

PENGARUH STYROFOAM SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI PADA ASPAL PENETRASI 60/70 TERHADAP KINERJA CAMPURAN AC-WC

Findra Al Bais¹, Feby Aristia Putri²

Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro^{1,2}

E-Mail : findraalbais1401@gmail.com¹, aristiafeby@gmail.com²

ABSTRAK

Permintaan aspal di Indonesia masih belum terpenuhi oleh produksi dalam negeri, sementara limbah Styrofoam terus meningkat dan sulit terurai, sehingga menimbulkan masalah lingkungan. Penelitian ini bertujuan memanfaatkan limbah Styrofoam sebagai bahan substitusi pada aspal penetrasi 60/70 dalam campuran Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC). Variasi kadar Styrofoam yang digunakan adalah 0%, 8%, 10%, 12%, dan 14%, dengan pengujian Marshall sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Metode penelitian dilakukan secara eksperimental di laboratorium dengan membuat benda uji Marshall pada tiap variasi. Parameter yang dianalisis meliputi stabilitas, flow, Marshall Quotient (MQ), Void in Mix (VIM), Void in Mineral Aggregate (VMA), dan Void Filled with Bitumen (VFB). Tujuan utama penelitian adalah menentukan kadar Styrofoam optimum yang mampu meningkatkan kualitas campuran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan Styrofoam berpengaruh terhadap kinerja campuran. Pada kadar 8–10%, nilai stabilitas dan MQ meningkat sehingga campuran lebih kuat menahan beban lalu lintas, sementara VIM, VMA, dan VFB masih sesuai spesifikasi. Namun, nilai flow menurun sehingga campuran menjadi lebih kaku. Pada kadar yang lebih tinggi (12–14%), campuran cenderung kurang fleksibel sehingga performanya menurun. Berdasarkan hasil tersebut, kadar optimum Styrofoam yang direkomendasikan adalah 8–10% dari berat aspal. Selain meningkatkan performa perkerasan AC-WC, pemanfaatan ini juga menjadi solusi ramah lingkungan untuk mengurangi timbunan limbah plastik yang sulit terurai.

Kata kunci: Styrofoam, Aspal Penetrasi 60/70, AC-WC, Marshall Test, Limbah Plastik.

PENDAHULUAN

Styrofoam adalah material dari polytrene kemasan yang umumnya berwarna Styrofoam adalah material dari polytrene kemasan yang umumnya berwarna putih dan kaku yang sering digunakan sebagai kotak pembungkus makanan. Plastik polystyrene merupakan plastik yang susah terurai dan membutuhkan puluhan hingga ratusan tahun untuk

terurai di alam, serta sampah plastik yang masuk ke laut dapat terbelah menjadi partikel-partikel kecil yang disebut microplastik. Di Provinsi Lampung, penggunaan Styrofoam cukup tinggi terutama di kawasan perkotaan, dan limbah ini sering ditemukan mencemari sungai hingga terbawa ke laut. Di sisi lain, PT. Pertamina (Persero) hanya mampu menyediakan sekitar 20–30% kebutuhan aspal domestik. Dari

kedua permasalahan tersebut, yaitu meningkatnya jumlah sampah Styrofoam dan kurangnya ketersediaan aspal, maka dibutuhkan inovasi untuk mengurangi sampah Styrofoam untuk digunakan sebagai bahan tambah aspal. Tinjauan Pustaka

Styrofoam merupakan salah satu jenis plastik non-biodegradable yang sering digunakan sebagai wadah makanan dan pelindung barang. Styrofoam merupakan produk turunan polistirena yang berbentuk plastik berbuis dengan struktur berpori dan memiliki sifat ringan serta tahan terhadap kelembaban. Penggunaan limbah sebagai bahan tambah alternatif sangat menguntungkan bagi lingkungan terutama limbah yang sulit terurai seperti Styrofoam.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penambahan kadar Styrofoam dapat menurunkan nilai stabilitas, namun penelitian lain menyatakan bahwa Styrofoam memiliki kekuatan tarik sehingga dapat bekerja sebagai serat yang meningkatkan elastisitas aspal. Sehingga penelitian penggunaan Styrofoam dilanjutkan untuk jenis perkerasan AC-WC agar menghasilkan perkerasan yang lebih stabil sekaligus mengurangi jumlah limbah Styrofoam.

Aspal merupakan bahan perekat berwarna hitam atau coklat tua yang mengandung bitumen dan bersifat termoplastik yang sangat sensitif terhadap perubahan suhu. Viskositas aspal pada suhu rendah dapat menghambat kemampuan aspal untuk mengikat agregat secara

optimal, sehingga aspal perlu dipanaskan untuk meningkatkan workabilitas dalam proses pencampuran.

Agregat merupakan struktur bumi yang kuat dan padat serta menjadi komponen yang sangat vital dalam perkerasan jalan karena hampir 90–95% struktur perkerasan jalan terdiri dari agregat. Agregat dalam campuran aspal dikelompokkan menjadi agregat kasar, agregat halus, dan filler yang dapat saling menguatkan melalui ikatan saling mengunci (*interlocking*).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode desain empiris yang mengikuti Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 dan dilakukan di laboratorium. Variasi kadar Styrofoam dilakukan dengan menambahkan atau mengurangi aspal dalam setiap campuran untuk mengamati pengaruhnya terhadap kinerja campuran aspal. Variasi Styrofoam yang digunakan adalah 0%, 8%, 10%, 12%, dan 14% dari kadar aspal dengan variasi kadar aspal 4%, 5%, 6%, dan 7%, dengan jumlah benda uji sebanyak 60 sampel percobaan.

Variabel dan Analisis Data

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi persentase penambahan Styrofoam, sedangkan variabel terikat merupakan hasil pengujian karakteristik Marshall. Analisis data dilakukan menggunakan Microsoft Excel untuk membandingkan nilai stabilitas, flow, VIM, VFB, VMA, dan Marshall

Quotient guna menentukan campuran yang memenuhi spesifikasi.

Hipotesis Penelitian

Penambahan Styrofoam pada campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course* berpotensi memengaruhi karakteristik Marshall. Penggunaan Styrofoam dengan

variasi kadar diduga dapat menghasilkan campuran AC-WC yang sesuai dengan spesifikasi Bina Marga. Dengan demikian, pemanfaatan limbah Styrofoam sebagai bahan tambah berpotensi meningkatkan kualitas perkerasan jalan sekaligus mengurangi limbah plastik yang sulit terurai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Bahan

Karakteristik fisik agregat kasar $\frac{3}{4}$, agregat kasar $\frac{1}{2}$, dan abu batu agregat halus merupakan beberapa temuan dari studi agregat. Tabel 7 menampilkan hasil- hasil ini, dan lampirannya memuat rangkaian temuan lengkap.

Analisis Data

Gradasi Agregat adalah susunan butiran agregat yang sesuai ukurannya. Gradasi agregat campuran merupakan salah satu sifat yang sangat menentukan kekuatan benda uji. Untuk menentukan gradasi pada campuran lapisan aspal beton AC- WC digunakan saringan nomor 1; $\frac{3}{4}$; $\frac{1}{2}$; $\frac{3}{8}$; 4; 8; 16; 30; 50; 100; 200.

Tabel 1. Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Nama Pengujian	Hasil rata-rata	Persyaratan	Standar
Agregat Kasar				
1	Bulk	2,587 gr/cc	Min. 2,5 gr/cc	SNI 1969:2016
2	Berat Jenis SSD	2,627 gr/cc	Min. 2,5 gr/cc	SNI 1969:2016
3	Apparent	2,693 gr/cc	Min. 2,5 gr/cc	SNI 1969:2016
4	Penyerapan Air	1,51%	Maks. 3,0%	SNI 1969:2016
5	Pengujian Abrasi	20,94%	Maks. 40%	SNI 2417:2008
Agregat Halus				
1	Berat Jenis Curah	2,514 gr/cc	Min. 2,5 gr/cc	SNI 1969:2016
2	Berat Jenis SSD	2,566 gr/cc	Min. 2,5 gr/cc	SNI 1969:2016
3	Berat Jenis Semu	2,652 gr/cc	Min. 2,5 gr/cc	SNI 1969:2016
	Penyerapan Air	2,08%	Maks. 3,0%	SNI 1969:2016

(Sumber : Findra Al Bais, 2025)

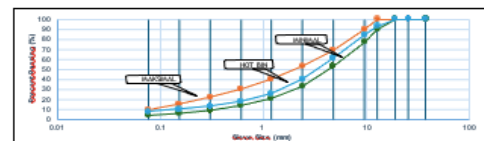
Tabel 2. Hasil Pengujian Aspal

Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Hasil	Spesifikasi	
			Min	Max
Berat Jenis	SNI 2441:2011	1,032		≥1,0
Dektalitas	SNI 2432:2011	125 cm		≥100 cm
Penetrasi	SNI 2456:2011	64,25		60-70
Tik Lembek	SNI 2434:2011	50,4		≥48

(Sumber : Findra Al Bais, 2025)

Uraian	UKURAN SARINGAN (SK SNI Hal II)									
	mm 0,45	mm 0,75	mm 1,18	mm 1,75	mm 2,5	mm 3,75	mm 5,0	mm 7,5	mm 11,75	mm 15,0
mm Pangkat 2	3,76	3,138	2,754	2,016	1,472	1,077	0,795	0,582	0,426	0,312
mm 19	12,7	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,15	0,075	
Inch 3/4"	1/2"	3/8"	No.4	No.8	No.16	No.30	No.50	No.100	No.200	
Data Analisa Saringan										
Hot Bin I	100	100	100	99,81	75,1	47	31,21	21,5	15,95	11,05
Hot Bin II	100	100	99,2	40,33	3,91	1,43	1,1	0,95	0,66	0,28
Hot Bin III	100	71,44	35,8	0,87	0,42	0,31	0,29	0,27	0,17	0,11
Hot Bin IV	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Filler	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Komposisi Campuran										
Hot Bin I (%)	49%	49	49	48,91	36,8	23,03	15,29	10,53	7,81	5,41
Hot Bin II (%)	25%	25	24,8	10,08	0,98	0,36	0,28	0,24	0,17	0,07
Hot Bin III (%)	24%	17,15	8,6	0,21	0,1	0,07	0,07	0,06	0,04	0,03
Filler Material	0%									
Filler Semen (%)	2%	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Total Camp. Agg.	100	93,15	84,4	61,2	39,87	25,46	17,64	12,83	10,02	7,51

(Sumber : Findra Al Bais, 2025)



Gambar 1. Grafik Pencampuran AC- WC (Sumber : Findra Al Bais, 2025)

Kadar Aspal Rencana

Kadar Aspal Rencana Perkiraan Awal Kadar aspal optimum dapat direncanakan setelah dilakukan pemilihan dan penggabungan pada tiga fraksi agregat. Perhitungan kadar

Analisa Perhitungan Pengujian

Berat Jenis Bulk Agregat Campuran

aspal rencana.

$$\begin{aligned}
 P_b &= 0,035 (\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%FF) + K \\
 &= 0,035(60,13\%) + 0,045(32,4\%) \\
 &\quad + 0,18(7,51\%) + 1 \\
 &= 2,104 + 1,456 + 1,352 + 1 \\
 &= 5,91\%
 \end{aligned}$$

Berat Jenis Bulk Agregat Campuran (Gsb)

Tabel 4. Nilai Berat Jenis Bulk (Gsb)

Variasi Campuran Styrofoam	Berat Jenis Bulk (Gsb)
0,0%	2,548 gr/cm ³
8,0%	2,549 gr/cm ³
10,0%	2,549 gr/cm ³
12,0%	2,549 gr/cm ⁴
14,0%	2,549 gr/cm ⁵

(Sumber : Eindra Al Bais, 2025)

Tabel 5. Nilai Berat Jenis Efektif (Gse)

Variasi Campuran Styrofoam	Berat Jenis Efektif (Gse)
0,0%	2,506 gr/cm ³
8,0%	2,563 gr/cm ³
10,0%	2,566 gr/cm ³
12,0%	2,563 gr/cm ⁴
14,0%	2,566 gr/cm ³

(Sumber : Eindra Al Bais, 2025)

Tabel 6. Nilai Berat Maksimum Campuran Teoritis (Gmm)

Variasi Campuran Styrofoam	Kadar Aspal			
	4,00%	5,00%	6,00%	7,00%
0,0%	2,421	2,387	2,354	2,322
8,0%	2,418	2,384	2,351	2,320
10,0%	2,420	2,387	2,354	2,322
12,0%	2,418	2,384	2,351	2,320
14,0%	2,420	2,387	2,354	2,322

(Sumber : Eindra Al Bais, 2025)

Tabel 7. Nilai Berat Jenis Bulk dan Apparent (Gmb)

Variasi Campuran Styrofoam	Kadar Aspal			
	4,00%	5,00%	6,00%	7,00%
0,0%	2,252	2,261	2,241	2,219
8,0%	2,247	2,242	2,238	2,210
10,0%	2,227	2,234	2,231	2,219
12,0%	2,214	2,216	2,196	2,225
14,0%	2,204	2,196	2,189	2,180

(Sumber : Eindra Al Bais, 2025)

Tabel 8. Nilai Kadar Aspal Yang Terabsorbsi (Pab)

Variasi Campuran Styrofoam	Berat Jenis Bulk (Gsb)
0,0%	0,290 gr/cm ³
8,0%	0,212 gr/cm ³
10,0%	0,259 gr/cm ³

Variasi Campuran Styrofoam	Berat Jenis Bulk (Gsb)
14,0%	0,257 gr/cm ⁵

(Sumber : Eindra Al Bais, 2025)

Tabel 9. Nilai Kadar Aspal Efektif Yang Menyelimuti Agregat (Phe)

Variasi Campuran Styrofoam	Kadar Aspal			
	4,00%	5,00%	6,00%	7,00%
0,0%	3,72	4,72	5,73	6,73
8,0%	3,80	4,80	5,80	6,80
10,0%	3,75	4,75	5,76	6,76
12,0%	3,80	4,80	5,80	6,80
14,0%	3,75	4,76	5,76	6,76

(Sumber : Eindra Al Bais, 2025)

Tabel 10. Nilai Kadar Aspal Efektif Yang Menyelimuti Agregat (Phe)

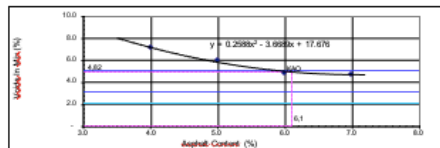
Variasi Campuran Styrofoam	Kadar Aspal			
	4,00%	5,00%	6,00%	7,00%
0,0%	3,72	4,72	5,73	6,73
8,0%	3,80	4,80	5,80	6,80
10,0%	3,75	4,75	5,76	6,76
12,0%	3,80	4,80	5,80	6,80
14,0%	3,75	4,76	5,76	6,76

(Sumber : Eindra Al Bais, 2025)

Tabel 11. Rongga Dalam Campuran (VIM)

Variasi Campuran Styrofoam	Void In The Mix Rate - Rata (VIM 2 x 75)%			
	4,00%	5,00%	6,00%	7,00%
0%	6,97	5,26	4,8	4,45
8%	7,09	5,96	4,82	4,73
10%	7,99	6,41	5,21	4,43
12%	8,42	7,05	6,62	4,06
14%	8,94	7,99	6,98	6,1

(Sumber : Eindra Al Bais, 2025)

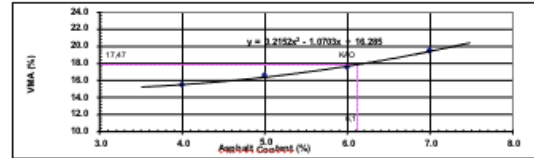


Gambar 2. Hubungan VIM dengan kadar Styrofoam. (Sumber: Eindra Al Bais, 2025)

Tabel 12. Void Mineral Aggregate (VMA)

Variasi Campuran Styrofoam	Kadar Aspal			
	4,00%	5,00%	6,00%	7,00%
0%	15,14	15,67	17,32	19,01
8%	15,4	16,45	17,47	19,38
10%	16,14	16,76	17,73	19,05
12%	16,61	17,41	19,03	18,82
14%	17,01	18,17	19,27	20,47

(Sumber : Eindra Al Bais, 2025)

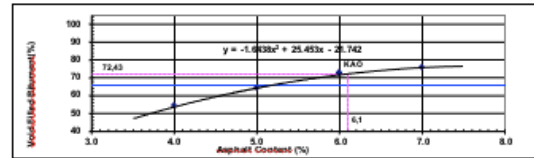


Gambar 3. Hubungan VMA dengan kadar Styrofoam.

Tabel 13. Void Filled with Bitumen (VFB)

Variasi Campuran Styrofoam	Kadar Aspal			
	4,00%	5,00%	6,00%	7,00%
0%	63,99	66,52	72,36	76,59
8%	63,98	63,8	72,43	75,67
10%	60,46	62,13	70,65	75,81
12%	48,35	59,58	65,23	78,67
14%	47,55	56,11	63,77	70,32

(Sumber : Eindra Al Bais, 2025)

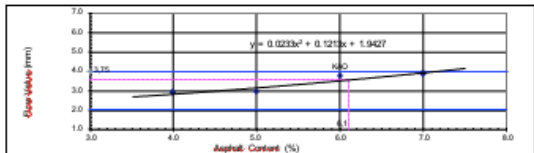


Gambar 4. Hubungan VFB dengan kadar Styrofoam.

Tabel 14. Nilai Kelelahan (Flow)

Variasi Campuran Styrofoam	Kadar Aspal			
	4,00%	5,00%	6,00%	7,00%
0%	3,88	3,83	3,70	2,90
8%	2,88	2,9	3,75	3,86
10%	4,10	3,30	3,15	3,24
12%	2,98	2,73	2,80	3,13
14%	3,02	3,00	2,33	3,02

(Sumber : Eindra Al Bais, 2025)

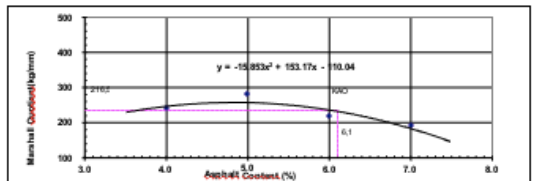


Gambar 5. Hubungan Flow dengan kadar Styrofoam.

Tabel 15. Nilai Marshall Quotient (MQ)

Variasi Campuran Styrofoam	Kadar Aspal			
	4,00%	5,00%	6,00%	7,00%
0%	229,3	221,5	229,4	289,5
8%	241,7	281,2	216,5	192,5
10%	204,9	148,3	259,4	254,4
12%	283,4	315,1	316,2	256,2
14%	306,3	333,8	376,8	268,5

(Sumber : Eindra Al Bais, 2025)

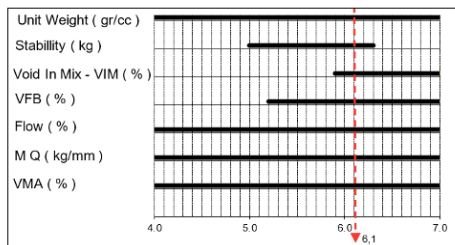


Penentuan KAO dan Stabilitas Marshall Sisa

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui Kadar Aspal Optimum dari campuran aspal Styrofoam dengan cara uji marshall dan Kepadatan maksimum (GMM) yang meliputi karakteristik Nilai Stabilitas, Kelelahan (flow), Kepadatan (Gmb), rongga diantara agregat (VMA), Rongga dalam Campuran (VIM), Rongga terisi Aspal (VFB).

Nilai Kadar Aspal Optimum

Kadar Aspal Optimum (KAO) adalah jumlah aspal yang digunakan dalam campuran agar dapat memenuhi persyaratan VIM, VFB, VMA, stabilitas, flow, dan MQ dan tentu saja dengan penambahan kadar Styrofoam yang sesuai. Optimum asphalt content = 6,0 – 7,0



KAO dibuat garis bilangan rentang terhadap parameter-parameter spesifikasi, yaitu Stabilitas, Flow, VIM, VFB, VMA dan MQ. Kemudian dibuat garis lurus untuk menentukan KAO.

Waktu	KA	VIM	VMA	VFB	Stability	Flow	MQ
	O	%	%	%	Kg	Mm	Kg/Mm
30 Menit	6,10	4,86	17,71	72,56	823,1	3,40	242,1
24 Jam	6,10	4,89	17,73	72,43	742,8	3,20	232,1
Spesifikasi		3 - 5	Min 15	Min 65	Min 800	2 - 4	-

(Sumber: Findra Al Bais, 2025)

Nilai Stabilitas Marshall Sisa

Setelah Kadar Aspal Optimum (KAO) ditemukan dari

grafik dengan angka sebesar 6,1% (Variasi 6% aspal dan 8% Styrofoam) maka selanjutnya membuat sampel agar dapat menentukan nilai stabilitas sisa. Stabilitas sisa adalah hasil setelah perendaman di waterbath selama 24 jam dibagi dengan hasil perendaman selama 30 menit lalu di persenkan.

$$\begin{aligned} \text{Stabilitas Sisa} &= \frac{\text{Stabilitas 24 Jam}}{\text{Stabilitas 30 Menit}} \times 100 \\ \text{Pembacaan Arloji Stabilitas Benda Uji KAO 30 Menit} \\ \text{Stabilitas} &= 55 \times 20,9112 \times 0,96 = 823,1 \text{ kg} \\ \text{Pembacaan Arloji Stabilitas Benda Uji KAO 24 Jam} \\ \text{Stabilitas} &= 40 \times 20,9112 \times 0,96 = 742,8 \text{ kg} \\ \text{Stabilitas Sisa} &= \frac{742,8}{823,1} \times 100 = 90,24\% \end{aligned}$$

Dalam penelitian laboratorium yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik fisik agregat serta nilai karakteristik Marshall campuran aspal beton-lapisan aus (AC-WC), dicampurkan dengan kadar Styrofoam 8%, 10%, 12%, 14%. Peralatan pengaspalan beserta perlengkapannya dipasang di lokasi pekerjaan, kemudian dilakukan pemeriksaan pada sebagian besar komponennya untuk memastikan semuanya berfungsi dengan baik. Proses pengaspalan dilakukan setelah lapisan perekat diberikan dan kondisi perkerasan siap digunakan. Kegiatan penghamparan serta pemadatan aspal panas harus dikerjakan dengan cepat dan presisi karena terdapat batasan suhu campuran yang harus dijaga agar hasil pemadatan maksimal.

SIMPULAN DAN SARAN

Penambahan limbah Styrofoam 8% pada campuran AC-WC dengan kadar aspal 6% memberikan pengaruh nyata terhadap karakteristik Marshall dan mampu meningkatkan stabilitas serta

kepadatan campuran, namun kadar Styrofoam yang terlalu tinggi dapat menurunkan beberapa parameter sehingga komposisinya harus dikontrol sesuai standar Bina Marga 2018 Revisi 2.

Penelitian lanjutan dan uji coba lapangan skala nyata perlu dilakukan untuk memperoleh gambaran kinerja campuran yang lebih komprehensif, serta diperlukan dukungan pemerintah dan kesadaran masyarakat dalam pemanfaatan limbah Styrofoam sebagai bahan tambahan campuran aspal.

DAFTAR LITERATUR

- Adly, E. (2016). *Styrofoam sebagai Pengganti Aspal Penetrasi 60/70 dengan Kadar 0%, 6,5%, 7,5%, 8,5%, dan 9,5% pada Campuran AC-WC*. Centre Civil and Electrical Engineering Journal
- Alhidayat, M., et al. (2021). *Studi Penggunaan Styrofoam Sebagai Bahan Alternatif dalam Kemasan*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *SNI 2417:2008 – Abrasi Mesin Los Angeles*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *SNI 2434:2011: Metode Pengujian Aspal – Titik Lembek, Dektilitas, dan Titik Nyala*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *SNI 2441:2011: Pengujian Berat Jenis Aspal*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *SNI 2456:2011: Jalan Raya – Penetrasi Aspal*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *SNI ASTM C117:2012: Metode Uji Material Lolos Ayakan No. 200*. Jakarta: BSN.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2019). *Pd 05-2018-B: Standar Rujukan Buku V*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2020). *Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2)*. Jakarta: Kementerian PUPR Bina Marga Kementerian PUPR
- Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian PUPR. (2020). *Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2*. Jakarta: Kementerian PUPR.
- Elsa, E. P., Hermistanora, & Adji, B. M. (2020). *Studi Penggunaan Limbah Styrofoam pada Perkerasan Aspal Porus* [Skripsi].
- Heltina, D., et al. (2020). *Dampak Sampah Plastik Terhadap Sistem Drainase dan Ekosistem Laut*.
- Listiani, N. (2015). *Dampak Limbah Plastik terhadap Lingkungan dan Upaya Daur Ulangnya*.
- Nur, H. S. (2019). Studi Karakteristik Lawele Granular Asphalt (LGA) Berbahan Tambah Low Density Polyethylene (LDPE) terhadap Campuran Aspal Panas. *Jurnal Media Inovasi Teknologi Sipil UNIDAYAN*, 8(1).
- PT. Pertamina (Persero). (2018). *Produksi Aspal Nasional dan*

- Kebutuhannya*. Pudjiastuti, D. (2018).
Microplastik dan Dampaknya terhadap Lingkungan Laut. Suaryana, N., Susanto, I., Ronny, Y., & Sembayang, I. R. (2018). Evaluasi Kinerja Campuran Beraspal dengan Bitumen Hasil Ekstraksi Penuh dari Asbuton. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 24(1), 62–70
- Sukirman, S. (2016). *Teknologi Perkerasan Jalan*. Penerbit Teknik Sipil.
- Sumarwoto, L. I. R., et al. (2018). *Spesifikasi Khusus Interin Campuran Beraspal Panas Menggunakan Asbuton (Laporan Penelitian)*. Universitas Veteran Bangun Nusantara.
- Universitas Muhammadiyah Metro. (2025). *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah Edisi Revisi ke-V*.