



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 5 Nomor 4 Tahun 2025 Page 7178-7193

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

Pengaruh Limbah Bata Ringan sebagai Pengganti *Filler* Terhadap Karakteristik Uji *Marshall* Pada Campuran Aspal AC-BC

Ringka Ninis Amandari^{1✉}, Anwar Efendy¹, Adiman Fariyadin¹

Universitas Muhammadiyah Mataram

Email: ringkaninis2@gmail.com^{1✉}

Abstrak

Aspal adalah material utama dalam konstruksi jalan yang harus memiliki stabilitas dan daya tahan tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh limbah bata ringan sebagai pengganti *filler* terhadap karakteristi *Marshall* pada campuran aspal AC-BC. Variasi campuran terdiri dari kombinasi semen dan bata ringan dengan proporsi berbeda, menggunakan metode *Marshall* untuk menguji stabilitas, flow, VIM, VMA, VFA, dan *Marshall Quotient*. Berdasarkan hasil pengujian *Marshall* diperoleh Sebagian besar campuran memenuhi spesifikasi Bina Marga, dengan Nilai VIM tertinggi terdapat pada kadar aspal 5% dengan nilai VIM 3,34% -4,64%. VMA di atas 14 %, VFA memenuhi pada kadar aspal 6%. Nilai stabilitas tertinggi diperoleh pada variasi 0,25% bata ringan : 0,75% semen, sedangkan MQ tertinggi pada 0,75% bata ringan 0,25% semen. Campuran paling efektif ditunjukkan oleh variasi 1% bata ringan : 0% semen dan 0,75% bata ringan: 0,25% semen.

Kata Kunci: *AC-BC, Bata Ringan, Filler, Marshall*.

Abstract

Asphalt is the main material in road construction that must have high stability and durability. This study aims to analyze the effect of lightweight brick waste as a substitute for filler on Marshall characteristics in AC-BC asphalt mixtures. Mixture variations consist of a combination of cement and lightweight bricks with different proportions, using the Marshall method to test stability, flow, VIM, VMA, VFA, and Marshall Quotient. Based on the Marshall test results, most of the Bina Marga specification mixtures were obtained, with the highest VIM value at 5% asphalt content with a VIM value of 3.34% -4.64%. VMA above 14%, VFA meets the asphalt content of 6%. The highest stability value was obtained at a variation of 0.25% lightweight brick: 0.75% cement, while the highest MQ was at 0.75% lightweight brick: 0.25% cement. The most effective mixture was shown by a variation of 1% lightweight brick: 0% cement and 0.75% lightweight brick: 0.25% cement.

Keyword: *AC-BC, Filler, Lightweight Brick, Marshall.*

PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu prasarana bagi lalu lintas kendaraan yang lewat baik di bawah maupun diatas permukaan tanah (Syukur, Surya, & Cahyadi, 2024) . Salah satu faktor yang menyebabkan kondisi jalan mudah rusak dan berlubang, serta dapat menimbulkan resiko kecelakaan yang disebabkan oleh kendaraan dengan kapasitas beban yang lebih biasa dikenal sebagai *Over Dimension dan Over Load (ODOL)*, dan juga menjadi salah satu penyebab turunnya kondisi atau kualitas jalan, sehingga umur rencana jalan tidak terpenuhi (Anggreana & Hardian, 2024; Rahmawati, Hartatik, Rizkiardi, & Prasetyo, 2023). Dengan tersedianya banyak limbah bata ringan yang ada di sekitar, mendorong peneliti untuk mengadakan penelitian tentang bata ringan sebagai bahan alternatif *filler* dalam campuran AC-BC (Silviyati, Supraptiah, Ramadhan, & Wulandari, 2019). Selama ini limbah bata ringan belum banyak digunakan untuk pada konstruksi perkerasan jalan di Indonesia (Abdullah, Wesli, & Akbar, 2017). Bata ringan merupakan salah satu material bangunan yang banyak digunakan oleh sektor konstruksi, namun limbahnya belum dimanfaatkan secara optimal sebagai bahan penstabil dalam campuran perkerasan jalan (Azitama, 2025).

(Pratama & Desimaliana, 2024), pemilihan material *filler* dalam campuran aspal sangat mempengaruhi karakteristik *Marshall* dari campuran tersebut. (Winayati & Lubis, 2018) Salah satu alternatif bahan *filler* yang diteliti adalah abu tandan sawit (ATS), yang berasal dari limbah padat yang dihasilkan dalam proses pengolahan kelapa sawit. Hasil dari pengujian di laboratorium menunjukkan bahwa penggunaan ATS sebagai *filler* mampu memenuhi standar gradasi *filler* yang ditetapkan dalam Spesifikasi Bina Marga 2010. Campuran AC-BC dengan kombinasi 50 % abu batu menunjukkan nilai stabilitas, flow, VIM, VMA, dan VFA yang sesuai dengan ketentuan standar. Ini membuktikan bahwa ATS dapat berfungsi

dengan baik sebagai *filler*, mengisi rongga udara antara agregat kasar dan halus untuk meningkatkan kepadatan serta daya ikat campuran. Oleh karena itu, pemanfaatan abu tandan sawit tidak hanya memberikan alternatif bahan pengganti *filler* konvensional, tetapi juga berperan dalam mengurangi limbah industri dan mendukung pemanfaatan sumber daya lokal secara berkelanjutan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Khoto et al., 2018), kadar aspal optimum (KAO) untuk campuran AC-BC ditentukan sebesar 5,5% sesuai dengan pemenuhan nilai karakteristik *Marshall* seperti density, VIM, VMA, stabilitas, flow, dan Marshall quotient (Efendy, Muttaqin, & Santika, 2025). Penelitian ini juga mengkaji pengaruh substitusi serbuk bata merah sebagai *filler* dengan variasi kadar 10% hingga 50%. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa pada kadar 10%, seluruh parameter karakteristik *Marshall* sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018, dengan nilai stabilitas mencapai 1256 kg dan flow 3,26 mm. Sementara itu, pada kadar *filler* yang lebih tinggi, yaitu 20%, 30%, 40%, dan 50% beberapa parameter seperti VMA, VIM, dan flow tidak memenuhi standar teknis lagi. Dengan demikian, pada kadar 10% serbuk bata merah dinilai paling efektif dalam penelitian ini dan disarankan sebagai pilihan alternatif *filler* pada campuran AC-BC (Musa, Sulaiman, Ibrahim, Nur Ramadhan, & A. Kadir, 2021; Razali, 2016).

Sebagian besar penelitian sebelumnya masih menekankan pada abu atau serbuk dari bata merah, sedangkan pemanfaatan limbah bata ringan dalam campuran AC-BC belum banyak diteliti. Tujuan penelitian ini untuk menilai dampak variasi persentase limbah bata ringan terhadap semua parameter uji Marshall dalam campuran AC-BC, yang mencakup stabilitas, flow, VIM, VMA, VFB dan *Marshall Qoutient*. Dalam penelitian ini, limbah bata ringan dimanfaatkan sebagai pengganti *filler* dan diuji apakah dapat memenuhi (Bina Marga, 2018).

METODE PENELITIAN

1. Material penelitian

Material yang digunakan meliputi:

- a. Agregat butiran kasar yaitu agregat yang tertahan pada saringan no. 4 diperoleh dari PT. Sinar Bali Binakarya Mujur Kabupaten Lombok Tengah.
- b. Agregat halus merupakan agregat yang lolos pada saringan no. 4 dan tertahan pada saringan no. 200 diperoleh dari PT. Sinar Bali Binakarya Mujur Kabupaten Lombok Tengah.
- c. Aspal yang digunakan pada penelitian ini ialah Aspal yang berpenetrasi 60/70 bersumber dari AMP PT. Sinar Bali Binakarya Mujur Kabupaten Lombok Tengah.

d. Filler yang digunakan merupakan bata ringan dan semen yang lolos pada saringan no.200 sebanyak 75% yang diperoleh dari PT. Lombok Mulia Jaya Keruak Kabupaten Lombok Tengah.

2. Peralatan penelitian

Peralatan yang digunakan untuk pengujian pada penelitian ini adalah alat uji Marshall dan alat pendukung lainnya yang tersedia di Laboratorium Balai Pengujian Material Konstruksi PUPR Provinsi NTB.

3. Tahapan Penelitian

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

- a. Tahap persiapan, tahap ini adalah fase awal untuk menentukan arah penelitian, dimana semua alat dan bahan yang dibutuhkan harus dipersiapkan dengan seksama.
- b. 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
- 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.
- d. Tahap pengujian benda uji, pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah uji propertis marshall, yang bertujuan untuk mengevaluasi ketahanan 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. Berikut adalah perhitungan (Pb):

Diketahui

Nilai Ca = 60,7%

Nilai Fa = 3,12%

Nilai Ff = 7,4%

Penyelesaian:

$$Pb = (0,035 \times ca) + (0,045 \times Fa) + (0,18 \times Ff) + 0,5$$

$$= (0,035 \times 60,7) + (0,045 \times 3,12) + (0,18 \times 7,4) + 0,5$$

$$= 5,36 \approx 5\%$$

Setelah mendapat kan nilai Pb maka nilai Pb sebagai acuan tengah pada penentuan kadar aspal, peneliti mengambil sampel pada nilai 2 di atas dan di bawah nilai pb yaitu 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, dan 6%.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium PUPR Provinsi Nusa Tenggara Barat, dengan jumlah sampel benda uji sebanyak 75 buah yang dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Jumlah Benda Uji untuk *Marshall Test*

No	Kadar Aspal	Variasi Perbandingan Semen : Bata Ringan					Jumlah Benda Uji
		1 % (semen)	0,25% (S) : 0,75% (BR)	0,5% (S) : 0,5% (BR)	0,75% (S) : 0,25% (BR)	1 % (Bata Ringan)	
1	4.0%	3	3	3	3	3	15
2	4.5%	3	3	3	3	3	15
3	5.0%	3	3	3	3	3	15
4	5.5%	3	3	3	3	3	15
5	6.0%	3	3	3	3	3	15
Total benda uji		15	15	15	15	15	75

Berikut dibutuhkan agregat pada campuran AC-BC tertera pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Kebutuhan agregat pada campuran AC-BC

No.	Ukuran Ayakan (mm)	% Batas Tengah BBA
1"	(25,4 mm)	100
3/4"	(19,1 mm)	99.37
1/2"	(12,7 mm)	85.48
3/8"	(9,25 mm)	75.72
No. 4	(4,76 mm)	57.36
No. 8	(2,36 mm)	38.62
No. 16	(1,18 mm)	26.96
No. 30	(0,6 mm)	19.75
No. 50	(0,3 mm)	14.59
No. 80	(0,177 mm)	9.46
No. 100	(0,15 mm)	7.41

No.	Ukuran Ayakan (mm)	% Batas Tengah BBA
No. 200	(0,074 mm)	100

Adapun ketentuan pada campuran aspal beton untuk perkerasan AC-BC dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4 berikut.

Tabel 3. Ketentuan campuran Aspal Beton untuk Perkerasan AC-BC

Pengujian	Standar	Nilai
Agregat Kasar No.4	SNI 7619:2012	max. 40%
Agregat Halus < No.4	SNI 03-4428-1997	Min.50%
Material lolos saringan No. 200	SNI 03-6723-2002	Min. 75%
Berat jenis	SNI-03-4145-1991	3,0-3,2

Tabel 4. Persyaratan campuran Aspal Beton untuk Perkerasan AC-BC

Jenis	Surface Course (AC)
<i>Void mix in asphalt</i>	3-5 %
<i>Void In Mineral Agregate</i>	Min.14
<i>Voids Filled with Asphalt</i>	Min.65
<i>Stability</i>	Min.800
<i>Flow</i>	2-4mm
<i>Marshall Quotient</i>	Min.250

HASIL DAN PEMBAHASAN

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 serta grafik.

1. Hasil Perhitungan Nilai Karakteristik Marshall

Perhitungan karakteristk *Marshall* menghasilkan nilai-nilai untuk stabilitas, *flow*, *Target air voids*, VMA, VFB dan MQ. Rata-rata nilai karakteristik *Marshall* dari tiga benda uji untuk masing-masing variasi perbandingan disajikan dalam bentuk Tabel 5 sampai dengan Tabel 9 dibawah ini.

Tabel 5. Hasil pengujian *Marshall* aspal AC-BC campuran 1% semen : 0% bata ringan.

Karakteristik campuran	Spesifikasi Umum	Kadar Aspal				
		4%	4,5%	5%	5,5%	6%
VIM	3 - 5	7.80	6.14	4.42	3.30	2.27
VMA	Min.14	17.89	17.46	17.00	17.08	17.23
VFA	Min 65	56.44	64.86	73.99	80.65	86.84
Stabilitas	Min.800	1278	1279	1280	1281	1282
<i>Flow</i>	2 - 4	2.95	2.95	3.20	3.20	3.30
MQ	Min.250	433	453	418	425	424

Tabel 6. Hasil pengujian *Marshall* aspal AC-BC campuran 0,25% semen : 0,75% bata ringan.

Karakteristik campuran	Spesifikasi Umum	Kadar Aspal				
		4%	4,5%	5%	5,5%	6%
VIM	3 - 5	5.89	5.20	4.56	3.38	2.90
VMA	Min.14	16.67	17.09	17.57	17.58	18.20
VFA	Min 65	64.63	69.58	74.05	80.78	84.04
Stabilitas	Min.800	1480	1346	1194	1301	1195
<i>Flow</i>	2 - 4	3.38	3.70	3.97	1.40	3.67
MQ	Min.250	437	364	301	929	326

Tabel 7. Hasil pengujian *Marshall* aspal AC-BC campuran 0,5% semen : 0,5% bata ringan.

Karakteristik campuran	Spesifikasi Umum	Kadar Aspal				
		4%	4,5%	5%	5,5%	6%
VIM	3 - 5	5.57	5.14	4.52	2.88	1.65
VMA	Min.14	16.14	16.80	17.30	16.92	16.91
VFA	Min 65	65.47	69.40	73.87	82.98	90.25
Stabilitas	Min.800	1409	1376	1247	1213	1440
<i>Flow</i>	2 - 4	3.19	4.03	3.57	3.72	3.59
MQ	Min.250	442	341	350	326	401

Tabel 8. Hasil pengujian *Marshall* aspal AC-BC campuran 0,75% semen : 0,25% bata ringan.

Kadar Aspal

Karakteristik campuran	Spesifikasi Umum	4%	4,5%	5%	5,5%	6%
		VIM	3 - 5	5.22	5.44	4.48
VMA	Min.14	15.69	16.93	17.13	15.82	16.72
VFA	Min 65	66.71	67.85	73.84	88.92	90.58
Stabilitas	Min.800	1439	1364	1285	1300	1275
<i>Flow</i>	2 - 4	3.63	3.63	3.64	3.41	3.83
MQ	Min.250	396	375	353	382	333

Tabel 9. Hasil pengujian *Marshall* aspal AC-BC campuran 0% semen : 1% bata ringan.

Karakteristik campuran	Spesifikasi Umum	Kadar Aspal				
		4%	4,5%	5%	5,5%	6%
VIM	3 - 5	7.65	6.06	4.65	3.34	2.53
VMA	Min.14	16.85	16.46	16.25	16.15	16.48
VFA	Min 65	54.59	63.18	71.41	79.30	84.63
Stabilitas	Min.800	1130.32	1275.40	1139.22	1672.26	1483.73
<i>Flow</i>	2 - 4	4.10	3.73	3.67	3.73	3.83
MQ	Min.250	275.69	341.63	310.70	447.93	387.06

Karakteristik campuran tidak hanya disajikan dalam tabel, tetapi juga dalam bentuk gambar melalui grafik yang memperlihatkan hubungan antara *filler* semen 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-BC. Berikut adalah uraian tentang nilai empiris dan karakteristik volumetric dari campuran berdasarkan pengujian.

1. 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-BC.

Diketahui :

Nilai VIM 0% semen : 1% bata ringan

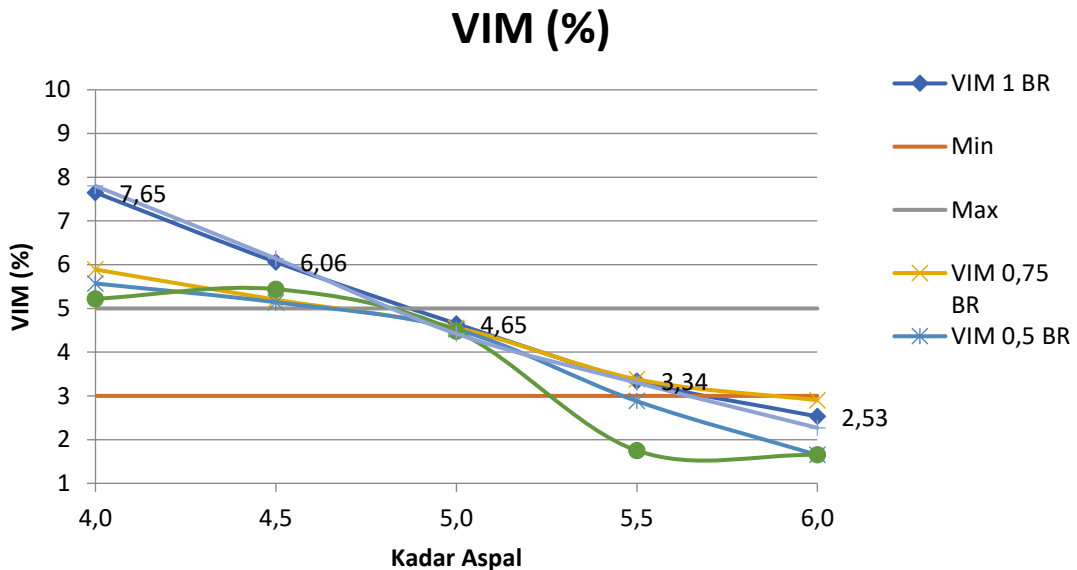
Bj Benda Uji = 2,290

Bj campuran max = 2,480

Penyelesaian :

a. Pada kadar aspal 4%

$$\text{VIM} = 100 - \left(\frac{100 \times 2,290}{2,480} \right)$$
$$= 7,65$$



Gambar 1 Hubungan VIM vs kadar aspal

Berdasarkan gambar 1, nilai VIM pada setiap campuran variasi bata ringan memiliki nilai yang berbeda-beda. Grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai VIM pada yang efektif terletak pada kadar aspal 5% dimana pada campuran 1% semen : 0% bata ringan memiliki nilai VIM 4,42%, pada campuran 0,25% semen : 0,75 bata ringan memiliki nilai VIM 4,56%, campuran 0,5% semen : 0,5% semen memiliki nilai VIM 4,52% dan pada campuran 0% semen : 1% bata ringan memiliki nilai VIM 4,65%. 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 kedapapan lapis perkerasan dan meningkatkan kemungkinan porositas.

2. Void In Mineral Agregate (VMA)

VMA (*Void 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 VIM pada kadar aspal campuran AC-BC.

Diketahui :

Nilai VMA 0% semen : 1% bata ringan

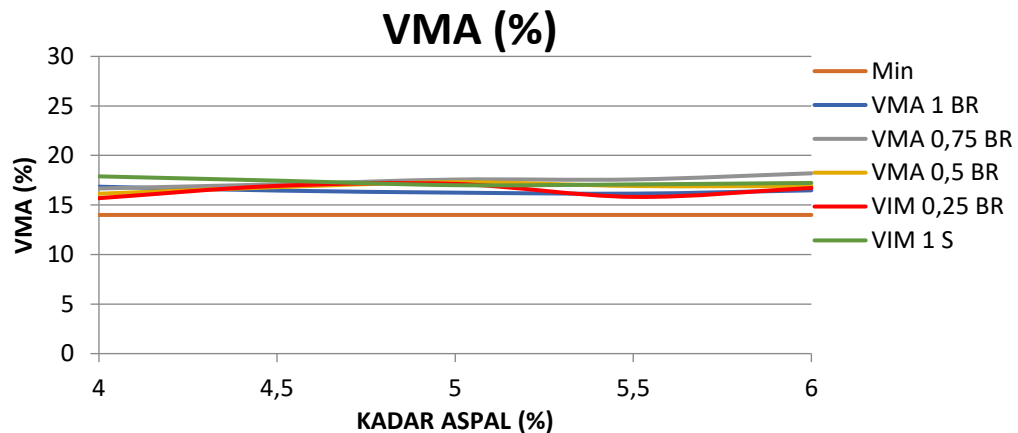
Nilai Bj benda uji = 2,290%

Nilai Bj total Dry = 2,644%

Penyelesaian :

a. Nilai kadar aspal 4%

$$\begin{aligned} \text{VMA} &= 100 - \left((100 - 4) \times \left(\frac{2,365}{2,707} \right) \right) \\ &= 16,85\% \end{aligned}$$



Gambar 2 Hubungan VMA vs kadar aspal

Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat bahwa seluruh variasi pada semua kadar aspal memenuhi spesifikasi minimal 14%. 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.

3. 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-BC.

Diketahui :

Nilai VFA 0% semen : 1% bata ringan

Nilai persen pori dalam agregat = 16,85

Nilai pori dalam agregat = 1,65

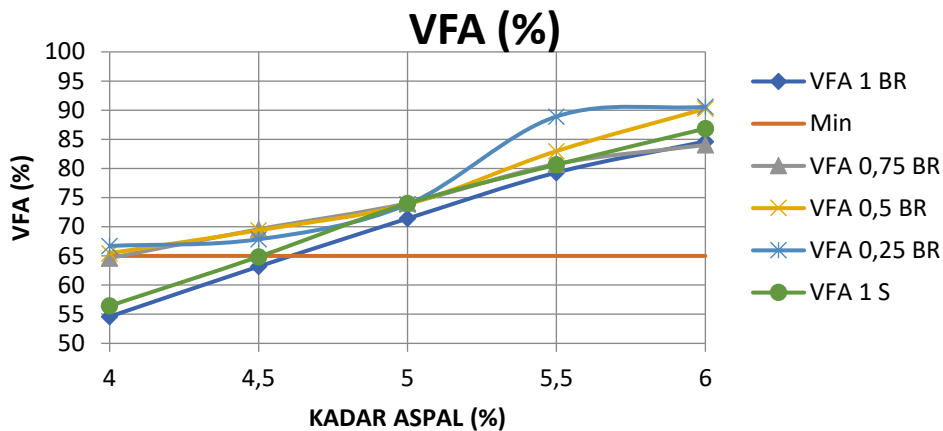
Penyelesaian :

a. Nilai kadar aspal 4%

$$\text{VFA} = 100 \times \left(\frac{16,85 - 1,65}{16,85} \right)$$

= 54,59%

= 84,63%



Gambar 3 Hubungan VFA vs variasi campuran semen dan bata ringan

Gambar 3, memperlihatkan bahwa pada berbagai variasi penggunaan limbah bata ringan sebagai *filler* dengan batas minimal VFA sebesar 65%. Pada gambar grafik bisa dilihat bahwa pada kadar aspal 4% , Sebagian campuran masih berada pada dibawah batas minimal karena jumlah aspal dalam campuran masih terlalu sedikit untuk mengisi rongga antar agregat secara efektif. namun Mulai dari kadar aspal 4,5% ke atas, seluruh variasi campuran menunjukkan nilai VFA yang melebihi 65% dan terus meningkat hingga mencapai 85-95% pada kadar aspal 6%. nilai VFA yang diperoleh menunjukkan bahwa semua variasi pada penggunaan limbah bata ringan mampu memenuhi standar minimum VFA, pada grafik diperoleh campuran paling efektif adalah 1% bata ringan : 0% semen dan 0,75 bata ringan : 0,25.

4. 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-BC.

Diketahui :

Nilai stabilitas 0% semen : 1% bata ringan

Factor kalibrasi = 12,17 Kg

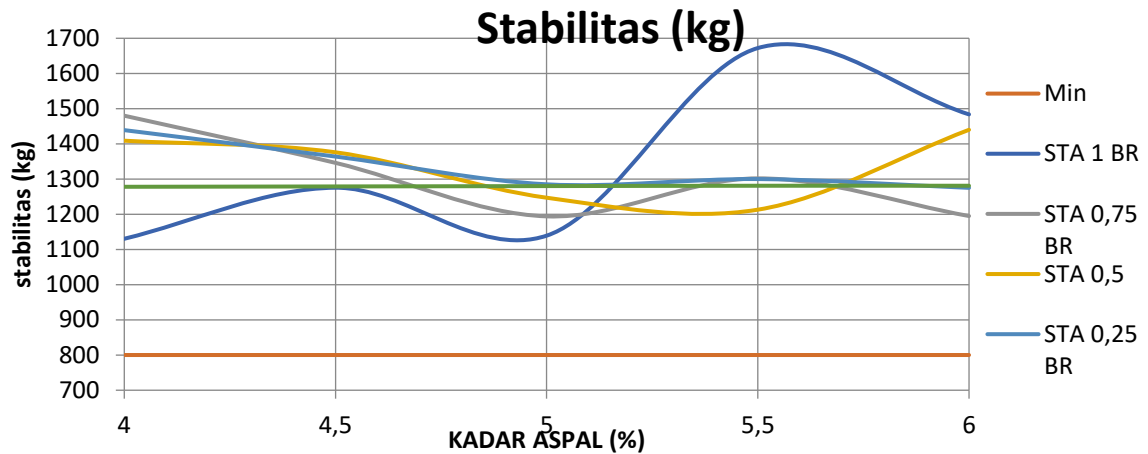
Kadar aspal 4%

- Stabilitas bacaaban alat = 99
- Angka koreksi = 1,04

Penyelesaian :

a. Kadar aspal 4%

$$\begin{aligned} \text{Stabilitas} &= 12,17 \times 99 \times 1,04 \\ &= 1873 \text{Kg} \end{aligned}$$



Gambar 4 Hubungan stabilitas vs variasi campuran semen dan bata ringan

Berdasarkan Gambar 4, campuran memiliki nilai batas minimum sebesar 800 kg, pada seluruh variasi campuran yaitu campuran 1% semen : 0% bata ringan, 0,25% semen : 0,75 bata ringan, 0,5% semen : 0,5% bata ringan, 0,75% semen : 0,25 bata ringan, dan 0% semen : 1% bata ringan memiliki nilai stabilitas yang seluruhnya berada diatas batas minimum. ini menunjukkan bahwa seluruh variasi memenuhi pesyaratan stabilitas untuk campuran AC-BC. Setiap variasi menunjukkan fluktuasi nilai stabilitas terhadap perubahan kadar aspal, di mana campuran 0,25% bata ringan : 0,75% semen mencapai nilai tertinggi dengan kadar aspal sekitar 5,5% dan stabilitasnya mendekati 1700 kg. pemanfaatan limbah bata ringan dalam berbagai proporsi tetap menghasilkan campuran yang stabil dan memiliki potensi sebagai pengganti *filler*.

5. 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 5 benda uji pada kadar aspal campuran AC-BC.

Diketahui :

Nilai *flow* pada campuran 0% semen : 1% bata ringan

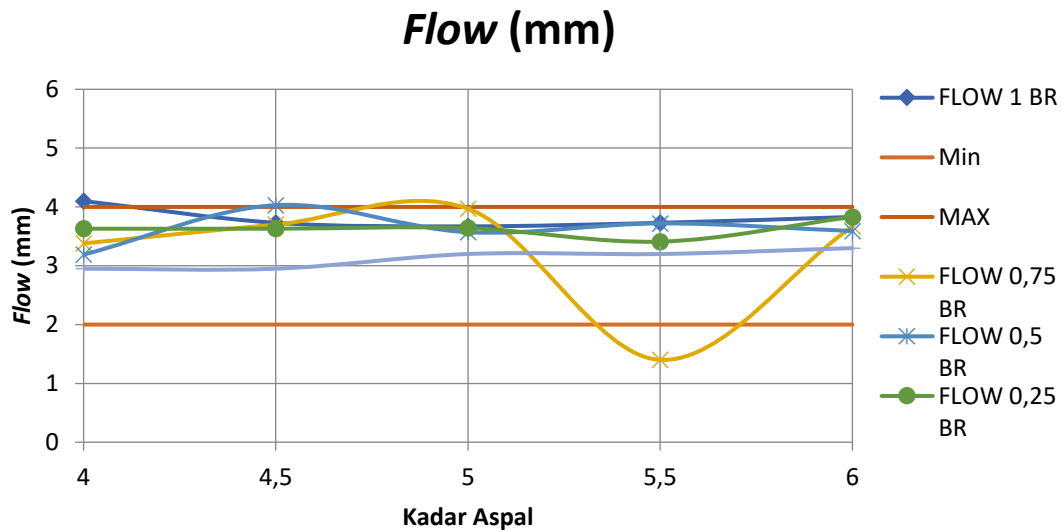
Flow kadar aspal 4% = 4,30 mm

Flow kadar aspal 4,5% = 3,6 mm

Flow kadar aspal 5% = 3,9 mm

Flow kadar aspal 5,5% = 4,10 mm

Flow kadar aspal 6% = 4,20 mm



Gambar 5 Hubungan *flow* vs kadar aspal

Dari Gambar 5, dapat dilihat bahwa nilai *flow* pada seluruh variasi penggunaan bata ringan berada dalam minimal dan maksimal yaitu 2mm – 4 mm. namun pada variasi 0,75% bata ringan : 0,25 % semen pada kadar aspal 5,5% *flow* mengalami penurunan dibawah batas minimum dimana campuran mengalami distribusi agregat yang tidak merata yang menyebabkan kerusakan struktur internal benda uji. Secara keseluruhan, nilai *flow* dipengaruhi oleh proporsi *filler* dan kandungan aspal yang menentukan kelenturan campuran aspal.

6. Marshall Quotient (MQ)

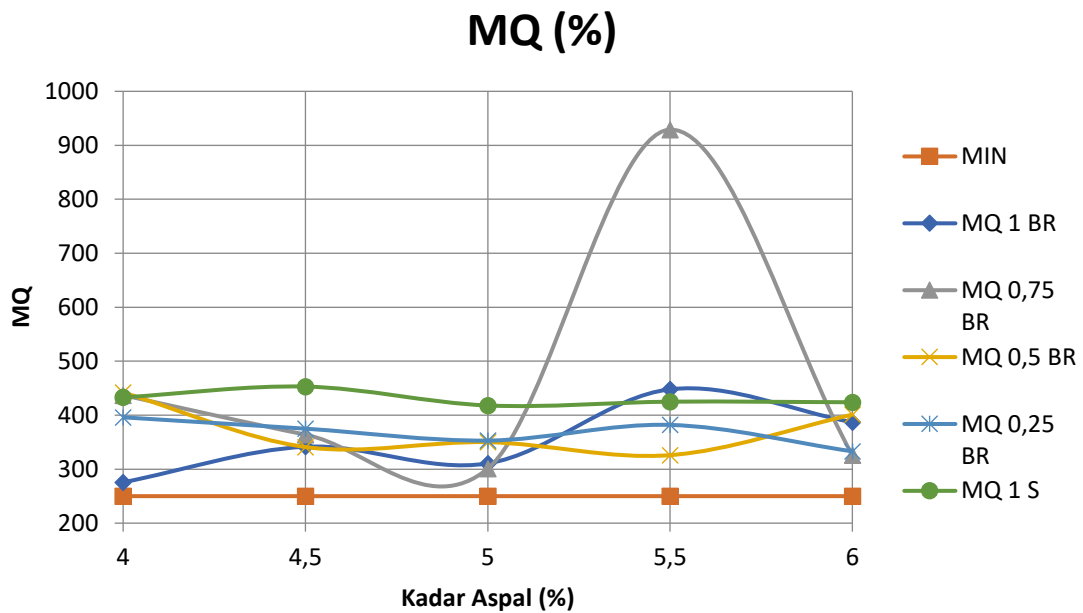
Marshall Quotient merupakan rasio antara nilai *flow* dan stabilitas yang digunakan untuk menilai kekakuan serta fleksibilitas campuran aspal. Semakin tinggi nilai MQ maka semakin kaku campuran tersebut, sedangkan nilai MQ yang rendah menunjukkan campuran yang lebih lentur. Berikut ini contoh perhitungan nilai MQ dari tiga benda uji pada gradasi FAA didurasi 60 menit dapat dihitung dengan persamaan:

$$MQ = \text{Stabilitas/Flow}$$

Kadar aspal 4%

$$MQ = 1130/4,10$$

$$= 276 \text{ Kg/mm}$$



Gambar 6 Hubungan MQ vs Kadar Aspal

Dari Gambar 6 menunjukkan bahwa seluruh variasi memiliki nilai *Marshall Quotient* yang selalu berada di atas batas minimal pada semua kadar aspal. Sehingga, semua campuran memiliki kekuatan struktural dan kekakuan yang memenuhi persyaratan. Nilai tertinggi ditunjukkan oleh variasi *Marshall Quotient* 0,75% bata ringan : 0,25% semen pada kadar aspal 5,5% yang mencapai 950. Secara keseluruhan, penggunaan limbah bata ringan sebagai *filler* tidak menurunkan nilai MQ sehingga mampu meningkatkan kekakuan campuran pada beberapa variasi.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan nilai VIM pada kadar aspal 5% untuk seluruh variasi campuran semen dan bata ringan berada dalam spesifikasi 3-5 %. Nilai VIM tertinggi terdapat pada kadar aspal 5% dengan nilai VIM 3,34% -4,64%, hal ini menunjukkan bahwa campuran bata ringan dapat menghasilkan rongga udara yang sesuai, tidak terlalu kecil untuk mencegah retak, dan tidak terlalu besar agar tetap kedap terhadap air. Pada VMA seluruh gradasi campuran berada di atas minimal 14 % yang menunjukkan volume rongga dalam agregat yang tersedia untuk diisi oleh aspal dan udara tidak mengalami perubahan yang signifikan terhadap kadar aspal sehingga campuran bata ringan sebagai *filler* dapat mempertahankan kestabilan volume rongga dalam mineral agregat (VMA) pada berbagai kadar aspal.

Nilai VFA pada kadar aspal 4% Sebagian gradasi campuran belum memenuhi batas minimal VFA 65% akibat kurangnya aspal. Namun, pada kadar aspal 4,5% ke atas, semua variasi campuran mengalami peningkatan hingga 85-95% pada kadar aspal 6%. Gradasi

campuran yang paling efektif pada gradasi yaitu campuran variasi 1% bata ringan : 0% semen dan 0,75% bata ringan : 0,25% semen. Nilai stabilitas tertinggi pada variasi campuran diperoleh pada variasi 1% bata ringan : 0% semen dengan kadar aspal 5,5% yaitu 1672.26 kg, sedangkan nilai stabilitas terendah diperoleh sebesar 1275.40kg pada kadar aspal 4,5% terdapat pada variasi yang sama. Sehingga, hasil dari stabilitas menunjukkan bahwa variasi kadar aspal dan komposisi campuran sangat berpengaruh terhadap stabilitas campuran.

Nilai Flow pada variasi 0,75% bata ringan: 0,25% semen melebihi batas spesifikasi yaitu 2 mm – 4 mm. ini menunjukkan adanya pengaruh negatif dari komposisi *filler* terhadap kemampuan deformasi plastis campuran. Namun, pada variasi campuran lainnya masih berada dalam rentang spesifikasi 2 mm – 4 mm. Pada nilai *Marshall Quotient* seluruh gradasi campuran memiliki nilai di atas batas minimal pada seluruh kadar aspal, variasi campuran 0,75% bata ringan : 0,25% semen pada kadar aspal 5,5% mendapatkan nilai *Marshall Quotient* memperoleh nilai tertinggi yaitu 950. Penggunaan limbah bata ringan sebagai filler tidak menurunkan nilai MQ, bahkan dapat meningkatkan kekakuan pada beberapa variasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Z. Z., Wesli, W., & Akbar, S. J. (2017). Penggunaan Abu Batu Bara Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Beton Ac-Bc. *Teras Jurnal*, 6(2), 121. <https://doi.org/10.29103/tj.v6i2.95>
- Anggreana, V., & Hardian, D. (2024). Pengaruh Penambahan Abu Limbah Pemotongan Kayu Sebagai Pengganti Filler Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC). *Akselerasi: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 6(1), 98–107.
- 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*, 8(1), 27–31. <https://doi.org/10.25139/jprs.v8i1.9627>
- Direktorat Jendral Bina Marga. Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2), Pub. L. No. 16.1/SE/Db/2020, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat 1036 (2020). Indonesia.
- Efendy, A., Muttaqin, A., & Santika, Y. (2025). Analisis Durasi Perendaman Campuran Aspal Beton untuk Perkerasan Runway, 5, 6948–6964. <https://doi.org/https://doi.org/10.31004/innovative.v5i1.18143>
- Khoto, R., Rita, I. E., Eng, M., Studi, P., Sipil, T., & Teknik, F. (2018). PENGARUH SUBSTITUSI SERBUK BATA MERAH SEBAGAI FILLER PADA CAMPURAN ASPHALT CONCRETE -

BINDER COURSE.

- Musa, L. M., Sulaiman, S., Ibrahim, I., Nur Ramadhan, L. O. A., & A. Kadir, L. (2021). Batu Bata Ringan Dengan Filler Paduan Serat Ijuk Aren dan Sekam Padi Terkarbonasi. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 19(3), 345. <https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v19i3.7035>
- Pratama, N. A., & Desimaliana, E. (2024). Pengaruh Substitusi Parsial Limbah Bata Ringan terhadap Kuat Tekan Mortar Geopolimer. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 10(1), 51–59.
- Rahmawati, M., Hartatik, N., Rizkiardi, A., & Prasetyo, Y. (2023). Pemanfaatan Limbah Batu Kapur Bukit Sekapuk Gresik Sebagai Filler Campuran Ac-Bc. *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri*, 3(1), 2023–2024.
- Razali, M. R. (2016). Penggunaan Limbah Marmer Sebagai Filler Pengganti. *Jurnal Inersia*, 8(2), 77–84.
- Silviyati, I., Supraptiah, E., Ramadhan, I., & Wulandari, M. (2019). Pengaruh Penambahan High Density Poly Ethylene (Hdpe) Dan Oli Bekas Sebagai Binder Pada Bata Ringan Dengan Variasi Filler the Effect Addition of High Density Poly Ethylene (Hdpe) and Waste Oil As a Binder on Light Weight Brick With Variation of Filler. *Jurnal Kinetika*, 10(03), 14–18.
- Syukur, A., Surya, A., & Cahyadi, H. (2024). Kajian Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) dengan Uji Marshall Modifikasi Agregat Halus dan Filler Menggunakan Abu Cangkang Sawit Hasil Pembakaran Mesin Boiler PT. Agri Bumi Sentosa. *Jurnal Penelitian Teknik*, 7(2), 142–154.
- Winayati, W., & Lubis, F. (2018). Analisis Karakteristik Marshall Campuran Ac-Bc Menggunakan Filler Abu Tandan Sawit Dan Abu Batu. *SIKLUS: Jurnal Teknik Sipil*, 4(1), 51–58. <https://doi.org/10.31849/siklus.v4i1.1129>