

DURABILITAS CAMPURAN LASTON AC-WC DI SUBSTITUSI DENGAN CAMPURAN LIMBAH PLASTIK LDPE, PP, PS

Nopolion Eka Putra¹, Elsa Eka Putri^{1*}, Purnawan¹

¹) Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas
Limau manis, Kec.Pauh, Kota Padang 25175,

*) email: elsaeaka@eng.unand.ac.id

Diterima : 27 Oktober 2022
Direvisi : 18 November 2022

Disetujui : 22 November 2022
Diterbitkan : 30 November 2022

Abstract: One of the problematic factors of damage to asphalt roads is caused by waterlogging as well as overloading. Meanwhile, asphalt road pavement remains the more economical choice today. However, 75% of the domestic asphalt demand is still imported. On the other hand, there is the problem of increasing piles of low-value plastic waste. Meanwhile, there is a similarity between the chemical elements of plastic with asphalt. Previous research has shown that it is possible to use waste plastics in asphalt pavements to improve road pavement performance and road service life. This research was conducted to determine the effect of water on the stability of AC-WC hot mix which was substituted by using a collaborative mixture of plastic waste (40% LDPE, 30% PP, 30% PS) as a substitute for asphalt, using the dry mixing method. The variations of plastic waste used were 0%, 8%, 10%, 12%, 14% by weight of asphalt. The research implementation consisted of examining the characteristics of the materials and hot mix asphalt AC-WC, designing aggregate gradations, marshall testing to determine the optimum asphalt content, and marshall testing to determine the optimum plastic content. From the mixture of Optimum Plastic Content obtained, it was continued to measure the effect of water immersion with variations in immersion time of 30 minutes, 24 hours, 48 hours, 72 hours, 96 hours at a temperature of 60°C on the stability and durability of asphalt mixture modified plastic waste. Mixed durability index review based on Index of Retained Stability (IRS) indicators, First Durability Index (IDP), Second Durability Index (IDK), and Retained Marshall Stability (RMS). From the research, it was found that the greater the percentage of substitution with the collaboration plastic waste mixed with LDPE, PP, PS in the AC-WC laston mixture, the marshall stability value increased. At the optimum asphalt content of 6.3% with the addition of 10% LDPE, PP, PS produces the highest stability value and the MQ, VIM, VFB, VMA values were still within tolerance limits. The optimal percentage of plastic substitution is obtained at 10% by weight of asphalt. At the optimal plastic percentage, the Index of Retained Stability (IRS) at 24 hours of immersion time is 94.64% greater than the 90% required by Binamarga and retained marshall stability (RMS) was 87.40% at 96 hours of immersion duration.

Keywords : AC - WC, Plastic waste, Durability.

Abstrak: Salah satu faktor permasalahan kerusakan jalan beraspal disebabkan oleh genangan air serta faktor beban berlebih. Sementara itu, perkerasan jalan beraspal masih tetap menjadi pilihan yang lebih ekonomis sampai saat ini. Namun, 75% kebutuhan aspal dalam negeri masih diimpor. Di sisi lain, adanya masalah jumlah tumpukan limbah plastik yang bernilai rendah yang terus bertambah. Sementara itu, adanya kesamaan unsur kimia plastik dengan aspal. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa dimungkinkan untuk menggunakan limbah plastik di perkerasan aspal untuk meningkatkan kinerja perkerasan jalan dan umur pelayanan jalan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh air terhadap stabilitas campuran panas AC-WC yang disubstitusi dengan menggunakan kolaborasi campuran limbah plastik (40% LDPE, 30% PP, 30% PS) sebagai pengganti aspal, dengan metode pencampuran kering. Variasi limbah plastik yang digunakan adalah 0%, 8%, 10%, 12%, 14% terhadap berat aspal. Pelaksanaan penelitian terdiri atas pemeriksaan karakteristik bahan dan campuran panas aspal AC-WC, perancangan gradasi agregat, pengujian marshall untuk penentuan kadar aspal optimum, dan pengujian marshall untuk penentuan kadar plastik optimum. Dari campuran Kadar Plastik Optimum yang didapat dilanjutkan mengukur pengaruh rendaman air dengan variasi waktu rendaman 30 menit, 24 jam, 48 jam, 72 jam, 96 jam pada suhu 60°C terhadap stabilitas dan durabilitas campuran aspal modifikasi limbah plastik. Tinjauan indeks durabilitas campuran berdasarkan indikator Index of Retained Stability (IRS), Indeks Durabilitas Pertama (IDP), Indeks Durabilitas Kedua (IDK), dan Nilai Absolut Ekuivalen Kekuatan Tersisa (RMS). Dari penelitian didapatkan semakin besar persentase substitusi dengan limbah plastik kolaborasi campuran LDPE, PP, PS pada campuran laston AC-WC semakin meningkat nilai stabilitas marshall. Pada kadar aspal optimum 6,3% dengan penambahan 10% LDPE, PP, PS menghasilkan nilai stabilitas tertinggi dan nilai MQ, VIM, VFB, VMA yang

masih batas toleransi. Persentase substitusi plastik optimal diperoleh 10% dari berat aspal. Pada persentase plastik optimal diperoleh Index of Retained Stability (IRS) pada waktu rendaman 24 jam 94,64% lebih besar dari 90% yang disyaratkan Binamarga dan nilai absolut ekuivalen kuat tahanan sisa (RMS) 87,40 % pada durasi perendaman 96 jam.

Kata kunci : AC - WC, Limbah plastik, Durabilitas.

1. PENDAHULUAN

Kualitas bahan dan standar teknis dalam pelaksanaan akan berpengaruh terhadap mutu campuran beraspal. Pemerintah melalui Kementerian Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat telah menentukan syarat tentang kualitas bahan dan standar teknis campuran beraspal [1]. Rendahnya mutu bahan serta pelaksanaan tidak memenuhi standar merupakan salah satu faktor penyebab kerusakan jalan [2]. Faktor lain seperti kelebihan beban jalan [3]. Faktor kondisi iklim seperti tingginya curah hujan sehingga sering menyebabkan genangan di permukaan jalan [4]. Kondisi diperburuk oleh sistem drainase jalan kurang handal. Dilaporkan pasca banjir sepuluh titik jalan rusak di Bekasi, kerusakan seperti lobang dan terkelupas aspalnya [5]. Ketika ikatan aspal terhadap agregat longgar karena terendam air dan saat itu ada kendaraan lewat dengan beban besar akan merusak ikatan permukaan jalan tersebut. Perkerasan lentur masih tetap menjadi pilihan yang lebih ekonomis sampai saat ini, sementara itu 75% nya untuk memenuhi kebutuhan aspal minyak dalam negeri masih diimpor [6].

Di sisi lain masalah sampah plastik di Indonesia sudah menjadi sorotan publik. Berdasarkan ukuran populasi jarak 50 km dari pantai, sistem pengelolaan limbah, status ekonomi, Indonesia sebagai negara peringkat kedua dunia setelah China dengan tingkat pencemaran sampah plastik ke laut sekitar 0,48-1,29 juta ton/tahun [7]. Di dalam studi [8] menyebutkan puing puing plastik di laut itu 20% berasal dari berbasis laut seperti kapal penangkap ikan dan 80% berasal dari sumber basis daratan, yang 75% nya berasal dari sampah yang tidak terpungut dan 25% dari sistem resmi pengelolaan sampah perkotaan. Upaya daur ulang saja tidaklah cukup untuk mengurangi kebocoran sampah plastik ke lautan, tercatat hanya 18% plastik yang bernilai tinggi untuk didaur ulang seperti plastik jenis PET, HDPE, 82% nya bernilai menengah dan rendah seperti jenis LDPE, PS, PP, PVC. Plastik yang memiliki nilai menengah dan rendah yang lebih mungkin masuk kelaut [8]. Permasalahan tumpukan limbah plastik yang bernilai rendah ini terus meningkat setiap tahunnya dan limbah plastik ini sulit terurai di alam, membutuhkan waktu ratusan tahun. Pencemaran sampah plastik di laut merupakan tantangan global, solusinya membutuhkan tindakan pada tingkat lokal [8].

Plastik jenis LDPE, PP, PS ini mempunyai sifat

thermal, jika dipanaskan melunak pada suhu rata rata antara 100° -160°C tanpa menghasilkan gas, pada suhu antara 270°-350°C membusuk melepaskan gas metana, etana, dan suhu diatas 700°C mengalami pembakaran dan menghasilkan gas CO dan CO₂ [9]. Metode penambahan limbah plastik pada campuran aspal diantaranya proses basah yaitu mencampurkan limbah plastik dengan aspal panas diaduk secara homogen dan proses kering yaitu mencampurkan limbah plastik dengan agregat yang terlebih dahulu dipanaskan kemudian ditambahkan dengan aspal panas [10]. Pada proses kering penambahan plastik dilakukan pada agregat yang telah dipanaskan sampai suhu 140°-160°C akan menghasilkan lapisan tipis di permukaan agregat, setelah itu ditambahkan aspal panas suhu 160°C dan ketika aspal di campur dengan agregat yang sudah terlapis plastik, sebagian aspal berdifusi melalui lapisan plastik dan mengikat dengan agregat [9].

Berbagai macam modifikasi untuk memenuhi kriteria campuran lapisan perkerasan jalan yang diinginkan dengan memanfaatkan limbah plastik terus dilakukan oleh peneliti [9], [11]-[17]. Jenis plastik LDPE seperti kantung kresek, plastik es batu, jenis plastik PP sejenis bungkus mi instan, bungkus kemasan bubuk kopi instan, bungkus ma-kanan ringan instan, jenis plastik PS semacam tempat ma-kanan styrofoam, tempat minuman sekali pakai styrofoam. Pada prakteknya semua limbah plastik tersebut sulit untuk dipilah pilah untuk memisahkan dalam proses pengolahannya, jika digunakan satu jenis tipe saja seperti penggunaan jenis LDPE saja, jenis PP saja atau PS saja pada penggunaan campuran perkerasan jalan dalam skala besar.

Dari permasalahan yang disebutkan di atas dan potensi limbah plastik secara teknis memungkinkan untuk melakukan penelitian memodifikasi campuran laston dengan mensubstitusi limbah plastik yang bernilai rendah. Penelitian ini diberi judul “Durabilitas Campuran Laston AC – WC di Substitusi Dengan Campuran Limbah Plastik LDPE, PP, PS”. Metode pencampuran limbah plastik ke campuran laston menggunakan metode kering.

Perbedaan dengan penelitian terdahulu [18][9][16][19][14], penelitian ini menggabungkan tiga limbah plastik dalam satu campuran dengan komposisi 40% LDPE, 30% PP, 30% PS untuk mensubstitusi campuran laston.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh rendaman air pada campuran laston (AC-WC) modifikasi limbah plastik pada campuran kadar plastik optimum terpilih, dengan variasi waktu rendaman 30 menit, 24 jam, 48 jam, 72 jam, 96 jam.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di laboratorium transportasi Universitas Andalas, dengan menggunakan desain pencampuran aspal panas *Asphalt Concrete - Wearing Course* (AC-WC) yang mengacu kepada spesifikasi umum Binamarga 2018 divisi 6. Pengujian material aspal dan agregat mengacu kepada Standar Nasional Indonesia (SNI) dan prosedur sample dan tes *Marshall* mengacu ke *American of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO), *American Society for Testing and Materials* (ASTM).

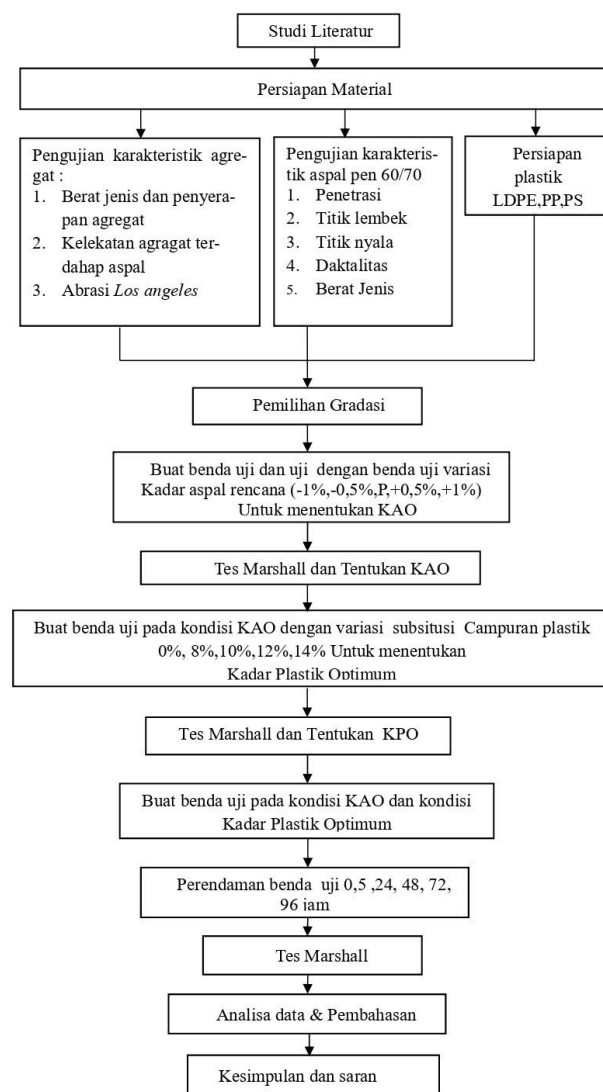
Penelitian ini menggunakan dua jenis data, yaitu data sekunder berupa data berat jenis plastik LDPE, PP, PS yang didapat dari penelitian terdahulu[20] dan data primer yang didapat dari penelitian di laboratorium. Tahapan alir penelitian di sajikan pada **Gambar 1**.

Pengujian dilakukan secara bertahap, yaitu pengujian bahan agregat kasar dan halus, aspal serta untuk bahan plastik LDPE, PP, PS dilakukan pemeriksaan bahan plastik lolos ayakan 19 mm dan tertahan saringan 4,74 mm, perancangan gradasi, pengujian *Marshall*, pengujian durabilitas dengan metode perendaman.

Pengujian laboratorium dilakukan terhadap agregat kasar dan halus. Pengujian abrasi dengan mesin *Los Angeles* dengan standar metode pengujian SNI-2417-2008, pengujian kelekatan agregat dengan aspal dengan standar metode pengujian SNI - 2439-2011, pengujian penyerapan air agregat kasar dan berat jenis agregat kasar dengan standar metode pengujian SNI - 1969 - 2008, pengujian penyerapan air agregat halus dan berat jenis agregat halus dengan standar metode pengujian SNI-1970- 2008.

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini produk Shell dengan penetrasi 60/70. Pemeriksaan karakteristik aspal dilakukan berbagai jenis pengujian. Pengujian penetrasi dengan standar metode pengujian SNI-2456-2011, pengujian titik lembek dengan standar metode pengujian SNI-2434-2011, daktalitas dengan standar metode pengujian SNI-2432-2011, titik nyala dengan standar metode pengujian SNI-2433-2011, berat jenis dengan standar metode pengujian SNI-2441-2011.

Gradasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah gradasi menerus berdasarkan nilai tengah dari dari spesifikasi teknis Bina Marga 2018 divisi 6 seperti yang diperlihatkan pada **Tabel 1**.



Gambar 1 . Bagan alir penelitian

Tabel 1 . Rancangan gradasi campuran AC-WC

Ukuran ayakan		% berat lolos	Spesifikasi
ASTM	(mm)	Rancangan campuran	AC -WC
3/4"	19	100	100
1/2"	12,5	93,2	90 – 100
3/8"	9,5	85,2	77 – 90
#4	4,75	63	53 – 69
#8	2,36	44,6	33 – 53
#16	1,18	31,5	21 – 40
#30	0,6	23,7	14 – 30
#50	0,3	15,8	9 – 22
#100	0,15	8,9	6 – 15
#200	0,075	5,8	4 - 9

Sumber: Data penelitian

Tahap pertama membuat 15 buah benda uji, masing masing tiga benda uji untuk satu variasi kadar aspal un-

tuk menentukan kadar aspal optimum. Suhu pencampuran pembuatan benda uji 155 ± 1 (°C) dan suhu pemadatan 145 ± 1 (°C). Benda uji dibuat dengan 2 x 75 tumbukan. Pengujian *Marshall* untuk menentukan stabilitas, kelelahan, hasil bagi *Marshall*. Rongga dalam campuran (*VIM*), volume rongga dalam mineral agregat (*VMA*), rongga terisi aspal (*VFB*), di hitung dari persamaan volumetrik.

Tahap kedua setelah didapatkan kadar aspal optimum maka dilakukan pembuatan benda uji pada kadar aspal optimum sejumlah 15 buah benda uji, masing masing tiga benda uji untuk satu variasi kadar plastik. Variasi penambahan komposisi limbah plastik yaitu 0%, 8%, 10%, 12%, 14% dari berat aspal untuk menggantikan berat aspal, dengan metode pencampuran kering yaitu dengan mencampurkan plastik pada agregat yang telah dipanaskan terlebih dahulu sampai suhu 155°C - 160°C , setelah itu dicampurkan dengan aspal panas yang terlebih dahulu dipanaskan suhu 155 ± 1 (°C), suhu pemadatan 145 ± 1 (°C). Benda uji dibuat dengan 2x75 tumbukan. Dari hubungan antara kadar plastik dengan parameter *Marshall* dapat ditentukan kadar plastik optimum.

Tahap ketiga setelah didapatkan kadar plastik optimum pada kadar aspal optimum dilakukan pembuatan benda uji kadar plastik optimum terpilih. Jumlah benda uji 15 buah, masing masing tiga benda uji untuk satu waktu perendaman. Benda uji direndam dalam *water bath* yang mempunyai temperatur 60°C selama 0,5 jam, 24 jam, 48 jam, 72 jam, 96 jam. Setelah itu dilakukan tes *Marshall* pada setiap sesi waktu lama perendaman. Selanjutnya perhitungan indek stabilitas sisa menggunakan persamaan dari Bina Marga, indek durabilitas pertama dan indek durabilitas kedua di hitung dengan persamaan dari Craus, J 1981[21].

3. HASIL PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Sebagian besar dari hasil pengujian karakteristik agregat telah memenuhi syarat yang ditentukan, kecuali penyerapan agregat halus yang tidak memenuhi syarat, dengan hasil yang diperoleh 4,384% lebih besar standar spesifikasi yaitu 3%, seperti yang terlihat di **Tabel 2**.

Hasil Pengujian Karakteristik Aspal

Dari hasil pengujian aspal dapat dinyatakan bahwa aspal yang akan digunakan telah memenuhi semua persyaratan yang ditentukan, seperti pada **Tabel 3**.

Hasil Persiapan Limbah Plastik

Berat jenis gabungan plastik LDPE, PP, PS dihitung dari data berat jenis masing masing plastik yang diperoleh dari data penelitian[20].

Tabel 2. Hasil pengujian karakteristik agregat

No	Jenis pengujian	Nilai gujian	pen- Persyaratan
a	Agregat kasar		
1	Penyerapan	0,560%	<3 %
2	a. Berat jenis bulk	2,564	
	b. Berat jenis SSD	2,578	
	c. Berat jenis semu	2,601	
3	Abrasi	24,93 %	<30%
4	Kelekatan agregat dengan aspal	95 %	>95%
b	Agregat halus		
1	Penyerapan	4,384%	<3 %
2	a. Berat jenis bulk	2,643	
	b. Berat jenis SSD	2,759	
	c. Berat jenis semu	2,990	

Sumber: Hasil pengolahan data

Tabel 3. Hasil pengujian karakteristik aspal

No	Jenis pengujian	Nilai gujian	pen- Persyaratan
1	Penetrasi 25°C (0,01)	66,1	60 -70
2	Titik lembek (°C),	58	≥ 48
3	Daktalitas	100	≥ 100
4	Titik nyala	237°	$>232^{\circ}$
5	Berat jenis	1,035	$\geq 1,0$

Sumber: Hasil pengolahan data

Tabel 4. Hasil berat jenis plastik

No	Jenis plastik	Berat jenis	% kompo- sisi	Berat jenis gabungan
1	LDPE	0,91 – 0,93	40%	0,935
2	PP	0,85 – 0,83	30%	
3	PS	1,05	30%	

Sumber: Hasil pengolahan data

Hasil Pengujian *Marshall* untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Berdasarkan hasil pengujian *Marshall* dengan variasi kadar aspal rencana diperoleh Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6,3%, yang memenuhi persyaratan dan parameter *marshall* untuk campuran aspal beton AC-WC. Nilai KAO ini digunakan sebagai nilai KAO untuk pengujian selanjutnya, yaitu campuran benda uji dengan substitusi limbah plastik. Hasil dari pengujian lima variasi kadar aspal terangkum pada **Tabel 5**.

Hasil pengujian digambarkan bentuk grafik hubungan kadar plastik dengan parameter yang dicari. Kadar Plastik Optimum (KPO) ditentukan dengan metode Bar-chart yang ditentukan sebagai nilai tengah dari rentang kadar plastik maksimum dan minimum yang memenuhi kriteria persyaratan campuran.

Hasil pengujian campuran AC-WC + limbah

plastik didapat KPO 10 %. Nilai KPO ini digunakan sebagai nilai KPO untuk membuat benda uji untuk pengujian selanjutnya.

Tabel 5. Hasil Marshall test campuran AC-WC

Karakteristik campuran	Hasil pengujian					Spesifikasi
Kadar Aspal (%)	4,5	5	5,5	6	6,5	
Stabilitas (Kg)	145	152	160	160	148	Min 800
	3	9	4	8	4	
Flow (mm)	5,77	6,59	7,47	5,37	5,33	2 - 4
MQ (Kg/mm)	271	254	226	299	295	200 – 400
VIM (%)	10,0	8,98	4,94	6,00	3,70	3 - 5
VMA (%)	19,6	19,7	17,1	19,1	18,1	Min 15
VFB (%)	48,9	54,3	79,3	68,5	79,7	Min 65

Sumber: Hasil pengolahan data

Hasil Pengujian Marshall Campuran AC-WC Disubstitusi Limbah Plastik

Tabel 6. Hasil Marshall test campuran AC-WC + plastik

Karakteristik campuran	Hasil pengujian					Spesifikasi
Kadar Plastik (%)	0	8	10	12	14	
Stabilitas (Kg)	163	183	159	180	203	Min 900
	0	5	6	4	7	
Flow (mm)	4,37	4,87	5,28	5,03	7,77	2 - 4
MQ (Kg/mm)	375	412	429	388	263	250 – 500
VIM (%)	3,66	4,73	4,93	4,65	5,43	3 - 5
VMA (%)	17,6	18,2	18,3	18	18,6	Min 15
VFB (%)	79,4	69,8	67,7	67,5	63,4	Min 65

Sumber: Hasil pengolahan data

Hasil Pengujian Durabilitas

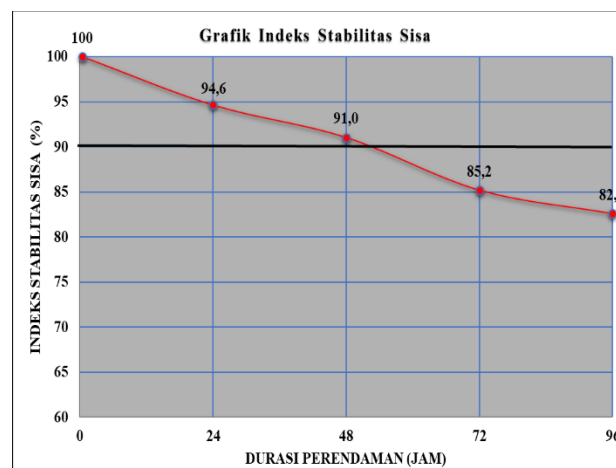
Tabel 7. Hasil Marshall test durabilitas

Durasi perendaman (jam)	Stabilitas rata (Kg)	rata Indeks stabilitas sisa (%)
0,5	1731	100
24	1638	94,64
48	1491	91,04
72	1270	85,18
96	1049	82,57

Sumber: Hasil pengolahan data

Dilihat dari waktu perendaman hasil pengujian menunjukkan *Index of Retained Stability* (IRS) terjadi penurunan seiring bertambahnya waktu perendaman. Namun nilai IRS tersebut masih memenuhi syarat minimal yang ditentukan spesifikasi umum Binamarga 2018 divisi 6 yaitu 90%. Nilai IRS pada waktu perendaman 24 jam sebesar 94.64% dan sampai durasi

perendaman 48 jam nilai IRS masih masuk syarat minimal yaitu 91.04%. Nilai durabilitas yang besar bisa terjadi karena aspal sudah disubstitusikan dengan plastik mengakibatkan campuran aspal lebih peka terhadap perubahan temperatur. Hasil ini menunjukkan campuran AC-WC modifikasi limbah plastik cukup tahan terhadap kerusakan yang di akibatkan pengaruh air dan suhu.



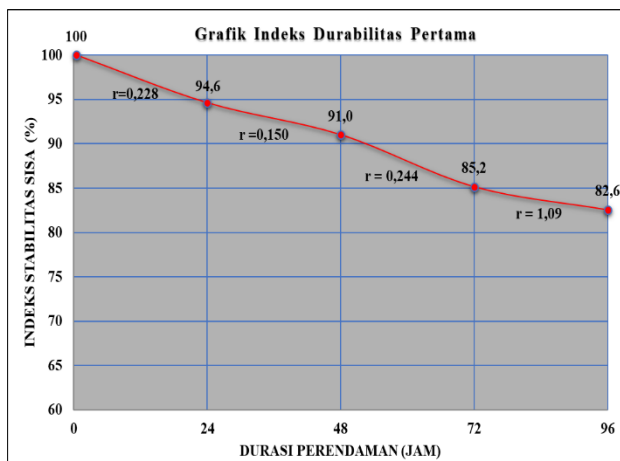
Gambar 2 . Kurva indeks stabilitas sisa

Tabel 8. Durabilitas pertama

Durasi	IRS	Si-Si+1	ti-ti+1	r = A/B
Jam	(%)	A	B	(%)
0,5	100			
24	94,64	5.357	23,5	0.228
48	91,04	3.604	24	0.150
72	85,18	5.857	24	0.244
96	82,57	2.609	24	0.109
	Σ			0,731

Sumber: Hasil pengolahan data

Hasil pengujian menunjukkan nilai *r* positif yang mengidentifikasi kehilangan kekuatan. Nilai kelandaian penurunan stabilitas (*r*) waktu perendaman 24 jam lebih curam jika di bandingkan dengan kurva waktu perendaman 48 jam, artinya kriteria perendaman satu hari tidak selalu mencerminkan sifat keawetan campuran[21]. Perendaman satu hari pertama lebih besar kehilangan kekuatan dari pada perendaman hari kedua lanjutannya. Begitu selanjutnya di hari ketiga dan keempat melihat nilai *r* yang berbeda. Nilai *r* terendah berada variasi rendaman 96 jam sebesar 0,109% dan terbesar pada variasi rendaman 24 jam. Nilai Indeks Durabilitas Pertama (IDP) atau total kelandaian 0,731%.

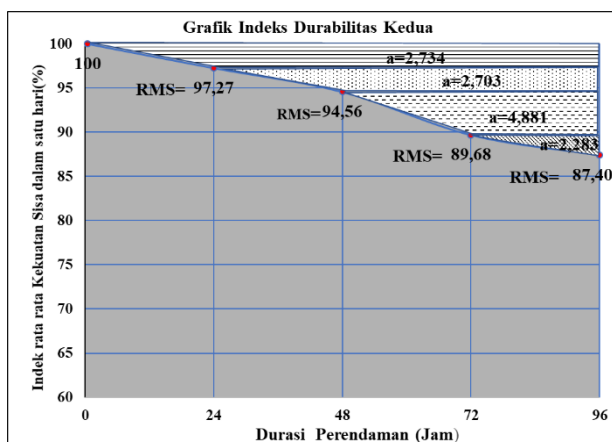


Gambar 3 . Kurva indeks durabilitas pertama

Tabel 9. Durabilitas kedua

Duras i	IKS (%)	Si-Si+1 A	ti-ti+1 B	2tn- B C	a=[(1/(2.tn)] A.C (%)	RMS (%)
Jam	(%)					100-a
0,5	100					100
24	94,64	5,357	23,5	24,5	2,734	97,266
48	91,04	3,604	24	72	2,703	94,563
72	85,18	5,857	24	120	4,881	89,683
96	82,57	2,609	24	168	2,283	87,400
$\Sigma = 12,6$						

Sumber: Hasil pengolahan data



Gambar 4 . Kurva indeks durabilitas kedua

Hasil pengujian menunjukan nilai a positif yang mengidentifikasi kehilangan kekuatan. Nilai tertinggi rata rata kehilangan kekuatan satu hari (a) pada variasi perendaman 72 jam yaitu 4,881 % dan terendah 2,703% pada variasi perendaman 48 jam. Nilai Indeks Durabilitas Kedua (IDK) atau total kehilangan kekuatan dengan total kehilangan kekuatan 12.6 %.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan, yaitu semakin besar

persentase substitusi limbah plastik kolaborasi campuran LDPE, PP, PS pada campuran laston AC-WC semakin meningkat nilai stabilitas marshall. Pada kadar aspal optimum 6,3% dengan penambahan 10% LDPE, PP, PS menghasilkan nilai stabilitas tertinggi dan nilai MQ ,VIM,VFB,VMA yang masih batas toleransi. Penggunaan persentase plastik optimal di peroleh 10% dari berat aspal dengan *Index of Retained Stability* (IRS) pada waktu rendaman 24 jam 94,64% lebih besar dari 90% yang disyaratkan Binamarga dan nilai absolut ekivalen kuat tahan sisa (RMS) 87.40 % pada durasi perendaman 96 jam.

Saran

Beberapa saran yang perlu diperhatikan untuk kelancaran dalam penelitian selanjutnya yaitu penelitian selanjutnya dalam menentukan komposisi campuran LDPE, PP, PS sebaiknya digunakan analisa data lapangan. Untuk kegiatan penelitian selanjutnya agar dapat menggunakan tambahan sampel benda uji dan tambahan variasi persentase limbah plastik untuk menentukan kadar plastik optimum. Selain itu, untuk kegiatan penelitian selanjutnya agar melakukan pengujian abrasi dan penyerapan agregat yang telah di lapiasi plastik.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Jenderal Bina Marga, *Spesifikasi Umum Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan tahun 2018*, Jakarta, pp 6-28 - 6-68 , 2018.
- [2] T. W. Suroso, "Faktor-faktor penyebab kerusakan dini pada perkerasan jalan," *Jurnal jalan Jembatan*, vol. 25, no. 3, pp.36-54,Nopember 2008.
- [3] A. Wandu, S. M. Saleh, and M. Isya,"Analisis Kerusakan Jalan Akibat Beban Berlebih (Studi Kasus Jalan Banda Aceh-Meuloboh KM . 69)," *Jurnal Teknik Sipil* .vol. 5, no. 3, pp. 317–328, Mei 2016.
- [4] F. Chairuddin, W. Tdaronge, M. Ramli, and J. Patanduk,"*Kajian Eksperimental Dampak Genangan Air Hujan Terhadap Struktur Asphal Pavement (Studi Kasus Ruas Jalan DR . Wahidin sudiro husodo kota Makasar)*,"Konferensi Nasional Teknik Sipil 7,Surakarta,24 - 26 Oktober 2013, Paper 122M, pp. M-113–M-122.
- [5] W. Yusep,"Pasca-Banjir, 10 Titik Jalan Rusak di Bekasi,"23 Januari 2020, Available: <https://megapolitan.okezone.com/read/2020/01/23/338/2157449/pasca-banjir-10-titik-jalan-rusak-di-bekasi>.
- [6] C. G. Asmara, "Fantastis! RI Ternyata Impor

- Aspal Sampai US\$ 700 Juta/Tahun,"2 Mei 2019,
Available:<https://www.cnbcindonesia.com/news/20190502162048-4-70136/fantastis-ri-ternyata-impor-aspal-sampai-us--700-juta-tahun>.
- [7] J. R. Jambeck *et al.*, "Plastic waste inputs from land into the ocean," *Jurnal Science* , vol. 347, issue 6223, pp. 768–771, Februari 2015.
- [8] Mc Kinsey and Ocean Conservancy, "Land-based strategies for a plastic- free ocean," 2015, Available:
https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business_functions/sustainability/our_insights/saving_the_ocean_from_plastic_waste/stemming_the_tide_full_report.ashx.
- [9] S. Rajasekaran, R. Vasudevan, and S. Paulraj, "Reuse of Waste Plastics Coated Aggregates-Bitumen Mix Composite For Road Application – Green Method," *American Journal of Engineering Research*, vol.02, issue 11,pp. 1–13, 2013.
- [10] Indian Roads Congress, *Guidelines for the use of Waste Plastic in Hot Bituminous Mixes (Dry Process) In Wearing Courses*, New Delhi,2013.
- [11] E. . Putri and Syamsuwirman, "Tinjauan Substitusi Styrofoam Pada Aspal PEN . 60 / 70 Terhadap Kinerja Campuran Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC)," *Jurnal Teknik Sipil* , vol. 6, no. 1, pp. 105–114, September 2016.
- [12] E. . Putri and A. Dwinanda, 2018. "The Effect of Styrofoam Addition into HRS-Base on Marshall Characteristics," *International Journal on Advance Science, Engineering and Information Technology*, vol.8, no.5 ,pp. 2182–2188, 2018.
- [13] E. . Putri and O. Vasilisa, "Improve the Marshall stability of porous asphalt pavement with HDPE addition," *Jurnal MATEC Web Conference*, vol. 276, no. 03005, pp. 1-8, Maret 2019.
- [14] R. Muammar, S. M. Saleh, and Y. Yunus, "Durabilitas campuran laston lapis aus (acwc) di substitusi limbah Low Density Polyethylene (LDPE) Dengan Cara Kering Terhadap Rendaman Kotoran Sapi," *Jurnal Teknik Sipil* , vol. 1, no. 3, pp. 689–700, Januari 2018.
- [15] A. N. Tajudin and B. S. Latif, " Analisis Indeks Stabilitas Sisa Pada Campuran Asfalt Concrete Dengan Penggunaan Limbah Plastik Sebagai AgregatPengganti," *Jurnal Muara* ,vol. 1, no. 1, pp. 272–280, April 2017.
- [16] R. Fahmi, S. M. Saleh, and M. Isya, "Pengaruh Lama Rendaman Air Laut Terhadap Durabilitas Campuran Aspal Beton Menggunakan Aspal PEN . 60 / 70 yang disubsitusi Limbah Plastik Ethylene Vinyl Acetate (EVA)," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 6, no. 3, pp. 271–282, Mei 2017.
- [17] Iqbal, S. M. Saleh, and M. Isya, "Uji Marshall Terhadap Campuran AC-WC Dengan Substitusi Kalaborasi Limbah PET dan SBB Ke Dalam Aspal Penetrasi 60/7," *Jurnal Teknik Sipil* , vol. 1, no. 3, pp. 627–636, Januari 2018.
- [18] I. Susanto and S. Nyoman, "Evaluasi Kinerja Campuran Beraspal Lapis Aus (AC-WC) dengan Bahan Tambah Limbah Plastik Kresek," *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, vol. 17, no. 2, pp. 27–36, Agustus 2019.
- [19] T. W. Suroso, "Pengaruh Penambahan Plastik LDPE (Low Density Poly Ethilen) Cara Basah dan Cara Kering terhadap Kinerja Campuran Beraspal," *Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil*, vol. 16, no. 3, pp. 208-222, Februari 2012.
- [20] Anthony L. Andrady, "Microplastics in the marine environment" *Marine Pollution Bulletin* , vol. 62, issue 8, pp. 1596–1605, Agustus 2011.
- [21] Craus, J. Ishai, I and Sides, A, "Durability of bituminous paving mixtures as related to filler type and properties," Proc. Association of Asphalt Paving Technologists, San Diego, Calif., 1981, Vol. 50, pp. 291–316 .