

PENGARUH VARIASI SUBSTITUSI LIMBAH PLASTIK TERHADAP AGREGAT HALUS PADA MODIFIKASI CAMPURAN ASPAL MENGGUNAKAN UJI MARSHALL

Muhammad Berly Fauzi¹, Agus Sugiarto²

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang²

Email: berlyfauzi42@gmail.com¹, agus.sugiarto@polinema.ac.id²

ABSTRAK

Pemanfaatan limbah *High Density PolyEthylene* atau HDPE sebagai bahan tambah pada aspal modifikasi memiliki potensi untuk meningkatkan keberlanjutan dan daya tahan perkerasan aspal. Hal ini bertujuan untuk mengurangi jumlah limbah plastik yang ada di sekitar kita. Laston AC – BC merupakan campuran perkerasan jalan yang berada di bawah lapis aus dan di atas lapis pondasi. Salah satu komponen beton aspal yang akan disubstitusi yaitu agregat halus. Agregat merupakan material penyusun utama dalam campuran beraspal yang berfungsi sebagai struktur atau rangka campuran perkerasan jalan. Penelitian ini dilakukan di laboratorium Uji Bahan Jalan Gedung Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang. Metode yang digunakan melibatkan 27 total benda uji yang dimana 15 untuk KAO dan 12 untuk HDPE. Dengan kadar variasi 0%, 2,5%, 4,5%, 6,5%. Teknik pencampuran aspal modifikasi menggunakan metode kering (*dry procces*). Hasil pengujian campuran laston AC-BC dengan metode marshall non substitusi mendapatkan KAO 5,15%. Hasil dari benda uji variasi HDPE secara keseluruhan menunjukkan bahwa penggunaan HDPE meningkatkan nilai VIM. Variasi HDPE 4,5% yang memenuhi spesifikasi dengan nilai stabilitas 2942,07 Kg, Flow 2,03 mm, MQ 1930,41 kg/mm, VMA 14,79 %, VIM 4,61 %, dan VFA 69,92 %. Estimasi biaya yang dimiliki oleh Laston AC-BC dengan substitusi HDPE pada penelitian ini sebesar Rp. 139,592.51,-.

Kata kunci: Laston; AC-BC; HDPE; stabilitas; flow

ABSTRACT

The utilization of High Density PolyEthylene or HDPE waste as an additive in modified asphalt has the potential to improve the sustainability and durability of asphalt pavement. It aims to reduce the amount of plastic waste around us. Laston AC-BC is a pavement mixture that sits below the wear layer and above the foundation layer. One of the components of asphalt concrete that will be substituted is fine aggregate. Aggregates are the main constituent material in asphalt mixtures that function as the structure or frame of the pavement mixture. This research was conducted at the Civil Engineering Building Road Materials Test laboratory of Malang State Polytechnic. The method used involved 27 total test specimens of which 15 for KAO and 12 for HDPE. The modified asphalt mixing technique uses the dry method (dry procces) The test results of the AC-BC laston mixture with the non-substitution marshall method get KAO 5.15%. The results of the HDPE variation test specimens as a whole show that the use of HDPE increases the VIM value. HDPE 4.5% variation that meets specifications with a stability value of 2942.07 Kg, Flow 2.03 mm, MQ 1930.41 kg/mm, VMA 14.79 %, VIM 4.61 %, and VFA 69.92 %. Estimated cost owned by Laston AC-BC with HDPE substitution at Rp. 139,592.51,-.

Keywords: Laston; AC-BC; HDPE; stability; flow

1. PENDAHULUAN

Jalan adalah fasilitas transportasi darat yang mencakup seluruh bagian jalan, termasuk bangunan pendukung dan perlengkapannya yang digunakan untuk keberlanjutan lalu lintas. Jalan raya memiliki peran penting dalam memudahkan perpindahan masyarakat, sehingga

diperlukan peningkatan kualitas lapisan permukaan jalan, baik dalam hal kekuatan, kenyamanan, dan keamanan. Pembangunan serta perawatannya harus diperhatikan secara matang agar tidak muncul jalan yang tidak memenuhi standar dan rentan rusak. Penelitian ini menjelajahi penggunaan limbah plastik HDPE sebagai pengganti sebagian bahan

aspal. Selain itu, penelitian ini bertujuan menjadi referensi dalam bidang konstruksi, khususnya pada bidang perkerasan jalan, yang nantinya bisa memanfaatkan limbah sebagai bahan baku konstruksi. Limbah plastik HDPE (High Density Polyethylene) adalah jenis plastik dari keluarga polietilena (PE) yang memiliki tingkat kepadatan tinggi, kuat, dan tahan terhadap berbagai bahan kimia serta kondisi lingkungan, termasuk tahan terhadap suhu tinggi. Keuntungan dari penelitian ini adalah memungkinkan penggunaan limbah HDPE secara optimal. Artinya, limbah ini bisa menggantikan sebagian agregat halus dalam campuran aspal, sehingga bisa mengurangi jumlah limbah yang ada dan diharapkan dapat meningkatkan kualitas campuran aspal berdasarkan uji Marshall.

Penelitian ini fokus pada penggunaan limbah plastik HDPE sebagai pengganti agregat halus dalam campuran Laston AC-BC. Mengingat latar belakang dan fokus tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis sifat fisik dari agregat dan aspal untuk membuat campuran Laston AC-BC yang menggunakan substitusi limbah HDPE;
2. Menentukan nilai KAO pada benda uji normal sebelum limbah HDPE ditambahkan sebagai pengganti agregat halus yang tertahan saringan 2,36;
3. Menganalisis pengaruh penambahan limbah HDPE dengan kadar 0%, 2,5%, 4,5%, dan 6,5% terhadap berat agregat halus dalam campuran Laston AC-BC serta karakteristik Marshall;
4. Menganalisis rencana anggaran biaya yang dibutuhkan dalam produksi benda uji Laston AC-BC dengan substitusi limbah HDPE dalam penelitian ini.

Sebagai bahan referensi, studi ini merujuk pada studi-studi terdahulu. Studi yang telah dilaksanakan oleh Abd Latif, dkk (2023) membahas tentang prosentase plastik HDPE 50% dan 100% agregat terselimuti oleh plastik terhadap KAO. Hasil penelitian menunjukkan KAO sebesar 5,7%. 7,5 gram plastik HDPE nilai stabilitasnya tidak memenuhi spesifikasi, peningkatan Stabilitasnya hanya sekitar 2,37% untuk penyelimutan 7,5 gram dan 13,18% untuk penyelimutan 15 gram.

Richard Mareno, dkk. (2024) membahas tentang prosentase plastik HDPE yang dipakai sebesar 0%; 7%; 9%; 11% terhadap volume agregat yang tertahan saringan no.8 Hasil penelitian menunjukkan KAO sebesar 5,7%. Nilai stabilitas cenderung menurun jika kadar plastik meningkat dan nilai stabilitas tertinggi pada kadar limbah 7%.

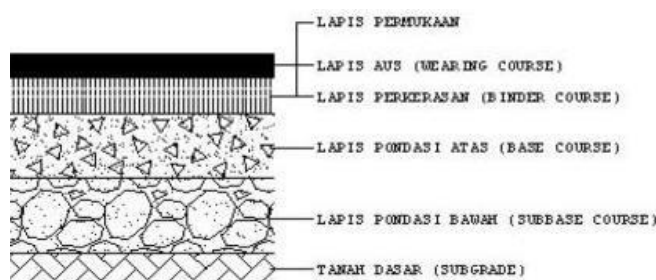
2. METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Studi dilakukan di Laboratorium Tanah dan Jalan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9 Malang, Jawa Timur. Lama studi membutuhkan waktu dari bulan Februari sampai dengan Juni 2025.

Perkerasan Lentur

Perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasan ini bertugas mendukung dan menyebar beban dari lalu lintas ke tanah dasar. Bahan konstruksi perkerasan lentur terdiri dari aspal dan batu. Susunan perkerasan terdiri dari lapisan permukaan, yaitu lapisan aus dan lapisan antara. Lapisan bawah disebut lapisan pondasi dan lapisan pondasi bawah. Lapisan-lapisan ini ditaruh diatas tanah dasar.



Gambar 1. Lapisan Perkerasan Lentur

Pengujian Sifat Fisik Agregat

1. Berat jenis dan penyerapan agregat. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis agregat kasar dan halus yang akan digunakan. Selain itu, pengujian ini juga untuk mengetahui penyerapan agregat, sehingga dapat dihitung perubahan berat agregat karena adanya air yang terserap ke dalam pori-pori agregat, dibandingkan dengan berat agregat dalam kondisi kering.
2. Gradasi agregat. Pengujian ini bertujuan untuk pembagian gradasi atau ukuran agregat.
3. Uji keausan agregat kasar. Uji ini bertujuan untuk mengetahui seberapa tahan atau kuat agregat terhadap keausan dengan menggunakan mesin Los Angeles.
4. Kekerasan agregat kasar. Uji ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan agregat dalam menahan beban.
5. Kadar organik. Uji ini bertujuan untuk mengetahui adanya bahan organik dalam pasir yang bisa merusak kualitas.
6. Kadar air. Uji ini bertujuan untuk mengetahui jumlah air yang ada dalam agregat saat dalam kondisi kering.

Pengujian Sifat Fisik Aspal

1. Penetrasi. Tes ini bertujuan mengukur kekerasan aspal dengan melihat seberapa dalam jarum dapat tertanam ke dalam aspal dalam waktu 5 detik.

2. Titik lembek. Tes ini bertujuan mengetahui suhu di mana aspal mulai menjadi lembek, yang ditandai saat aspal mengendur karena beban batu kerikil logam yang diletakkan 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:

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

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 diperoleh nilai sebesar 5,9%. Benda uji yang tidak dicampur limbah plastik HDPE digunakan untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) yang nantinya akan digunakan sebagai kadar aspal pada benda uji substitusi limbah plastik HDPE. Hasil perhitungan Marshall kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik yang menunjukkan hubungan antara kadar aspal dengan parameter Marshall, dan dari grafik tersebut dapat ditentukan 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-BC 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	2.645	Min 2,5	SNI 03-1738-1989
Berat Jenis SSD	gram/cm ³	2.691	Min 2,5	SNI 03-1738-1989
Berat Jenis App	gram/cm ³	2.773	Min 2,5	SNI 03-1738-1989
Penyerapan Air	%	1.747	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**.

Hasil Pengujian Aspal

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

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 4,9%, 5,4%, 5,9%, 6,4%, 6,9% yang akan digunakan untuk penentuan KAO.

Pengujian Marshall dengan Benda Uji Normal

Rekapitulasi hasil uji Marshall di dalam campuran normal dengan kadar aspal 4,9% hingga 6,9% terhadap

nilai VIM, VMA, VFA, stabilitas, *flow*, dan MQ dapat dilihat di dalam **Tabel 5**.

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**.

Pengujian Marshall dengan Substitusi Limbah Plastik

Pada langkah selanjutnya, yaitu membuat benda uji substitusi plastik HDPE sebagai pengganti sebagian agregat halus dengan menggunakan KAO, kadar plastik HDPE yang digunakan yaitu 0%, 2,5%, 4,5%, 6,5%, terhadap total agregat halus, Yang tertahan saringan No.8. Adapun hasil dari pengujian Marshall yang ditunjukkan di dalam **Tabel 6**.

Tabel 3. Hasil Pengujian Agregat Halus

Jenis Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi	Standar
Berat Jenis <i>Bulk</i>	gram/cm ³	2.668	Min 2,5	SNI 03-1738-1989
Berat Jenis SSD	gram/cm ³	2.695	Min 2,5	SNI 03-1738-1989
Berat Jenis App	gram/cm ³	2.741	Min 2,5	SNI 03-1738-1989
Penyerapan Air	%	1.005	Mak 3%	SNI 03-1738-1989

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 4. Hasil Pengujian Aspal

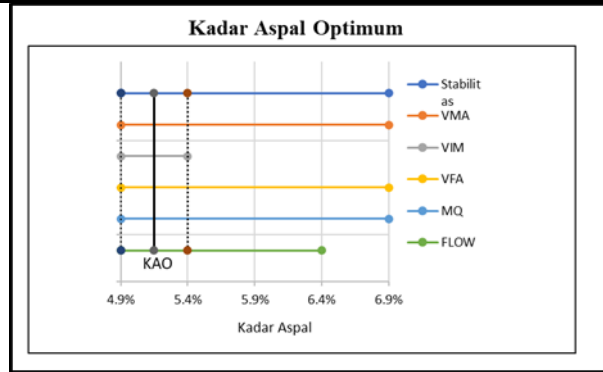
Pengujian	Hasil Pengujian	Persyaratan		Metoda Penugjian
		Min	Max	
Penetrasi, 25°C	62.69	60	70	SNI 2456-2011
Titik Lembek, °C	48	48°C	58°C	SNI 2434:2011
Berat Jenis	1.033	1,0	-	SNI 2441:2011

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 5. Rekapitulasi Pengujian Marshall Benda Uji Normal

Parameter Marshall	Spesifikasi	Kadar Aspal				
		4.9%	5.4%	5.9%	6.4%	6.9%
VIM (%)	Min 3,0%	4,87	3,97	2,95	1,90	1,06
VMA (%)	Min 14%	14.25	14.44	14.51	14.56	14.80
VFA (%)	Min 65%	67.70	72.68	80.24	87.42	93.03
Stabilitas (kg)	Min 800	1153.16	1311.17	1239.15	1105.8	910.11
Flow (mm)	Min 2	2.00	2.49	2.03	2.34	1.78
MQ (kg/mm)	Min 250	776.65	534.52	663.07	444.9	485.26

Sumber: Hasil Pengujian Marshall



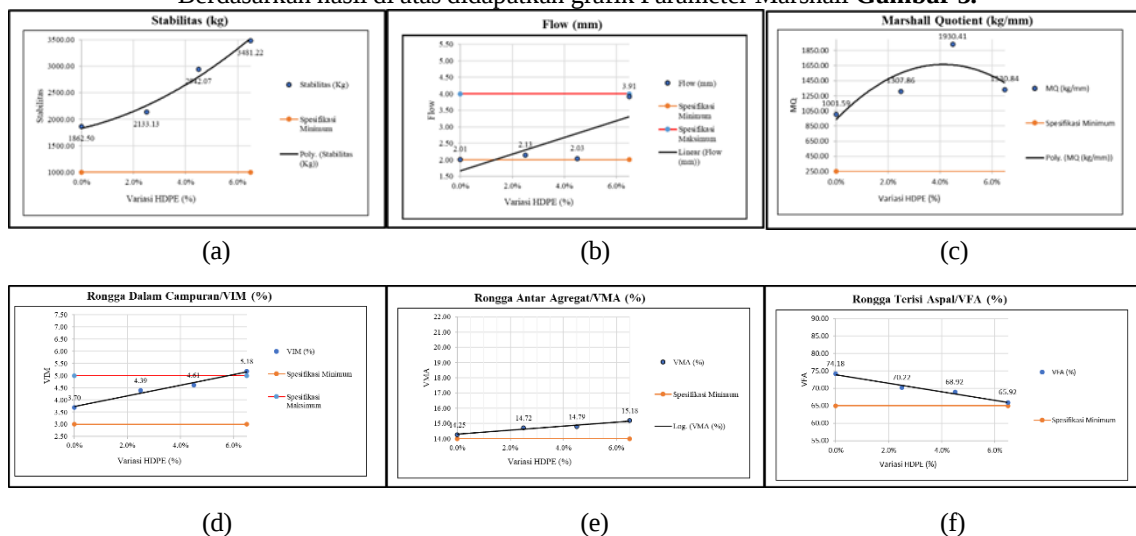
Gambar 2. Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

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

Karakteristik Campuran AC-WC	Spesifikasi	Kadar Substitusi HDPE (%)			
		0.0%	2.5%	4.5%	6.5%
Stabilitas (kg)	Min. 1000	1862.50	2133.13	2942.07	3481.22
Flow (mm)	2,0 - 4,0	2.01	2.13	2.03	3.91
MQ (kg/mm)	Min. 250	1003.84	1289.30	1843.33	1191.08
VMA (%)	Min. 14	14.75	15.94	17.09	18.47
VIM (%)	3,0 - 5,0	4.87	4.71	4.85	5.28
VFA (%)	Min. 65	67.14	70.46	71.66	71.39

Sumber: Hasil Pengujian Marshall

Berdasarkan hasil di atas didapatkan grafik Parameter Marshall Gambar 3.



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

Berdasarkan dari hasil pengujian karakteristik Marshall didapatkan hasil kadar plastik optimum yaitu pada presentase 4.5%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa limbah plastik HDPE sebagai substitusi agregat halus dapat digunakan sebagai bahan tambah campuran beraspal panas.

Rencana Anggaran Biaya

Dapat disimpulkan bahwa total anggaran biaya penelitian variasi substitusi agregat halus HDPE sebesar Rp. 139,592.51,-

4. KESIMPULAN

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

1. Uji analisis anova satu arah /one-way telah menunjukkan bahwa, penggunaan High Density PolyEthylene sebagai substitusi agregat halus dalam campuran AC – BC berpengaruh terhadap karakteristik marshall yaitu

stabilitas, flow, marshall quotient, dan *Void in Mineral Aggregate* (VMA). Namun tidak berpengaruh terhadap *Void In Mixture* (VIM), *Void in Mineral Aggregate* (VMA), *Void Filled with Bitumen* (VFA) dengan resiko kesalahan 5%. Tambahkan f hitung dan f tabel

2. Berdasarkan nilai rata rata hasil pengujian benda uji dengan substitusi High Density PolyEthylene dari semua nilai karakteristik marshall yaitu Stabilitas, flow, MQ, VIM, VMA mengalami kenaikan dari pada campuran aspal non substitusi. Hanya VFA yang mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar HDPE yang ditambahkan. Substitusi agregat halus menggunakan High density PolyEthylene dengan kadar variasi 0%, 2,5%, 4,5%, 6,5% yang sudah disajikan kedalam grafik dan diagram barchart, memperoleh kadar variasi yang efektif yaitu 4,5% dengan nilai stabilitas 2942.07 Kg, Flow 2,03 mm, MQ 1930,41 kg/mm, VMA 14,78%, VIM 4,60 %, dan VFA 69,99 % dan menghasilkan karakteristik campuran yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.
3. Pada hasil analisis biaya diatas, telah didapatkan total hasil anggaran biaya kebutuhan material pada penelitian ini sebesar Rp. 139,592.51,- .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arbintarso, E. S., & Nurnawati, E. K. (2022). Peranan Keluarga Dalam Upaya Meningkatkan Kualitas Lingkungan Melalui Daur Ulang Limbah Plastik Rumah Tangga. *Jurnal Berdaya Mandiri*, 4(3), 300–318.
- [2] Budi Santosa, T., & Weimintoro, W. (2023). Pengaruh Pemanfaatan Polimer Hdpe Terhadap Nilai Stabilitas Sebagai Substitusi Aspal Pada Perkerasan Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC). *JURNAL ENGINEERING*, 14(2), 53–60.
<https://doi.org/10.24905/jureng.v14i2.21>
- [3] Kadir, Y., Desei, F. L., & Achmad, F. (2024). Konsep Perkerasan Jalan. In *Perancangan Proyek Perkerasan Jalan* (1st ed., pp. 1–15). CV. Gita Lentera.
- [4] Khadafi, M., & Fadly, I. (2023). *STUDI PENGGUNAAN PLASTIK HDPE PADA CAMPURAN ASPAL SEBAGAI BAHAN PENGIKAT KOSTRUKSI JALAN*. 3(2).
- [5] Laporan Praktikum Pengujian Sifat Fisik Semen. (2021). *LAPORAN PRAKTIKUM PENGUJIAN SIFAT FISIK SEMEN*.
- [6] Latif, A., & Setiawan, A. (2023). *Pengaruh Penambahan Plastik High Density Polyethylene (HDPE) dan Low Density Polyethylene (LDPE) Terhadap Karakteristik Campuran Aspal AC-WC Menggunakan Metode Kering*. 20(2).
- [7] Mareno, R., & Kumita. (2024). Analisis Substitusi Limbah Plastik HDPE Sebagai Agregat Halus Terhadap Stabilitas dan Kelelahan Pada Aspal AC-WC. *Jurnal Abulyatama Teknik Sipil Unaya*, 10(2), 71–77.
- [8] McClements, D. (2022). What is High Density Polyethylene (HDPE)? [Resource Material]. *Xometry*.
- [9] Spesifikasi Umum Bina Marga. (2018). *SPESIFIKASI UMUM 2018. KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT DIREKTORAT JENDRAL BINA MARGA*.
- [10] Suprpto. (2004). *Bahan dan Struktur Jalan Raya* (2nd ed.). KMTS FT UGM.
- [11] *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan*. (2004).
<https://jdih.pu.go.id/internal/assets/assets/produk/UU/2014/10/UU38-2004.pdf>