

KAJIAN KEMAMPUAN CAMPURAN ASPAL-BETON (AC-BC) DENGAN ASBUTON CAIR YANG DIISI DENGAN SERPIHAN HDPE (HIGH DENSITY POLYETHYLENE)

Okma Yendri¹⁾, Wahyu Septiandi²⁾

E-mail: okmayendri@gmail.com¹⁾, wahyuseptiadi@gmail.com²⁾

^{1,2} Program Studi Teknik Sipil Universitas Musi Rawas.

ABSTRAK

Salah satu benda yang dapat merusak lantai adalah botol air galon, botol susu, botol shampo, botol deterjen, dan plastik tebal lainnya yang terbuat dari senyawa organik dan terbuat dari plastik high-density polyethylene (HDPE). Kami melihat peluang untuk memanfaatkan limbah plastik dalam jumlah besar sebagai bahan tambahan yang dihasilkan oleh pencampuran panas dalam struktur pemrosesan yang fleksibel. lasto campuran AC-WC untuk menentukan jumlah aspal yang optimal pada campuran AC-WC yang mengandung aditif plastik HDPE dan campuran AC-WC yang mengandung aditif plastik HDPE. Pendekatan empiris digunakan dalam penelitian ini untuk menambahkan nilai VFB plastik high density polyethylene (HDPE) ke jumlah sampel yang perlu diuji untuk mendapatkan kadar aspal (KAO) terbaik. 65 persen dari persyaratan minimum telah dipenuhi oleh nilai VFB. Nilai stabilitas Marshall Kao juga lebih tinggi ketika digunakan plastik HDPE, dengan deviasi masing-masing 0,50%, 1,00%, dan 1,50%. Nilai flow memenuhi persyaratan minimum 2 mm, meskipun nilai leleh (flow value) cenderung menurun. Sebaliknya, Kao meningkatkan nilai fleksibilitas (MQ) sebesar 1,00% untuk variasi campuran plastik HDPE 0,50n, dan variasi 1,50a mengalami peningkatan yang signifikan. Jumlah ideal aspal (KAO) adalah 5,70 persen. Beton Aspal Lapis AC Gross Heavy WC, Hasil Desain Campuran Beton Aspal Ruston - Mounted Course menggunakan high density polyethylene (HDPE) dalam campuran aspal sebesar 5,70%, 0,50%, 1,00%, dan 1,50% untuk setiap variasi campuran plastik HDPE.

Kata kunci: *Hot Mix, AC-WC, HDPE, KAO*

ABSTRACT

One of the things that can damage the floor is gallon water bottles, milk bottles, shampoo bottles, detergent bottles, and other thick plastics made from organic compounds and made from high-density polyethylene (HDPE) plastic. We see an opportunity to utilize the substantial amount of plastic waste as an additional material produced by hot mixing in a flexible processing structure. lasto AC-WC mixture to determine the optimal amount of bitumen in the AC-WC mixture containing HDPE plastic additive and the AC-WC mixture containing HDPE plastic additive. An empirical approach was used in this study to add the VFB value of highdensity polyethylene (HDPE) plastic to the number of samples that needed to be tested to get the best bitumen content (KAO). 65 percent of the minimum requirements have been met by the VFB value. The stability value of Marshall Kao is also higher when HDPE plastic is used, with deviations of 0.50%, 1.00%, and 1.50%, respectively. The flow value meets the minimum requirement of 2 mm, despite the fact that the melting value (flow value) tends to decrease. In contrast, Kao increased the value of flexibility (MQ) by 1.00% for the 0.50n HDPE plastic mix variation, and the 1.50a variation saw a significant increase. The ideal amount of asphalt (KAO) is 5.70 percent. AC-coated asphalt concrete Gross Heavy WC, Ruston Asphalt Concrete Mix Design Result - Mounted Course uses high density polyethylene (HDPE) in the asphalt mixture at 5.70%, 0.50%, 1.00%, and 1.50% for each variation of HDPE plastic mix.

Keywords: *Hot Mix, AC-WC, HDPE, KAO*

1. PENDAHULUAN

Barang rumah tangga biasa, aspal buton, disebut juga buton, hanya tersedia di Pulau Buton di Sulawesi Tenggara. Meskipun aset reguler berlimpah, otoritas publik belum menggunakannya secara ideal. Walaupun aspal minyak impor masih mendominasi industri konstruksi jalan, penggunaan aspal kancing secara maksimal dapat menghemat anggaran pemerintah. mineral yang terlihat seperti batuan bitumen dan merupakan jenis nodul aspal. Pori-porinya mengandung aspal alami. Proporsi

aspal dalam pori-pori batuan bervariasi dari tambang ke tambang di tombol abu. Oleh karena itu, diperlukan kehati-hatian khusus agar abu kancing dapat menggantikan aspal minyak impor dan memaksimalkan sumber daya alam bangsa kita. Perkerasan sering retak pada pekerjaan Laston, terutama pada jalan yang ramai, dimana nilai VIM seringkali melebihi ambang batas nilai VIM laboratorium. VIM akan berkurang jika aspal dalam campuran lebih banyak, tetapi jika hanya 3%, terjadi deformasi plastis karena terlalu banyak aspal dalam campuran. Menurut Zultan, A., dan Nawir, D. (2019), ketika kadar aspal berkurang, VIM menjadi besar sehingga mengancam jalan retak. Menurut Kurniawan, E., dan Nasrun (2014), sampah plastik semakin berkembang karena merupakan bahan yang umum dalam kehidupan manusia dan dianggap sebagai kebutuhan primer untuk keperluan rumah tangga atau rumah tangga. Daur ulang plastik adalah satu-satunya cara agar tidak dilarang oleh publik dan menjadikannya bahan bangunan yang terjangkau. Dengan menambahkan serpihan sampah plastik ke dalam campuran aspal Laston, pekerjaan ini berusaha untuk mengurangi jumlah aspal. Bahan plastik yang dirujuk dalam penelitian ini adalah sampah plastik *high thickness polyethylene* (HDPE), diharapkan plastik baru dan plastik bekas adalah sama.

Dalam penelitian ini, kami mengutip sejumlah penelitian sebelumnya sebagai sumber informasi. Penggunaan serpih plastik berbahan LDPE yang memiliki efek penambahan limbah plastik pada sifat-sifat campuran aspal beton (AC-BC), dapat mengurangi jumlah aspal yang digunakan sebesar 2 persen berat dan meningkatkan stabilitas dan flowabilitas campuran menurun, *Marshall Quotient* (MQ) naik, VIM turun, VMA turun, dan VFB naik seiring dengan peningkatan kadar aspal efektif (Zultan M., A., 2017). Hasil penelitian menunjukkan bahwa menggunakan aspal daur ulang (RAP) yang dicampur dengan pasir pantai dan serpihan plastik limbah jenis LDPE sama dengan menggunakan 10% bahan penghancur antara 0% dan 20% pasir pantai. Perpaduan tinggi AC-BC *black-top* cenderung akan meningkatkan kekokohan kombinasi tersebut. Terhadap VIM dan VMA kecenderungan nilainya menurun. Menurut Zultan M., A., Bakri, M. D., dan Nawir, D. (2018), debit yang diperoleh dari hasil bongkar aspal dan perbandingan campuran pasir pantai menunjukkan bahwa pemanfaatan bongkar aspal padat, khususnya penambahan 20 persen pasir pantai, menghasilkan nilai debit yang lebih tinggi.

Pada perbandingan 4% plastik dengan 6% aspal, pelapisan agregat tahan aus dengan limbah plastik LDPE menghasilkan nilai stabilitas tertinggi yaitu 298,39 kg/cm². Menurut Setrayani, A. Noor T., dan Janadi, W. (2018), durabilitas campuran beton aspal dapat dinilai dengan menggunakan indeks kekuatan penahan (*retaining strength index/IRS*). Dengan menambahkan limbah plastik pada campuran beton aspal AC-BC dapat diperoleh hasil penghematan 3% dari berat aspal dengan menggunakan serpihan plastik tipe LPDE pada aspal cair pada campuran Aspal Beton (*Laston*). Penambahan serpihan sampah plastik dapat menjelaskan sifat-sifat campuran AC-BC: kestabilan naik, aliran turun, *Marshall Quotient* (MQ) naik, VIM, VMA, dan VFB naik dengan kenaikan efektif. Menurut Zultan M., A., dan Nawir, D., 2019, rongga dalam campuran dapat melebihi 2% dan stabilitas residu *Marshall* dapat melebihi 90%.

Kajian limbah plastik HDPE dipilih karena prevalensinya sebagai jenis kemasan plastik sekali pakai. Selain itu, jumlah sampah plastik HDPE seperti botol sampo, tas belanja, dan botol minuman cukup mudah ditemukan di lingkungan dan sangat sulit terurai secara alami. dan juga. Cairan Asbuton dalam campuran bahan baku AC-BC dan variasi produksi plastik jenis HDPE menjadi fokus penelitian ini, yang dibangun dari penelitian sebelumnya. B. Untuk mengetahui berapa banyak aspal yang harus ada dalam campuran AC-WC ketika ditambahkan Plastik *High Density Polyethylene*.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Aspal Hot mix

Aspal merupakan bahan hidrokarbon yang bersifat adesif, kedap air, viskoelastis, dan berwarna hitam kecoklatan. Mirip dengan aspal, bitumen adalah bahan pengikat yang berfungsi sebagai lapisan permukaan lapisan perkerasan lentur dalam campuran aspal. Aspal dapat dibuat dari minyak bumi atau dari lingkungan. Kisaran penetrasi aspal 60-70 yang

digunakan dalam penelitian ini sesuai dengan iklim panas dan volume lalu lintas sedang hingga tinggi.

Aspal melayani tujuan berikut ketika digunakan sebagai bahan untuk perkerasan jalan:

- a. Pengikat memberi agregat, bitumen lain, dan bitumen ikatan yang kuat.
- b. Bahan pengisi mengisi ruang yang ada antara butiran total dan pori-porinya sendiri.

Pengamatan berikut dilakukan mengenai aspal keras:

1. Penetrasi bahan bitumen (aspal)

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan aspal. Metode pengujian berbasis AASHTO T 49-1989 atau ASTM D 5-86. Dari perspektif teknik, variasi komposisi bahan aspal biasanya tidak diteliti lebih lanjut. Berbagai karakteristik respon bahan aspal dijelaskan dengan beberapa parameter, salah satunya adalah Nilai Penetrasi (PEN). Kedalaman masuk jarum standar dengan timbunan standar 50 gram/100 gram dalam jangka waktu standar 5 detik digunakan untuk menghitung nilai ini, yang menggambarkan kekerasan bahan *black-top* pada suhu standar 25°C. Yayasan Inovasi Bandung, Cabang Perancangan Struktur, Buku Besar Lab Perancangan Jalan, 2001).

2. Titik lembek aspal

Karena aspal dan tar tidak langsung melunak pada temperatur tertentu, pemeriksaan ini dilakukan; sebaliknya, itu terjadi perlahan saat suhu naik. Ketika sebuah bola baja dengan diameter 9,53 milimeter dan berat kurang dari 3,5 gram menekan lapisan aspal atau tar yang digantungkan pada ring dengan ukuran tertentu sehingga aspal menyentuh pelat dasar pada ketinggian tertentu. tinggi karena tingkat pemanasan, suhu menunjukkan titik pengkondisian dalam pemeriksaan ini. Titik lembek aspal masih sama dengan suhu permukaan jalan pada umumnya karena terletak antara 30 dan 200 derajat Celcius. Untuk itu diusahakan antara lain pembuatan *conditioning guide* dengan menambahkan filler pada campuran *black-top*. Batasan yang belum ditetapkan sepenuhnya oleh Bina Marga untuk *black-top* entrance 40 (ring and ball test) adalah minimal 51°C dan batas 63°C, sedangkan titik pengkondisian yang ditentukan untuk infiltrasi 60 adalah minimal 48°C dan a batas 58°C. Prosedur pengujian berdasarkan SK SNI M-20-1990-F, menurut Buku Besar Laboratorium Teknik Jalan, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung, 2001.

3. Titik api dan titik bakar aspal dengan Cleveland Open Cup

Tata cara penentuan titik nyala dan titik bakar aspal keras masing-masing diuraikan dalam SK SNI M-191990-F dan AASHTO T 48-89. 1990 atau ASTM D 92-78. Menurut Bedbook Fasilitas Penelitian Perancangan Jalan, Cabang Perencanaan Struktural, Pendirian Inovasi Bandung, 2001, contohnya adalah hangus, tetapi nyala api terus meningkat di udara pada suhu terendah saat kilat pertama kali terjadi. Titik redup dan tanda terbakar di bagian atas hitam sangat penting karena:

- a. Untuk menunjukkan suhu pemanasan maksimum yang masih dalam batas kerja aman.
- b. Untuk menjamin sifat *black-top* tidak berubah atau rusak saat dipanaskan di atas suhu titik pengapian.

4. Daktilitas aspal

Kemampuan aspal untuk diregangkan hingga panjang tertentu (dalam hal ini 100 sentimeter) tanpa putus merupakan salah satu sifat mekanik yang dipelajari. Jika bahan bitumen tidak pecah setelah menempuh jarak 100 sentimeter, dikatakan memiliki keuletan yang tinggi. Dengan menggunakan mesin penguji, jarak terjauh material bitumen dapat dipanjangkan

dalam dua pengecoran logam sebelum material pecah diperkirakan untuk pemeriksaan ini. Pemeriksaan ini dilakukan pada suhu 25°C dan kecepatan penarikan 5 cm per menit. Teknik pengujiannya adalah SK SNI M 18-1990-F yang didasarkan pada ASTM D 113-79 dan AASHTO T 51-89. Yayasan Inovasi Bandung, Cabang Perancangan Struktur, Buku Besar Lab Perancangan Jalan, 2001).

5. Berat jenis bitumen atau aspal

Berat jenis aspal ditentukan oleh rasio berat aspal terhadap berat air sulingan dalam jumlah yang sama pada suhu tertentu, 25°C atau 15,6°C. Prosedur pengujian berdasarkan SK SNI M-30-1990-F, menurut Buku Besar Laboratorium Teknik Jalan Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung, 2001. Berat jenis aspal atau bitumen dapat dihitung sebagai berikut:

$$BJ = \frac{(C-A)}{(B-A)-(D-C)} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

A menyatakan berat penutup piknometer; B mewakili berat berisi air; C mewakili berat yang diisi aspal; dan D mewakili berat yang diisi air dan aspal.

6. Kehilangan berat akibat pemanasan

Sampel tipis dipanaskan untuk waktu yang telah ditentukan sebelumnya di dalam oven untuk pengujian ini. Untuk menentukan apakah aspal itu lapuk atau mengeras, karakteristik sampel yang dipanaskan akan diperiksa. Besarnya penurunan berat dan perbedaan nilai penetrasi antara sebelum dan sesudah pemanasan menunjukkan kepekaan aspal terhadap cuaca. Aspal dengan ketebalan 3 milimeter dipanaskan hingga 163 derajat *Celcius* selama lima jam dalam oven dengan pelat berdiameter 25 sentimeter yang digantung oleh poros vertikal yang dapat berputar dengan kecepatan 5 hingga 6 putaran per menit. Prosedur pengujian ini adalah SK SNI M-29-1990-F, sebagaimana tercantum dalam Buku Besar Laboratorium Rekayasa Jalan, Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung, 2001.

Tabel 1. Spesifikasi/Ketentuan Untuk Aspal Pen 60/70

No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Aspal Pen 60/70
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60-70
2	Viskositas Dinamis 60°C (Pa.s)	SNI 06-6441-2000	160-240
3	Viskositas Kinematis 135°C (cSt)	SNI 06-6441-2000	≥300
4	Titik Lembek (°C)	SNI 2434-2011	≥48
5	Daktalitas pada 25°C (Cm)	SNI 2432-2011	≥100
6	Titik Nyala (°C)	SNI 2433-2011	≥232
7	Kelarutan dalam <i>Trichlorochylene</i> (%)	AASHTO T44-03	≥99
8	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥1.0
9	Stabilitas penyimpanan: perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976 part 6.1	-

2.2. Plastik *High Density Polyethylene* (HDPE)

Melihat budaya berlebihan yang ada di masyarakat kita, pemanfaatan plastik sebagai bahan pembungkus makanan pada dasarnya karena kelebihanannya yaitu bentuknya yang mudah beradaptasi sehingga efektif mengikuti keadaan kemasan makanan, ringan, tidak mudah pecah. , sederhana/bening, diberi nama dengan mudah dan dibuat dalam warna yang berbeda, dapat diproduksi dengan efisien, biayanya cukup rendah dan ada berbagai jenis pilihan bahan dasar plastik.

Selain aspal sebagai komponen utama, plastik HDPE juga digunakan dalam penelitian ini. Menurut Aliyah Maulida (2014), senyawa HDPE memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

- a. Aspal memiliki titik leleh 260 derajat Celcius
- b. Suhu gelas (T_g) adalah 75 derajat Celcius
- c. Kekuatan Tarik: antara 55 dan 75 Mpa
- d. Modulus Young (E) adalah antara 2800 dan 3100 MPa
- b. $\pm 1,4 \text{ g/cm}^3$: HDPE amorf memiliki kerapatan $1,370 \text{ g/cm}^3$ dan HDPE kristal memiliki kerapatan $1,455 \text{ g/cm}^3$.
- c. Batas elastisitas antara 50 dan 150
- d. g, dan penyerapan air (ASTM) adalah 0,16
- e. h. HDPE lebih unggul karena ketahanan benturannya yang tinggi, kekakuan mekanis (kekuatan), dan stabilitas dimensi yang baik.
- i. Asam sulfat, asam nitrat, trifluoroasetat, fenol, metakresol, dan tetrakloroetana semuanya mudah larut dalam HDPE.

2.3. Lapis Aspal Beton atau Laston, *Asphalt Concrete Wearing course* atau AC-WC

Bahan bitumen dan agregat dicampur terus menerus menjadi beton aspal, juga dikenal sebagai beton aspal. Kekuatan utama beton aspal adalah keadaan saling mengunci butiran agregat dan sedikit pasir, bahan pengisi, dan bitumen dalam bentuk mortar. Beton aspal adalah campuran agregat dan aspal untuk jenis perkerasan jalan ini, dengan atau tanpa bahan pengisi. Aspal berperan sebagai perekat atau pengikat antar partikel agregat, dan agregat berperan sebagai penguat. Sifat mekanik aspal dalam campuran aspal ditentukan oleh proporsi dan kohesi bahan penyusunnya. Gradasi, tekstur permukaan, bentuk butir, dan ukuran maksimum agregat semuanya mempengaruhi kekuatan fraksi agregat yang saling bertautan. Sedangkan karakteristik aspal memberikan sifat kohesif. Sebelum diangkat ke lokasi, komponen beton aspal dicampur pada suhu tertentu di pabrik pencampur sebelum dihampar dan dipadatkan. Temperatur pencampuran ditentukan oleh jenis aspal yang akan digunakan. *Hotmix* adalah nama campuran ini.

Blacktop campuran besar terdiri dari pengisi dan berbagai ukuran total. Campuran perkerasan adalah campuran bahan pengisi yang membantu mengurangi rongga udara dan meningkatkan stabilitas campuran, sehingga mengandung bahan pengisi yang sangat sedikit. Campurannya akan sangat kaku, mudah retak, dan membutuhkan banyak bitumen untuk bekerja dengan sebagian besar isian. Sebaliknya, karena tidak ada campuran bahan pengisi, jalan menjadi bergelombang karena sangat lentur dan mudah berubah bentuk oleh roda kendaraan.

Campuran Laston (AC) memiliki sifat-sifat sebagai berikut: *Laston Layer Foundation* (AC-BASE), *Laston Layer Aus* (AC-WC), dan *Laston Layer Between* (AC-BC). Agregat dalam setiap campuran dapat berukuran hingga 19 mm, 25 mm, dan 37,5 mm. yang ditampilkan pada tabel 2 berikut ini:

Tabel 2 Peraturan Sifat-sifat Campuran *laston* (Ac)

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		AC-WC	AC-BC	Ac-Base
Jumlah Tumbukan Perbidang	Min	75		
	Maks	112		
Rongga Dalam Campuran (%)	Min	3.0		
	Maks	5.0		
Rongga Dalam Agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (VFB) (%)	Min	65	65	65
Stabilitas Marshall (Kg)	Min	800		
	Maks	1800		
Pelelehan (mm)	Min	2		
	Maks	3		
		4		
		6		

(Sumber: Ditjen Bina Marga, 2018)

3. METODE PENELITIAN

3.1. Umum

Tinjauan ini menggunakan cara eksplorasi untuk menangani jumlah tes yang akan dicoba untuk menentukan bahan black-top (KAO) yang ideal ketika plastik HDPE ditambahkan.

3.2. Lokasi Penelitian

Penelitian ini akan berlangsung di Palembang di Laboratorium Universitas Tridianti. digunakan di laboratorium PT untuk pengujian material yang terbuat dari agregat kasar dan agregat halus, serta pembuatan dan pengujian sampel bricket AC-WC Laston yang terbuat dari plastik HDPE. Karya Triyasa Mandiri, Kabupaten Musi Rawas, Provinsi Sumatera Selatan

3.3. Alat dan Bahan Penelitian

Secara umum pengujian *Marshall*, *Aggregate*, dan *Asphalt* dalam penelitian ini menggunakan peralatan laboratorium dasar. Batu pecah berukuran 5 s/d 10 milimeter, 10 s/d 20 milimeter, dan agregat halus dari alat pemecah abu batu saja merupakan agregat kasar dan halus yang diperlukan untuk penelitian ini. Tambang batu di desa memasok bahan-bahan ini. Penelitian ini menggunakan aspal penetrasi 60/70 di *Blumay*, Kecamatan Padang Ulak Tanding, Provinsi Bengkulu. Plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) ditambahkan ke total penggunaan aspal sebagai bahan tambahan. Ukuran penyajian *Plastic High Density Polyethylene* (HDPE) adalah 10 hingga 12 milimeter, dan sudah dicacah dalam mesin pencacah plastik.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data penelitian pengaruh penambahan plastik HDPE pada campuran Laston AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing course*) meliputi pengujian sifat agregat (agregat kasar dan halus) serta sifat aspal. dan produksi DMF (*Design Mix Formula Asphalt Concrete – Wearing course*) di laboratorium mandiri Universitas Tridianti guna mencapai KAO (*Optimal Asphalt Content*). Berdasarkan kajian ini, nilai sebenarnya dari AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing course*) adalah bagaimana KAO dipadukan dengan plastik HDPE dengan rasio HDPE 0,50 persen; Setelah lolos uji ini dan mendapatkan nilai KAO, dilakukan penelitian untuk melihat bagaimana pengaruh penambahan plastik HDPE pada Campuran Laston 1,00% dan 1,50% terhadap hasil.

4.1. Pengujian Aspal Propertis ditambah Plastik HDPE

Pengujian Aspal Propertis meliputi berbagai pengujian yaitu:

A. Penetrasi pada suhu 25°C (0,1 mm) (SNI 06-2456-1991); B. Titik Pelunakan (°C); C. Daktilitas pada 25°C (cm); D. Titik nyala (oC); e. Kelarutan dalam *Trichlorochylene* (persen) (SNI 2438-2015); F. Berat Jenis (SNI 2441:2011).

Aspal yang digunakan memiliki penetrasi 60 hingga 70, dan biasanya digunakan di daerah dengan lalu lintas sedang hingga tinggi dan iklim panas. Berikut adalah tabel 3 yang menampilkan hasil pengujian aspal:

Tabel 3 Hasil Pengujian Sifat Fisik Aspal

No	Jenis Pemeriksaan	Unit	Metode Uji	Aspal Curah	Aspa+ HDPE 0,50%	Aspal + HDPE 1,00%	Aspal + HDPE 1,50%	Spesifikasi Min
1	Penetrasi 25 0C	0,1 mm	SNI 2456-1991	62,25	62,25	60,08	58,67	60
2	Titik Lembek	0C	SNI 2434-2011	52,3	49,5	47,2	45,0	48
3	Berat Jenis		SNI 2441:2011	1,030	1,044	1,078	1,088	1,0
4	Daktalitas	cm	SNI 2432-2011	158	125	98	95	100
5	Titik Nyala	0C	SNI 2433-2011	264	266	265	267	232
6	Kelarutan	%	SNI 2438-2015	99,79	99,67	99,66	98,29	99

4.2. Pengujian Agregat Kasar dan Agregat Halus

Fine aggregate in the form of crushed stone ash and coarse aggregate in the form of crushed stone are the aggregates used in this study. Using the Indonesian National Standard (SNI), both fine and coarse aggregates were subjected to testing in this study. Table 4 shows the results of the material test:

Tabel 4 Hasil Pengujian Material Agregat Halus dan Kasar

No.	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi
1	Abrasi	%	23.59	< 25 < 40
2	Soudness Sodium	%	6.34	< 12
	Magnesium	%	8.85	< 18
3	Kotoran Organik		No.1	< 3
4	Nilai Setara pasir	%	87.01	> 65
5	Partikel pipih	%	8.18	< 10
6	Partikel lonjong	%	6.81	< 10
7	Material lolos saringan no 200	%	1.78	< 2
8	Plastisitas Indeks	%	Non plastis	< 6
9	Liquid Limit	%	Non plastis	< 25

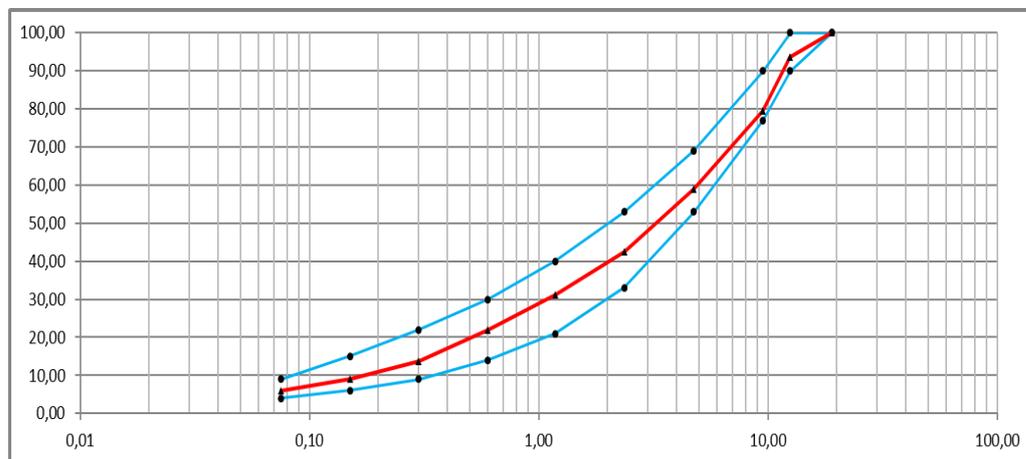
Dari pengamatan hasil pengujian dari agregat halus dan kasar pada tabel 4 diatas dapat kita simpulkan semua dari pengujian memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 agregat kasar dan halus.

4.3. Rancangan Campuran/ Design Mix Formula (DMF)

Untuk menentukan Kandungan Aspal Optimum (KAO) yang diturunkan dari komposisi dasar, Marshall menggunakan standar spesimen untuk mengukur stabilitas campuran, timbal (aliran), dan karakteristik. Penelitian ini menemukan bahwa Aus Beton Aspal Campuran (AC-WC) dan KAO memiliki variasi kadar aspal masing-masing 4,5 orang; 5%; 5,5%; 6%; 6,5%.

Tabel 5 Komposisi Campuran Benda Uji

No.	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi
1	Abrasi	%	23.59	< 25 < 40
2	Soudness Sodium	%	6.34	< 12
	Magnesium	%	8.85	< 18
3	Kotoran Organik		No.1	< 3
4	Nilai Setara pasir	%	87.01	> 65
5	Partikel pipih	%	8.18	< 10
6	Partikel lonjong	%	6.81	< 10
7	Material lolos saringan no 200	%	1.78	< 2
8	Plastisitas Indeks	%	Non plastis	< 6
9	Liquid Limit	%	Non plastis	< 25



Gambar 1. Grafik Komposisi Kombinasi Campuran Benda Uji

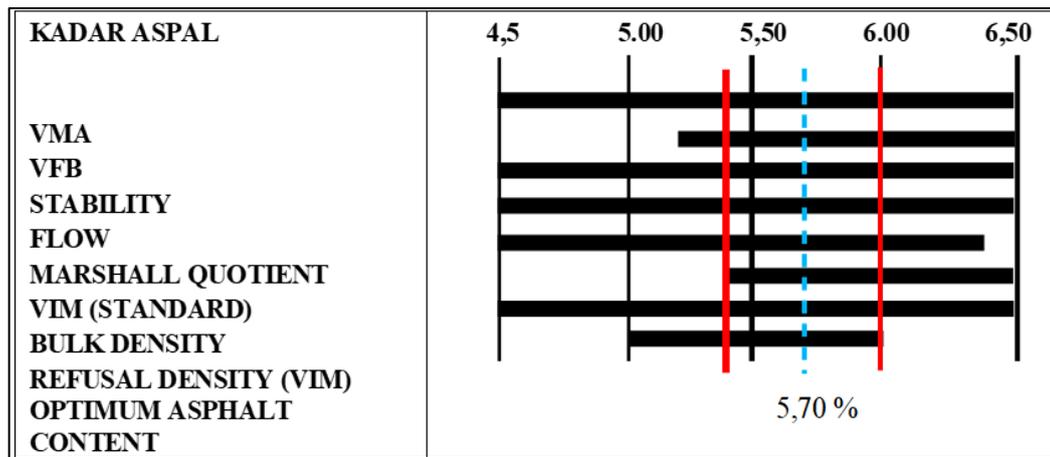
Butir-butir tes standar tercantum pada Tabel 6 sebagai hasil temuan tes Marshall:

Tabel 6 Hasil Pengujian Marshall Benda Uji Standar

Karakteristik Campuran	Satuan	Kadar Aspal				
		4, 5%	5,0%	5,5%	6,0%	6, 5%
VMA	%	15,03	14,99	15,13	15,76	16,85
VIM	%	7,01	5,80	4,78	4,32	4,39
VFB	%	53,39	61,28	68,38	72,59	73,95
Stabilitas	kg	1050	1175	1310	1242	1028
Flow	mm	2,20	2,80	3,20	3,60	3,85
Marshall Quotient	kg/mm	479	420	410	346	267

Hasil benda uji Marshall berdasarkan standar *General Highways Specification Division VI* Revisi 3 Tahun 2018, yang memuat informasi tentang sifat-sifat *Laston Mixture (Ac)*. Memanfaatkan grafik

regresi hubungan antara kadar aspal dan karakteristik campuran aspal untuk menentukan kadar aspal optimal (KAO).



Gambar 2. Diagram Batang Kadar Aspal Optimum

Pengujian Marshall terhadap benda uji di atas menunjukkan bahwa kadar aspal optimal (KAO) adalah 5,70 persen jika dilihat dari grafik regresi hubungan antara kadar aspal dengan karakteristik campuran beraspal. Oleh karena itu, untuk mengetahui pengaruh penggunaan plastik HDPE pada beton lapis AC-WC yang mengandung campuran aspal dengan kadar aspal optimal (KAO) sebesar 5,70 persen untuk setiap variasi campuran plastik HDPE; Hasil Pengujian Desain Campuran Beton Aspal Laston - Lapisan Aus, masing-masing 1,00% dan 1,50% dari berat total campuran beton lapis aspal AC-WC.

4.4. Hasil pengujian campuran (AC-WC) KAO Terhadap Plastik HDPE

Dalam studi ini, hingga 0% dari totalnya terbuat dari plastik HDPE; 0,50%; 1,00% dan 1,50% dari seluruh campuran batako aspal AC-WC. Prosedur pengujian ini berdasarkan SNI 06-2489-1991 yang tertera pada halaman 35. Juga mengacu pada standar Spesifikasi Jalan Raya Umum Divisi VI 2018, Revisi 3 dengan ketentuan Sifat Campuran Laston (Ac) pada tabel 2.5 , yang terletak pada halaman 13, dan perhitungan berat pembuatan bricket Marshall terdapat pada Lampiran D. Pengujian Marshall meliputi pengujian nilai karakteristik Marshall. Hasil perhitungan nilai karakteristik Marshall direndam dalam air selama tiga puluh menit. Informasi yang digunakan untuk menentukan harga merek dagang Marshall adalah nilai tipikal dari ketiga contoh pada masing-masing jenis Plastik HDPE yang ditampilkan pada tabel 4 terlampir:

Tabel 7 Karakteristik Marshall KAO dengan penambahan plastik HDPE

Karakteristik	Satuan	Persen Plastik HDPE			
		KAO	0,50%	1,00%	1,50%
Campuran					
VIM	%	4,77	4,91	5,31	5,68
VMA	%	15,51	15,64	15,99	16,33
VFB	%	69,274	68,616	66,809	65,199
Stabilitas	Kg	972	1073	1202	1366
Flow	Mm	3,17	3,33	2,97	2,33
Marshall Quotient	kg/mm	307	323	406	588

Pembacaan tabel di atas menunjukkan bahwa nilai VIM memenuhi persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2018 minimal 3% sampai 5%, khususnya pemanfaatan seluruh variasi Plastik HDPE 1,00% dan 1,50%. Ketika plastik HDPE digunakan, nilai VIM dapat naik di atas tingkat yang disyaratkan. Namun, persyaratan minimum 15% dipenuhi oleh semua variasi skor VMA. Pemanfaatan plastik HDPE berdampak pada penurunan nilai VFB. Nilai VFB pada tabel di atas memenuhi syarat minimal 65%. Pada variasi 0,50%, 1,00% dan 1,50% nilai keamanan Marshall juga meningkat dari KAO ketika plastik HDPE digunakan. Nilai flow memenuhi persyaratan minimum 2 mm, meskipun nilai leleh (aliran) cenderung menurun. Sementara variasi campuran plastik HDPE 1,50 persen dan 0,50 persen terlihat peningkatan nilai fleksibilitas (MQ) yang signifikan dari KAO. Uji karakteristik Marshall AC-WC (KAO) dengan plastik HDPE sebagai bahan tambahan dirinci dalam Lampiran D pengujian.

4. KESIMPULAN

- a. Nilai stabilitas Marshall meningkat dari KAO pada variasi 0,50%, 1,00%, dan 1,50% ketika menggunakan plastik HDPE, menurut temuan penelitian. Nilai flow memenuhi persyaratan minimum 2 mm, meskipun nilai leleh (aliran) cenderung menurun. Variasi campuran plastik HDPE 1,50% terlihat peningkatan fleksibilitas (MQ) yang signifikan dari KAO, sedangkan variasi campuran plastik HDPE 0,50% dan 1,00% tidak ada perubahan.
- b. Menurut KAO, 5,70% aspal adalah persentase ideal. penggunaan plastik HDPE dalam campuran aspal beton lapis AC-WC, dengan KAO 5,70 persen untuk setiap variasi plastik HDPE 0,5 persen; Hasil Uji Desain Campuran Beton Aspal dengan Lapis Keausan masing-masing 1,00% dan 1,50% dari berat total campuran beton lapis aspal AC-WC.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO.1978. Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing. Washington, D.C.
- ASTM D-1075. 2010. Standard Test Method for Effect of Water on Compressive Strength of Compacted Bituminous Mixtures. United States.
- David W. Oxtoby, dkk, 2008. Prinsip-prinsip Kimia Modern, Edisi Keempat Jilid Dua. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1999. Perencanaan Campuran Beraspal Dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2018. Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan, Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, Badan Penelitian dan Pengembangan, Jakarta.
- Kurniawan, E. dan Nasrun, 2014. Karakterisasi Bahan Bakar Dari Sampah Plastik Jenis High Density Polyethelene (HDPE) Dan Low Density Polyethelene (LDPE). Jurnal Teknologi Kimia Unimal 3 : 2(November 2014), hal. 41-52. E-ISSN 2580-5436
- R. Anwar Yamin, Siegfried, 2012. Penanganan Dan Pemanfaatan Agregat Lokal Dan Substandard Untuk Pengerasan Jalan. Pustlitbang Jalan dan Jembatan, Jakarta.
- R. Anwar Yamin, 2002. *Petunjuk Umum, Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas*. Pustlitbang Prasarana Transportasi, Jakarta.
- Zultan M., A., 2017, "Analisis Karakteristik Campuran Aspal Beton (AC-BC) Dengan Penambahan Serpih Sampah Plastik" dalam Prosiding Simposium Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi ke-20 (Universitas Hasanuddin, Makassar, 4 – 5 November 2017)
- Zultan M., A., Bakri, M. D., Nawir, D., 2018, "Karakteristik Aspal Beton (AC-BC) Pada Material Daur Ulang Menggunakan Pasir Pantai Dengan Penambahan Serpih Sampah Plastik" dalam Prosiding Simposium Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi ke-20 (Universitas Brawijaya, Malang, 19 – 20 Oktober 2018)