapat dari beban yang diperlukan untuk gagal sampel, dan nilai *flow* yang didapat dengan mengukur distorsi vertikal yang dibutuhkan untuk gagal sampel.

METODOLOGI

Pemeriksaan Karakteristik Bahan Campuran

Pemeriksaan dilakukan terhadap agregat, *filler*, aspal, dan biji limbah plastik. Pemeriksaan dilakukan untuk mendapatkan bahan penyusun campuran yang memenuhi Spesifikasi Umum Direktorat Jendral Bina Marga Edisi 2010 Revisi 2 Divisi 6. Pemeriksaan dilakukan dengan mengacu pada prosedur SNI dan AASHTO.

Perancangan Gradasi Agregat

Rancangan gradasi dan campuran agregat kontrol mengacu pada spesifikasi yang terdapat dalam Spesifikasi Umum Direktorat Jendral Bina Marga Edisi 2010 Revisi 2 Divisi 6 untuk lapisan AC – BC dengan hasil rancangan disajikan pada Tabel 1.

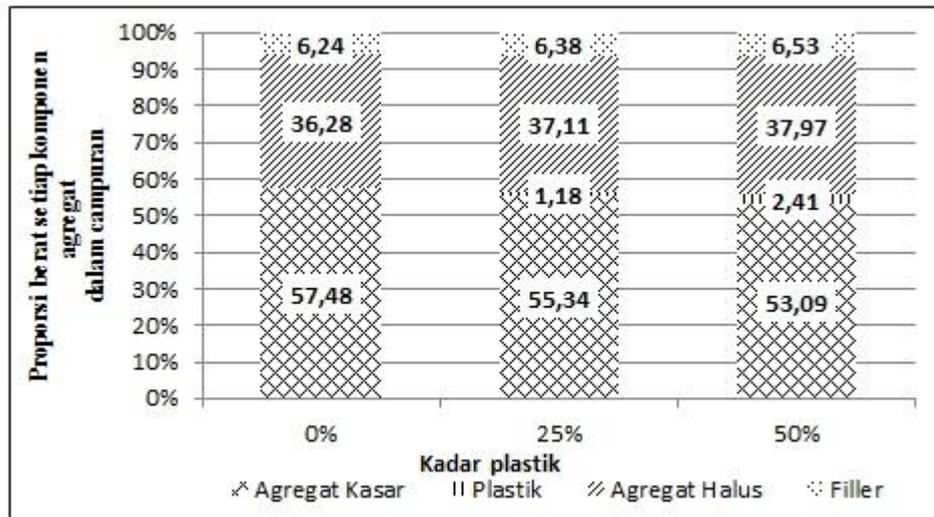
Tabel 1 Rancangan Gradasi dan Komposisi Agregat untuk Campuran

Bahan	Saringan		Spesifikasi Lolos (%)			Tinggal Di Atas (%)	Jumlah Menurut Spesifikasi	
	mm	#	Min	Maks	Target		Tinggal (%)	(gram)
Agregat Kasar 57,48 %	25,4	1"	100	100	100	0		
	19,1	3/4"	90	100	95	5	4,94	54
	12,7	1/2"	74	90	82	18	12,84	141
	9,52	3/8"	64	82	73	27	8,89	98
	4,76	# 4	47	64	55,5	44,5	17,28	190
	2,36	# 8	34,6	49	41,8	58,2	13,53	149
Agregat Halus 36,28 %	1,18	#16	28,3	38	33,15	66,85	8,77	96
	0,59	# 30	20,7	28	24,35	75,65	8,92	98
	0,279	# 50	13,7	20	16,85	83,15	7,60	84
	0,149	# 100	4	13	8,5	91,5	8,46	93
	0,074	# 200	4	8	6	94	2,53	28
Filler 6,24 %	PAN					100	6,24	69

Variasi Plastik dan Gradasi Baru Campuran

Dalam penelitian ini variasi agregat lolos saringan no. 4 dan tertahan saringan No. 8 yang digantikan oleh limbah plastik adalah sebanyak 2 jenis, yaitu 25% dan 50% terhadap volume yang seharusnya ditempati agregat lolos saringan no. 4 dan tertahan saringan No. 8.

Setelah menghitung jumlah plastik yang diperlukan, maka gradasi campuran yang digunakan dalam penelitian kali ini berdasarkan variasi plastik disajikan dalam bentuk grafik batang proporsi berat pada Gambar 1.



Gambar 1 Persentase Komponen Campuran

Perhitungan Kadar Aspal Optimum Perkiraan

Variasi kadar aspal yang digunakan untuk setiap variasi plastik adalah -1%;-0,5%;Pb;+0,5%;+1%. Kadar Aspal Optimum perkiraan ditentukan dengan persamaan :

$$Pb = 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%FF) + K(1)$$

Dengan :

- Pb : Perkiraan kadar aspal optimum, (%)
- CA : Nilai persentase agregat kasar lolos saringan no. 4 dan tertahan no. 8, (%)
- FA : Nilai persentase agregat halus, (%)
- FF : Nilai persentase filler, (%)
- K : Konstanta (kira-kira 0,5 - 1,0)

Pengujian Marshall

Setelah pembuatan benda uji selesai kemudian dilakukan pengujian Marshall untuk mengetahui nilai stabilitas, *flow*, dan *Marshall Quotient* (MQ) dari campuran.

Dalam pengujian ini lamanya perendaman benda uji dalam *water bath* dengan suhu tetap 60°C (± 1°C) adalah selama 30 menit dan 24 jam. Dari hasil pengujian akan diperoleh hasil berupa parameter-parameter sifat Marshall dan karakteristik volumetriknya.

Penentuan Kadar Aspal Optimum dengan Metode *Narrow Range*

Kadar Aspal Optimum ditentukan dengan metode *narrow range*, yaitu menempatkan batas-batas spesifikasi campuran pada grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai sifat campuran seperti densitas, VMA, VITM, VFWA, stabilitas, *flow*, dan *Marshall Quotient* (MQ). Kadar Aspal Optimum adalah nilai tengah dari rentang kadar aspal yang memenuhi semua sifat campuran.

Pengujian Nilai Stabilitas Sisa

Retained Marshall Stability (RMS) digunakan untuk menunjukkan stabilitas sisa benda uji akibat pengaruh air. Nilai ini didapat dengan membandingkan nilai stabilitas perendaman standar dengan perendaman 24 jam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Bahan Penyusun Campuran

Agregat serta *filler* yang digunakan untuk campuran (AC-BC) berasal dari Desa Clereng, Kabupaten Kulon Progo Daerah Istimewa Yogyakarta. Biji limbah plastik yang digunakan merupakan plastik jenis HDPE (*High Density Polyethylene*) yang didapat dari PT. Inti Indah Plasindo Solo dan aspal yang digunakan adalah aspal Pertamina Pen 60/70. Hasil pemeriksaan bahan penyusun campuran disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3. Karakteristik-karakteristik yang diuji telah memenuhi Spesifikasi Umum Direktorat Jendral Bina Marga Edisi 2010 Revisi 2 Divisi 6.

Tabel 2 Hasil Pemeriksaan Fisik Agregat dan Biji Plastik

No.	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil	Satuan	Keterangan
Agregat Kasar					
1	Abrasi dengan mesin Los Angeles	Maks 40	21,02	%	Memenuhi
2	Kelekatan Terhadap Aspal	Min 95	98	%	Memenuhi
3	Berat Jenis Semu	Min 2,5	2,735	g/cm ³	Memenuhi
4	Absorpsi	Maks 3	1,76	%	Memenuhi
Agregat Halus					
1	Absorpsi	Maks 3	1,15	%	Memenuhi
2	Sand Equivalent	Min 60	80	%	Memenuhi
3	Berat Jenis Semu	Min 2,5	2,763	g/cm ³	Memenuhi
Filler					
1	Berat Jenis Semu	Min 2,5	2,747	g/cm ³	Memenuhi
Biji Limbah Plastik					
1	Berat Jenis	-	0,889	g/cm ³	-

Tabel 3 Hasil Pemeriksaan Fisik Aspal

No.	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1	Penetrasi pada 25°C (dmm)	60-70	67,6	Memenuhi
2	Titik lembek (°C)	≥48	48,5	Memenuhi
3	Indeks penetrasi	≥-1	≥-1	Memenuhi
4	Daktilitas pada 25°C (cm)	≥100	≥100	Memenuhi
5	Titik nyala (°C)	≥232	346	Memenuhi
6	Kelarutan dalam Toluene (%)	≥99	99,35	Memenuhi
7	Berat jenis	≥1,0	1,03	Memenuhi

Karakteristik Campuran AC – BC

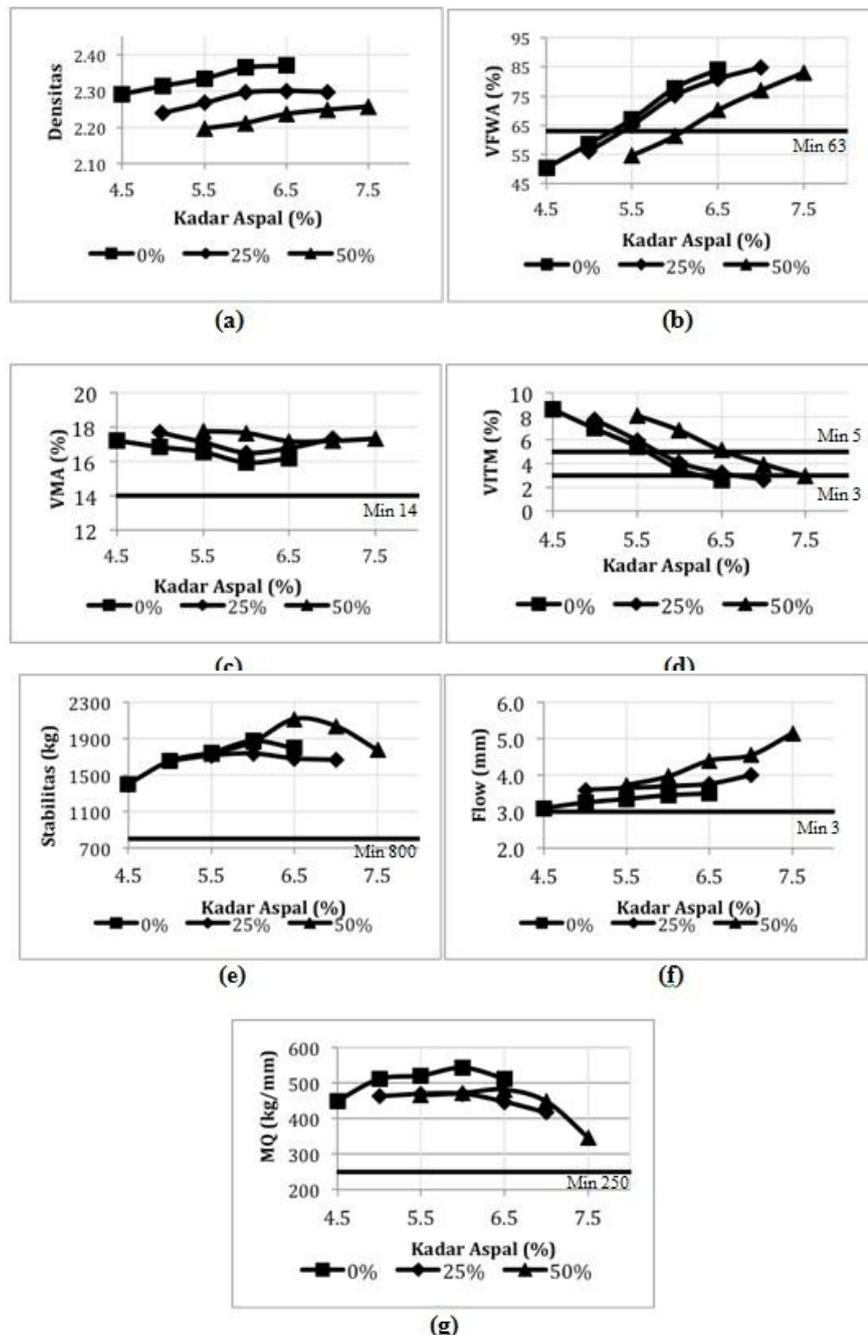
Persyaratan sifat-sifat campuran untuk lapisan AC – BC disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Persyaratan Campuran AC – BC

Sifat Sifat Campuran	Min	Max
Jumlah Tumbukan Per Bidang	75	
Rongga Dalam Campuran/VITM (%)	3,0	5,0
Rongga dalam Agregat/VMA (%)	14	-
Rongga Terisi Aspal/VFWA (%)	63	-
Stabilitas Marshall (Kg)	800	-
Flow (mm)	3	-
Marshall Quotient (Kg/mm)	250	-
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah Perendaman selama 24 jam, 60oC	90	-

Sumber : Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Edisi 2010 Revisi 2 Divisi 6

Hasil pengujian Marshall pada setiap variasi biji limbah plastik dan hubungannya dengan kadar aspal diplotkan ke dalam grafik pada Gambar 2.



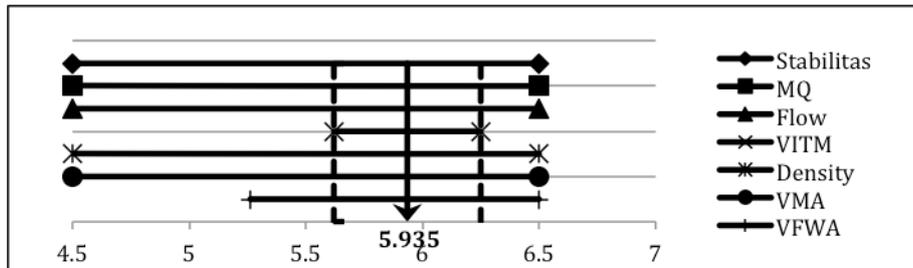
Gambar 2. Hubungan Kadar Aspal dengan (a) Densitas, (b) VFA, (c) VMA, (d) VITM, (e) Stabilitas, (f) Flow, (g) MQ

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa nilai densitas, VMA, stabilitas, flow dan MQ sudah memenuhi spesifikasi. Sedangkan pada VITM dan VFA, ada beberapa yang tidak memenuhi spesifikasi baik itu di bawah ataupun di atas spesifikasi. Hal ini terjadi pada pengujian yang dilakukan dengan kadar aspal 4,5% pada variasi plastik 25%, data VITM yang didapatkan pada tahap pertama berada jauh di atas batas maksimal sedangkan pada kadar aspal 6,5% angka VITM belum melewati batas minimal sehingga Kadar Aspal Optimum tidak bisa ditentukan karena tidak bisa didapat nilai tengah dari rentang kadar aspal yang memenuhi semua sifat campuran. Akhirnya peneliti melakukan trial dengan

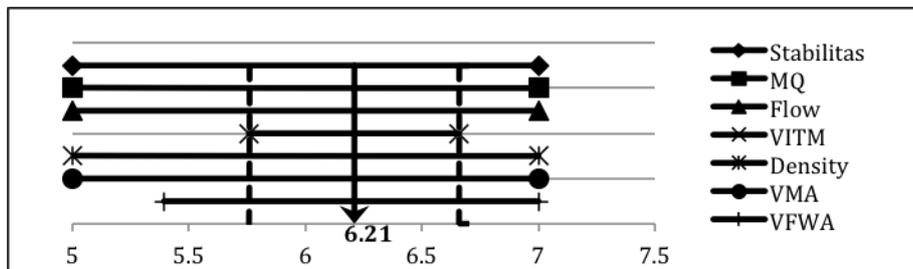
menambah kadar aspal sehingga Kadar Aspal Optimum bisa didapat dengan metode *narrow range*.

Penentuan Kadar Aspal Optimum dengan Metode *Narrow Range*

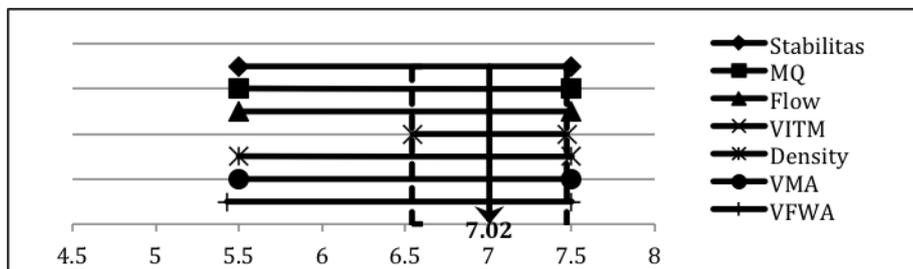
Gambar 3 sampai dengan Gambar 5 menunjukkan wilayah dari kadar aspal yang nilai masing-masing karakteristik campuran memenuhi spesifikasi Bina Marga sehingga KAO dapat ditentukan



Gambar 3 *Narrow Range* KAO Plastik 0%



Gambar 4 *Narrow Range* KAO Plastik 25%



Gambar 5 *Narrow Range* KAO Plastik 50%

Kadar Aspal Optimum diambil pada nilai tengah kadar aspal yang memenuhi syarat dan dilakukan pembulatan ke atas. Hasil penentuan KAO yang disajikan pada Tabel 5.

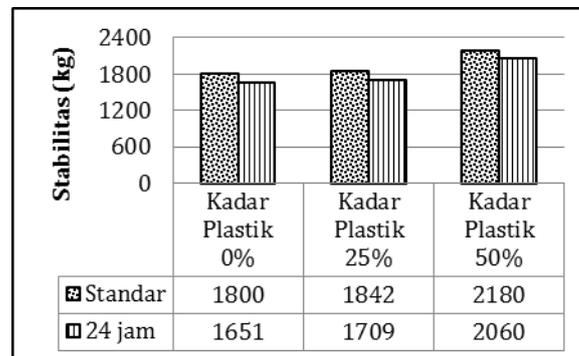
Tabel 5 Kadar Aspal Optimum (KAO) Pada Berbagai Variasi Limbah Plastik

Variasi Limbah Plastik	KAO
0 %	6 %
25 %	6,3 %
50 %	7,1 %

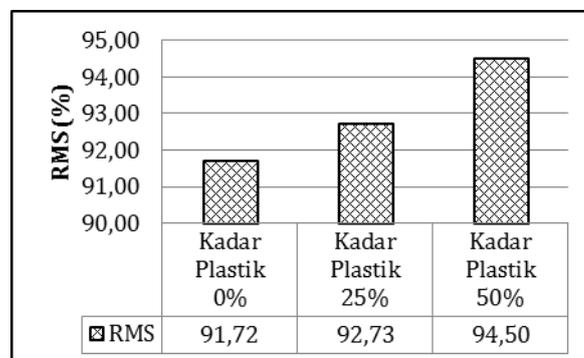
Perendaman Standar dan 24 Jam

Pada nilai Kadar Aspal Optimum masing-masing variasi limbah plastik yang sudah didapat melalui metode *narrow range*, dibuat lagi benda uji dengan Kadar Aspal Optimum untuk perendaman standar dan 24 jam dalam *water bath* untuk kemudian diuji Marshall. Hasil

pengujian stabilitas Marshall dan *Retained Marshall Stability* (RMS) diplotkan dengan grafik batang pada Gambar 6 dan Gambar 7. Perendaman ini dimaksudkan untuk mengetahui kondisi di lapangan apabila perkerasan terpengaruh oleh air.



Gambar 6. Nilai Stabilitas Perendaman



Gambar 7. Nilai RMS

Pada grafik stabilitas, semakin lama waktu perendaman, maka nilai stabilitas akan semakin menurun pada setiap variasi limbah plastik. Penurunan nilai stabilitas ini terjadi karena semakin lama campuran terendam air, maka ikatan antar agregat pada campuran akan berkurang dan menyebabkan sifat adhesi maupun kohesi campuran berkurang, sehingga stabilitasnya menurun. Penggunaan limbah plastik akan meningkatkan nilai stabilitas pada waktu perendaman yang sama. Hal ini dapat terjadi karena sifat plastis dari plastik sehingga pada saat pemadatan plastik akan berfungsi sebagai pengunci agregat-agregat kasar.

Nilai RMS (*Retained Marshall Stability*) dalam pengujian ini digunakan untuk menunjukkan stabilitas sisa terhadap stabilitas awal akibat pengaruh air. Spesifikasi Umum Direktorat Jendral Bina Marga Edisi 2010 Revisi 2 Divisi 6 mensyaratkan nilai RMS yaitu sekurang-kurangnya 90%, karena pada nilai tersebut campuran dinilai cukup tahan terhadap kerusakan yang ditimbulkan oleh pengaruh air. Dari hasil pengujian yang diplotkan pada grafik batang Gambar 3, nilai RMS pada semua variasi limbah plastik sudah berada di atas spesifikasi. Penggunaan limbah plastik menghasilkan kenaikan nilai RMS.

Pembahasan Kelayakan

Analisa kelayakan penggunaan limbah plastik ditinjau dari beberapa aspek pertimbangan, antara lain aspek teknis, ekonomi, dan lingkungan. Berdasarkan data-data yang didapatkan dari hasil penelitian, ketiga variasi limbah plastik layak secara teknis karena memenuhi

spesifikasi. Penggunaan biji limbah plastik akan mengurangi biaya yang harus dikeluarkan pemerintah dalam hal pembuangan limbah padat, karena biji limbah plastik dihasilkan melalui proses *recycling* dan *reuse*. Dengan digunakannya biji limbah plastik dalam volume yang cukup besar untuk suatu konstruksi perkerasan, maka diperoleh suatu solusi penanganan limbah plastik secara signifikan. Perhitungan sederhana kuantitas limbah plastik yang dapat digunakan dalam perkerasan adalah sebagai berikut:

Dalam campuran AC-BC dengan variasi kadar limbah plastik sebesar 50%, berat limbah plastik adalah sebanyak 2,41% dari total berat campuran. Dengan demikian setiap 1 m³ campuran AC-BC yang memiliki berat jenis 2,34 gr/cm³ atau 2.340 kg akan menggunakan biji limbah plastik sebanyak 2,41% x 2340 kg = 56,39 kg. Sehingga, untuk campuran AC-BC dengan tebal perkerasan 5 cm dapat menggunakan 2,8 kg limbah plastik per-m² perkerasan (56,39 x 5 / 100). Dengan demikian, setiap km panjang jalan (per 1 m lebar dengan tebal perkerasan 5 cm) dapat menggunakan 2,8 ton limbah plastik.

KESIMPULAN

1. Biji limbah plastik HDPE dapat digunakan sebagai agregat pengganti untuk agregat yang lolos saringan no. 4 dan tertahan saringan no. 8 karena nilai volumetrik dan Marshall masih memenuhi spesifikasi yang disyaratkan dalam Spesifikasi Umum Direktorat Jendral Bina Marga Edisi 2010 Revisi 2 Divisi 6 pada semua variasi kadar plastik yang diuji.
2. Nilai stabilitas cenderung meningkat bila kadar plastik meningkat. Nilai stabilitas tertinggi adalah pada kadar plastik 50% yaitu sebesar 2180 kg pada perendaman 30 menit dan 2060 kg pada perendaman 24 jam.
3. Nilai RMS mengalami peningkatan bila kadar aspal meningkat. Nilai RMS tertinggi didapat pada kadar plastik 50% yaitu sebesar 94,5%.
4. Campuran layak digunakan ditinjau dari aspek teknis, lingkungan, dan ekonomi

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2010. *Spesifikasi Umum Direktorat Jendral Bina Marga Edisi 2010 Revisi 2 Divisi 6*. Kementerian Pekerjaan Umum Indonesia.
- Oglesby, C.H. and Hicks, R.G. 1996. *Highway Engineering*. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Roberts, F.L., Kandhal, P.S., Brown, E.R., Lee, D.Y., and Kennedy, T.W. (1991). *Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design, And Construction*. Maryland: NAPA Education Foundation.
- Schwartz, W.M. 1986. "Plastik". Dalam *Ilmu Pengetahuan Populer (terjemahan)*. Jilid 10. London: Grolier International Inc, h. 75-80.
- Sukirman, S. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Granit.