

PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK HDPE SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS PADA CAMPURAN LASTON AC-WC

Odelia Ika Kumalaning Tias¹, Qomariah², Akhmad Suryadi³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³
 Email: odeliaika357@gmail.com¹, qomariah.suryadi@gmail.com², akhmadsuryadi1@gmail.com³

ABSTRAK

Studi ini dilakukan dengan memanfaatkan limbah plastik HDPE sebagai substitusi agregat halus. Hal ini untuk mengurangi jumlah limbah plastik yang ada di sekitar kita. Selain itu, studi ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh dari substitusi plastik HDPE sebagai agregat halus dan mengestimasi biaya substitusi campuran dengan limbah plastik HDPE. Pembuatan benda uji normal dengan kadar aspal 4,5%; 5%; 5,5%; 6%; dan 6,5% untuk menentukan KAO. Diperoleh KAO sebesar 6% yang digunakan untuk substitusi agregat halus menggunakan plastik HDPE dengan kadar 0%; 5%; 10%; 15%; dan 20% terhadap total agregat tertahan saringan No.8. Parameter pengujian Marshall meliputi nilai Rongga Dalam Campuran (VIM), Rongga Antar Agregat (VMA), Rongga Terisi Aspal (VFA), Stabilitas, *Flow*, dan Marshall *Quotient* (MQ). Di dalam studi ini menunjukkan nilai VIM 2,03%; 3,53%; 3,01%; 2,77%; 2,33%. Nilai VMA 16,93%; 22,02%; 20,24%; 20,05%; 19,61%. Nilai VFA 87,99%; 83,99%; 85,10%; 86,24%; 88,82%. Nilai Stabilitas 1031,68 kg; 1054,43 kg; 1081,83 kg; 1146,91 kg; 1189,88 kg. Nilai *flow* 3,00 mm; 3,07 mm; 4,83 mm; 5,33 mm; 5,62 mm. Nilai MQ 344,12 kg/mm; 342,57 kg/mm; 224,25 kg/mm; 219,47 kg/mm; 213,00 kg/mm. Kadar plastik optimum yang diperoleh sebesar 5,5% dan biaya yang dibutuhkan Rp 945.535.185,91.

Kata kunci: Laston; AC-WC; HDPE; stabilitas; *flow*

ABSTRACT

This research is conducted by utilizing HDPE plastic waste as substitution of fine aggregate. This is to reduce the amount of plastic waste that is around us. In addition, this research aims to analyze the effect of substitution of HDPE plastic as a fine aggregate and estimate the cost of mixed substitution with HDPE plastic waste. Making normal test specimens with 4.5% asphalt content; 5%; 5.5%; 6%; and 6.5% to determine KAO. Obtained KAO of 6% which is used for substitution of fine aggregate using HDPE plastic with 0%; 5%; 10%; 15%; and 20% content of the total aggregate is retained by filter No. 8. Marshall testing parameters include the value of Void in the Mix (VIM), Void in the Mineral Aggregate (VMA), Void Filled with Asphalt (VFA), Stability, Flow, and Marshall Quotient (MQ). In this research showed a VIM value of 2,03%; 3,53%; 3,01%; 2,77%; 2,33%. VMA value of 16,93%; 22,02%; 20,24%; 20,05%; 19,61%. VFA value of 87,99%; 83,99%; 85,10%; 86,24%; 88,82%. Value of stability of 1031,68kg; 1054,43kg; 1081,83kg; 1146,91kg; 1189,88kg. Flow value of 3,00mm; 3,07 mm; 4,83 mm; 5,33 mm; 5,62 mm. Nilai MQ 344,12 kg/mm; 342,57 kg/mm; 224,25 kg/mm; 219,47 kg/mm; 213,00 kg/mm. Get the optimum plastic content of 5.5% and the required cost is Rp 945.535.185,91.

Keywords: Laston; AC-WC; HDPE; stability; *flow*

1. PENDAHULUAN

Pembangunan sarana dan prasarana fasilitas transportasi merupakan hal yang paling utama dan paling banyak diminati terutama transportasi darat yang salah satunya yaitu jalan raya. Jalan raya sangat berpengaruh terhadap mobilisasi masyarakat, oleh karena itu dilakukan peningkatan kualitas perkerasan jalan, baik dari segi

kekuatan, kenyamanan, dan keamanan. Pembangunan dan pemeliharannya harus benar-benar diperhatikan agar tidak menemui jalan-jalan yang tidak memenuhi syarat sehingga mudah rusak. Dalam upaya meningkatkan perkerasan jalan campuran beraspal panas dengan pemilihan agregat dan material yang bermutu atau pun dapat memodifikasi aspal atau agregat dengan menggunakan bahan tambahan. Salah

satunya bahan tambahan yang akan digunakan yaitu limbah plastik HDPE (*High Density Polyethylene*). Limbah plastik HDPE merupakan limbah yang paling umum digunakan dan dapat didaur ulang. Kelebihan dari studi ini, yaitu sangat memungkinkan pemanfaatan limbah plastik HDPE secara optimum. Artinya, dapat mengganti peran agregat halus walaupun kecil serta dapat mengurangi limbah yang ada, serta diharapkan dapat meningkatkan karakteristik Marshall dalam campuran beraspal.

Fokus dari studi ini adalah tentang pemanfaatan limbah plastik HDPE sebagai substitusi agregat halus di dalam campuran Laston AC-WC. Berdasarkan latar belakang dan fokus, studi ini bertujuan untuk:

1. menganalisis sifat fisik agregat dan aspal untuk membuat campuran Laston AC-WC dengan substitusi limbah plastik HDPE;
2. menentukan nilai KAO pada benda uji normal sebelum ditambahkan dengan limbah plastik HDPE sebagai substitusi agregat tertahan saringan 2,36;
3. menganalisis pengaruh dari bahan tambah limbah plastik HDPE dengan kadar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% sebagai agregat tertahan saringan 2,36 di dalam campuran Laston AC-WC terhadap karakteristik Marshall; dan
4. menganalisis rencana anggaran biaya produksi yang dibutuhkan untuk membuat Laston AC-WC dengan substitusi limbah plastik HDPE jika diterapkan di wilayah Kabupaten Malang untuk jalan kelas I.

Sebagai bahan referensi, studi ini merujuk pada studi-studi terdahulu. Studi yang telah dilaksanakan oleh Made Andy Dwi Gunadi, dkk. (2013) membahas tentang prosentase plastik HDPE yang dipakai sebanyak 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% dari total agregat. Hasil studi ini menunjukkan KAO sebesar 5,9%, nilai stabilitas tertinggi penggunaan kadar limbah 50% dan terendah 10%. Nilai *flow* tertinggi penggunaan kadar limbah 50% dan terendah 0%.

Anissa Noor Tajudin (2014) membahas tentang prosentase plastik HDPE yang dipakai sebesar 0%, 25%, dan 50% terhadap volume agregat yang lolos saringan no 4. Hasil penelitian menunjukkan KAO sebesar 5,9%. Nilai stabilitas cenderung meningkat jika kadar plastik meningkat dan nilai stabilitas tertinggi pada kadar limbah 50%.

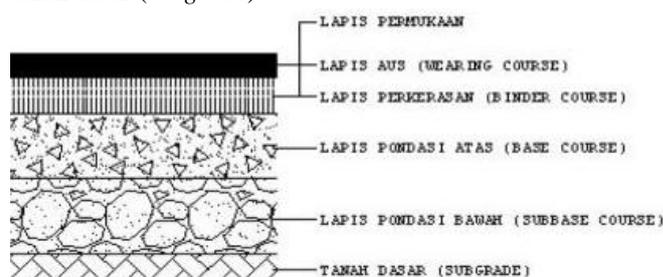
2. METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Studi dilakukan di Laboratorium Tanah Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9 Malang, Jawa Timur. Lama studi membutuhkan waktu dari bulan Januari sampai dengan Juni 2020.

Perkerasan Lentur

Perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Bahan konstruksi perkerasan lentur sendiri terdiri dari bahan ikat aspal dan batu. Susunan perkerasan ini terdiri dari lapisan permukaan (*surface course*) yaitu lapisan aus dan antara. Lapisan bawah yaitu lapisan pondasi (*base course*), pondasi bawah (*subbase course*). Lapisan ini diletakkan di atas tanah dasar (*subgrade*).



Gambar 1. Lapisan Perkerasan Lentur

Pengujian Sifat Fisik Agregat

1. Berat jenis dan penyerapan agregat. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis dari agregat kasar dan halus yang akan digunakan. Pengujian ini juga untuk mengetahui penyerapan yang digunakan untuk menghitung perubahan berat agregat akibat adanya air yang terserap oleh pori-pori dalam agregat yang dibandingkan dengan berat agregat dalam keadaan kering.
2. Gradasi agregat. Pengujian ini bertujuan untuk pembagian gradasi atau ukuran agregat.
3. Keausan agregat kasar. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan ketahanan atau kekuatan agregat terhadap keausan dengan menggunakan mesin Los Angeles.
4. Kekerasan agregat kasar. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan nilai agregat terhadap pembebanan.
5. Kadar organik. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bahan-bahan organik yang terdapat di dalam pasir yang akan dapat menimbulkan kerugian mutu.
6. Kadar air. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat air yang terkandung dalam agregat dalam keadaan kering.

Pengujian Sifat Fisik Aspal

1. Penetrasi. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kekerasan aspal dengan ditunjukkan pada kedalaman jarum masuk menekan aspal dalam waktu 5 detik.
2. Titik lembek. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui temperatur aspal mulai menjadi lembek yang ditunjukkan pada jatuhnya aspal akibat beban kelereng baja di atasnya.

3. Berat jenis. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis aspal yang akan digunakan.

Pembuatan Benda Uji

Di dalam studi ini terdapat dua pengujian meliputi benda uji normal (tanpa campuran limbah plastik HDPE) dan benda uji dengan substitusi limbah plastik HDPE. Untuk benda uji tanpa campuran limbah dibuat menggunakan lima variasi kadar aspal antara lain: Pb, (Pb - 0,5), (Pb - 1,0), (Pb + 0,5), dan (Pb + 1,0) dengan persamaan:

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

Keterangan:

Pb = Kadar aspal rencana awal terhadap berat campuran

CA = Agregat kasar tertahan no 8

FA = Agregat halus lolos saringan No.8 dan tertahan No.200

FF = Bahan pengisi

K = Konstanta, berkisar 0,5 - 1,0

Dari hasil perhitungan Pb didapat nilai 5,5%. Benda uji tanpa campuran limbah plastik HDPE digunakan untuk mencari kadar aspal optimum (KAO) yang akan digunakan sebagai kadar aspal pada benda uji substitusi limbah plastik HDPE. Hasil perhitungan Marshall kemudian digambarkan dalam grafik hubungan antara kadar aspal dengan parameter Marshall, dan dari grafik tersebut dapat diketahui kadar aspal optimumnya.

Pengujian Marshall

Pengujian Marshall berfungsi untuk mengetahui nilai karakteristik Marshall di dalam campuran aspal beton. Setelah benda uji dikeluarkan dari cetakan dengan umur satu hari, selanjutnya terdapat pengujian velumetrik yang meliputi:

1. pengukuran tebal benda uji;
2. pengukuran diameter benda uji;
3. penimbangan berat benda uji;
4. penimbangan benda uji keadaan kering permukaan jenuh/SSD; dan
5. penimbangan benda uji di dalam air.

Kemudian setelah pengujian velumetrik selesai, dilakukan pengujian benda uji yang direndam dalam air terlebih dahulu dengan suhu 60°C selama 30 menit agar mendapat nilai stabilitas dan *flow* yang maksimal. Setelah nilai tersebut didapat maka nilai VIM, VMA, VFA, dan MQ dapat dihitung.

Tabel 1. Persyaratan Campuran Laston

Sifat-sifat Campuran	Laston		
	WC	BC	Base
Jumlah tumbukan per bidang		75	122
Penyerapan aspal, %	Mak		1,2
Rongga dalam campuran (VIM) (%)	Min		3,5
	Maks		5,5
Rongga dalam agregat (VMA), %	Min	15	14
			13
Rongga terisi aspal (VFA), %	Min	65	63
			60
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800	1500
Pelelehan, mm	Min	3	5
Marshall Quotient, kg/mm	Min	250	300
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah peredaman 24 jam, 60°C pada VIM ±7%	Min		80
Rongga dalam campuran pada kepadatan membal (refusal) %	Min		2,5

Perhitungan Biaya

Pengolahan data merupakan salah satu bagian rangkaian penelitian setelah kegiatan pengumpulan data. Data yang masih mentah perlu diolah sehingga diperoleh informasi yang akhirnya dapat digunakan untuk menjawab tujuan penelitian. Kemudian dilakukan perhitungan biaya yang diperlukan apabila campuran Laston AC-WC yang diterapkan pada jalan kelas I di Kabupaten Malang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Agregat

Dari pengujian agregat kasar diperoleh hasil bahwa agregat memenuhi spesifikasi SNI 03-1737-1989 yang ditunjukkan di dalam **Tabel 2.**

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Jenis Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi	Standar
Berat Jenis Bulk	gram/cm ³	2,73	Min 2,5	SNI 03-1738-1989
Berat Jenis SSD	gram/cm ³	2,77	Min 2,5	SNI 03-1738-1989
Berat Jenis App	gram/cm ³	2,83	Min 2,5	SNI 03-1738-1989
Penyerapan Air	%	1,3	Mak 3%	SNI 03-1738-1989
Keausan	%	17,18	Mak 40%	SNI 03-1738-1989
Kekerasan	%	3,591		

Sumber: Hasil Analisis

Hasil Pengujian Agregat Halus

Dari pengujian agregat halus diperoleh hasil bahwa agregat memenuhi spesifikasi SNI 03-1737-1989 yang ditunjukkan di dalam **Tabel 3.**

Tabel 3. Hasil Pengujian Agregat Halus

Jenis Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi	Standar
Berat Jenis Bulk	gram/cm ³	2,77	Min 2,5	SNI 03-1738-1989
Berat Jenis SSD	gram/cm ³	2,79	Min 2,5	SNI 03-1738-1989
Berat Jenis App	gram/cm ³	2,83	Min 2,5	SNI 03-1738-1989
Penyerapan Air	%	0,83	Mak 3%	SNI 03-1738-1989

Sumber: Hasil Analisis

Hasil Pengujian Aspal

Dari pengujian aspal diperoleh hasil bahwa agregat memenuhi spesifikasi SNI 03-1737-1989 yang ditunjukkan di dalam **Tabel 4.**

Tabel 4. Hasil Pengujian Aspal

Jenis Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi	Standar
Berat Jenis	gram/cc	1,033	Min 1	SNI 03-1738-1989
Penetrasi	mm	67,9	Min 60 Min 79	SNI 03-1738-1989
Titik Lembek	°C	0,83	Min 48 Mak 58	SNI 03-1738-1989

Sumber: Hasil Analisis

Rancangan Campuran Benda Uji Normal

Berdasarkan komposisi agregat dan variasi kadar aspal, maka dibuat benda uji normal. Setiap variasi dibuat dua benda uji. Variasi kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5% yang akan digunakan untuk penentuan KAO.

Pengujian Marshall dengan Benda Uji Normal

Rekapitulasi hasil uji Marshall di dalam campuran normal dengan kadar aspal 4,5% hingga 6,5% terhadap nilai VIM, VMA, VFA, stabilitas, flow, dan MQ dapat dilihat di dalam **Tabel 5.**

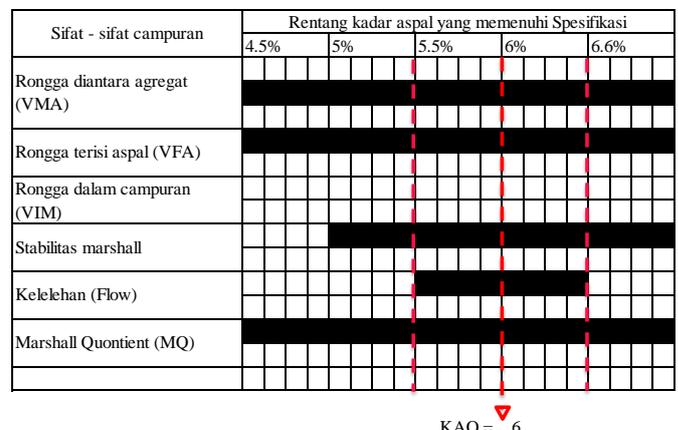
Tabel 5. Rekapitulasi Pengujian Marshall Benda Uji Normal

Parameter Marshall	Spesifikasi	Kadar Aspal				
		4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%
Densitas		2,31	2,31	2,33	2,33	2,38
VIM (%)	Min 3,5%	2,91	2,63	2,06	1,82	0,85
VMA (%)	Min 15%	20,28	20,34	20,03	20,52	19,20
VFA (%)	Min 65%	85,63	87,13	89,76	91,11	95,57
Stabilitas (kg)	Min 800	775,24	915,35	920,12	937,64	960,63
Flow (mm)	Min 3	2,17	2,42	3,00	3,14	2,47
MQ (kg/mm)	Min 250	357,11	378,18	306,70	299,01	389,14

Sumber: Hasil Pengujian Marshall

Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Dari hasil pengujian Marshall pada benda uji normal yang ditunjukkan di dalam **Tabel 5.** dapat diketahui nilai dari karakteristik Marshall. Langkah selanjutnya yaitu menentukan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang merupakan kadar aspal dengan persyaratan parameter lain harus memenuhi spesifikasi. Didapat kadar aspal optimum sebesar 6%, dapat dilihat di **Gambar 2.**



Gambar 2. Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Pengujian Marshall dengan Substitusi Limbah Plastik

Pada langkah selanjutnya, yaitu membuat benda uji substitusi plastik HDPE dengan menggunakan KAO, kadar plastik HDPE yang digunakan yaitu 0%, 5%, 10%, 15%,

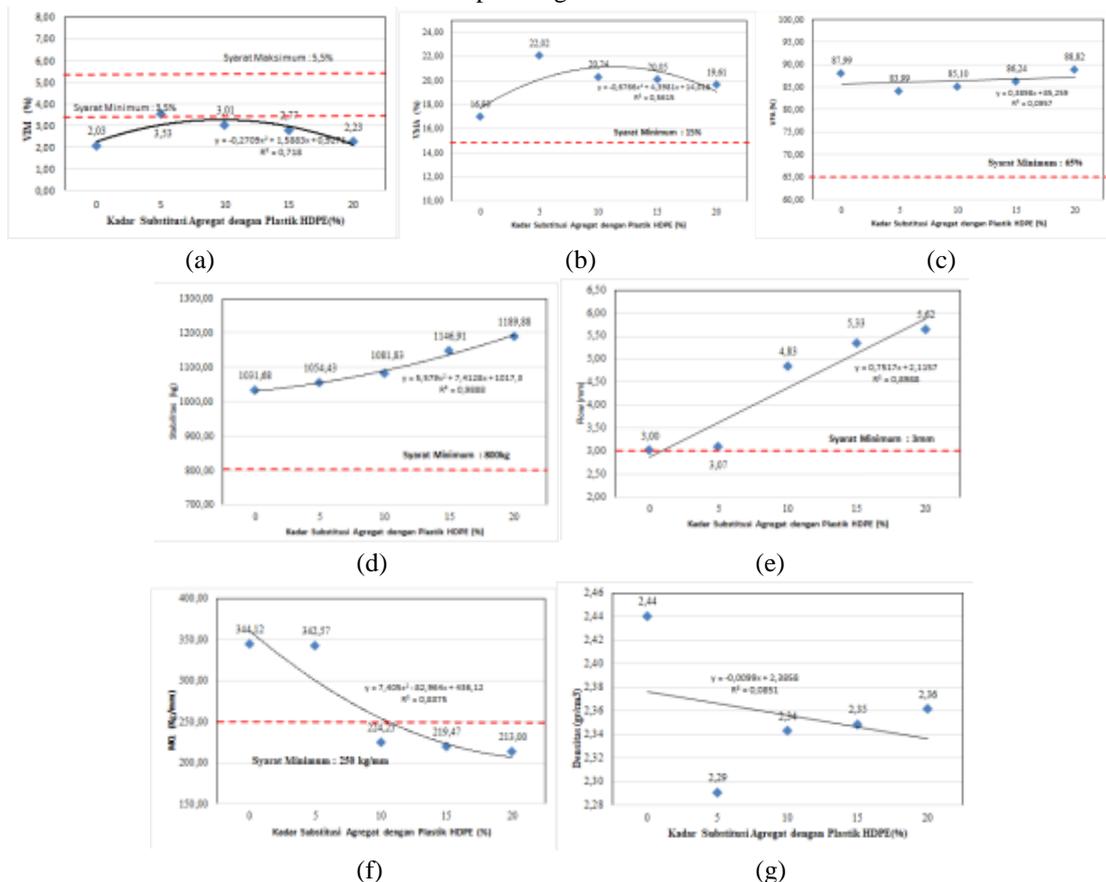
dan 20% terhadap agregat tertahan saringan No.8. Adapun hasil dari pengujian Marshall yang ditunjukkan di dalam **Tabel 6**.

Tabel 6. Rekapitulasi Pengujian Marshall Benda Uji Substitusi Limbah Plastik HDPE

Parameter Marshall	Spesifikasi	Kadar Plastik HDPE				
		0%	5%	10%	15%	20%
Densitas		2,44	2,29	2,34	2,35	2,36
VIM (%)	Min 3,5%	2,03	3,53	3,01	2,77	2,23
VMA (%)	Min 15%	16,93	22,02	20,24	20,05	19,61
VFA (%)	Min 65%	87,99	83,99	85,10	86,24	88,82
Stabilitas (kg)	Min 800	1031,68	1054,43	1081,83	1146,91	1189,88
Flow (mm)	Min 3	3,00	3,07	4,83	5,33	5,62
MQ (kg/mm)	Min 250	344,12	342,57	224,25	219,47	213,00

Sumber: Hasil Pengujian Marshall

Berdasarkan hasil di atas didapatkan grafik Parameter Marshall **Gambar 3**.



Gambar 3. Grafik Hubungan Kadar Plastik dengan (a) VIM, (b) VMA, (c) VFA, (d) Stabilitas, (e) Flow, (f) MQ, (g) Density

Berdasarkan dari hasil pengujian karakteristik Marshall didapatkan hasil kadar plastik optimum yaitu pada presentase 5.5%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa limbah plastik HDPE sebagai substitusi agregat halus dapat digunakan sebagai bahan tambah campuran beraspal panas.

Rencana Anggaran Biaya

Biaya yang dikeluarkan untuk campuran beraspal normal sebesar Rp 947.230.338,00. Untuk campuran beraspal substitusi dengan limbah plastik HDPE dengan kadar 5,5% sebesar Rp 945.548.260,56. Jadi, harga lebih

murah 0,18% dari biaya produksi campuran beraspal normal.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang substitusi agregat halus dengan limbah plastik HDPE yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. hasil dari pengujian fisik dari material aspal dan agregat menunjukkan bahwa kualitas mutu dari material memenuhi spesifikasi SNI 03-1737-1989 dan dapat digunakan untuk campuran Laston AC-WC;
2. hasil pengujian campuran Laston menggunakan agregat dan aspal yang memenuhi standar SNI 03-1737-1989 mendapat nilai kadar aspal optimum (KAO) sebesar 6% dengan nilai VIM 1.82% yang standar minimal 3.5% maksimal 5.5%, nilai VMA 20.52% yang standar minimal 15%, nilai VFA 91.11% yang standar minimal 65%, nilai stabilitas 889.64 kg yang standar minimal 800 kg, nilai *flow* 3.14 mm yang standar minimal 3 mm, dan nilai MQ 282.57 kg/mm yang standar minimal 250 kg/mm;
3. dengan KAO sebesar 6% dipakai untuk campuran Laston dengan penambahan limbah plastik HDPE di dalam campuran sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dan hasilnya didapat nilai VIM secara berurutan 2,03%; 3,53%; 3,01%; 2,77%; 2,23%. Nilai VMA berurutan didapat 16,93%; 22,02%; 20,24%; 20,05%; 19,61%. Nilai VFA berurutan didapat 87,99%; 83,99%; 85,10%; 86,24%; 88,82%. Nilai Stabilitas berurutan didapat 1031,68 kg; 1054,43 kg; 1081,83 kg; 1146,91 kg; 1189,88 kg. Nilai *flow* berurutan didapat 3 mm, 3,07 mm; 4,83 mm; 5,33mm; 5,62 mm; dan
4. perhitungan biaya produksi campuran beraspal dengan substitusi limbah plastik HDPE pada kadar 5,5% sebesar Rp 945.535.185,91. Harga lebih murah 0,18% dibanding dari biaya produksi campuran normal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anissa Noor Tajudin. 2014. *Pemanfaatan Limbah Plastik HDPE Sebagai Agregat Pengganti Pada Campuran Asphalt Concrete – Binder Course (AC - BC)*. The 17th FSTPT International Symposium, Jember University.
- [2] SNI 03-1737-1989. *Tata Cara Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON) Untuk Jalan Raya*. Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum.
- [3] RSNI 03-1737-1989 *Tata Cara Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON) Untuk Jalan Raya*. Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum.
- [4] Google Map. 2019 Jurusan Teknik Sipil Polinema. Diakses pada tanggal 8 Desember 2019, pukul 17.20 WIB.
- [5] Iman Mujito. 2005. *Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Adiktif*. Jurnal Traksi. Vol. 3. No. 2.
- [6] Made Andy Dwi Gunadi, dkk. 2013. *Analisis Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Dengan Menggunakan Plastik Bekas Sebagai Pengganti Sebagian Agregat*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil.
- [7] Revisi SNI 03-1737-1989. *Tata Cara Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) Untuk Jalan Raya*. Jakarta: Badan Litbang DPU.
- [8] Sukirman, S. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan raya*. Nova, Bandung
- [9] Sukirman, S. 2007. *Beton Aspal Campuran Panas*. Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.
- [10] Sulaksono, S. (2001). *Catatan Kuliah Rekayasa Jalan*. Bandung: ITB.
- [11] Suprpto, 2004, *Bahan dan Struktur Jalan Raya*; edisi II. Yogyakarta: Biro Penerbit KMTS FT UGM.