

Pengaruh Limbah Bata Ringan dan *Fly Ash* Sebagai *Filler* terhadap Karakteristik Uji *Marshal Asphalt AC-WC*

Hairul Izwan, Anwar Efendy, Aulia Muttaqin, Hafiz Hamdani

Universitas Muhammadiyah Mataram, Mataram-83115, Indonesia

ARTICLE INFO

Kata Kunci:

1; ac-wc 2; bata ringan 3; *fly ash* 4, *filler* 5. *marshall*

***Correspondence email:**

hairulizwan404@gmail.com

Submitted: 11 Desember 2025

Revised: 29 Desember 2025

Accepted: 17 Januari 2026

Published: 03 Februari 2026

ABSTRAK

Kebutuhan akan pembangunan infrastruktur jalan di Indonesia terus meningkat, sehingga diperlukan campuran aspal yang lebih optimal, berkelanjutan, dan ramah lingkungan. Pada lapisan aus AC-WC yang berfungsi menerima beban lalu lintas secara langsung, jenis *filler* memainkan peran penting dalam menentukan stabilitas, ketahanan, serta performa jangka panjang perkerasan. Terbatasnya ketersediaan *filler* konvensional seperti semen portland dan abu batu mendorong pemanfaatan bahan sisa industri sebagai alternatif, termasuk *fly ash* dan limbah bata ringan yang memiliki karakter mineral dan ukuran butir yang sesuai untuk *filler*. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi komposisi *filler* bata ringan dan *fly ash* terhadap parameter Marshall pada campuran AC-WC, mencakup stabilitas, *flow*, dan karakteristik volumetrik seperti VIM, VMA, dan VFA. Pengujian dilakukan secara eksperimental di laboratorium menggunakan metode *Marshall* berdasarkan SNI, dengan tiga variasi perbandingan *filler* 0,25%–0,75%, 0,50%–0,50%, dan 0,75%–0,25% pada kadar aspal optimum 6%, serta total 24 benda uji. Hasil menunjukkan seluruh formulasi memenuhi standar Bina Marga 2018, dengan nilai VIM masing-masing 4,46%, 4,52%, dan 4,73%. VMA sebesar 18,08%, 18,32%, dan 18,65%. Serta VFA 75,36%, 75,3%, dan 74,62%. Stabilitas yang diperoleh berturut-turut adalah 1311 kg, 1296 kg, dan 1278 kg, sedangkan nilai *flow* berada pada 3,4 mm, 3,23 mm, dan 3,38 mm. Kombinasi 0,25% bata ringan dan 0,75% *fly ash* memberikan nilai stabilitas paling tinggi. Secara keseluruhan, penggunaan limbah bata ringan dan *fly ash* mampu meningkatkan kinerja karakteristik *Marshall*, memenuhi persyaratan teknis, serta berpotensi besar sebagai alternatif *filler* yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan pada campuran AC-WC.

ABSTRACT

Keywords:

1; ac-wc 2; bata ringan 3; *fly ash* 4, *filler* 5. *marshall*

The need for road infrastructure development in Indonesia continues to increase, so a more optimal, sustainable and environmentally friendly asphalt mixture is needed. In the AC-WC wear layer which functions to receive traffic loads directly, the type of filler plays an important role in determining the stability, durability and long-term performance of the pavement. The limited availability of conventional fillers such as Portland cement and stone ash encourages the use of industrial waste materials as alternatives, including fly ash and light brick waste which have mineral characteristics and grain sizes that are suitable for fillers. This research aims to analyze the effect of variations in the composition of lightweight brick filler and fly ash on the Marshall parameters of AC-WC mixtures, including stability, flow and volumetric characteristics such as VIM, VMA and VFA. Tests were carried out experimentally in the laboratory using the Marshall method based on SNI, with three variations in filler ratios of 0.25%–0.75%, 0.50%–0.50%, and 0.75%–0.25% at an optimum asphalt content of 6%, as well as a total of 24 test objects. The results show that all formulations meet the 2018 Bina Marga standards, with VIM values of 4.46%, 4.52% and 4.73% respectively. VMA is 18.08%, 18.32% and 18.65%. As well as VFA 75.36%, 75.3% and 74.62%. The stability obtained respectively was 1311 kg, 1296 kg, and 1278 kg, while the flow values were 3.4 mm, 3.23 mm, and 3.38 mm. The combination of 0.25% lightweight brick and 0.75% fly ash provides the highest stability value. Overall, the use of light brick waste and fly ash is able to improve the performance of Marshall characteristics, meet technical requirements, and has great potential as a more economical and environmentally friendly alternative filler in AC-WC mixtures.

PENDAHULUAN

Seiring dengan peningkatan kebutuhan infrastruktur jalan di Indonesia, pemilihan material campuran aspal yang efisien dan ramah lingkungan menjadi semakin penting. Lapisan aus (*wearing course*) dari jenis campuran aspal AC-WC memiliki fungsi utama sebagai lapisan permukaan yang langsung menerima beban lalu lintas dan perubahan suhu, sehingga karakteristik materialnya sangat mempengaruhi kinerja perkerasan jangka panjang (Rosida & Widayanti,

2025). Campuran AC-WC tersusun atas agregat kasar, agregat halus, bahan pengikat aspal, dan bahan pengisi (filler). Salah satu komponen penting dalam campuran AC-WC adalah *filler*, yang berperan mengisi rongga antar agregat dan meningkatkan kohesi antara agregat dan aspal (Yuliana & Pradana, 2023). *Filler* memiliki peran penting dalam meningkatkan kepadatan, kekakuan, serta daya lekat antara aspal dan agregat sehingga memengaruhi nilai stabilitas dan ketahanan campuran terhadap beban lalu lintas (Riyanto & Prasetya, 2020). Lapisan permukaan yang dikenal sebagai Laston atau AC-WC (*Asphalt Concrete—Wearing Course*) sangat sesuai untuk kondisi jalan raya yang sering mengalami kepadatan lalu lintas dan kemacetan, serta lebih efektif jika digunakan di wilayah beriklim tropis. (Kurnia et al., 2025)

Ketersediaan *filler* konvensional seperti semen portland dan abu batu semakin menurun, sementara harganya terus meningkat. Kondisi ini mendorong perlunya inovasi penggunaan bahan alternatif yang bersifat ekonomis dan ramah lingkungan. Salah satu pendekatan yang banyak dikembangkan adalah pemanfaatan limbah industri dan konstruksi sebagai bahan pengganti *filler*. Pemanfaatan limbah tidak hanya memberikan solusi teknis terhadap keterbatasan material, tetapi juga mendukung prinsip pembangunan berkelanjutan melalui pengurangan volume limbah dan pencemaran lingkungan (Purnomo et al., 2024).

Salah satu limbah yang potensial digunakan sebagai *filler* adalah *fly ash*, yaitu residu pembakaran batu bara dari industri pembangkit listrik tenaga uap. *Fly ash* memiliki ukuran partikel halus dan kandungan silika serta alumina yang tinggi, yang dapat meningkatkan daya lekat dan stabilitas campuran aspal. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan *fly ash* pada campuran AC-WC mampu meningkatkan nilai *Marshall Stability* dan *Marshall Quotient* (MQ) dibandingkan *filler* konvensional (Uwwes Al Qurny et al., 2022). Pada kadar optimum sekitar 3–4%, *fly ash* menghasilkan stabilitas tinggi dan nilai *flow* yang memenuhi spesifikasi Bina Marga (Riyanto & Prasetya, 2020).

Selain *fly ash*, limbah bata ringan juga berpotensi sebagai bahan pengisi alternatif. Bata ringan (*autoclaved aerated concrete*) merupakan material bangunan yang banyak digunakan, dan limbahnya sering kali belum dimanfaatkan secara optimal. Penggunaan limbah bata ringan sebagai *filler* tidak menurunkan nilai MQ, bahkan dapat meningkatkan kekakuan pada beberapa variasi (Amandari, et al., 2025). Serbuk hasil penghancuran bata ringan memiliki kandungan silika dan kalsium yang dapat berfungsi sebagai pengisi dalam campuran aspal. Penelitian oleh (Azitama, 2025) menunjukkan bahwa penggunaan limbah bata ringan sebagai *filler* dapat meningkatkan nilai stabilitas dan mengurangi porositas campuran AC-WC, terutama pada kadar 10% dari total campuran. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa bata merah atau bata ringan dapat memberikan hasil yang mendekati *filler* semen portland dalam hal kekuatan dan ketahanan campuran (Edy Poerwodihardjo & Hudoyo, 2023).

Penggunaan kombinasi *fly ash* dan limbah bata ringan sebagai *filler* dalam campuran AC-WC diharapkan dapat memberikan efek sinergis terhadap karakteristik *Marshall* (Saputra et al., 2025). Namun demikian, penelitian terdahulu lebih banyak meneliti penggunaan tunggal salah satu jenis *filler* tersebut, sehingga masih sedikit kajian yang mengombinasikan limbah bata ringan dan *fly ash* dalam campuran AC-WC (Setiawan et al., 2024). Kombinasi kedua bahan ini berpotensi memberikan efek sinergis: partikel halus *fly ash* dapat mengisi pori antar partikel bata ringan, sedangkan kandungan kalsium dan silika dari bata ringan dapat memperbaiki ikatan antar agregat. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pemanfaatan limbah bata ringan dan *fly ash* sebagai *filler* terhadap karakteristik *Marshall* pada campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC), sekaligus sebagai upaya mendukung pembangunan infrastruktur jalan yang berkelanjutan dan ramah lingkungan (Setiawan & Nugroho, 2024).

Beberapa studi menyebutkan bahwa substitusi sebagian *filler* konvensional dengan *fly ash* atau limbah bata dapat meningkatkan nilai stabilitas dan menurunkan porositas campuran (Nurdin et al., 2023). Oleh karena itu, Melalui penelitian ini diharapkan diperoleh pemahaman mengenai pengaruh pemanfaatan limbah bata ringan dan *fly ash* sebagai *filler* terhadap karakteristik *Marshall* campuran AC-WC, sehingga dapat memberikan alternatif material *filler* yang ekonomis, berkelanjutan, dan sesuai dengan spesifikasi teknis Bina Marga. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat mendukung kebijakan pengelolaan limbah industri dan konstruksi menjadi material bernilai guna tinggi bagi pembangunan infrastruktur jalan.

Berdasarkan pengujian *marshall* mengenai pengaruh penggunaan bata ringan sebagai pengganti *filler* terhadap parameter aspal AC-WC dengan variasi campuran (Semen 1% : bata ringan 0%), (semen 25% : bata ringan 75%), (semen 50% : bata ringan 50%), (semen 75% : bata ringan 25%), dan (semen 0% : bata ringan 1%) diperoleh Kadar Aspal Optimum (KAO) yaitu 6% (Safitri, 2025). Spesifikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah Spesifikasi Bina Marga Umum 2018 Revisi 2. Kandungan aspal optimum yang diperoleh adalah 5,9%. Berdasarkan hasil pengujian *Marshall* dengan variasi *filler* abu terbang batu bara dan abu batu, yang terbaik dalam penelitian ini adalah variasi 50% abu terbang batu bara dan 50% abu batu (Basri, et al., 2024). Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode percobaan dan pengamatan sampel dari bahan *filler* lain yang telah dilakukan pengujian. dapat meningkatkan karakteristik nilai *Marshall* (Azitama., 2025).

Adapun tujuan penelitian untuk menganalisis pengaruh antara campuran aspal AC WC. Dan tujuan khusus dari penelitian ini adalah: Untuk mengetahui nilai karakteristik *marshall* terhadap campuran aspal AC-WC menggunakan limbah bata ringan dan *fly ash* sebagai pengganti filler, dan Membandingkan kinerja campuran AC-WC yang

menggunakan *filler* konvensional dengan campuran yang menggunakan *filler* limbah bata ringan dan *fly ash*. Penelitian ini juga memiliki manfaat: Memberikan alternatif bahan *filler* yang lebih ekonomis dan mudah diperoleh untuk campuran AC-WC, dan mendukung pemanfaatan limbah bata ringan dan *fly ash* sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi penggunaan limbah bata ringan dan *fly ash* sebagai *filler* terhadap karakteristik *Marshall* pada campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC). Metode yang digunakan adalah metode uji *Marshall* sesuai SNI. Penelitian dilakukan di Laboratorium Balai Pengujian Material Konstruksi DPUPR Provinsi Nusa Tenggara Barat. Adapun alat dan bahan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Material Penelitian

Material yang digunakan meliputi:

- Agregat kasar yang digunakan berukuran 3/4 dan 3/8 diperoleh dari PT. Sinar Bali Binakarya Mujur Kabupaten Lombok Tengah.
- Agregat halus yang digunakan, yaitu: abu batu yang diperoleh dari PT. Sinar Bali Binakarya Mujur Kabupaten Lombok Tengah.
- Aspal yang digunakan pada penelitian ini ialah aspal yang berpenetrasi 60/70 bersumber dari AMP PT. Sinar Bali Binakarya Mujur Kabupaten Lombok Tengah.
- Filler* yang digunakan merupakan bata ringan dan *fly ash* yang lolos saringan no.200 sebanyak 75% yang dimana bata ringan diperoleh dari PT. Lombok Mulia Jaya Keruak Kabupaten Lombok Tengah, sedangkan *fly ash* diperoleh dari PLTU Jeranjang, Kecamatan Gerung, Kabupaten Lombok Barat.

2. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan untuk pengujian dalam penelitian ini adalah alat uji *marshall* dan alat pendukung lainnya yang tersedia di laboratorium balai pengujian material konstruksi DPUPR provinsi NTB.

3. Tahapan Penelitian

Adapun uraian dari tahapan penelitian yang dilaksanakan terdiri dari 4 tahapan sebagai berikut:

- Tahap persiapan, tahap ini adalah fase awal untuk menentukan arah penelitian, dimana semua alat dan bahan yang dibutuhkan harus dipersiapkan dengan seksama.
- Tahap pembuatan benda uji, meliputi desain campuran dilakukan sebelum produksi benda uji, Komposisi agregat campuran menggunakan kadar aspal yang telah ditentukan. Selanjutnya dilakukan penggorengan aspal sehingga mencapai suhu 150°C dan dilakukan pemadatan benda uji pada suhu 140°C.
- Tahap perendaman benda uji, tahap ini benda uji yang sudah dipadatkan, didiamkan dalam waktu 24 jam terlebih dahulu, kemudian benda uji tersebut direndam sampai terendam keseluruhannya di dalam waterbath pada suhu 60°C ± 1°C, dengan durasi perendaman 30 menit. Setelah direndam dalam waterbath pada suhu 60°C ± 1°C, benda uji baru dilakukan pengujian *Marshall*.
- Tahap pengujian benda uji, pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah uji propertis *marshall*, yang bertujuan untuk mengevaluasi ketahan campuran aspal terhadap kelelahan (*flow*) dan kesetabilan (*stability*). Semakin tinggi nilai stabilitas, maka nilai kelelahan (*flow*) akan cenderung menurun, sehingga bisa disimpulkan bahwa aspal memiliki kemampuan yang baik dalam menahan beban.

Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) dalam menentukan campuran aspal diawali dengan menentukan kadar aspal tengah (Pb) sebagai titik acuan utama. Berdasarkan beberapa hasil penelitian terdahulu Kadar Aspal Optimum (KAO) rata-rata hasil yang diperoleh yaitu 6%. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium PUPR Provinsi Nusa Tenggara Barat.

Jumlah sampel benda uji dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Benda Uji untuk Marshall Test Dengan kadar aspal 6%

Variasi	Bata Ringan	Fly Ash	Jumlah Benda Uji
1	0,50%	0,50%	8
2	0,25%	0,75%	8
3	0,75%	0,25%	8
Jumlah benda uji			24

Sumber: Hasil Perhitungan (2025)

Berikut kebutuhan agregat pada campuran AC-WC dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Kebutuhan agregat pada campuran AC-WC

Ayakan	Diameter (mm)	%lolos
3/4	19 mm	100
1/2	12,5 mm	90-100
3/8	9,5 mm	77-90
No. 4	4,75 mm	53-69
No. 8	2,36 mm	33-53
No. 16	1,18 mm	21-40
No. 30	0,6 mm	14-30
No. 50	0,3 mm	9-22
No. 80	0,15 mm	6-15
No. 100	0,075 mm	4-9

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga (2018 Divisi 6)

Berikut ketentuan agregat kasar dapat dilihat pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium Sulfat	Maks. 12 %
	magnesium sulfat	Maks. 18%
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 2439:2011	Min. 95%
Butir pecah agregat kasar	SNI 7619:2012	95/90
Partikel ipih lonjong	SNI 8287: 2016	Maks. 10%
	Perbandingan 1:5	
Material lolos ayakan No.200	SNI ASTM C 117 2012	Maks. 1%

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga (2018 Divisi 6)

Berikut ketentuan agregat halus dapat dilihat pada tabel 4 berikut.

Tabel 4. Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemasatan	SNI 03-6877-2002	Min 45%
Gumpalan Lempung Dan Butir Butir	SNI 03-4141-1996	Max 1%
Mudah Pecah Dalam Agregat		
Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117 : 2012	Max 10%

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga (2018 Divisi 6)

Berikut ketentuan *filler* dapat dilihat pada tabel 5 berikut.

Tabel 5. Ketentuan Filler

Pengujian	Standar	Nilai
Material Lolos Saringan No.200	SNI 03-6723-2002	Min 75%
Berat Jenis	SNI 03-4145-1991	3,0-3,2

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga (2018 Divisi 6)

Berikut persyaratan campuran aspal beton untuk perkerasan AC-WC dapat dilihat pada tabel 6 berikut.

Tabel 6. Persyaratan campuran Aspal Beton untuk Perkerasan AC-WC

Jenis	(AC-WC)
<i>Void mix in asphalt</i>	3-5 %
<i>Void In Mineral Agregate</i>	Min.15
<i>Voids Filled with Asphalt</i>	Min.65
<i>Stability</i>	Min.800
<i>Flow</i>	Min.3
<i>Marshall Quotient</i>	Min.250

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga (2018 Divisi 6)

HASIL

Berikut merupakan hasil dari pengujian di Laboratorium Balai Penguji Material Konstruksi DPUPR (Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang) Provinsi Nusa Tenggara Barat. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian *Marshall*, dari pengujian diperoleh nilai karakteristik *Marshall* dan dianalisa dalam bentuk Tabel 5 serta Gambar 1-5.

Hasil Perhitungan Nilai Karakteristik *Marshall*

Perhitungan karakteristk *Marshall* menghasilkan nilai-nilai untuk stabilitas, *flow*, *Target air voids*, VMA, VFA. Rata-rata nilai KAO yang didapat dari beberapa hasil penelitian terdahulu seperti “ (Safitri, 2025) menyatakan nilai Kadar Aspal Optimum yaitu 6% yang diperoleh dari penggunaan bata ringan sebagai pengganti *filler* terhadap parameter *asphalt* AC-WC dengan variasi campuran (Semen 1% : bata ringan 0%), (semen 25% : bata ringan 75%), (semen 50% : bata ringan 50%), (semen 75% : bata ringan 25%), dan (semen 0%: bata ringan 1%). Kemudian dari hasil penelitian (Basri, et al., 2024) juga mengatakan hasil Kadar Aspal Optimum yaitu 5,9% yang didapatkan berdasarkan hasil pengujian *Marshall* dengan variasi *filler* abu terbang batu bara dan abu batu. Dan terakhir penelitian dari (Azitama.,2025) melakukan penelitian dengan metode percobaan, Percobaan yang dilakukan menggunakan bata ringan pecah yang dihaluskan dengan variasi kadar campuran sebesar 6%, 7%, 8%, 9% dan 10%. Penggunaan limbah bata ringan sebagai *filler* agregat dapat dengan jadar 10% dengan kadar aspal optimal di 6% ”. Dari nilai KAO yang didapat dari hasil penelitian terdahulu yaitu rata-rata 6% maka penelitian ini menggunakan nilai Kadar Aspal Optimum 6%.

Hasil pengujian dari delapan benda uji untuk masing-masing variasi perbandingan disajikan dalam bentuk Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Hasil pengujian *Marshall* aspal AC-WC

Karakteristik Campuran	Spesifikasi Umum	AC-WC <i>Filler</i> Semen	Variasi		
			1 (Bt-Fa) 0,50-0,50	2 (Bt-Fa) 0,25-0,75	3 (Bt-Fa) 0,75-0,25
VIM	3-5	4,1	4,52	4,46	4,73
VMA	Min.15%	17,79	18,32	18,08	18,65
VFA	Min.65	75,2	75,3	75,36	74,62
Stabilitas	Min.800	1315	1296	1311	1278
<i>Flow</i>	2-4	3,25	3,23	3,4	3,38
Marshall sisa	Min.90	92,37	91,78	92,11	91,67
Berat jenis		2,356	2,335	2,343	2,324

Sumber: Hasil Pengujian (2025)

Karakteristik campuran tidak hanya disajikan dalam bentuk tabel, tetapi juga melalui grafik yang memperlihatkan hubungan antara penggunaan *filler fly ash* dan bata ringan dengan setiap parameter *Marshall*. pengujian *Marshall* memberikan analisis nilai empiris yang meliputi evaluasi stabilitas dan kelelahan atau *flow* yang dilakukan secara langsung dengan alat uji *Marshall*. Selain itu, analisis ini mencakup pengukuran parameter volumetric seperti VIM, VMA dan VFB. Hasilnya menunjukkan nilai dampak variasi persentase limbah bata ringan terhadap semua parameter uji *Marshall* dalam campuran AC-WC. Berikut adalah uraian tentang nilai empiris dan karakteristik volumetric dari campuran berdasarkan pengujian.

Rongga dalam campuran (*Void in mix/ VIM*)

Rongga dalam campuran (*Void in mix/ VIM*) merupakan persentase rongga udara yang terdapat dalam campuran beraspal atau volume pori yang masih tersisa dalam campuran aspal yang telah dipadatkan. Berikut contoh perhitungan nilai VIM pada kadar aspal campuran AC-WC.

Diketahui :

Nilai VIM 0,75% bata ringan: 0,25% *fly ash*

Bj Benda Uji = 2,324

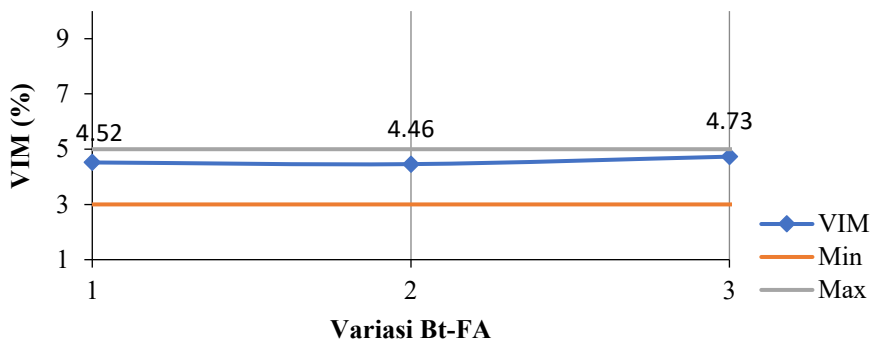
Bj Campuran max = 2,439

Penyelesaian :

a. Pada kadar aspal 6%

$$VIM = 100 - \left(\frac{100 \times 2,324}{2,439} \right)$$

$$= 4,73$$



Gambar 1. Nilai Vim dari masing-masing variasi

Sumber: Hasil Pengujian (2025)

Berdasarkan Gambar 1, nilai VIM pada setiap campuran variasi bata ringan dan *fly ash* memiliki nilai yang berbeda-beda. Dimana pada campuran 0,25% bata ringan : 0,75% *fly ash* memiliki nilai VIM 4,46%, pada campuran 0,50% bata ringan : 0,50% *fly ash* memiliki nilai VIM 4,52%, dan pada campuran 0,75% bata ringan : 0,25% *fly ash* memiliki nilai VIM 4,73%. Grafik tersebut menunjukkan bahwa campuran bata ringan memenuhi standar Bina Marga 2018 dengan nilai VIM berkisar 3-5%. Nilai VIM yang kecil bisa menyebabkan retak, sedangkan nilai VIM yang besar menunjukkan banyaknya rongga yang dapat mengurangi kededapan lapis perkerasan dan meningkatkan kemungkinan porositas.

Void In Mineral Agregate (VMA)

VMA (*Voids in Mineral Aggregate*) menunjukkan pada ruangan kosong yang ada diantara partikel mineral agregat dalam campuran aspal setelah proses pemadatan. Kadar aspal, gradasi campuran, intensitas tumbukan, dan suhu pemadatan mempengaruhi besarnya nilai VMA. Berikut contoh perhitungan nilai VMA pada kadar aspal campuran AC WC.

Diketahui :

Nilai VMA 0,75% bata ringan: 0,25% *fly ash*

Nilai Bj benda uji = 2,324%

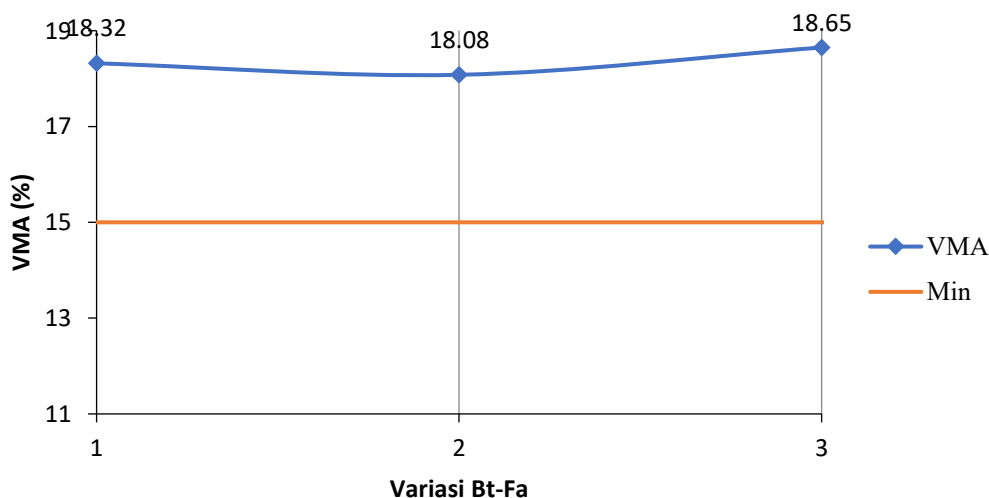
Nilai Bj total Dry = 2,685%

Penyelesaian :

a. nilai kadar aspal 6%

$$VMA = 100 - ((100 - 6) \times \left(\frac{2,324}{2,685} \right))$$

$$= 18,65$$



Gambar 2. Nilai Vma dari masing-masing variasi

Sumber: Hasil Pengujian (2025)

Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat bahwa seluruh variasi pada kadar aspal optimum 6% memenuhi spesifikasi minimal 15%. Namun, jika terjadi kenaikan kepadatan menyebabkan penurunan nilai VMA, karena apabila campuran semakin padat maka rongga-rongga dalam campuran menjadi lebih sedikit. Sedangkan apabila nilai VMA yang mendekati nilai minimum maka menunjukkan ketahanan yang lebih baik. Kerusakan pada campuran bisa disebabkan karena nilai VMA yang lebih tinggi.

Rongga Terisi Aspal / VFA (*Voids Filled with Asphalt*)

Analisis nilai VFA *Voids Filled with Asphalt* (VFA) merupakan persentase rongga yang terisi aspal pada campuran setelah dipadatkan. Berikut contoh perhitungan nilai VFA kadar aspal campuran AC-WC.

Diketahui :

Nilai VFA 0,75% bata ringan: 0,25% *fly ash*

Nilai persen pori dalam agregat = 18,65

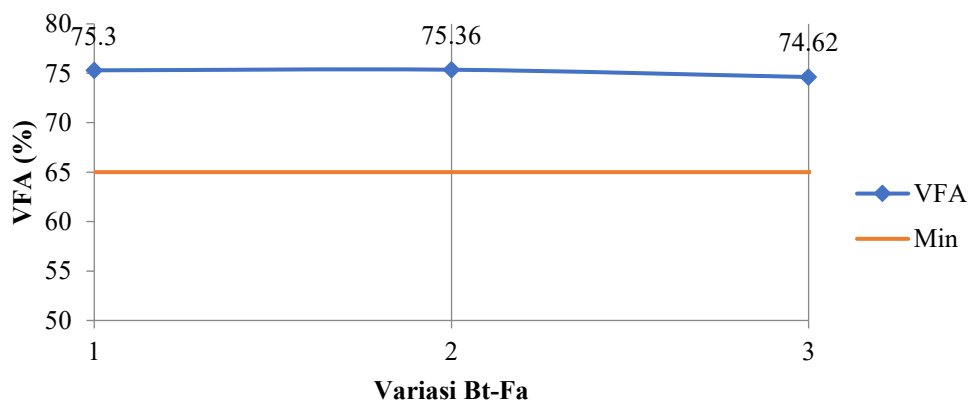
Nilai pori dalam campuran= 4,73

Penyelesaian :

a. Nilai kadar aspal 6%

$$VFA = 100 \times \left(\frac{18,65 - 4,73}{18,65} \right)$$

$$= 74,62$$



Gambar 3. Nilai Vfa dari masing-masing variasi

Sumber: Hasil Pengujian (2025)

Gambar 3 nilai vfa dari masing-masing variasi campuran bata ringan dan *fly ash*, memperlihatkan bahwa pada berbagai variasi penggunaan limbah bata ringan dan *fly ash* sebagai *filler* dengan batas minimal VFA sebesar 65%. Pada gambar grafik bisa dilihat bahwa pada kadar aspal optimum 6%, seluruh variasi campuran menunjukkan nilai VFA yang melebihi 65% dan terus meningkat. nilai VFA yang diperoleh menunjukkan bahwa semua variasi pada penggunaan limbah bata ringan dan *fly ash* mampu memenuhi standar minimum VFA.

Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas ialah ukuran dari daya tahan suatu campuran lapis perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas berlebih tanpa terjadi perubahan bentuk seperti gelombang, alur, atau bleeding. Beberapa elemen yang mempengaruhi nilai stabilitas termasuk gradasi agregat, kadar aspal dan bentuk serta kekasaran permukaan partikel agregat. perhitungan nilai stabilitas pada kadar aspal campuran AC-WC.

Diketahui:

Nilai stabilitas 0,75% bata ringan: 0,25% *fly ash*

Kadar aspal 6%

- Benda uji 1 =1290

- Benda uji 2 =1278

- Benda uji 3 =1278

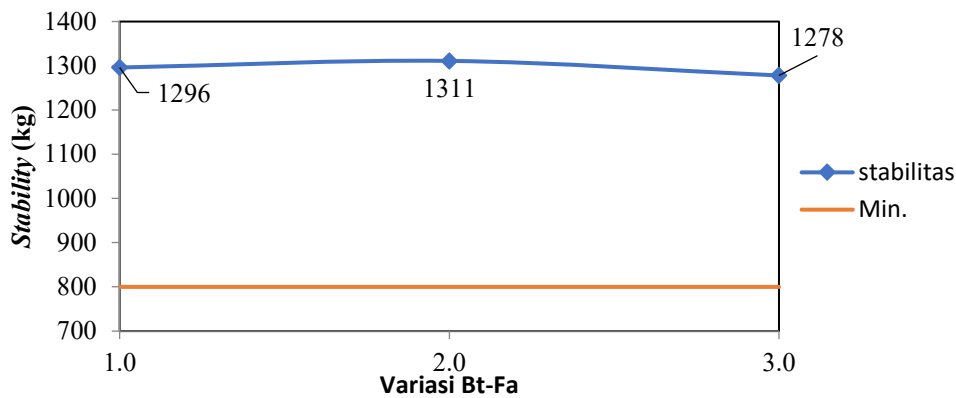
- Benda uji 4 =1266

Penyelsaian:

a. Kadar aspal 6%

$$\text{Stabilitas} = (1290 + 1278 + 1278 + 1266) : 4$$

$$= 1278$$



Gambar 4. Nilai Stability dari masing-masing variasi

Sumber: Hasil Pengujian (2025)

Berdasarkan Gambar 4, campuran memiliki nilai batas minimum sebesar 800 kg, pada seluruh variasi campuran yaitu campuran 0,25% bata ringan : 0,75% fly ash, 0,50% bata ringan : 0,50 fly ash, dan 0,75% bata ringan : 0,25% fly ash, memiliki nilai stabilitas yang seluruhnya berada diatas batas minimum. ini menunjukkan bahwa seluruh variasi memenuhi pesyaratan stabilitas untuk campuran AC-WC. Di mana campuran 0,25% bata ringan : 0,75% fly ash mencapai nilai tertinggi ialah 1311. pemanfaatan limbah bata ringan dalam berbagai proporsi tetap menghasilkan campuran yang stabil dan memiliki potensi sebagai pengganti filler.

Kelelahan (Flow)

Kelelahan (*flow*) adalah ukuran yang menunjukkan sejauh mana campuran aspal mengalami deformasi plastis akibat beban yang diterapkan. Gradasi agregat, jumlah kadar aspal dan proses pemadatan juga mempengaruhi nilai *flow*. Berikut ini nilai *flow* dari 4 benda uji pada kadar aspal campuran AC-WC.

Diketahui :

Nilai *flow* pada campuran 0,75% bata ringan: 0,25% fly ash dengan kadar aspal optimum 6%

Flow benda uji 1 = 3,40

Flow benda uji 2 = 3,40

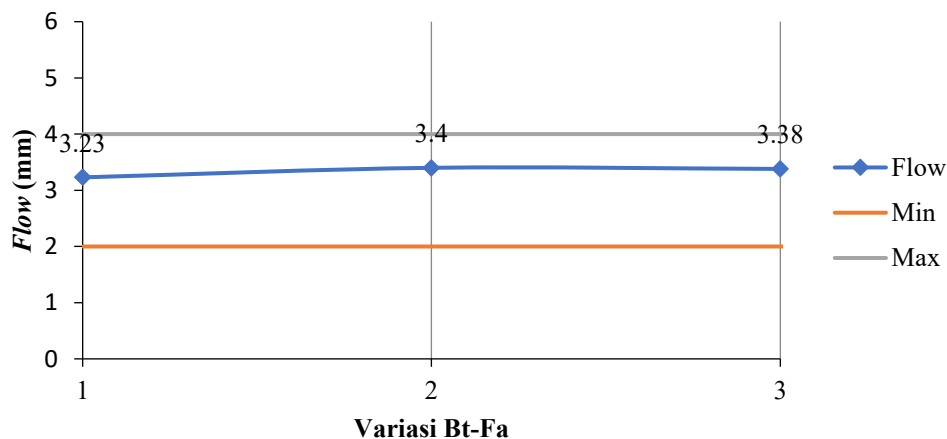
Flow benda uji 3 = 3,50

Flow benda uji 4 = 3,20

Penyelsaian:

$$Flow = (3,40+3,40+3,50+3,20):4$$

$$= 3,38$$



Gambar 5. Flow dari masing-masing variasi

Sumber: Hasil Pengujian (2025)

Dari Gambar 5, dapat dilihat bahwa nilai *flow* pada seluruh variasi penggunaan bata ringan dan fly ash berada dalam minimal dan maksimal yaitu 2mm – 4 mm. . nilai yang diperoleh menunjukkan bahwa semua variasi pada penggunaan limbah bata ringan dan fly ash mampu memenuhi standar minimum *flow*.

Pembahasan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh variasi campuran memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 untuk parameter VIM, VMA, VFA, stabilitas, dan *flow*. Temuan ini memperkuat potensi pemanfaatan limbah industri dan konstruksi sebagai alternatif *filler* yang ekonomis dan berkelanjutan. Peran *Filler* dalam Campuran Aspal Secara teori, *filler* berfungsi meningkatkan kepadatan, adhesi, dan stabilitas campuran (Riyanto & Prasetya, 2020). *filler* berpartikel halus seperti *fly ash* mampu mengisi rongga antar agregat dengan efektif sehingga meningkatkan stabilitas. Pada penelitian ini, peningkatan proporsi bata ringan meningkatkan VIM dan VMA, sesuai teorinya bahwa bata ringan memiliki struktur lebih pori.

Kombinasi bata ringan dan *fly ash* sebagai *filler* memberikan efek sinergis, menghasilkan campuran AC-WC yang kuat, fleksibel, dan memenuhi spesifikasi teknis. Proporsi 0,25% Bt : 0,75% Fa menunjukkan karakteristik *Marshall* terbaik, dengan stabilitas tertinggi, pengisian aspal optimal, dan nilai volumetrik seimbang. Pemanfaatan limbah ini efektif secara teknis, ekonomis, dan ramah lingkungan. Penelitian dilakukan di laboratorium dengan jumlah sampel terbatas. Variasi proporsi bata ringan dan *fly ash* terbatas, sehingga potensi kombinasi optimal lainnya tidak dianalisis. Kadar aspal tetap (6%), sehingga pengaruh variasi kadar aspal terhadap karakteristik *Marshall* tidak diteliti. Tetapi dilihat dari penelitian terdahulu rata-rata kadar aspal optimum (KAO) yang diperoleh ialah 6% untuk campuran bata ringan dan *fly ash*.

Mendukung konsep rekayasa material berbasis limbah yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (*green pavement technology*). Menunjukkan bahwa *filler* porous seperti bata ringan dan *fly ash* dapat digunakan hingga kadar tertentu tanpa menurunkan performa secara signifikan, Memberikan bukti empiris bahwa kombinasi *filler* bata ringan dan *fly ash* dapat mengoptimalkan keseimbangan antara densifikasi dan kekuatan struktural, dan dapat menjadi rujukan dalam pengembangan spesifikasi alternatif *filler* lokal di daerah yang memiliki limbah bata ringan dan *fly ash* melimpah.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa Penggunaan limbah bata ringan dan *fly ash* sebagai *filler* pada campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) dengan kadar aspal optimum 6% terbukti efektif meningkatkan karakteristik *Marshall* campuran. Semua variasi campuran memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018, baik dari segi VIM, VMA, Stabilitas maupun *Flow*. Kombinasi bata ringan dan *fly ash* memberikan efek sinergis, di mana *fly ash* mengisi pori antar partikel bata ringan, dan kandungan silika serta kalsium dari bata ringan memperkuat ikatan agregat. Variasi 0,25% bata ringan : 0,75% *fly ash* menunjukkan performa terbaik dengan stabilitas tertinggi. Dengan demikian, limbah bata ringan dan *fly ash* dapat dijadikan alternatif *filler* yang ekonomis, ramah lingkungan, dan memenuhi standar teknis untuk pembangunan perkerasan jalan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amandari, R.N., Efendy, A., & Fariyadin, A., (2025). Pengaruh Limbah Bata Ringan sebagai Pengganti *Filler* Terhadap Karakteristik Uji *Marshall* Pada Campuran Aspal AC-BC. *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, Mataram.
- Azitama, F. D., (2025). Penggunaan Bata Ringan Pecah Sebagai *Filler* Agregat pada Campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* Terhadap Karakteristik *Marshall*. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil*, Surakarta.
- Basri, D. R., et.al., (2024). Analisis Pengaruh Penggunaan *Fly Ash* Batu Bara dan Abu Batu Sebagai *Filler* Pada Campuran Laston Lapis Aus (Ac-Wc), Sejarah Artikel, Program Studi Teknik Sipil Universitas Abdurrab, Jl. Riau Ujung No.73, Pekanbaru, Indonesia.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6: Perkerasan Aspal (Revisi 2). Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Eddy Poerwodihardjo, F., & Hudoyo, C. P., (2023). Penggunaan Serbuk Batu Bata Merah Sebagai *Filler* Campuran Aspal AC-WC, Pengganti Semen dan Abu Batu dengan Uji *Marshall*. *Briliant: Jurnal Riset dan Konseptual*, Jawa Tengah.
- Kurnia, A. O., Firdaus, & Febriansyah, D. (2025). Karakteristik Campuran Asbuton Pada Lapis Aus AC-WC Ada Lapis Aus AC-WC Dengan Penambahan BGA B 5/20 Sebagai Agregat Halus Pada Aspal Pengikat 60/70. Program Pascasarjana Teknik Sipil, Universitas Bina Darma. *Jurnal talenta sipil*, Palembang.
- Nurdin, A., Erlangga, E., & Nuklirullah, M., (2023). “*AC-WC Strength Analysis With The Marshall Method On Fly Ash Mixture As A Substitute For Stone Ash Materials*”. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, Vol.7 No.2., Jambi.
- Purnomo, F.E., Sholichin, I., & Estikhamah, F., (2024). “*The Effect Of Adding Fly Ash As A Filler On Laston Mixtures (HRS-WC)*”. *Sustainable Civil Building Management and Engineering Journal*, Vol.1 No.3., Jawa Timur.

Hairul Izwan, Anwar Efendy, Aulia Muttaqin, Hafiz Hamdani: *Pengaruh Limbah Bata Ringan dan Fly Ash Sebagai Filler terhadap Karakteristik Uji Marshall Asphalt AC-WC*

- Riyanto, A., & Prasetya, R.D., (2020). “Pengaruh Kadar *Filler Fly Ash* dalam Campuran AC-WC Dengan Pasir Pantai Takisung Sebagai Agregat Halus Ditinjau Dari Aspek Ketidakrataan dan Properties *Marshall*”. *Dinamika Teknik Sipil: Majalah Ilmiah Teknik Sipil*, Vol.13 No.2., Surakarta.
- Safitri, N., (2025). *Pengaruh Limbah Bata Ringan Sebagai Pengganti Filler Terhadap Karakteristik Uji Marshall Pada Campuran Asphalt Ac-Wc.*, Buku Skripsi., Mataram.
- Saputra, E., et al. (2025). *Pengaruh Kombinasi Fly Ash dan Limbah Bata terhadap Karakteristik Marshall AC-WC.* *Jurnal Teknik Jalan Raya.*, Yogyakarta
- Setiawan, A., & Nugroho, S. (2024). *Material Alternatif Ramah Lingkungan Pada Campuran Aspal AC-WC.* *Jurnal Infrastruktur Berkelanjutan.*, Bandung.
- Setiawan, A., Zabadi, F., & Maulana, R.A., (2024). “*Industrial Waste As Filler and Pamekasan Aggregate In The Mixture Asphalt Concrete – Wearing Course In Terms Of Marshall Characteristics*”. *Journal of Civil Engineering and Planning (JCEP)*, Vol.4 No.2., Madura.
- Uwuwes Al Qurny, A., Puspito, I. H., & Tinumbia, N., (2022). *Pengaruh Penambahan Bahan Pengisi (Filler) Fly Ash Terhadap Campuran Aspal Beton Lapis Aus (Asphalt Concrete Wearing Course/AC-WC).* *Jurnal Artesis*, 2(1)., Jakarta.
- Yuliana, S., & Pradana, R. (2023). *Karakteristik Volumetrik Campuran Aspal AC-WC.* *Jurnal Sipil Terapan.*, Malang.