

Tersedia online di [www.journal.unesa.ac.id](http://www.journal.unesa.ac.id)Halaman jurnal di [www.journal.unesa.ac.id/index.php/mitrans](http://www.journal.unesa.ac.id/index.php/mitrans)

## Karakteristik Limbah Plastik HDPE dan Material Agregat Alam Untuk Campuran Perkerasan Lapis Antara Asphalt Concrete – Wearing Course(AC-WC)

Nabila Sekar Ayu <sup>a</sup>, Ari Widayanti <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Program Studi Sarjana Terapan Transportasi, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

<sup>b</sup> Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

email: <sup>a</sup>[nabilasekar.21023@mhs.unesa.ac.id](mailto:nabilasekar.21023@mhs.unesa.ac.id), <sup>b</sup>[ariwidayanti@unesa.ac.id](mailto:ariwidayanti@unesa.ac.id)

### INFO ARTIKEL

#### Sejarah artikel:

Menerima 24 Juli 2025

Revisi 2 Oktober 2025

Diterima 19 Oktober 2025

Online 25 Desember 2025

#### Kata kunci:

HDPE

Agregat

Karakteristik Agregat

AC-WC

### ABSTRAK

Permasalahan limbah plastik, khususnya jenis High-Density Polyethylene (HDPE), semakin meningkat dan berdampak signifikan terhadap lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah plastik HDPE sebagai substitusi agregat halus dalam campuran aspal beton lapis aus (AC-WC). Pengujian dilakukan terhadap karakteristik fisik limbah plastik dan agregat alam, dengan mengacu pada spesifikasi teknis Bina Marga 2018 dan SNI terkait. Hasil pengujian menunjukkan bahwa HDPE memiliki berat jenis 0,959 g/cm<sup>3</sup> dan daya serap 0,00%, memenuhi batas spesifikasi dan menunjukkan porositas sangat rendah. Agregat alam yang digunakan juga memenuhi syarat berat jenis minimum  $\geq 2,5$  g/cm<sup>3</sup> dan nilai penyerapan maksimum  $< 3\%$ . Dengan demikian, baik limbah HDPE maupun agregat alam yang diuji dinyatakan layak digunakan dalam campuran aspal AC-WC karena memiliki karakteristik fisik yang mendukung stabilitas dan durabilitas perkerasan.

## Characteristics of HDPE Plastic Waste and Natural Aggregates for Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) Mixtures

### ARTICLE INFO

#### Keywords:

HDPE

Natural Aggregate

Aggregate Characteristics

AC-WC

### ABSTRACT

The increasing issue of plastic waste, particularly High-Density Polyethylene (HDPE), poses a significant threat to the environment. This study aims to utilize HDPE plastic waste as a substitute for fine aggregate in asphalt concrete wearing course (AC-WC) mixtures. Laboratory tests were conducted to evaluate the physical characteristics of both HDPE and natural aggregates, based on the 2018 Bina Marga specifications and relevant Indonesian National Standards (SNI). The results indicate that HDPE has a specific gravity of 0.959 g/cm<sup>3</sup> and a water absorption value of 0.00%, fulfilling specification limits and demonstrating extremely low porosity. The natural aggregates also met the minimum specific gravity requirement of  $\geq 2.5$  g/cm<sup>3</sup> and a maximum water absorption of  $< 3\%$ . Therefore, both HDPE waste and the tested aggregates are deemed suitable for AC-WC mixtures, offering good potential in terms of stability and durability in pavement applications.

Ayu, N. S., & Widayanti, A.. (2025). Karakteristik Limbah Plastik HDPE dan Material Agregat Alam Untuk Campuran Perkerasan Lapis Antara Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) . MITRANS: Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi, v3 (n3), 267-276.

## 1. Pendahuluan

Jalan raya memiliki peran penting untuk mendorong distribusi barang dan jasa serta mobilitas penduduk, jalan merupakan infrastruktur dasar dan utama dalam menggerakkan roda perekonomian nasional dan lokal. Ketersediaan rute adalah syarat utama agar dapat masuk ke suatu wilayah. Untuk mencapai tujuan ini, diperlukan persiapan konstruksi yang kuat, tahan lama, dan mempunyai ketahanan tinggi terhadap deformasi plastis (Wantoro et al., 2013). Salah satu jenis lapisan permukaan yang umum digunakan, termasuk di Indonesia adalah lapisan aspal beton (Laston) (Kunci et al., 2022).

Lapisan aspal beton (Laston), adalah elemen krusial dalam pembangunan jalan yang berfungsi sebagai lapisan permukaan. Selain memberikan kekuatan struktural, lapisan ini juga memiliki kemampuan kedap air yang melindungi bagian di bawahnya dari kerusakan yang disebabkan oleh air. Salah satu fungsinya adalah menahan beban dari roda kendaraan, sehingga jalan tetap aman dan awet. Oleh sebab itu, diperlukan adanya campuran aspal beton lapisan AC-WC yang memiliki sifat elastis serta kedap air untuk mengatasi permasalahan kerusakan jalan tersebut.

Sampah plastik merupakan permasalahan utama dalam beberapa dekade terakhir, penggunaan plastik sebagai kebutuhan rumah tangga seperti bungkus suatu produk terus meningkat. Pemakaian produk plastik yang semakin hari semakin tinggi dan tidak diimbangi penanganan maka menjadi ancaman bagi lingkungan (Gian, 2021). Terdapat 275 juta ton limbah plastik dihasilkan di 192 negara pesisir pada tahun 2010, dengan jumlah 4,8 - 12,7 juta ton memasuki lautan. Indonesia menduduki peringkat kedua sebagai negara dengan sampah plastik tak terkelola terbanyak di dunia, yaitu 3,22 juta ton sampah plastik (Jambeck et al., 2015). Oleh karena itu perlu adanya penanganan dan pengolahan limbah plastik khususnya jenis HDPE (*High Density Polyethylene*) seperti sampah botol detergen, botol sabun, dan botol susu.



**Gambar 1** Limbah Plastik HDPE

Sumber: Dokumetasi Pribadi

Plastik jenis HDPE ini memiliki karakteristik kedap air dan tahan terhadap suhu panas yang tinggi sehingga dapat dilakukan upaya daur ulang salah satunya menjadi agregat halus pada perkerasan jalan aspal beton AC-WC. Limbah plastik HDPE dapat menjadi substitusi agregat halus dalam campuran aspal beton, dan meningkatkan stabilitas dari campuran aspal beton. Oleh karena itu, pada Penelitian ini sampah plastik jenis HDPE yang digunakan berupa botol shampo berwarna putih keruh berasal dari TPS Jambangan Kota Surabaya. Penambahan limbah plastik HDPE sebagai substitusi agregat halus pada campuran perkerasan aspal diharapkan dapat mengurangi limbah sampah plastik secara signifikan.

Dalam penerapannya, limbah plastik HDPE tetap perlu dikombinasikan dengan material utama pembentuk campuran aspal, yaitu agregat batuan alam. Agregat merupakan komponen utama dalam campuran aspal yang berfungsi sebagai kerangka struktural dan penentu daya dukung perkerasan. Agregat alam, baik agregat kasar maupun halus, diperoleh dari proses alami seperti pelapukan dan erosi batuan (Sukirman, 2016), serta telah terbukti mampu menyediakan kestabilan volume dan struktur campuran. Dengan menggabungkan limbah plastik HDPE dan agregat batuan alam, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik mekanis campuran aspal serta menilai potensi limbah plastik sebagai material alternatif dalam mendukung efisiensi penggunaan sumber daya dan pengurangan dampak lingkungan dari sektor konstruksi jalan.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Jenis Campuran Aspal

Campuran aspal merupakan kombinasi antara agregat (kasar, halus, dan filler) dengan bahan pengikat aspal. Menurut Bina Marga Tahun 2018, Berdasarkan letaknya dalam struktur perkerasan, campuran aspal terbagi menjadi tiga jenis utama, yaitu AC-Base (lapis pondasi), AC-BC (lapis antara), dan AC-WC (lapis aus). AC-WC harus memiliki tekstur permukaan yang halus, tahan aus, dan kedap air. Lapis perkerasan ini terletak di antara lapisan *subbase* dan lapisan permukaan yang dikenal sebagai lapisan pondasi bawah atau lapisan peralihan. Dikenal dengan istilah *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC), lapisan ini memiliki ukuran agregat maksimum sebesar 25,4 mm dan memerlukan ketebalan nominal minimum sebesar 5 cm (Sukirman, 2016).

### 2.2 Aspal

Aspal adalah material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak atau cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan perkerasan. jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (Sukirman, 2010).

Menurut (Sukirman, 2012), aspal digunakan sebagai material dalam perkerasan jalan berfungsi sebagai:

- a. Bahan Pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dengan agregat dan antara sesama aspal.
- b. Bahan pengisi, mengisi rongga antar butir agregat dalam pori-pori yang ada di dalam butir agregat itu sendiri.

### 2.3 Agregat Kasar

(Pusjatan, 2019) menyatakan agregat kasar adalah agregat yang tertahan saringan No. 8 (2,36 mm) dan agregat halus adalah agregat yang lolos saringan No. 8 (2,36 mm). Sedangkan menurut SNI 1969:2008, agregat kasar adalah agregat yang mempunyai ukuran butir antara No. 4 (4,75 mm) sampai 40 mm (1,5 inch). Ukuran maksimum agregat untuk AC-WC adalah 19 mm. Perlu dilakukan pegujian agregat untuk mengetahui karakteristik fisik dan mekanik agregat sebelum digunakan sebagai bahan campuran beraspal panas. sesuai dengan syarat Spesifikasi Umum Binamarga yang ditunjukkan pada Tabel berikut:

**Tabel 1** Spesifikasi Agregat Kasar (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

Pengujian		Metode Pengujian	Nilai
<b>Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan</b>	Natrium Sulfat	SNI 3407:2008	Maks.12
	Magnesiaum Sulfat		Maks.18%
<b>Abrasi dengan mesin Los Angles</b>	Campuran AC modifikasi dan SMA	SNI 2417:2008	Maks.6%
	100 putaran		
	500 putaran		Maks.30%
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya		Maks.8%
	100 putaran		
	500 putaran		Maks.40%
<b>Kelekatan agregat terhadap aspal</b>		SNI 2439:2011	Min 95%
<b>Butir pecah pada agregat kasar</b>	SMA	SNI 7619:2012	100/90
	Lainnya		95/90
<b>Partikel pipih dan Lonjong</b>	SMA	ASTM D4791-10	Maks.5%
	Lainnya	Perbandingan 1:5	Maks.10%
<b>Material lolos ayakan No.200</b>		SNI ASTM C117:2012	Maks.1%

## 2.4 Agregat Halus

Berdasarkan SNI 03-6819-2002, agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau penyaringan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos saringan No.8 (2,36 mm). agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Agregat halus harus diperoleh dari batu yang memenuhi ketentuan mutu. Agar dapat memenuhi ketentuan mutu, batu pecah halus harus diproduksi dari batu yang bersih. Perlu dilakukan pengujian agregat untuk mengetahui karakteristik fisik dan mekanik agregat halus sebelum digunakan sebagai bahan campuran beraspal panas, sesuai dengan syarat Spesifikasi Umum Binamarga yang ditunjukkan pada Tabel berikut:

**Tabel 2** Spesifikasi Agregat Halus (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

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

## 2.5 Filler Semen

*Filler* Agregat sangat halus (*filler*) adalah agregat yang lebih kecil dari 75 mikron atau lolos saringan No.200 dengan persentase berat yang lolos minimal 75%. Fungsi *filler* adalah sebagai pengisi pada pembuatan campuran aspal. Pada umumnya *filler* yang paling sering digunakan pada perkerasan aspal adalah abu batu atau semen, tetapi pada penelitian ini *filler* yang digunakan adalah semen. Dalam penelitian ini *filler geopolimer* akan mengganti seluruh persentase *filler* yang di dapat pada perencanaan *mix design*. Persyaratan spesifikasi *filler* menurut Bina Marga ditunjukkan dalam Tabel berikut:

**Tabel 3** Spesifikasi Filler Sesuai (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018)

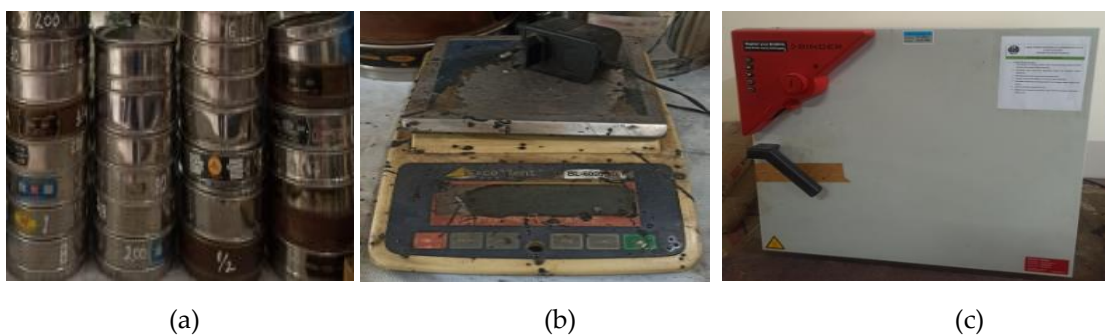
Sifat-sifat	Metode Pengujian	Persyaratan
Berat butiran yang lolos ayakan 75 mikron	SNI ASTM C136: 2012	$\geq 75 \%$

## 3. Metode Penelitian

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini bersifat eksperimental, dengan rangkaian tahapan sistematis yang dilakukan di laboratorium guna memperoleh data karakteristik campuran. Hasil yang diperoleh kemudian dianalisis dan dibandingkan dengan parameter kinerja yang ditetapkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 sebagai acuan evaluasi kualitas campuran.

### 3.1. Alat dan Material

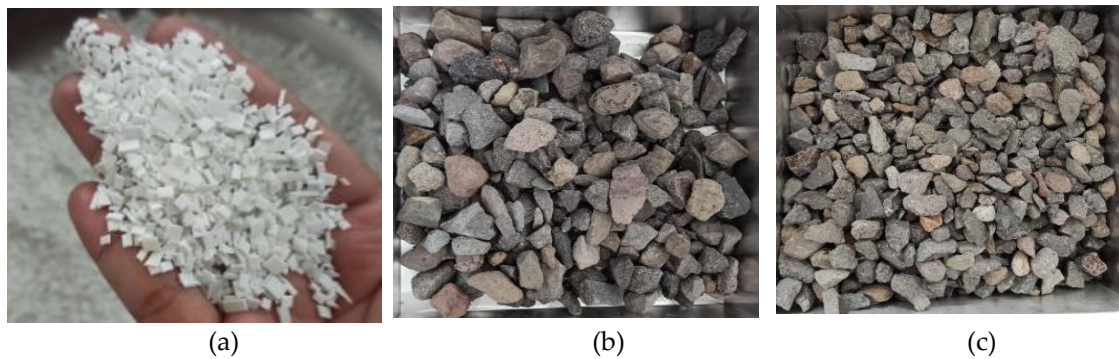
Dalam penelitian ini, data dikumpulkan menggunakan berbagai peralatan yang sesuai standar. Pengukuran ukuran dan kelolosan butiran agregat dilakukan dengan saringan, pengeringan agregat dilakukan menggunakan oven, dan penimbangan berat agregat dilakukan dengan timbangan digital. Material yang digunakan terdiri atas agregat kasar, medium, halus, serta cacahan limbah plastik HDPE. Alat dan material tersebut akan dijelaskan lebih lanjut pada bagian berikut:



**Gambar 2.** Alat Penelitian: (a) Satu Set Saringan; (b) Oven; dan (c) Timbangan Digital

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025





**Gambar 3.** Material: (a) Limbah Plastik HDPE; (b) Agregat Alam Kasar; dan (c) Agregat Alam Halus

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025

#### 4. Hasil dan Pembahasan

##### 4.1. Karakteristik Limbah Plastik HDPE

Penelitian ini menggunakan limbah plastik jenis HDPE yang bersumber dari Tempat Pengolahan Sampah (TPS) 3R Jambangan, Surabaya. Limbah tersebut dikumpulkan kemudian dicacah menjadi potongan kecil agar sesuai untuk digunakan dalam campuran perkerasan. Pengujian terhadap limbah plastik HDPE yang akan dimanfaatkan dalam campuran aspal lapis aus (AC-WC) dilakukan berdasarkan spesifikasi teknis dari Bina Marga tahun 2018. Hasil pengujian yang mencakup parameter berat jenis dan daya serap disajikan dalam tabel berikut.

**Tabel 4.** Pengujian Cacahan Plastik HDPE (Penulis, 2025)

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
1.	Berat jenis curah kering (bulk)	0,959 gr/cm <sup>3</sup>	0,941- 0,965	Memenuhi
2.	Berat jenis curah jenuh kering permukaan	0,959 gr/cm <sup>3</sup>	0,941- 0,965	Memenuhi
3.	Berat jenis semu	0,959 gr/cm <sup>3</sup>	0,941- 0,965	Memenuhi
4.	Penyerapan	0,00%	<0,01%	Memenuhi

Berdasarkan hasil yang disajikan pada Tabel 3 tersebut diketahui bahwa hasil pengujian nilai penyerapan air sebesar 0,00 %, jauh di bawah batas <0,01 %, mengindikasikan hampir tidak ada air yang diserap oleh pori material, mencerminkan sifat pori sangat terbatas, rendahnya porositas, dan keawetan tinggi dalam kondisi kelembapan tinggi.

Hasil ini sejalan dengan studi oleh (Gawande et al., 2012) yang menyatakan bahwa limbah plastik jenis HDPE memiliki karakteristik fisik yang stabil dan tahan terhadap kelembaban, serta dapat meningkatkan kinerja campuran aspal dalam hal daya tahan dan ketahanan terhadap deformasi permanen.

#### 4.2. Karakteristik Agregat Alam

Dalam penelitian ini, agregat alam berupa batu pecah diuji untuk mengetahui karakteristik masing-masing fraksinya. Salah satu pengujian yang telah dilakukan mencakup penentuan berat jenis dan daya serap agregat. Hasil dari pengujian tersebut disajikan pada tabel berikut:

**Tabel 5.** Hasil Uji Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar (Penulis, 2025)

Agregat Kasar Fraksi (10 – 15 mm)						
Jenis Pengujian	Satuan	Benda Uji		Rata-rata	spesifikasi	
		I	II		Min.	Maks.
Berat benda uji kering oven	(gr)	1977,5	1980,0	1978,75		
Berat benda uji kering permukaan (SSD)	(gr)	2021,5	2028	2024,75		
Berat benda uji dalam air	(gr)	1271,5	1279,0	1275,3		
Berat jenis bulk	(gr/cm <sup>3</sup> )	2,637	2,644	2,640	2,5	
Berat jenis kering permukaan	(gr/cm <sup>3</sup> )	2,695	2,708	2,701	2,5	
Berat jenis semu	(gr/cm <sup>3</sup> )	2,801	2,825	2,813	2,5	
Penyerapan	(%)	2,23%	2,42%	2,3%		3%

**Tabel 6.** Hasil Uji Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Medium (Penulis, 2025)

Agregat Medium Fraksi (5 - 10 mm)						
Jenis Pengujian	Satuan	Benda Uji		Rata-rata	spesifikasi	
		I	II		Min.	Maks.
Berat benda uji kering oven	(gr)	1978	1975	1976,5		
Berat benda uji kering permukaan (SSD)	(gr)	2026	2025,5	2025,8		
Berat benda uji dalam air	(gr)	1269,5	1270,0	1269,8		
Berat jenis bulk	(gr/cm <sup>3</sup> )	2,615	2,614	2,614	2,5	
Berat jenis kering permukaan	(gr/cm <sup>3</sup> )	2,678	2,681	2,680	2,5	
Berat jenis semu	(gr/cm <sup>3</sup> )	2,792	2,801	2,797	2,5	
Penyerapan	(%)	2,43%	2,56%	2,5%		3%

**Tabel 7.** Hasil Uji Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Medium (Penulis, 2025)

Agregat Halus Fraksi (0 - 5 mm)						
Jenis Pengujian	Satuan	Benda Uji		Rata-rata	spesifikasi	
		I	II		Min.	Maks.
Berat benda uji kering oven	(gr)	250	250	250		
Berat benda uji kering permukaan (SSD)	(gr)	248,5	249	248,8		
Berat benda uji dalam air	(gr)	689,5	689,5	689,6		
Berat jenis bulk	(gr/cm <sup>3</sup> )	2,701	2,721	2,711	2,5	
Berat jenis kering	(gr/cm <sup>3</sup> )	2,717	2,732	2,725	2,5	

Agregat Halus Fraksi (0 - 5 mm)						
Jenis Pengujian	Satuan	Benda Uji		Rata-rata	spesifikasi	
		I	II		Min.	Maks.
permukaan						
Berat jenis semu	(gr/cm³)	2,746	2,751	2,749	2,5	
Penyerapan	(%)	0,6%	0,4%	0,5%		3%

Pengujian terhadap agregat fraksi kasar (10–15 mm), medium (5–10 mm), dan halus (0–5 mm) menunjukkan bahwa seluruh fraksi memiliki nilai berat jenis bulk, SSD, dan semu di atas batas minimum standar teknis yaitu 2,5 gr/cm<sup>3</sup>. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa agregat memiliki kepadatan dan kualitas mineral yang baik yang penting untuk menghasilkan campuran aspal yang kokoh dan tahan lama.

Selain itu, nilai penyerapan air pada ketiga fraksi juga memenuhi batas maksimum yang disyaratkan, yakni di bawah 3%. Penyerapan tertinggi terdapat pada agregat medium sebesar 2,5%, sedangkan terendah pada agregat halus sebesar 0,5%. Nilai ini menunjukkan bahwa agregat tersebut memiliki porositas rendah hingga sedang, yang berarti mampu mengikat aspal dengan baik tanpa menyerap berlebihan, sehingga mengurangi risiko stripping atau pelepasan aspal dari agregat.

Hasil ini sejalan dengan temuan (Roberts dkk., 1996) dalam buku *Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design and Construction*, yang menyatakan bahwa agregat yang memiliki berat jenis  $\geq 2,5$  gr/cm<sup>3</sup> dan penyerapan air  $\leq 3\%$  dianggap memenuhi kualitas struktural dan daya tahan yang baik untuk campuran aspal panas. Nilai-nilai tersebut menjadi indikator penting dalam menjamin kelekatan agregat terhadap aspal dan mengontrol kadar aspal optimum dalam campuran.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilaksanakan dalam penelitian ini, beberapa kesimpulan dapat diambil, yaitu :

- Limbah plastik HDPE yang digunakan memiliki berat jenis sebesar 0,959 g/cm<sup>3</sup> dan nilai penyerapan air 0,00%, yang sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018 ( $<0,01\%$ ). Hal ini menunjukkan bahwa HDPE memiliki porositas sangat rendah dan ketahanan tinggi terhadap kelembapan, sehingga layak digunakan sebagai bahan tambahan dalam campuran AC-WC.
- Dalam penelitian ini menunjukkan hasil pengujian penyerapan rata-rata untuk agregat alam fraksi 10-15 mm sebesar 2,3%, agregat alam fraksi 5-10 mm sebesar 2,5%, dan agregat alam fraksi 0-5 mm sebesar 0,5%. Seluruh fraksi agregat alam (kasar, medium, dan halus) memenuhi spesifikasi teknis SNI 1969:2008 dengan nilai berat jenis di atas 2,5 g/cm<sup>3</sup> dan penyerapan air di bawah 3%. Ciri ini menunjukkan bahwa agregat yang digunakan memiliki kepadatan dan kualitas yang baik, serta cocok untuk mendukung kinerja campuran beraspal.

## 6. Ucapan Terima Kasih

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala atas segala rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulisan jurnal ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada staff laboratorium yang telah membantu penulis dalam melakukan penelitian di laboratorium. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pihak TPS 3R Jambangan Surabaya yang telah memberikan bantuan fasilitas dan data yang diperlukan selama proses penelitian. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada keluarga tercinta atas doa, dukungan moral, dan semangat yang senantiasa diberikan. Tidak lupa



pula, kepada rekan-rekan dan sahabat seperjuangan yang telah memberikan bantuan, motivasi, serta kerja sama yang baik selama proses penyusunan jurnal ini

## 7. Referensi

- Diretorate General of Highways. (2020). Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2). Ministry of Public Works and Housing, Oktober, 1036.
- Gawande, A., Zamare, G., Renge, V. C., Tayde, S., & Bharsakale, G. (2012). *An overview on waste plastic utilization in asphalting of roads*. Journal of Engineering Research and Studies, 3(2), 1–5.
- Iftia, R. Magister, P., Sipil, T., Pascasarjana, P., & Riau, U. T. (2019). ANALISIS PERBANDINGAN KARAKTERISTIK MARSHALL TERHADAP PENAMBAHAN PLASTIK JENIS HDPE PADA CAMPURAN ASPAL DENGAN VARIASI UKURAN PEMOTONGAN PLASTIK
- Ika, O., Tias, K., & Suryadi, A. (2020). PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK HDPE SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS PADA CAMPURAN LASTON AC-WC. 1(September), 98–103.
- Jambeck, J. R., Roland, G., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Law, K. L. (2015). Marine pollution. Plastic waste inputs from land into the ocean. Science, 347(6223), 764–768.
- Kunci, K., Beton, A., & Laut, P. (2022). PENGARUH PENGGUNAAN PLASTIK JENIS HDPE ( High Density Polyethylene ) DENGAN PASIR LAUT TERHADAP DAYA TAHAN LAPIS PERKERASAN ASPAL BETON. 10(1).
- Mudjanarko, S. W., & Limantara, D. (n.d.). *STUDI PENGGUNAAN VARIASI CAMPURAN MATERIAL PLASTIK JENIS HIGH DENSITY POLYETHYLENE ( HDPE ) PADA CAMPURAN BERASPAL UNTUK LAPIS AUS AC- WC ( ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE )*. 8, 222–233.
- Nofriandi, I., Alamsyah, W., & Lydia, E. N. (2023). Studi Penambahan Variasi Campuran Plastik Jenis Hdpe Pada Campuran Aspal Penetrasi 60/70 Untuk Lapis Aus Ac-Wc. *Jurnal Teknik Sipil*, 12(2), 116–123. <https://doi.org/10.24815/jts.v12i2.31207>
- Roberts, F. L., Kandhal, P. S., Brown, E. R., Lee, D. Y., & Kennedy, T. W. (1996). *Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design and Construction*. National Asphalt Pavement Association Research and Education Foundation.
- Saodang, H. (2005). Perancangan Perkerasan Jalan Raya. In *Nova Bandung*.
- Sukirman, S. 1999. Perkerasan Lentur Jalan raya. Nova, Bandung
- Tajudin, A. N., & Suparma, L. B. (2017). Analisis Indeks Stabilitas Sisa Pada Campuran Asphalt Concrete Dengan Penggunaan Limbah Plastik Sebagai Agregat Pengganti. *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran Dan Ilmu Kesehatan*, 1(1), 272–280. <https://doi.org/10.24912/jmstkik.v1i1.439>

Tenrianjeng, A. T. (2012). Rekayasa Jalan Raya-2. In *Universitas Gunadharma* (p. 5).

---

Universitas, T. (2021). *Jurnal Teknik Sipil Unaya Jurnal Teknik Sipil Unaya*. 7(1), 23–29.

Wantoro, W., Kusumaningrum, D., Setiadi, B. H., Kushardjoko, W., Sipil, J. T., Teknik, F., & Diponegoro, U. (2013). Pengaruh Penambahan Plastik Bekas Tipe Low Density Polyethylene ( Ldpe ) Terhadap Kinerja Campuran Beraspal. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 2(4), 1–16. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkts/article/view/3954>