

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK PET (POLYTHYLENE TEREPHTHALATE) UNTUK ASPAL PENETRASI 60/70 TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL (AC-BC)

Alfia Nur Rahmawati¹, Yulis Widhiastuti², Budi Hadi Prasetyo³

Universitas Bojonegoro, Jawa Timur, Indonesia

alfiarahma64@gmail.com*

ABSTRAK

ARTIKEL INFO:

Diterima:

30 Desember 2022

Direvisi:

04 Januari 2023

Disetujui:

11 Januari 2023

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat-sifat fisik aspal dengan bahan sampah botol plastic (*Polyethylene Terephthalate*) dan mengetahui karakteristik Marshall pada campuran laston (AC-BC) dengan bahan tambah sampah botol plastik (*Polyethylene Terephthalate*). Aspal merupakan salah satu bahan yang digunakan sebagai material perkerasan jalan, bahan ini dipilih karena hasil akhirnya yang baik dan nyaman sebagai perkerasan fleksibel. Salah satu cara untuk mencegah kerusakan pada perkerasan akibat beban kendaraan adalah dengan meningkatkan kualitas dan stabilitas perkerasan. Oleh karena itu, penggunaan aditif adalah alternatif. Bahan dasar plastik yang sulit terurai perlu ditangani dengan baik selain solusi daur ulang dengan peningkatan nilai fungsionalnya. Pemanfaatan sampah plastik sebagai bahan tambahan dalam campuran lapisan AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*) dalam rangka meningkatkan nilai stabilitasnya, serta sebagai salah satu langkah konkret untuk mengurangi sampah yang sulit terurai dengan meningkatkan nilai fungsinya. Dalam nilai fungsi ini. Pada penelitian ini, penambahan plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) pada campuran aspal AC-BC berpengaruh terhadap nilai karakteristik marshall. Dengan efek yang disebabkan oleh penambahan plastik PET, semakin tinggi persentase campuran, semakin tinggi persentase campuran, semakin tinggi stabilitas, nilai VMA, VIM, dan MQ yang terbentuk. Sementara itu, nilai VFB dan aliran cenderung menurun seiring dengan meningkatnya kandungan plastik PET. Persentase penambahan plastik PET pada campuran aspal AC-BC juga berpengaruh terhadap nilai densitas dimana semakin tinggi nilai persentasenya, maka semakin rendah nilai densitas dan dapat meningkatkan nilai VIM. Sehingga campuran aspal secara visual akan memiliki banyak rongga.

Kata Kunci: AC-BC, Aspal, PET

PENDAHULUAN

Meningkatnya pertumbuhan penduduk diiringi dengan jumlah peningkatan volume lalu lintas. Kondisi tersebut harus didukung oleh konstruksi jalan yang berkualitas, terutama dari kualitas lapis perkerasan untuk memberikan keamanan dan kenyamanan dalam berkendara (Eriyono & Puspito, 2017). Kerusakan jalan telah menjadi permasalahan umum yang biasa di hadapi, hampir di setiap daerah memiliki jalan yang rusak. Beberapa hal yang menjadi penyebab kerusakan jalan di beberapa daerah adalah sebagai berikut: kualitas jalan yang kurang baik, kondisi drainase permukaan jalan yang tidak memadai (Carlina, 2013).

Bahan dasar plastik yang sulit terurai perlu dilakukan penanganan yang tepat selain solusi daur ulang dengan peningkatan nilai fungsinya. Pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan tambahan dalam campuran lapisan AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*) guna peningkatan nilai stabilitasnya, sekaligus salah satu langkah kongkrit sebagai penanganan pengurangan sampah yang sulit terurai dengan peningkatan nilai fungsinya (Yuniarti & Rachman, 2020).

Agregat adalah butir-butir batu pecah, kerikil, pasir dan mineral lain, baik berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar ataupun kecil (Sukarman, 2003). Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain berupa hasil alam atau buatan (Hartati, Hendri, & Lilianti, 2020). Fungsi bahan pengisi (*Filler*) adalah sebagai pengisi rongga udara pada material sehingga memperkaku lapisan aspal. Apabila campuran agregat kasar dan halus masih belum masuk dalam spesifikasi yang telah ditentukan, maka pada campuran laston perlu ditambah dengan filler (Raya, Enda, Pratomo, & Herianto, 2015). Sebagai filler dapat digunakan debu batu kapur, debu dolomite atau semen Portland. Filler yang baik adalah yang tidak tercampur dengan kotoran atau bahan lain yang tidak dikehendaki dan dalam keadaan kering (kadar air maks 1%). Filler yang digunakan pada penelitian ini adalah semen Portland tipe 1 yang umum digunakan dalam berbagai pekerjaan konstruksi (Mashuri & Batti, 2011).

Aspal merupakan salah satu material yang digunakan sebagai bahan perkerasan jalan raya, material ini dipilih karena hasil akhirnya yang baik dan nyaman sebagai perkerasan lentur (Pratama, Widodo, & Sulandari, 1989). Salah satu cara untuk mencegah terjadinya kerusakan pada perkerasan jalan akibat beban muatan kendaraan adalah dengan meningkatkan kualitas dan stabilitas perkerasan tersebut. Oleh sebab itu penggunaan bahan tambah (*Additive*) menjadi salah satu alternatif. Menurut (Sukarman, 2003), terdapat tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal yaitu: stabilitas (*stability*), keawetan (*durability*), kelenturan (*fleksibility*), tahanan geser/kekesatan (*skid resistance*), kedap air (*impermeability*), ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), dan kemudahan pelaksanaan (*workability*).

Penelitian ini mempunyai tujuan untuk mengetahui sifat-sifat fisik aspal dengan bahan sampah botol plastik (*Polyethylene Terephthalate*) dan mengetahui karakteristik Marshall pada campuran laston (AC-BC) dengan bahan tambah sampah botol plastik (*Polyethylene Terephthalate*) (Fitri, Saleh, & Isya, 2018).

Dengan adanya Penelitian ini, diharapkan mampu memberikan manfaat bagi dunia konstruksi, khususnya konstruksi jalan raya dan menambah wawasan mengenai penambahan plastik sebagai bahan tambahan campuran aspal lastaton (HRS-WC) yang ditinjau terhadap nilai Marshall, apabila penelitian ini memberikan hasil yang positif, semoga dapat digunakan pada konstruksi jalan raya di Indonesia sekaligus juga dapat menjadi salah satu solusi terhadap permasalahan sampah yang semakin besar di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian proyek akhir ini ialah eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Bojonegoro dengan menggunakan sistem *Job Mix Formulla* (JMF) aspal yang digunakan sebagai pengikat adalah aspal AC 60/70. Sedangkan standar metode pengujiannya mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) (Mujiarto, 2005).

Penelitian ini dilakukan secara bertahap, yaitu terdiri atas pengujian agregat (kasar, halus dan *filler*), aspal dan pengujian terhadap campuran limbah plastik (*Job mix Formulla*). Pengujian

terhadap agregat termasuk analisa saringan, pemeriksaan berat jenis, dan penyerapan air. Untuk pengujian aspal AC 60/70 termasuk berat jenis. Sedangkan metode yang digunakan sebagai penguji campuran adalah Metode Marshall (Kasestriani, 2011).

Metode Marshall sendiri dengan pencampuran plastik, dimana dari pengujian Marshall tersebut didapatkan hasil-hasil yang berupa komponen-komponen Marshall, yaitu stabilitas, Rongga di dalam campuran (*Void In The Compacted Mixture/VIM*), Rongga udara yang terisi aspal (*Void Filled with Bitumen/VFB*), Rongga diantara agregat (*Void in the Mineral Agregat/VMA*), dan Hasil bagi Marshall/Marshall Quotient (*MQ*) (Purwadi, 2008).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini berisi hasil-hasil penelitian beserta pembahasannya. Anda dapat menambahkan tabel atau grafik untuk memudahkan pembacaan hasil penelitian (Sari, 2015).

Pengujian Karakteristik Agregat Halus

Pengujian karakteristik agregat merupakan serangkaian pengujian terhadap agregat untuk mengetahui nilai mengenai sifat agregat tersebut (Fauziah & Wijayati, 2016). Agregat halus yang berasal dari Soko Tuban dilakukan pengujian berat jenis dan penyerapan dengan acuan SNI 03-1970-1990. Dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 1
Analisa Saringan Agregat Halus

Ukuran Ayakan		SAMPSEL – 1				SAMPSEL – 2				Avg
(mm)	No.	Berat tertinggal (gr)	komulatif tertahan (gr)	komulatif tertahan %	lolos (gr) %	Berat tertinggal (gr)	Komulatif Tertahan (gr)	Kumulatif Tertahan %	Lolos (gr) %	
19,1	3/4"	0	0	0	100	0	0	0	100	100
13,2	1/2"	0	0	0	100	0	0	0	100	100
9,60	3/8"	0	0	0	100	0	0	0	100	100
4,80	4	6	6	0.24	99.76	10	10	0.4	99.6	99.68
2,40	8	30	36	1.44	98.56	34	44	1.76	98.24	98.4
1,20	16	43	79	3.16	96.84	69	113	4.52	95.48	96.16
0,60	30	1917	1996	79.84	20.16	1682	1795	71.8	28.2	24.18
0,30	50	293	2289	91.56	8.44	453	2248	89.92	10.08	9.26
0,15	100	77	2366	94.64	5.36	111	2359	94.36	5.64	5.5
0,075	200	121	2487	99.48	0.52	128	2487	99.48	0.52	0.52
PAN	PAN	13	2500	100	0	13	2500	100	0	0
JUMLAH		2500	11759			2500	1155	6		

(Sumber : Hasil pengujian laboratorium Teknik Sipil Unigoro, 2020)

A. Pengujian Karakteristik Agregat Kasar

Agregat kasar yang berasal dari Parengan dilakukan pengujian berat jenis dan penyerapan dengan acuan SNI 03-1969-1990. Dengan ukuran 1:2 dan 0,5 seperti dalam tabel berikut ini:

Tabel 2
Analisa Saringan Agregat Kasar Parengan Size 1:2

Ukuran Ayakan		SAMPEL – 1				SAMPEL – 2				Avg
(mm)	No.	Berat tertinggal (gr)	kumulatif tertahan (gr)	kumulatif tertahan %	Lolos (gr)	Berat tertinggal (gr)	Kumulatif Tertahan (gr)	Kumulatif Tertahan %	Lolos (gr) %	
19,1	3/4								78.0	79.9
"	"	455	455	18.2	81.8	548	548	21.92	8	4
13,2	1/2				48.1				44.6	46.3
"	"	842	1297	51.88	2	836	1384	55.36	4	8
9,60	3/8				22				18.9	20.4
"	"	653	1950	78	22	643	2027	81.08	2	6
4,80	4	420	2370	94.8	5.2	339	2366	94.64	5.36	5.28
2,40	8	105	2475	99	1	111	2477	99.08	0.92	0.96
Pan		25	2500	100	0	23	2500	100	0	0
Jumlah		2500				2500				

(Sumber : Hasil pengujian laboratorium Teknik Sipil Unigoro, 2020)

Tabel 3
Analisa Saringan Agregat Kasar Parengan Size 0.5

Ukuran Ayakan		SAMPEL – 1				SAMPEL – 2				Avg
(mm)	No.	Berat tertinggal (gr)	kumulatif tertahan (gr)	kumulatif tertahan %	lolos (gr) %	Berat tertinggal (gr)	Kumulatif Tertahan (gr)	Kumulatif Tertahan %	Lolos (gr) %	
19,1	3/4								100	100
"	"	0	0	0	100	0	0	0	100	100
13,2	1/2								100	100
"	"	0	0	0	100	0	0	0	100	100
9,60	3/8								99.56	99.5
"	"	14	14	0.56	99.44	11	11	0.44	99.56	99.5
4,80	4	571	585	23.4	76.6	801	812	32.48	67.52	72.0
2,40	8	1548	2133	85.32	14.68	1412	2224	88.96	11.04	12.8
PAN		367	2500	100	0	276	2500	100	0	0
Jumlah		2500				2500				

(Sumber : Hasil pengujian laboratorium Teknik Sipil Unigoro, 2020)

Pengujian Filler semen Portland

Pengujian *filler* semen *portland* ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis *bulk*, berat jenis SSD, dan berat jenis semu. Denga hasil pengujian sebagai berikut ini.

Tabel 4
Hasil Pengujian Filler Semen Portland.

No.	Jenis pengujian	Hasil	Satuan
1.	Berat jenis <i>bulk</i>	2,648	gr/cc

2.	Berat jenis SSD	2,667	gr/cc
3.	Berat jenis semu	2,669	gr/cc

(Sumber : Hasil pengujian laboratorium Teknik Sipil Unigoro, 2020)

Pada Tabel 4 menunjukkan hasil dari pengujian *filler* semen *Portland* yang telah dilakukan. Diperoleh data yaitu berat jenis bulk sebesar 2,648 gr/cc, berat jenis SSD 2,667 gr/cc dan berat jenis semu 2,669 gr/cc.

Hasil Pengujian Berat Jenis

Dari hasil pengujian kadar air agregat halus didapat sebesar 2,88%, sedangkan untuk kadar air agregat kasar didapat sebesar 2,59%. Hasil pengujian kadar air agregat halus dan kasar disajikan dalam tabel 5 berikut.

Tabel 5
Berat jenis agregat halus

No	Keterangan	Sampel			Rata-Rata
		A	B	C	
1	Berat jenis (Bulk) = $Bk/(B+500-Bt)$	2.59	2.63	2.61	2.61
2	Berat jenis kering permukaan jenuh = $500/(B+500-Bt)$	2.67	2.70	2.69	2.69
3	Berat jenis semu (apparent) = $Bk/(B+Bk-Bt)$	2.82	2.83	2.83	2.83
4	apan air (apsorption) = $(500-Bk)/Bk \times 100\%$	3.09%	2.67%	2.88%	2.88%

(Sumber : Hasil pengujian laboratorium Teknik Sipil Unigoro, 2020)

Tabel 6
Berat jenis agregat kasar

No	Keterangan	Sampel			Rata-Rata
		A	B	C	
1	Berat jenis (Bulk) = $Bk/(B+500-Bt)$	2.47	2.36	2.48	2.44
2	Berat jenis kering permukaan jenuh = $500/(B+500-Bt)$	2.54	2.42	2.54	2.50
3	Berat jenis semu (apparent) = $Bk/(B+Bk-Bt)$	2.65	2.52	2.63	2.60
4	Penyerapan air (apsorption) = $(500-Bk)/Bk \times 100\%$	2.84%	2.67%	2.25%	2.59%

(Sumber : Hasil pengujian laboratorium Teknik Sipil Unigoro, 2020)

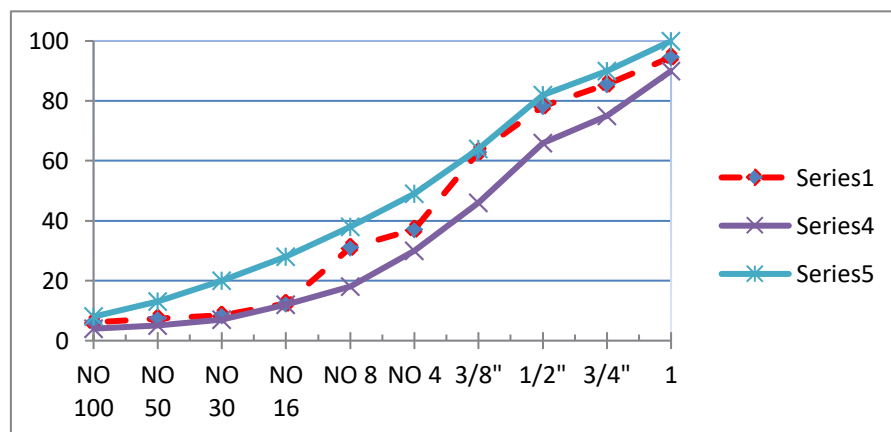
Hasil Perhitungan Gradasi Gabungan

Pada perencanaan (*Job Mix Formulla*) di lakukan berdasarkan hasil pengujian dari agregat yang akan digunakan untuk campuran denga spesifikasi Hasil perencanaan *Job Mix Formulla* bisa di lihat pada tabel 7.

Tabel 7
Hasil Perhitungan Gradasi Gabungan

SIEVE SIZE	HOT BIN I	HOT BIN II	HOT BIN III	FILLER	Jumlah	Spek	
						BB	BA
1	25.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100	100
3/4"	19,1	79.94	100.00	100.00	100.00	94.5838	90
1/2"	13,2	46.38	100.00	100.00	100.00	85.5226	75
3/8"	9,60	20.46	99.50	100.00	100.00	78.3192	66
NO 4	4,80	5.28	72.06	99.68	100.00	62.887	46
NO 8	2,40	0.96	12.86	98.40	100.00	37.1158	30
NO 16	1,20	0.00	0.00	96.16	100.00	31.0016	18
NO 30	0,60	0.00	0.00	24.18	100.00	12.2868	12
NO 50	0,30	0.00	0.00	9.26	100.00	8.4076	7
NO 100	0,15	0.00	0.00	5.50	100.00	7.43	5
NO 200	0,075	0.00	0.00	0.52	99.30	6.0932	4

(Sumber : Hasil pengujian laboratorium Teknik Sipil Unigoro, 2020)



Gambar 1
Hail Perhitungan Gradasi Gabungan

Tabel 8
Perhitungan Gradasi Gabungan

A. Hot Bin I	27.0 %
B. Hot Bin II	41.0 %
C. Hot Bin III	26.0 %
D. FILLER	6.0 %

(Sumber : Hasil pengujian laboratorium Teknik Sipil Unigoro, 2020)

Hasil Perhitungan JMF (Job Mix Formula)

Job Mix Formula (JMF) adalah proses merancang dan memilih bahan yang cocok dan menentukan proporsi relatif dengan tujuan memproduksi beton dengan kekuatan tertentu, daya tahan

tertentu dan se ekonomis mungkin. Berikut tabel *job mix formula* pada aspal dengan campuran limbah plastic (Pompana, Lintong, & Kaseke, 2018).

Tabel 9
Perhitungan Jmf (*Job Mix Formula*)

N O	KADA R ASPAL	BAHAN TANBA H	AGREGA T	KAPASITA S	HOT BIN 1	HOT BIN 2	HOT BIN 3	FILLE R
1	73.80	0.00	1156.20	1230	312.17	474.04	300.61	69.37
2	73.80	34.69	1121.51	1230	302.81	459.82	291.59	67.29
3	73.80	57.81	1098.39	1230	296.57	450.34	285.58	65.90
4	73.80	80.93	1075.27	1230	290.32	440.86	279.57	64.52

(Sumber : Hasil pengujian laboratorium Teknik Sipil Unigoro, 2020)

Pengujian Marshall

Pengujian *Marshall* bertujuan untuk mencari nilai kepadatan (*density*), VIM (*void in mix*), VMA (*void in mineral aggregate*), VFB (*void filled with asphalt*), pelelehan (*flow*), stabilitas dan MQ (*marshall quotient*). Pengujian *marshall* dilakukan menggunakan acuan SNI 06-2489-1991. Pada penelitian ini digunakan variasi kadar campuran plastik yakni 0%, 3%, 5%, dan 7%. Berikut data hasil pengujian marshall:

Tabel 10
Data Hasil Pengujian *Marshall*

Kadar Csmpanan (%)	VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)	Flow (mm)	Stabilitas (kg)	MQ (kg/mm)	Density (kg)
0	4,53	15,27	15,27	1,20	741,59	644,02	2,3
3	10,24	20,34	20,34	0,90	747,0	823,3	2,2
5	12,16	22,85	22,85	0,80	1037,7	1276,3	2,1
7	16,51	25,90	25,90	0,80	1011,7	1357,9	2

(Sumber : Hasil pengujian laboratorium Teknik Sipil Unigoro, 2020)

1. Dari Hasil Table 10 Diperoleh Hasil Sebagai Berikut:

- VIM merupakan rongga udara dalam campuran aspal. Nilai VIM yang diisyaratkan yaitu 3-5%. Dari table 10 diketahui bahwa nilai VIM yang sesuai dengan standart adalah 0% dan ketika diberi tambahan plastic sebesar 3, 5, dan 7% tidak memenuhi standart.
- VMA adalah kadar presentase ruang rongga diantara partikel agregat pada benda uji. Nilai VMA yang diisyaratkan minimal 14% sesuai dengan persyaratan Bina Marga 2018. Pada table 10 kadar campuran 0-7% sudah memenuhi persyaratan. Nilai VMA yang kecil menyebabkan aspal menyelimuti agregat terbatas, sehingga menyebabkan lapisan perkerasan tidak kedap air dan mudah terjadi kerusakan. Factor-faktor yang mempengaruhi VMA antara lain kadar aspal, gradasi agregat, penyerapan agregat, jumlah dan temperature pemadatan.
- VFB adalah rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan. Kadar aspal menjadi faktor utama pada nilai VFB. Nilai VFB yang diisyaratkat oleh Bina Marga 2018 yaitu sebesar 65%.

- d. Pelelehan (*flow*) merupakan vbesarnya perubahan bentuk plastis suatu benda uji campuran beraspal yang terjadi akibat suatu beban keruntuhan dinyatakan dalam satuan panjang. Nilai spesifikasi dari Bina Marga 2018 adalah 2-4mm. Dari tabel 10 Menunjukkan bahwa kadar campuran limbah plastik 0, 3, 5 dan 7% semuanya tidak memenuhi persyaratan karena kurang dari batas minimal yaitu 2 mm. Nilai *flow* yang terlalu tinggi mengidentifikasi campuran yang bersifat plastis dan lebih mampu mengikuti deformasi akibat beban. Sedangkan nilai flow yang berada dibawah batas minimal mampu menyebabkan retak dini dan durabilitas rendah. Nilai *flow* dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya kadar dan viskositas aspal, *temperature*, gradasi, dan jumlah pemadatan.
- e. Stabilitas merupakan kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang alur dan bleeding.
- f. MQ (*Marshall Quotient*) merupakan nilai perbandingan antara stabilitas dengan flow yang digunakan untuk pendekatan terhadap tingkat kekakuan atau fleksibilitas campuran. Spesifikasi yang diisyaratkan nilai MQ minimal adalah 250 kg/mm.
- g. Nilai *density* adalah nilai berat volume untuk menunjukkan kepadatan dari campuran beton aspal.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis pengujian serta pembahasan maka dapat ditarik kesimpulannya Dalam penelitian ini penambahan plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) pada campuran aspal AC-BC mempengaruhi nilai karakteristik marshall. Dengan pengaruh yang ditimbulkan dari penambahan plastik PET adalah semakin banyaknya presentase campuran maka semakin tinggi nilai stabilitas, VMA, VIM, dan MQ yang terbentuk. Sedangkan untuk nilai VFB, dan flow cenderung mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar plastik PET. Presentase penambahan plastik PET pada campuran aspal AC-BC juga berpengaruh pada nilai kepadatan dimana semakin tinggi nilai presentase, maka semakin rendah pula nilai kepadatan dan dapat meningkatkan nilai VIM. Sehingga campuran aspal secara visual akan memiliki banyak rongga.

DAFTAR PUSTAKA

- Carlina, Serli. (2013). Pengaruh Variasi Temperatur Pemadatan Terhadap Nilai Stabilitas Marshall pada Laston AC-WC. *Universitas Lampung. Bandar Lampung*. [Google Scholar](#)
- Eriyono, Rian Wanardi, & Puspito, Imam Hagni. (2017). Pengaruh Penambahan Plastik High Density Poly Ethylene pada Lapisan Perkerasan Aspal Beton AC-BC. *Jurnal Infrastruktur*, 3(2), 115–126. [Google Scholar](#)
- Fauziah, Miftahul, & Wijayati, Fitri Sari. (2016). Pengaruh kadar limbah kaca sebagai substitusi agregat halus terhadap karakteristik campuran aspal porus. *Teknisia*, 261–273. [Google Scholar](#)
- Fitri, Suraya, Saleh, Sofyan M., & Isya, Muhammad. (2018). Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Kresek Sebagai Subsitusi Aspal Pen 60/70 Terhadap Karakteristik Campuran Laston Ac–Bc. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(3), 737–748. [Google Scholar](#)
- Hartati, Sri, Hendri, Edduar, & Lilianti, Emma. (2020). Analisis Penerapan Standar Akuntansi Pemerintah Berdasarkan PP No. 71 Tahun 2010 Pada Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Tata Ruang Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Media Akuntansi (Mediasi)*, 2(2), 167–185. [Google Scholar](#)
- Kasestriani, Desak Nyoman Nira. (2011). *Karakteristik Marshall Dengan Bahan Tambahan Limbah Plastik Pada Campuran Splitmastic Asphalt (Sma)*. Uajy. [Google Scholar](#)

- Mashuri, Mashuri, & Batti, Joy Fredy. (2011). Pemanfaatan Material Limbah Pada Campuran Beton Aspal Campuran Panas. *MEKTEK*, 13(3). [Google Scholar](#)
- Mujiarto, Imam. (2005). Sifat dan karakteristik material plastik dan bahan aditif. *Traksi*, 3(2), 65. [Google Scholar](#)
- Pompana, Truly, Lintong, Elisabeth M., & Kaseke, Oscar H. (2018). Identifikasi Ketidaktepatan komposisi campuran Aspal Panas Antara Rancangan Di Laboratorium (Design Mix Formula) Dengan Pencampuran Di Asphalt Mixing Plant (Job Mix Formula). *Jurnal Sipil Statik*, 6(10). [Google Scholar](#)
- Pratama, Nugraha Yuda, Widodo, Slamet, & Sulandari, Eti. (1989). Pengaruh Penggunaan Sampah Botol Plastik Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Lapis Aspal Beton (LASTON). *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 5(3). [Google Scholar](#)
- Purwadi, Didik. (2008). Buku Ajar Rekayasa Jalan Raya 2 (Perkerasan Jalan). *Universitas Diponegoro*, 15. [Google Scholar](#)
- Raya, S., Enda, Sarkis, Pratomo, Priyo, & Herianto, Dwi. (2015). Variasi Temperatur Pencampuran Terhadap Parameter Marshall pada Campuran Lapis Aspal Beton. *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain*, 3(3), 128420. [Google Scholar](#)
- Sari, Kiki Lolita. (2015). Dampak Penambahan Polyehylene Terephthalate Dalam Campuran Lapisan AC-BC Ditinjau Dari Batas Atas dan Tengah Guna Peningkatan Nilai Stabilitas. *Skripsi Teknik Sipil Universitas Lampung*, 100. [Google Scholar](#)
- Sukarman, Silvia. (2003). *Beton aspal campuran panas*. Yayasan Obor Indonesia. [Google Scholar](#)
- Yuniarti, Sri, & Rachman, Rais. (2020). Studi Karakteristik Campuran AC-BC Berdasarkan Limbah Kantong Plastik Sebagai Bahan Tambah. *Paulus Civil Engineering Journal*, 2(2), 70–76. [Google Scholar](#)



licensed under a

Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License