



STUDI PENGGUNAAN PLASTIK HDPE PADA CAMPURAN ASPAL SEBAGAI BAHAN PENGIKAT KOSTRUKSI JALAN

Muammar Khadafi^{1*}, Jasman², Imam Fadly³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Parepare, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel:

Dikirim: 6 Juni 2023

Revisi: 22 Juni 2023

Diterima: 28 Juni 2023

Tersedia online: 30 Juni 2023

Keywords:

HDPE, AC-BC, Road Construction

*Penulis Korespondensi:

Muammar Khadafi,
Program Studi Teknik Sipil,
Universitas Muhammadiyah
Parepare,
Jl Jenderal Ahmad Yani KM. 6,
Kota Parepare, Indonesia.
Email:
khadafimuammar99@gmail.com

ABSTRACT

The use of HDPE plastic as an asphalt mixture can help reduce expensive production costs and have a good effect on the properties of asphalt. This study aims to determine the effect of using HDPE type plastic on asphalt mixture as a road construction binder and the effect of adding plastic on marshall value. The research was conducted at the Road and Asphalt Laboratory of Civil Engineering, University of Muhammadiyah Parepare using the marshall testing method. From the test results, 4% and 5% HDPE plastic levels have met the VIM and FVB values, while for 6% HDPE levels do not. Then for the Stablity, VMA, Flow, MQ values all meet the specifications. The greater the addition of HDPE plastic can make the asphalt mixture ineffective or the quality of AC-BC asphalt decreases.

ABSTRAK

Penggunaan plastik HDPE sebagai campuran aspal dapat membantu mengurangi biaya produksi yang mahal serta memberikan pengaruh yang baik terhadap sifat-sifat aspal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan plastik jenis HDPE terhadap campuran aspal sebagai bahan pengikat konstruksi jalan serta efek dari penambahan plastik terhadap nilai marshall. Penelitian dilakukan di Laboratorium Jalan dan Aspal Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare menggunakan metode pengujian marshall. Dari hasil pengujian, kadar plastik HDPE 4% dan 5% telah memenuhi nilai VIM dan FVB, sedangkan untuk kadar HDPE 6% tidak. Kemudian untuk nilai stabilitas, VMA, Flow, MQ semuanya memenuhi spesifikasi. Semakin besar penambahan plastik HDPE dapat membuat campuran aspal tidak efektif atau kualitas dari aspal AC-BC semakin menurun.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



I. PENDAHULUAN

Jalan merupakan infrastruktur dasar dan utama dalam menggerakkan roda perekonomian nasional dan daerah, mengingat penting dan strategisnya fungsi jalan untuk mendorong distribusi barang dan jasa sekaligus mobilitas penduduk. Untuk itu diperlukan perencanaan struktur perkerasan yang kuat, tahan lama dan mempunyai daya tahan tinggi terhadap deformasi plastis yang terjadi [1].

A. Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan ataupun pelaburan. Aspal sendiri dihasilkan dari minyak mentah yang dipilih melalui proses destilasi minyak bumi. Proses penyulingan ini dilakukan dengan pemanasan

hingga suhu 350°C dibawah tekanan atmosfer untuk memisahkan fraksi-fraksi ringan, seperti gasoline (bensin), kerosene (minyak tanah), dan gas oil [2].

B. Agregat

Agregat terbagi menjadi dua jenis, yaitu agregat kasar dan agregat halus [2] :

1) *Agregat Kasar*: Material yang tertahan pada saringan No.8 (2,36 mm). Agregat kasar untuk campuran aspal harus terdiri dari batu pecah yang bersih, kuat, kering, bersudut, bebas dari kotoran lempung dan material asing lainnya serta mempunyai tekstur permukaan yang kasar dan tidak bulat agar dapat memberikan sifat *interlocking* yang baik dengan material yang lain.

2) *Agregat Halus*: Agregat halus adalah agregat dengan ukuran terkecil lolos saringan No.8 (2,36 mm) dan tertahan diatas saringan No.200 (0,075 mm). Agregat halus dapat meningkatkan stabilitas campuran dengan penguncian (*interlocking*) antara butiran.

C. Fungsi Aspal

Aspal memiliki beberapa fungsi khususnya sebagai bahan konstruksi jalan, antara lain [3]:

- 1) Untuk mengikat batuan agar tidak lepas dari permukaan jalan akibat lalu lintas (*water proofing, protect terhadap erosi*)
- 2) Sebagai Bahan Pelapis dan Perekat Agregat
- 3) *Lapis Resap Pengikat (Prime Coat)*: Lapisan tipis aspal cair yang diletakkan diatas lapis pondasi sebelum lapis berikutnya.
- 4) *Lapis Pengikat (Tack Coat)*: Lapis aspal cair yang diletakkan di atas jalan yang telah beraspal sebelum lapis berikutnya dihampar, berfungsi pengikat di antara keduanya sebagai pengisi ruang yang kosong antara agregat kasar, agregat halus, dan filler.

D. Kelebihan Dan Kekurangan Aspal

- 1) *Kelebihan Jalan Aspal*: Jalan lebih halus, harga lebih ekonomis, menghasilkan kebisingan lebih rendah, lebih mudah diperbaiki, warna lebih teduh dan waktu pembuatan lebih cepat [4].
- 2) *Kekurangan Jalan Aspal*: Kurang tahan lama, bergantung pada kondisi tanah, membutuhkan banyak perawatan serta memerlukan sisten drainase [4].

E. Pengaruh Penambahan Plastik HDPE

High Density Poly Ethylene (HDPE) adalah *polietilena termoplastik* yang terbuat dari minyak bumi. Kadang-kadang disebut "*alkathene*" atau "*polythene*" bila digunakan untuk pipa. Dengan rasio kekuatan-kekerapatan tinggi, HDPE digunakan dalam produksi botol plastik, pipa tahan korosi, geo membran, dan kayu plastik. HDPE biasanya didaur ulang, dan memiliki nomor "2" sebagai kode identifikasi resinnya. Penggunaan plastik HDPE *chip sealing* bisa meningkatkan *skid resistance* dari perkerasan jalan sehingga bisa menurunkan rasio kecelakaan sekitar 47,32% yang diakibatkan oleh kondisi permukaan jalan yang licin pada saat hujan [5].

Ada dua teknik pencampuran plastik dalam pencampuran beraspal, yaitu [6]:

- 1) *Cara Basah (Wet Process)*: Suatu cara pencampuran dimana plastik dimasukkan ke dalam aspal panas dan diaduk dengan kecepatan tinggi sampai homogen. Cara ini membutuhkan tambahan dana cukup besar antara lain bahan bakar, *mixer* kecepatan tinggi sehingga aspal modifikasi yang

dihasilkan harganya cukup besar bedanya dibandingkan dengan aspal konvensional.

- 2) *Cara Kering (Dry Process)* : Suatu cara dimana plastik dimasukkan ke dalam agregat yang dipanaskan pada temperatur campuran, kemudian aspal panas ditambahkan. Cara ini bisa lebih murah ketimbang cara basah, lebih mudah hanya dengan memasukkan plastik ke dalam agregat panas, tanpa membutuhkan peralatan lain untuk mencampur (*mixer*).

F. Penelitian Terdahulu

- 1) *Pemanfaatan Limbah Botol Plastik (PET) Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course*: Dari hasil evaluasi sifat karakteristik marshall diperoleh rentang kadar plastik maksimum 0% hingga 7,9. Penambahan plastik jenis Polyethylene Terephthalate (PET) ternyata memberikan pengaruh pada campuran aspal panas AC-WC dan meningkatkan kualitas karakteristik Marshall [7].
- 2) *Studi Penggunaan Variasi Campuran Material Plastik Jenis High Denesty Poly Ethylene (HDPE) Pada Campuran Beraspal Untuk Lapis Aus AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course)*: Diantara komposisi campuran plastik HDPE 0-12% yang memenuhi VIM dan Stabilitas didapatkan campuran plastik HDPE 8 % yang optimal dengan kadar aspal optimal sebesar 4.45 % [8].
- 3) *Penggunaan Material Limbah High Density Polyethylene (HDPE) Sebagai Bahan Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Beton*: Hasil kuat tekan beton yang dicampur dengan HDPE dengan proporsi 20% menghasilkan kuat tekan beton sebesar 11,08 MPa. Hasil kuat tekan beton yang dicampur dengan limbah HDPE yang dibuat simpul menghasilkan kuat tekan beton sebesar 2,67 MPa [9].
- 4) *Pengaruh Penggunaan Plastik Jenis HDPE (High Density Polyethylene) Dengan Pasir Laut Terhadap Daya Tahan Lapis Perkerasan Aspal Beton*: Dari hasil pengujian tersebut diketahui bahwa campuran paling optimal yaitu pada campuran aspal dengan HDPE 4 persen yang dapat dilihat pada karaktersitik pengujian *marshall* [10].
- 5) *Karakteristik Marshall Lapisan Aus Aspal Beton Menggunakan Agregat Terselimut Limbah Plastik LDPE (Low Density Polyethylene)*: Dari segi lingkungan, memberikan alternatif pemanfaatan limbah plastik LDPE yang ada dengan peningkatan jumlah limbah yang dipergunakan yaitu 1-6% dari berat agregat keseluruhan dalam campuran. sehingga dapat berkontribusi lebih besar terhadap degradasi lingkungan dengan berkurangnya limbah LDPE dalam

jumlah yang besar di Alam. Hal ini tentu menjadi suatu solusi yang sangat baik untuk penanganan limbah plastik LDPE mengingat limbah plastik LDPE membutuhkan waktu yang cukup lama untuk terurai [11].

G. Tujuan Umum Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan plastik jenis HDPE (*High Density Poly Ethylene*) terhadap campuran aspal sebagai bahan pengikat kontruksi jalan dan mengetahui bagaimana pengaruh penambahan plastik terhadap nilai marshall.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penyusunan proposal penelitian ini ialah penelitian laboratorium (*laboratory research*), dimana dilakukan percobaan terhadap benda uji campuran aspal dengan bahan tambah plastik HDPE.

B. Lokasi Dan Waktu Penelitian

1) *Lokasi Penelitian*: Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Jalan dan Aspal Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare.

2) *Waktu Penelitian*: Penelitian ini dilakukan $\pm$ 2 bulan dari tanggal 12 Juni sampai 12 Agustus 2022.

C. Teknik Pengumpulan Data

1) *Data Sekunder*: Tahap awal dari pekerjaan ini adalah mengumpulkan data sekunder berupa standar mutu, serta mencari literatur-literatur terkait dengan penelitian yang akan dilakukan. Data tersebut di gunakan untuk menentukan mutu aspal dengan variasi campuran plastik HDPE yang akan diteliti, serta menentukan langkah kerja lebih lanjut dalam tahap penelitian yang akan dilakukan.

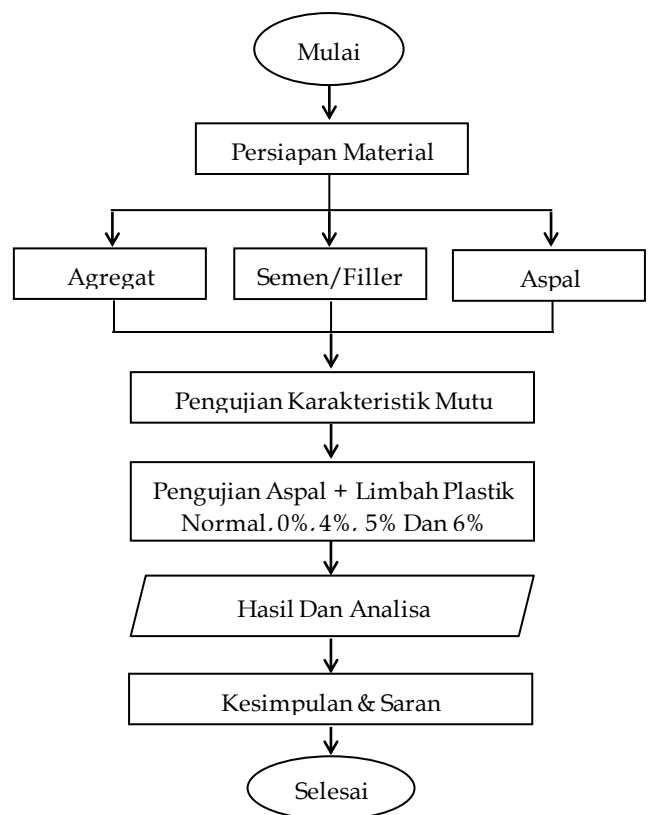
2) *Data Primer*: Tahap selanjutnya dari pekerjaan ini ialah mengumpulkan data primer berupa material-material yang akan digunakan sebagai bahan penelitian untuk melihat apakah karakteristik dari agregat tersebut memenuhi persyaratan spesifikasi yang ditetapkan sehingga dapat menghasilkan campuran aspal modifikasi sebagai bahan pengikat yang kuat dan tahan lama.

D. Teknik Analisis Data

Pengujian aspal dan agregat yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan pedoman dari Bina Marga Tahun 2018 [12]. Hasil pengujian dari marshall berupa

karakteristik marshall yaitu *densitas, stabilitas, VFB, VIM, VMA dan flow*.

E. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat pada penelitian ini terdiri atas pengujian berat jenis agregat kasar dan halus.

1) *Berat Jenis Agregat Kasar 1-2*: Pengujian berat jenis agregat kasar 1-2 diatas didapat berat jenis bulk 2.73 gr, berat jenis jenuh kering permukaan 2.76 gr, berat jenis semu 2.81 gr, dan penyerapan 1.01 %. Jadi, dari hasil analisis berat jenis agregat kasar 1-2 telah memenuhi spesifikasi yaitu berat jenis minimum 2.5 gr dan penyerapan air maksimal 3 %.

2) *Berat Jenis Agregat Kasar 0,5-1*: Pengujian berat jenis agregat kasar 0,5-1 diatas didapat berat jenis bulk 2.56 gr, berat jenis jenuh kering permukaan 2.60 gr, berat jenis semu 2.66 gr, dan penyerapan 1.47 %. Jadi, dari hasil analisis berat jenis agregat kasar 1-2 telah

memenuhi spesifikasi yaitu berat jenis minimum 2.5 gr dan penyerapan air maksimal 3 %.

3) *Berat Jenis Agregat Halus (Abu Batu)*: Pengujian berat jenis agregat halus (abu batu) diatas didapat berat jenis bulk 2.66 gr, berat jenis jenuh kering permukaan 2.69 gr, berat jenis semu 2.74 gr, dan penyerapan 1.01 %. Jadi, dari hasil analisis berat jenis agregat halus (abu batu) telah memenuhi spesifikasi yaitu berat jenis minimum 2.5 gr dan penyerapan air maksimal 3 %.

B. *Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar (Abrasi)*

Pengujian abrasi merupakan pengujian terhadap daya tahan agregat terhadap kikisan dihubungkan langsung dengan kekuatan hancur dan secara umum cukup aman untuk menganggap bahwa beton dengan kuat hancur yang besar juga sehingga mempunyai daya tahan terhadap kikisan besar. Dari pengujian agregat kasar (abrasi) menggunakan mesin *Los Angeles* dan diputar sebanyak 500 putaran bersama dengan bola-bola baja sebanyak 11 bola, sehingga diperoleh hasil persen keausan sebesar 13.7 % dan telah memenuhi spesifikasi yaitu maksimal 30 %.

C. *Hasil Pengujian Marshall Sampel Normal*

Dari hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan hubungan stabilitas dan kadar aspal, pada kadar aspal 4.5 % sampai dengan 6.5 % mengalami kenaikan dan penurunan. Dari grafik nilai stabilitas tertinggi yaitu pada kadar aspal 5 % sebesar 1458.11 kg, dan nilai stabilitas terendah yaitu pada kadar aspal 5.5 % sebesar 1179.10 kg dan untuk nilai VMA (*Void In Mineral Aggregate*) pada kadar aspal 4.5 % sampai dengan 6.5 %, yaitu sebesar 15.54 %, 15.78 %, 15.99 %, 16.96 %, dan 17.95 %. 15,16%. Ditinjau dari Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran Laston nilai VMA (*Void In Mineral Aggregate*) minimal 14 %, jadi semua kadar aspal yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi persyaratan.

Dalam penelitian VIM (*void in the mix*) menunjukan hubungan stabilitas dan kadar aspal, pada kadar aspal 4.5 % sampai dengan 6.5 % mengalami penurunan dengan nilai VIM sebesar 6.43 %, 5.48 %, 4.49 %, 4.37 %, dan 3.91 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar kadar aspal yang digunakan semakin menurun nilai VIM (*Void In Mix*) sedangkan untuk flow menunjukan hubungan flow dan kadar aspal, pada kadar aspal 4.5 % sampai dengan 6.5 % mengalami kenaikan dan penurunan. Dari grafik nilai flow tertinggi yaitu pada kadar aspal 5.5 % sebesar 3.56 mm dan nilai flow terendah yaitu pada kadar aspal 6.5 % sebesar 3.34 mm.

D. *Hasil Pengujian Marshall Penambahan HDPE*

1) *Stabilitas*: Menunjukkan hubungan stabilitas dan kadar HDPE, pada kadar HDPE 4%, 5% dan 6% mengalami kenaikan dan penurunan. Dari grafik nilai stabilitas tertinggi yaitu pada kadar HDPE 5% sebesar 1738,77 kg, dan nilai stabilitas terendah yaitu pada kadar aspal 6% sebesar 1235,22 kg.

2) *Rongga Diantara Agregat (VMA)*: Menunjukkan hubungan VMA dan kadar HDPE, pada kadar HDPE 4%, 5% dan 6% mengalami kenaikan. Dari grafik nilai VMA tertinggi yaitu pada kadar HDPE 6% sebesar 17,85 %, dan nilai VMA terendah yaitu pada kadar aspal 4% sebesar 15,27 %. Ditinjau dari Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran Laston nilai VMA minimal 14 %, jadi semua kadar aspal yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi persyaratan yang tertera.

3) *Rongga Terhadap Campuran (VIM)*: Menunjukkan hubungan VIM dan kadar HDPE, pada kadar HDPE 4%, 5% dan 6% mengalami kenaikan. Dari grafik nilai VIM tertinggi yaitu pada kadar HDPE 6% sebesar 6,63 %, dan nilai VIM terendah yaitu pada kadar HDPE 4% sebesar 3,64 %. Berdasarkan persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran Laston nilai VIM yang memenuhi persyaratan yaitu sebesar 3,5 % - 5,5 %. Nilai VIM yang memenuhi persyaratan yaitu pada kadar HDPE 4% dan 5%, Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar kadar HDPE yang digunakan semakin meningkatkan nilai VIM

4) *Rongga Terisi Aspal (VFB)*: Menunjukkan hubungan VFB dan kadar HDPE, pada kadar HDPE 4%, 5% dan 6% mengalami penurunan. Dari grafik nilai VFB tertinggi yaitu pada kadar HDPE 4% sebesar 77,38 %, dan nilai VFB terendah yaitu pada kadar HDPE 6% sebesar 64,25%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar kadar HDPE yang digunakan nilai VFB semakin menurun.

5) *Flow* : Menunjukkan hubungan flow dan kadar HDPE, pada kadar HDPE 4%, 5% dan 6% mengalami Kenaikan. Dari grafik nilai flow tertinggi yaitu pada kadar HDPE 6% sebesar 2,68 mm, dan nilai flow terendah yaitu pada kadar HDPE 4% sebesar 2,11 mm Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar kadar HDPE yang digunakan nilai VFB semakin meningkat.

6) *Marshall Quotient (MQ)*: Menunjukkan hubungan MQ dan kadar HDPE, pada kadar HDPE 4%,

5% dan 6% mengalami penurunan. Dari grafik nilai MQ tertinggi yaitu pada kadar HDPE 4% sebesar 736,06 Kg/mm dan nilai MQ terendah yaitu pada kadar HDPE 6% sebesar 460,90 Kg/mm Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar kadar HDPE yang digunakan nilai MQ semakin menurun.

IV. SIMPULAN

Pada hasil pengujian penambahan Plastik HDPE pada campuran aspal AC - BC yang telah dilakukan dilaboratorium Universitas Muhammadiyah Parepare maka dapat didapatkan hasil karakteristik Penambahan Plastik HDPE pada campuran aspal AC-BC untuk variasi kadar Plastik HDPE 4%, 5% dan 6%, dari hasil pengujian pada kadar Plastik HDPE 4% dan 5% untuk nilai VIM dan FVB yang tidak memenuhi adalah kadar HDPE 6% atau tidak lolos spesifikasi, untuk nilai stabilitas, VMA, flow, MQ semua memenuhi spesifikasi. sehingga dapat ditarik kesimpulan semakin besar penambahan plastik HDPE dapat membuat campuran aspal tidak efektif atau kualitas dari aspal AC- BC semakin menurun dan pengaruh penambahan Plastik HDPE terhadap campuran aspal AC-BC tidak optimal karena semakin besar penambahan plastik HDPE dapat menurunkan kualitas AC-BC. Hasil pembuktian KAO dari nilai karakteristik yang telah diperoleh yang di uji pada kadar HDPE 0% dan di tes pada kadar aspal 4,5% sampai dengan 6,5% didapatkan nilai 5,87%.

REFERENSI

- [1] A. Fajri dan S. Sazuatmo. "Pemanfaatan Limbah Tutup Botol Air Mineral Sebagai Filler Pada Lapis Perkerasan Base A," *Majalah Teknik Simes*, vol 15 no 2, hlm 3, Juli 2021, ISSN: 1907-3398. Tersedia: <https://doi.org/10.32663/simes.v15i2.2064>
- [2] A. Wiyogo, A. S. Amal dan A. A. Alamsyah. "Pengaruh Pemakaian Plastik LDPE Sebagai Substitusi Aspal Terhadap Karakteristik Marshall HRS-WC," *Jurnal Gradasi Teknik Sipil*, vol 5 no 1, hlm. 4, Juni 2021, ISSN: 2598-8581. Tersedia: <https://doi.org/10.31961/gradasi.v5i1.1052>
- [3] N. Imannurohman, S. Sudarno Dan M. Amin. "Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Perkerasan Laston Asphalt Concrete - Wearing Coarse (AC-WC)," *Reviews in Civil Engineering*, vol 4 no 1, hlm 11, Maret 2020, ISSN: 2614-3119. Tersedia: <http://dx.doi.org/10.31002/rice.v4i1.2215>
- [4] O. H. Hendra, N. Yusuf, I. Mirajhusnita, T. Haris dan Weimintoro. "Pengaruh Limbah Sampah Type HDPE (*High Density Polyethylene*) Pada Lapisan Aspal AC WC," *Jurnal Teknik Sipil*, vol 6 no 1, hlm 10, Juni 2021, ISSN: 2775-6017. Tersedia: <http://dx.doi.org/10.53712/rjrs.v6i1.1158>
- [5] S. W. Mudjanarko, Koespiadi, Suprayitno dan A. D. Limantara. *Variasi HDPE (High Density Polyethylene)*. Surabaya, Indonesia: Scorpindo Media Pustaka, 2019, hlm 37
- [6] T. L. Ing dan W. R. Pahlevi. "Studi Penggunaan Plastik Polypropylene Pada Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course," *Jurnal Penelitian Dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, vol 8 no 2, hlm 1, Okt 2019, ISSN: 1907-4247. Tersedia: <https://doi.org/10.35139/cantilever.v8i2.13>
- [7] J. Evandanata, D. Desriantomy dan S. Supiyan. "Pemanfaatan Limbah Botol Plastik (PET) Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course," *Jurnal Kacapuri*, vol 4 no 1, hlm 6, April 2021, ISSN: 2656-6001. Tersedia: <http://dx.doi.org/10.31602/fjk.v4i1.5152>
- [8] Suprayitno, S. W. Mudjanarko, Koespiadi dan A. D. limantara. "Studi Penggunaan Variasi Campuran Material Plastik Jenis *High Density Polyethylene* (HDPE) Pada Campuran Beraspal Untuk Lapis Aus AC-WC (*Asphalt Concrete Wearing Course*)," *Jurnal Padumksa*, vol 8 no 2, hlm 31, Des 2019, ISSN: 2581-2939. Tersedia: <https://www.neliti.com/publications/519291/studi-penggunaan-variati-campuran-material-plastik-jenis-high-density-polyethylene>
- [9] M. A. A. Fajr dan A. A. Setiawan. "Penggunaan Material Limbah High Density Polyethylene (HDPE) Sebagai Bahan Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Beton," *Widyakala Jurnal*, vol 6 no 2, hlm 3, April 2019, ISSN: 2597-8624. Tersedia: <https://doi.org/10.36262/widyakala.v6i0.161>
- [10] M. N. M. Viegas. A. Maliki dan A. B. K. Suharso. "Pengaruh Penggunaan Plastik Jenis HDPE (*High Density Polyethylene*) Dengan Pasir Laut Terhadap Daya Tahan Lapis Perkerasan Aspal Beton," *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Kontruksi*, vol 10 no 1, hlm 3, April 2022, ISSN: 2337-6317. Tersedia: <https://journal.uwks.ac.id/index.php/axial/article/view/2175>
- [11] N. L. P. S. E. Setyarini, A. N. Tajudin dan J. Pratama. "Karakteristik Marshall Lapisan Aus Aspal Beton Menggunakan Agregat Terselimut Limbah Plastik LDPE (*Low Density Polyethylene*)," *Jurnal Muam Sains Teknologi Kedokteran Dan Ilmu Kesehatan*, vol 3 no 1, hlm 1, Okt 2019, ISSN: 2579-6410. Tersedia: <https://doi.org/10.24912/jmstik.v3i1.1697>
- [12] Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat. "Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Kontruksi Jalan Dan Jembatan." Direktorat Bina Marga (2020)