

## Studi Eksperimental Penambahan Biji Plastik dan *Fly Ash* Pada Karakteristik Campuran Aspal (AC-WC)

Dimitri Yulianti<sup>1</sup>, Luthfiyyah Ulfah<sup>2\*</sup>, Lega Reskita Lubis<sup>3</sup>, Helmi Haki<sup>4</sup>

Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang-30128, Indonesia<sup>1,2,3</sup>

Universitas Sriwijaya, Palembang-30128, Indonesia<sup>4</sup>

### ARTICLE INFO

#### Kata Kunci:

LDPE, *fly ash*, pencampuran basah, stabilitas marshall, perkerasan

#### \*Correspondence email:

luthfiyyah.ulfah@polsri.ac.id

Submitted: 11-01-2025

Revised: 06-02-2025

Accepted: 09-02-2025

Published: 09-02-2025

### ABSTRAK

Pembangunan infrastruktur jalan memerlukan pendekatan yang inovatif untuk meningkatkan kinerja perkerasan sekaligus mendukung keberlanjutan lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi pengaruh penambahan biji plastik jenis LDPE 812 dan *fly ash* terhadap karakteristik campuran beraspal lapis AC-WC menggunakan metode pencampuran basah (*wet mix*). Pengujian dilakukan dengan variasi kadar biji plastik 0%, 6%, 6,5%, dan 7%. Bahan tambah yang digunakan, yaitu biji plastik LDPE 812 dengan berat jenis 0,917 g/cm<sup>3</sup> dan *fly ash* 2,71 g/cm<sup>3</sup>. Pengujian meliputi analisis agregat, karakteristik aspal, serta uji Marshall untuk menilai stabilitas, kelelahan (*flow*), rongga dalam campuran (VIM), rongga antar mineral agregat (VMA), rongga terisi aspal (VFA), dan Marshall Quotient (MQ). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan biji plastik dapat meningkatkan stabilitas campuran aspal, terutama pada kadar biji plastik 6%. Pada kadar biji plastik 6% dan aspal 5%, nilai stabilitas mencapai 3092 kg dengan peningkatan ketahanan terhadap deformasi dan kelelahan yang signifikan. Nilai *flow* untuk campuran dengan biji plastik 6% pada kadar aspal 5% mencapai rata-rata 4,32 mm, sedangkan dengan biji plastik 7% pada kadar aspal yang sama mencapai 3,37 mm. Pada kadar aspal 5%, nilai MQ untuk campuran aspal normal adalah 338 kg/mm, sedangkan campuran aspal dengan biji plastik 6% mencapai 780,51 kg/mm, tetapi menurun menjadi 311,81 kg/mm pada kadar biji plastik 7%. Penelitian ini mengindikasikan bahwa campuran beraspal dengan bahan tambah biji plastik dan *fly ash* dapat menjadi alternatif yang efektif dan ramah lingkungan dalam pengembangan perkerasan jalan berkelanjutan.

### ABSTRACT

#### Keywords:

LDPE, *fly ash*, *wet mixing*, Marshall stability, pavement.

*Infrastructure development requires innovative approaches to enhance the performance of pavements while supporting environmental sustainability. This study aims to identify the impact of adding LDPE 812 plastic pellets and fly ash on the characteristics of an asphalt mixture in the AC-WC layer using the wet mix method. The tests were conducted with variations in the plastic pellet content of 0%, 6%, 6.5%, and 7%. The additives used were LDPE 812 plastic pellets with a specific gravity of 0.917 g/cm<sup>3</sup> and fly ash with a specific gravity of 2.71 g/cm<sup>3</sup>. The tests included aggregate analysis, asphalt characteristics, and Marshall testing to evaluate stability, flow, voids in mix (VIM), voids in mineral aggregate (VMA), voids filled with asphalt (VFA), and Marshall Quotient (MQ). The results of the study showed that adding plastic pellets improved the stability of the asphalt mixture, especially at a plastic pellet content of 6%. At the 6% plastic pellet and 5% asphalt content, the stability value reached 3092 kg, indicating a significant improvement in resistance to deformation and flow. The flow value for the mixture with 6% plastic pellets at 5% asphalt content reached an average of 4.32 mm, while with 7% plastic pellets at the same asphalt content it reached 3.37 mm. At an asphalt content of 5%, the MQ value for a normal asphalt mixture is 338 kg/mm, while an asphalt mixture with 6% plastic pellets reaches 780.51 kg/mm, but decreases to 311.81 kg/mm at a plastic pellet content of 7%. This study suggests that asphalt mixtures with the addition of plastic pellets and fly ash can be an effective and environmentally friendly alternative for the development of sustainable road pavements.*

### PENDAHULUAN

Di Indonesia, sering sekali konstruksi jalan mengalami kerusakan dengan cepat maka dari itu diperlukan inovasi baru dalam pencampuran konstruksi jalan yang dapat membuat konstruksi jalan tersebut awet dan tidak cepat rusak. Perkembangan teknologi dan pengembangan ilmu pengetahuan saat ini mendorong masyarakat untuk memiliki kreatifitas sekaligus berinovasi dalam pengembangan konstruksi jalan dengan menambahkan bahan material alternatif

yang dianggap berpotensi sebagai bahan tambahan pada campuran yang bersifat mampu mengatasi kelemahan yang dimiliki aspal (Perdana., 2024).

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari : Lapisan permukaan (Surface Course) dikenal dengan nama AC-WC (Asphalt Concrete – Wearing Course) dengan tebal minimum AC-WC adalah 4cm. Lapisan permukaan struktur perkerasan lentur terdiri atas campuran mineral agregat dan bahan pengikat yang ditempatkan sebagai lapisan paling atas dan biasanya terletak di atas lapis pondasi. Lapisan pondasi atas (Base Course) dikenal dengan AC-BC (Asphalt Concrete – Binder Course) dengan tebal minimum 5 cm. Lapisan pondasi adalah bagian dari struktur perkerasan lentur yang terletak langsung di bawah lapis permukaan. Lapisan pondasi dibangun di atas lapis pondasi bawah atau, jika tidak menggunakan lapis pondasi bawah, langsung di atas tanah dasar. Lapisan pondasi bawah (Sub Base Course) dikenal dengan nama AC-Base (Asphalt Concrete – Base) dengan tebal minimum 6 cm (Nugraha dkk., 2024).

Infrastruktur jalan merupakan salah satu aspek vital dalam pengembangan suatu negara. Namun, pembangunan dan pemeliharaan jalan konvensional sering kali menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Perkerasan beton aspal harus memiliki tingkat pelayanan yang baik agar dapat menahan lalu lintas yang banyak dan kondisi lingkungan yang ekstrem. Dengan demikian, campuran beraspal beton dapat ditambahkan dengan bahan tambahan seperti aditif atau bahan pengganti. Bahan pengganti ini dapat berasal dari limbah alam, seperti styrofoam, karet ban lama, debu batu bara (juga dikenal sebagai debu dasar) dan limbah plastik (Ulfa, 2023).

Berkembangnya masyarakat yang berorientasi pada keberlanjutan dan ramah lingkungan, rekayasa perkerasan jalan menjadi salah satu aspek penting. Oleh sebab itu, perhatian yang lebih besar mulai diarahkan pada pemanfaatan limbah serta pengelolaan polusi suara di lingkungan perkotaan dalam konstruksi jalan (Wang dkk., 2019). Polystyrene, sebagai jenis limbah plastik, diketahui sulit terurai secara alami sehingga berpotensi menjadi mikroplastik yang mencemari lingkungan. Oleh karena itu, penggunaannya dalam campuran material perkerasan jalan mulai diterapkan sebagai solusi (Adnan Adnan dkk., 2024).

Penggunaan limbah plastik jenis LDPE dalam campuran aspal, baik melalui metode pencampuran kering (*dry mix*) maupun basah (*wet mix*), dapat meningkatkan berbagai sifat campuran aspal, seperti ketahanan terhadap deformasi, kelembaban, kelelahan, serta nilai modulus resiliensi. Pada suhu uji 46°C, nilai stabilitas dinamis campuran aspal dengan campuran limbah plastik memiliki nilai lebih tinggi daripada nilai stabilitas dinamis campuran aspal konvensional yang diuji pada suhu lebih rendah 35°C (Beriyadi dkk., 2020). Kadar *crumb rubber* yang berbeda (1% dan 2% dari berat campuran aspal) dan dua ukuran *crumb rubber* yang berbeda (#40 dan #80) dapat meningkatkan kekuatan dan kualitas campuran aspal (Wulandari & Tjandra, 2017). Penambahan karet remah 8% terhadap berat aspal dapat meningkatkan stabilitas Marshall sebesar 20% dan 34% untuk jenis aspal 40/50 dan 50/60 (Khadim & Al-Mosawe, 2023).

Abu terbang (*fly ash*) merupakan salah satu residu dari pembakaran batu bara di pembangkit listrik. Fly ash dapat ditambahkan sebagai bahan tambah pada campuran beraspal panas dengan memberikan dampak pada karakteristik campuran. Komposisi volumetrik maksimal dapat dicapai dengan menambahkan limbah *fly ash*, serta dapat meningkatkan nilai stabilitas dan kelelahan pada campuran aspal dengan bahan tambah *fly ash* (Mirković dkk., 2019). Pada campuran aspal, *fly ash* digunakan sebagai substitusi semen Portland (Azka dkk., 2023).

Berdasarkan uraian di atas dan beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, penulis bermaksud melakukan penelitian terhadap campuran aspal panas dengan bahan tambah limbah biji karet dan *fly ash*. Penelitian ini bertujuan untuk melihat persentase nilai kadar biji karet optimum yang dapat digunakan pada campuran beraspal lapis AC-WC dengan metode *wet mix*, serta untuk mengetahui karakteristik kinerja campuran beraspal panas yang dimodifikasi dengan campuran biji karet dan *fly ash*.

## METODE

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental di Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Sriwijaya. Campuran beraspal panas menggunakan bahan tambah biji plastik dan *fly ash*. Biji plastik yang digunakan jenis LDPE (*Low Density Polietilen*) 812 dengan memiliki berat jenis 0,917 g/cm<sup>3</sup>. Biji plastik LDPE 812 terdapat pada limbah plastik, seperti limbah kemasan botol plastik, kantong plastik, mainan plastik, serta lapisan pelindung kabel. *Fly ash* yang digunakan merupakan hasil sisa pembakaran batubara pada PT Pusri dengan berat jenis 2,71 gr/cm<sup>3</sup>.

Pengujian dilaboratorium dilakukan dengan metode pencampuran basah (*wet mix*), dimana biji plastik dengan kadar 6%, 6,5% dan 7% terhadap berat aspal dimasukkan kedalam campuran aspal panas serta diaduk hingga homogen (Suroso, 2008). Pengujian dilakukan melalui beberapa tahapan, dimulai dari uji agregat, aspal, perencanaan komposisi campuran, sampai dengan uji marshall.

### Pengujian Agregat

Campuran Laston AC-WC yang akan digunakan terdiri dari tiga jenis material: agregat kasar, agregat halus, dan *filler (fly ash)*. Agregat akan disesuaikan dengan ukuran saringan tertentu dan ditimbang sesuai dengan perencanaan gradasi agregat. Pengujian karakteristik agregat dilakukan berdasarkan standar SNI 1969:2019 dan SNI 2417:2008.

Pengujian meliputi analisis saringan, berat jenis, penyerapan air (agregat kasar dan halus), dan keausan agregat pada agregat kasar.

### Pengujian Aspal

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini jenis aspal keras/padat dengan penetrasi 60/70. Pengujian aspal meliputi pengujian penetrasi, titik lembek, daktilitas, dan berat jenis aspal sesuai dengan SNI 2011.

**Tabel 1. Spesifikasi Sifat Campuran beraspal panas AC-WC**

Sifat Campuran	Campuran beraspal panas jenis lapis aspal beton (AC)		
	WC	BC	Base
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif”	Min		0,6
	Maks		1,2
Rongga dalam campuran” (VIM) (%)	Min		3,0
	Maks		5,0
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min	15	14
			13
Rongga terisi aspal” (VFA) (%)	Min	65	65
			65
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)”	Min	800	1800
Pelelehan (mm) “	Min	2	3
	Maks	4	6
Stabilitas <i>Marshall</i> Sisa setelah perendaman selama 24 jam, 60°C“ (%)	Min		90
Rongga dalam campuran pada Kepadatan membal ( <i>refusal</i> )” (%)	Min		2

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga (2018)

### Pembuatan Benda Uji Campuran AC-WC

Benda uji merupakan campuran AC-WC dengan berat tiap sampel sekitar 1.200 gram berbentuk tabung berdiameter 10 cm dan tinggi 64 cm. Untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO), diperlukan minimal 3 sampel per variasi, sehingga dengan 3 variasi proporsi agregat dan aspal, serta variasi substitusi limbah plastik LDPE terhadap aspal. Pada penelitian ini, tidak hanya difokuskan pada penentuan KAO tetapi juga untuk melihat pengaruh penambahan kadar biji plastik pada setiap perubahan kadar aspal.

**Tabel 2. Komposisi campuran dan jumlah benda uji**

Jenis Benda Uji	Jumlah Benda Uji			Total
	Kadar Aspal Rencana			
Aspal campuran beraspal panas laston AC-WC	5%	6%	7%	
Normal	3	3	3	9
Aspal campuran beraspal panas laston AC-WC dengan Biji Plastik 6%; 6,5%; 7% dan Fly Ash	9	9	9	27

Sumber: Analisa (2024)

Perhitungan Kadar Aspal Rencana (KAR) sesuai dengan spesifikasi Bina Marga dihasilkan sebagai berikut;

$$\begin{aligned}
 P_b &= 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%F) + K \\
 &= 0,035 (43) + 0,045 (67) + 0,18 (4) + 1 \\
 &\approx 6 \%
 \end{aligned}$$

### Campuran Homogen Aspal PEN dan Limbah Plastik

Pengujian di laboratorium dilakukan sistem pencampuran aspal panas dengan metode proses basah (wet mix). Metode proses basah pada pencampuran aspal panas dan biji plastik memiliki tujuan untuk agar aspal adan biji plastik menjadi homogen (Hasrullah dkk., 2023).

### Pengujian Marshall

Pengujian Marshall dilakukan untuk menentukan KAO, dengan mengikuti standar SNI 02489:2018. Sehingga menghasilkan campuran perkerasan yang memiliki kinerja terbaik. Benda uji yang telah dikeluarkan dari cetakan, diukur tingginya di empat sisi, kemudian ditimbang dalam kondisi kering, di dalam air, serta dalam kondisi SSD (Saturated Surface Dry) atau kering permukaan jenuh.

Selanjutnya, didapat perhitungan nilai VIM (rongga dalam campuran), VMA (rongga antar mineral agregat), dan VFA (rongga yang terisi aspal) yang dinyatakan dalam persen. Setelah itu, benda uji direndam selama 30 menit dalam water bath pada suhu 60°C dan siap untuk diuji menggunakan alat Marshall dengan kecepatan beban konstan untuk menentukan nilai stabilitas dan *flow*.

**HASIL**

Penelitian dimulai dengan persiapan pengujian material penyusun campuran aspal serta bahan tambah sampai dengan pengujian marshall.

**Karakteristik Agregat**

Hasil dari pengujian material agregat kasar dan agregat halus memenuhi standar spesifikasi yang dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 3. Karakteristik agregat kasar dan halus**

No	Pengukuran	Hasil			Standar mutu
		Ag. 1/2	Ag. 1/1	Ag. Halus	
1.	Abrasi <i>Los Angeles</i> 500 Putaran	18,27			Maks 40%
2.	Berat Jenis				Perbedaan bj antar agregat ≤ 0,2
	<i>Bulk</i>	2,508	2,215	2,516	
	<i>SSD</i>	2,570	2,230	2,582	
	<i>Apparent</i>	2,671	2,250	2,695	
3.	Penyerapan air	2,420	1,817	2,630	Maks 3%

Sumber: Hasil pengujian (2024)

Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Divisi 6 untuk proporsi agregat kasar, agregat halus dan filler untuk campuran aspal AC-WC diperoleh seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 4. Tabel gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal AC-WC**

Ukuran Saringan		% Kumulatif lolos		
ASTM	mm	Pasir	Ag. 1/1	Ag. 1/2
3/4"	19	100.00	100.00	97.96
1/2"	12.5	100.00	96.74	76.69
3/8"	9.5	100.00	82.25	54.61
# 4	4.75	99.96	52.33	36.49
# 8	2.36	99.62	20.03	25.94
# 16	1.18	79.88	9.27	11.91
# 30	0.6	50.78	5.97	11.72
#50	0,3	17.72	4.66	8.94
#100	0,15	11.60	3.99	3.42
# 200	0,075	5.56	3.57	2.77

Sumber: Hasil pengujian (2024)

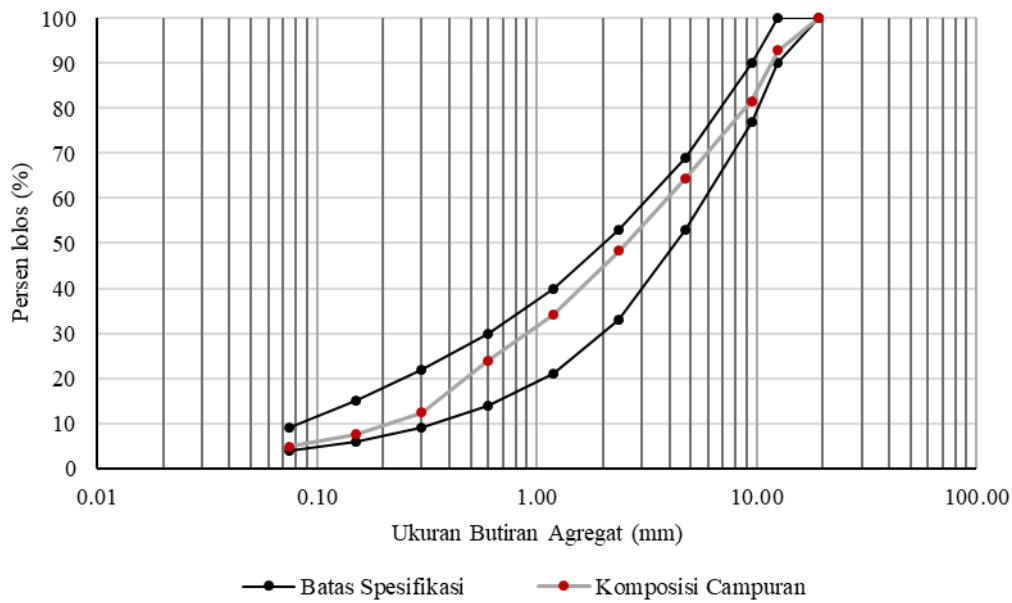
Berdasarkan hasil gradasi agregat, dapat ditentukan persentase dari komponen penyusun campuran AC-WC yang dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 5. Komposisi campuran agregat untuk aspal AC-WC**

Jenis Agregat	% Agregat
Agregat 1/2	25
Agregat 1/1	40
Pasir	28
<i>Filler</i>	7

Sumber: Hasil analisa (2024)

Hasil dari persentase yang ditentukan, didapatkan hasil komposisi yang memenuhi spesifikasi Bina Marga dengan nilai capaian komposisi berada pada range nilai ketentuan yang dapat dilihat pada Gambar 4.1.



**Gambar 1.** Gradasi campuran agregat untuk AC-WC

Sumber: Hasil analisa (2024)

### Karakteristik Aspal

Pada penelitian ini digunakan aspal padat dengan penetrasi 60/70. Pengujian yang dilakukan di laboratorium adalah pengujian penetrasi, titik menyal, titik lembek, daktilitas, dan berat jenis aspal sesuai dengan SNI 2011. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 6.** Hasil pengujian sifat aspal

No	Pengukuran	Hasil pengujian	Standar mutu
1.	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	68,2	60 - 70
2.	Titik lembek (°C)	48,8 - 49	> 48
3.	Daktilitas pada 25°C, (cm)	131,6	> 100
4.	Titik nyala (°C)	298	> 232
5.	Berat jenis	1,025	> 1,0

Sumber: Hasil pengujian (2024)

### Hasil Uji Marshall

Untuk mendapatkan karakteristik campuran dilakukan pengujian marshall. Kadar aspal optimum didapat dari karakteristik campuran (Marshall) yang terdiri dari Stabilitas, kelelahan (flow), rongga dalam agregat (VMA), rongga dalam campuran (VIM), rongga terisi aspal (VFA), dan *Marshall* (MQ) yang memenuhi ketentuan campuran beraspal panas jenis lapis aspal AC-WC.

Hasil pengujian pada benda uji campuran normal rata-rata untuk setiap benda uji dapat dilihat pada Tabel 7. Sedangkan untuk hasil pengujian pada campuran aspal dengan bahan tambah biji plastik dan fly ash dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 7.** Rata-rata hasil marshall campuran normal

Kode Aspal Normal	Kadar Aspal %	VIM %	VMA %	VFA %	Kelelahan mm	Stabilitas Kg	MQ kg/mm
Syarat		3,0 - 5,0	≥ 15	≥ 65	2,0 - 4,0	≥ 800	≥ 250
5.CN	5	4,78	12,91	62,95	3,55	1199	338.02
6.CN	6	4,89	14,83	67,50	3,88	1073	240.64
7.CN	7	4,26	16,04	73,51	4,16	1357	386.04

Sumber: Analisa perhitungan (2024)

**Tabel 8. Rata-rata hasil marshall campuran campuran biji plastik dan fly ash**

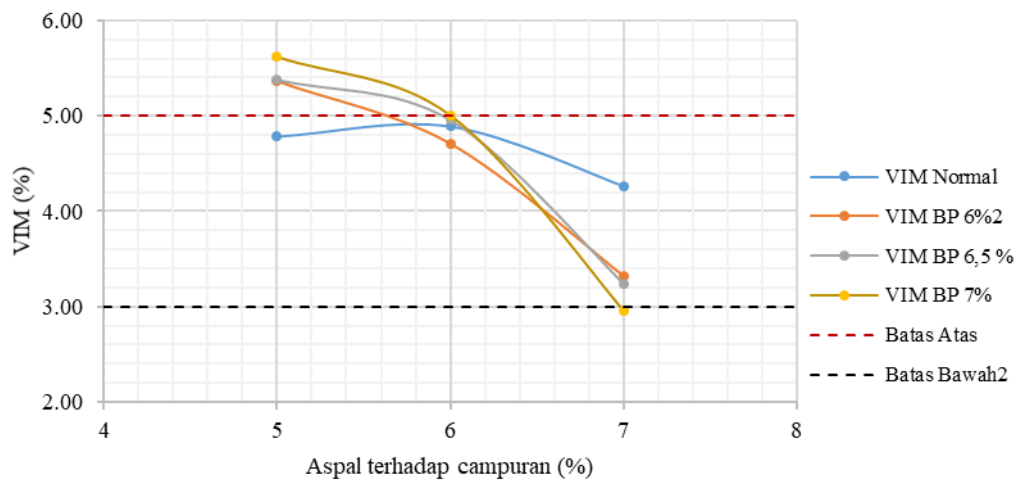
Kode Aspal	Kadar (%)		VIM	VMA	VFA	Kelelahan	Stabilitas	MQ
	Aspal	Bji Plastik	% 3,0 - 5,0	% ≥ 15	% ≥ 65	mm 2,0 - 4,0	Kg ≥ 800	kg/mm ≥250
5.CF.BP6	5	6	5,37	13,44	60,07	4,32	3092	780,51
5.CF.BP6,5		6,5	5,38	13,45	60,03	3,45	2345	705,73
5.CF.BP7		7	5,62	13,67	58,94	3,37	2944	707,30
6.CF.BP6	6	6	4,71	14,67	67,92	4,81	1595	342,94
6.CF.BP6,5		6,5	4,96	14,89	66,72	4,16	1856	393,09
6.CF.BP7		7	5,00	14,94	66,62	3,46	1735	395,98
7.CF.BP6	7	6	3,32	15,21	78,23	4,02	1229	311,81
7.CF.BP6,5		6,5	3,24	15,14	78,70	4,16	1357	383,59
7.CF.BP7		7	2,95	14,89	80,18	5,52	1230	334,04

Sumber: Analisa perhitungan (2024)

Dari tabel hasil pengujian marshall properties di atas menunjukkan bahwa pada variasi penambahan biji plastik dalam 5% dan 6% memenuhi standar yang telah ditetapkan pada spesifikasi Bina Marga 2018 hanya Stabilitas, Flow dan MQ sedangkan VIM, VMA, VFA tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018.

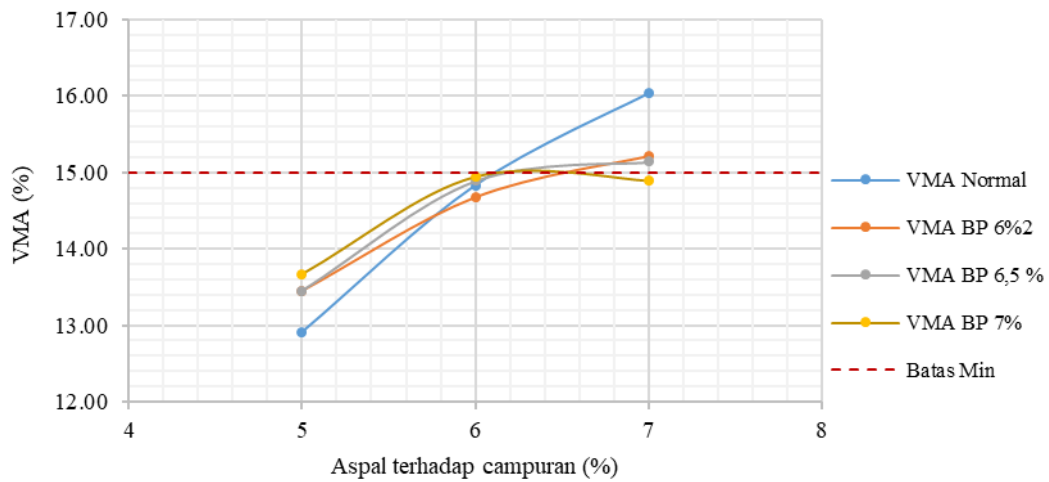
**Pembahasan**

Berdasarkan tabel hasil pengujian marshall, nilai di plot pada grafik dengan berdasarkan nilai yang didapat. Grafik menggambarkan nilai VIM, VMA, VFA, *flow*, stabilitas, serta nilai MQ berdasarkan persentase biji plastik yang dipakai. Maka, dapat dilihat lebih jelasnya campuran yang memenuhi standar spesifikasi. Grafik perbandingan hasil pengujian untuk benda uji normal dan bahan tambah dengan campuran biji plastik dan fly ash dapat dilihat pada Gambar 2 sampai dengan Gambar 7.



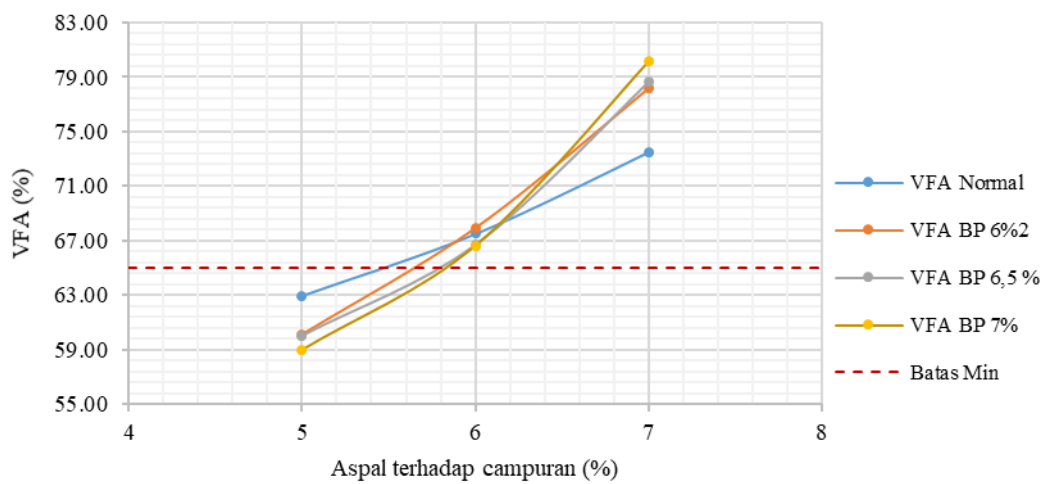
**Gambar 2.** Nilai VIM untuk campuran normal dan variasi tambahan biji plastik

Sumber: Hasil analisa (2024)



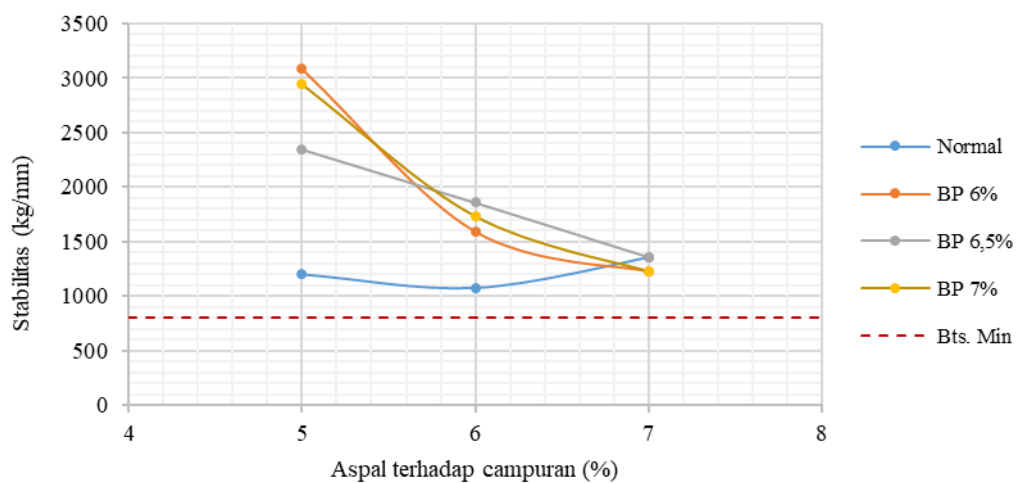
**Gambar 3.** Nilai VMA untuk campuran normal dan variasi tambahan biji plastik

Sumber: Hasil analisa (2024)



**Gambar 4.** Nilai VFA untuk campuran normal dan variasi tambahan biji plastik

Sumber: Hasil analisa (2024)

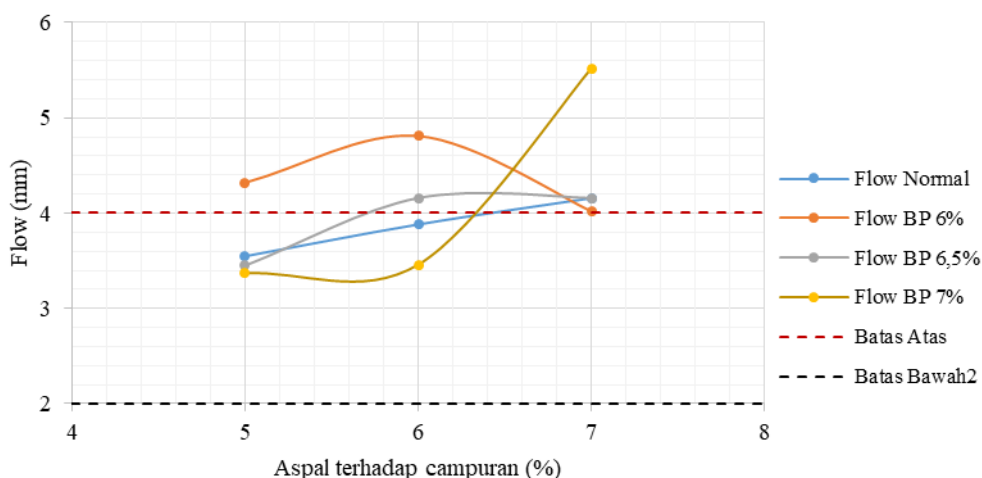


**Gambar 5.** Nilai Stabilitas untuk campuran normal dan variasi tambahan biji plastik

Sumber: Hasil analisa (2024)

Berdasarkan Gambar 5, terlihat bahwa campuran aspal plastik memiliki nilai stabilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran aspal normal di setiap pengujian. Campuran aspal plastik memiliki nilai stabilitas

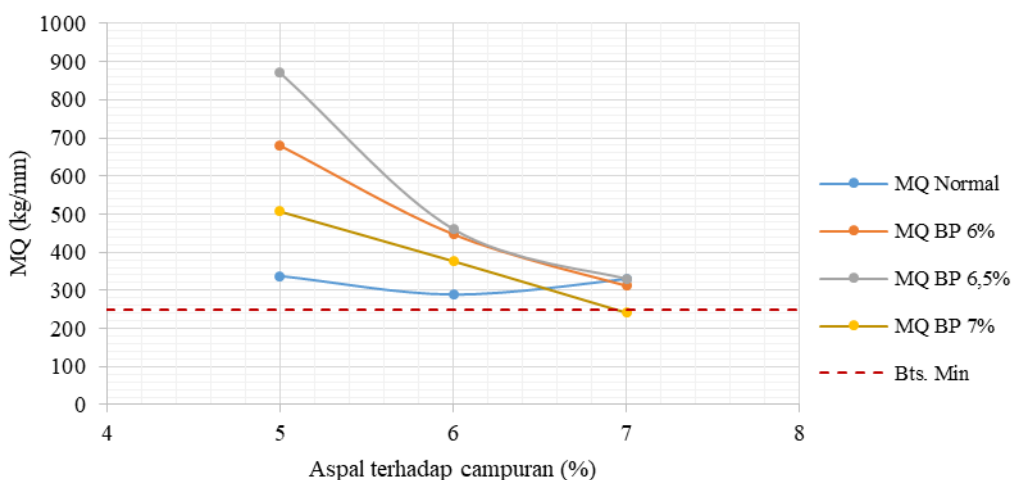
dinamis yang lebih tinggi, namun penurunan kekuatan yang terjadi pada campuran aspal plastik sendiri sangat besar dan tidak stabil. Tidak stabilnya campuran aspal plastik terhadap hasil uji rongga pori (air void) memberikan nilai rongga pori pada campuran aspal menurun. Hal tersebut menunjukkan bahwa campuran aspal tersebut memiliki daya konduksi panas yang lebih tinggi, karena rasio rongga pori itu sendiri mempengaruhi perilaku campuran aspal tersebut terhadap panas.



**Gambar 6.** Nilai flow/ kelelahan untuk campuran normal dan variasi tambahan biji plastik

Sumber: Hasil analisa (2024)

Nilai flow pada Gambar 6 menunjukkan nilai flow/kelelahan pada aspal normal stabil dan berada pada kisaran nilai tengah. Sedangkan pada aspal campuran dengan biji plastik 6% nilai flow cenderung meningkat hingga mencapai puncak, lalu menurun. Flow pada campuran kadar biji plastik 6,5% relatif stabil, dan untuk nilai flow pada campuran kadar biji plastik 7%, Memiliki fluktuasi paling signifikan dengan nilai puncak di atas batas atas. Variasi kadar biji plastik memengaruhi nilai flow, dengan peningkatan kadar biji plastik menghasilkan nilai yang lebih fluktuatif. Namun, flow cenderung tetap berada dalam batas toleransi pada kadar tertentu.



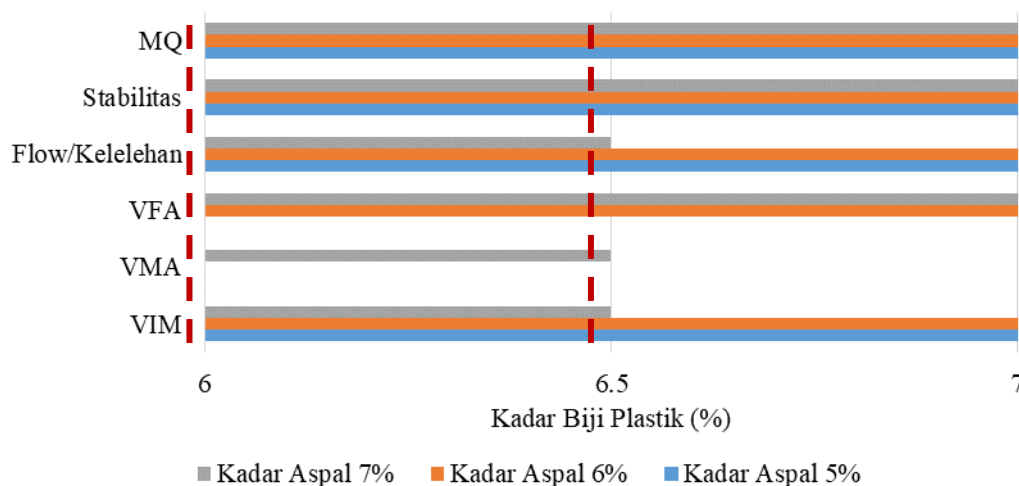
**Gambar 7.** Nilai MQ untuk campuran normal dan variasi tambahan biji plastik

Sumber: Hasil analisa (2024)

Nilai MQ yang ditunjukkan pada Gambar 7, cenderung menurun seiring dengan peningkatan kadar aspal pada semua variasi. MQ Normal: Stabil dan berada di bawah batas spek. MQ pada campuran dengan kadar biji plastik 6%: Lebih tinggi dari normal, namun tetap menurun. MQ pada campuran dengan kadar biji plastik 6,5%: Awalnya paling tinggi tetapi penurunan terjadi cukup tajam, mendekati batas spek. MQ pada campuran dengan kadar biji plastik 7%: Nilainya mulai tinggi tetapi menurun dengan cepat, mendekati batas spesifikasi.

Peningkatan kadar biji plastik menyebabkan penurunan MQ yang signifikan, mendekati batas spesifikasi pada kadar biji plastik tinggi (7%).





**Gambar 8.** Grafik Kadar Optimum Biji Plastik

Sumber: Hasil analisa (2024)

Berdasarkan Gambar 8 didapat nilai Kadar Optimum biji plastik pada campuran aspal panas dengan fly ash yaitu 6,25%. Nilai kadar optimum didapat dari rentang nilai 6% hingga 7% yang dilewati oleh garis merah. Garis merah tersebut menunjukkan bahwa semua nilai Stabilitas, Kelelahan (flow), VIM, VMA, VFA, dan Marshall Quotient (MQ) kadar biji plastik pada variasi 6% dan 6,5% memenuhi semua parameter Marshall test. Kadar biji plastik pada variasi 6% dan 6,5% bisa digunakan karena semua parameternya memenuhi spesifikasi. Namun, agar aman diambil nilai tengahnya untuk mendapatkan Kadar Optimum biji plastik.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapat kesimpulan pengaruh penambahan variasi biji plastik pada karakteristik campuran aspal memiliki nilai stabilitas yang lebih tinggi dibandingkan campuran aspal normal dalam uji Marshall. Nilai stabilitas tertinggi untuk campuran aspal plastik rata-rata adalah 3092 kg pada kadar aspal 5% dan biji plastik 6%, dibandingkan dengan campuran aspal normal yang memiliki nilai stabilitas tertinggi 1357 kg pada kadar aspal 7%. Nilai flow untuk campuran dengan biji plastik 6% pada kadar aspal 5% mencapai rata-rata 4,32 mm, sedangkan dengan biji plastik 7% pada kadar aspal yang sama mencapai 3.37 mm. Pada kadar aspal 5%, nilai MQ untuk campuran aspal normal adalah 338 kg/mm, sedangkan campuran aspal dengan biji plastik 6% mencapai 780,51 kg/mm, tetapi menurun menjadi 311,81 kg/mm pada kadar biji plastik 7%. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kadar biji plastik dapat mengurangi daya tahan deformasi, terutama pada kadar tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adnan Adnan, Mirsandy Mirsandy, & Hamka Hamka. (2024). Studi Eksprimental Dengan Metode Marshall Pemanfaatan Plastik Polystyrene Sebagai Bahan Aspal AC-BC. *Globe: Publikasi Ilmu Teknik, Teknologi Kebumihan, Ilmu Perkapalan*, 2(2), 73–87. <https://doi.org/10.61132/globe.v2i2.258>
- Azka, C. N., Rani, H. A., & Katami, T. M. R. (2023). Characteristic of Asphalt Mixture using Fly Ash and Bottom Ash Substitution in Reducing Environment Pollution. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1140(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1140/1/012018>
- Beriyadi, A., Agustien, M., & Arliansyah, J. (2020). Deformation Resistance of Plastic Asphalt Mixture on Various Temperatures in Field. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 5(4), 837–844.
- Hasrullah, H., Ahmad Syarif, I., & Harwadi, F. (2023). Pemanfaatan Limbah Plastik dan Fly Ash Pada Campuran Lapisan Perkerasan Jalan. *Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology*, 4(1), 14–22. <https://doi.org/10.52158/jaceit.v4i1.431>
- Khadim, H. M., & Al-Mosawe, H. M. (2023). Enhancing Asphalt Mixture Performance with Crumb Rubber: A Sustainable Solution for Improved Durability and Mechanical Properties. *E3S Web of Conferences*, 427, 1–6. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342703017>
- Maulana, H. A., Damara, Boby. (2024). Daya Tahan Coldmix Asphalt Sebagai Bahan Darurat Penanganan Jalan dengan Bahan Resin Fiberglass Sebagai Pengganti Aspal. *Talenta: Jurnal Talenta Teknik Sipil Universitas Batanghari*, 7(1), 124-130. <https://talentasipil.unbari.ac.id/index.php/talenta/article/view/383>
- Mirković, K., Tošić, N., & Mladenović, G. (2019). Effect of Different Types of Fly Ash on Properties of Asphalt Mixtures. *Advances in Civil Engineering*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/8107264>

- Mouwlaka, W.U.H Lazarus., Sa'dillah, M., Pandalu, D. G. (2024). Pengaruh Pengisian Rongga Campuran Aspal Porous Menggunakan Limbah Plastik PET (POLYETHYLENE TEREPHTHALATE). *Gradasi : Jurnal Gradasi Teknik Sipil Politeknik Negeri Balikpapan*, 8 (1), 30-39. [https://ejurnal.poliban.ac.id/index.php/Teknik\\_Sipil/article/view/2312](https://ejurnal.poliban.ac.id/index.php/Teknik_Sipil/article/view/2312)
- Nugraha, C. D., Agustapraja, R. H. (2024). Pengaruh Sekam Padi & Serbuk Kayu Sebagai Substitusi Filler pada Campuran Laston AC-WC. *Talenta: Jurnal Talenta Teknik Sipil Universitas Batanghari*, 7(1), 42-49. <https://talentasipil.unbari.ac.id/index.php/talenta/article/view/361>
- Perdana, G. M., (2024). Kajian Properties Marshall Terhadap Pemanfaatan Limbah Abu Batubara Sebagai Pengganti Pasir Pada Campuran AC WC. *Jurnal Kacapuri : Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 7(1), 129-138. <https://ojs.uniska-bjm.ac.id/index.php/jurnalkacapuri/article/download/15200/6472>
- Sa'dillah, M., Pandalu, D. G., Martins, B. N. (2024). Karakteristik Beton Aspal Lapisan Pengikat (AC-BC) Yang Menggunakan Bahan Pengisi Abu Terbang Batubara. *Paduraksa : Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 13(1), 81-88. <https://ejournal.warmadewa.ac.id/index.php/paduraksa/article/view/7820>
- Suroso, T. W. (2008). Pengaruh Penambahan Plastik Ldpe (Low Density Poly Ethilen) Cara Basah Dan Cara Kering Terhadap Kinerja Campuran Beraspal. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 3, 1–15. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/mkts/article/view/3695>
- Ulfah, L. (2023). Pengaruh Karet Remah Terhadap Stabilitas Campuran Beraspal Laston AC-WC Menggunakan Metode Dry Mix. *Cantilever: Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 12(1), 9–18. <https://doi.org/10.35139/cantilever.v12i1.207>
- Wang, W., Cheng, Y., Chen, H., Tan, G., Lv, Z., & Bai, Y. (2019). Study on the performances of waste crumb rubber modified asphalt mixture with eco-friendly diatomite and basalt fiber. *Sustainability (Switzerland)*, 11(19). <https://doi.org/10.3390/su11195282>
- Wulandari, P. S., & Tjandra, D. (2017). Use of Crumb Rubber as an Additive in Asphalt Concrete Mixture. *Procedia Engineering*, 171, 1384–1389. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.451>