

PERBANDINGAN KINERJA *ASPHALT CONCRETE-BINDER COURSE (AC-BC)* MENGGUNAKAN *FILLER SEMEN* DAN *ASBUTON* BERDASARKAN UJI MARSHALL

Rita Anggraini¹, Salsabila Quraini Rahmi¹ dan Arniza Fitri²

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Bung Hatta, Padang, Indonesia

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Teknokrat Indonesia, Bandar Lampung, Indonesia

*E-mail: rita.anggraini@bungghatta.ac.id

Received: 18 July 2025

Accepted: 27 July 2025

Published: 31 July 2025

Abstrak

Aspal Buton (asbuton) merupakan material lokal potensial yang dapat menggantikan filler konvensional dalam campuran perkerasan jalan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja campuran Asphalt Concrete–Binder Course (AC-BC) menggunakan filler semen sebesar 1% dan asbuton BRA tipe B5/20 sebesar 2,5% terhadap variasi kadar aspal (4,5%–6,5%) berdasarkan parameter uji Marshall. Pengujian mencakup analisis densitas, Void in Mineral Aggregate (VMA), Void in the Mix (VIM), Voids Filled with Bitumen (VFB), stabilitas, flow, dan Marshall Quotient (MQ). Hasil menunjukkan bahwa pada kadar aspal optimum 5,5%, campuran dengan filler asbuton mencapai stabilitas 1.316,5 kg, densitas 2,276 gr/cc, VFB 75,833%, dan MQ 362,33 kg/mm, sementara VMA dan VIM lebih rendah dibandingkan campuran dengan semen. Seluruh parameter memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Oleh karena itu, filler asbuton terbukti tidak hanya memenuhi persyaratan teknis, tetapi juga meningkatkan efisiensi volumetrik dan stabilitas struktural, sehingga layak diterapkan sebagai alternatif berkelanjutan dalam konstruksi lapisan perkerasan AC-BC.

Kata Kunci: *Asbuton* BRA Tipe B5/20, AC-BC, *filler*, Uji *Marshall*, Kadar Aspal Optimum

Abstract

Buton asphalt (asbuton) is a promising local material that can serve as an alternative to conventional fillers in pavement mixtures. This study aims to compare the performance of Asphalt Concrete–Binder Course (AC-BC) mixtures using 1% Portland cement and 2.5% asbuton BRA type B5/20 as fillers across asphalt content variations (4.5%–6.5%), based on Marshall test parameters. The evaluation includes density, Voids in Mineral Aggregate (VMA), Voids in the Mix (VIM), Voids Filled with Bitumen (VFB), stability, flow, and Marshall Quotient (MQ). Results indicate that at the optimum asphalt content of 5.5%, the asbuton mixture achieves a stability of 1,316.5 kg, density of 2.276 gr/cc, VFB of 75.833%, and MQ of 362.33 kg/mm, while VMA and VIM are lower than those of the cement-filled mix. All parameters meet the 2018 Bina Marga Specification (Revision 2). Thus, asbuton not only satisfies technical standards but also enhances volumetric efficiency and structural stability, making it a viable and sustainable filler alternative for AC-BC pavement construction.

Keywords: *BRA Type B5/20 asphalt buton, AC-BC, filler, Marshall Test, Optimum Asphalt Content*

To cite this article:

Rita Anggraini, dkk (2025). Perbandingan Kinerja *Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)* Menggunakan *Filler* Semen Dan Asbuton Berdasarkan Uji Marshall. *Jurnal of Infrastructural in Civil Engineering*, Vol. (06), No. 02, pp: 174-191

PENDAHULUAN

Jalan raya merupakan elemen penting dalam sistem transportasi yang mendukung pertumbuhan ekonomi, memperlancar mobilitas masyarakat, dan memperkuat konektivitas antarwilayah. Di Indonesia, peningkatan volume kendaraan dan beban lalu lintas menuntut pembangunan jalan yang lebih tahan lama dan berkelanjutan. Namun, tantangan signifikan yang dihadapi adalah ketergantungan terhadap aspal minyak impor, yang tidak hanya mahal tetapi juga tidak stabil dari segi pasokan. Selain itu, dampak lingkungan dari penggunaan aspal konvensional turut mendorong pencarian material alternatif yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis.

Perkerasan lentur (*flexible pavement*) menjadi sistem dominan dalam konstruksi jalan di Indonesia karena kemampuannya menyesuaikan diri terhadap deformasi dasar tanah. Salah satu lapisan penting dalam sistem ini adalah Asphalt Concrete–Binder Course (AC-BC), yang berfungsi sebagai lapisan antara yang menuntut kekuatan dan ketahanan tinggi. Kinerja AC-BC dipengaruhi oleh karakteristik agregat, aspal, dan bahan pengisi (*filler*) yang digunakan. Saat ini, *filler* umum yang digunakan adalah semen Portland dan abu batu. Namun, ketergantungan terhadap bahan tersebut dapat meningkatkan biaya konstruksi dan tidak mendukung pemanfaatan sumber daya lokal secara optimal. Oleh karena itu, dibutuhkan inovasi melalui penggunaan material alternatif yang lebih efisien dan berkelanjutan.

Salah satu isu strategis yang tengah dikaji dalam industri perkerasan adalah pergeseran dari penggunaan aspal minyak menuju pemanfaatan Aspal Buton (*asbuton*), yaitu aspal alam yang berasal dari Pulau Buton, Sulawesi Tenggara [1]. Di negara berkembang seperti Indonesia, aspal minyak masih mendominasi, tetapi penelitian terhadap material lokal seperti *asbuton* terus dikembangkan. Campuran aspal yang dimodifikasi dengan *asbuton* dinilai dapat meningkatkan stabilitas dan performa lapisan perkerasan [2]. Penggunaan *asbuton* sebagai bahan aditif, bahan modifikasi, maupun sebagai *filler* telah terbukti secara teknis dapat meningkatkan daya tahan campuran terhadap beban dan suhu tinggi.

Evaluasi kinerja campuran AC-BC biasanya dilakukan melalui parameter uji Marshall yang mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2 [3]. Parameter ini meliputi pengujian terhadap stabilitas, *flow*, densitas, Void in Mineral Aggregate (VMA), Void in the Mix (VIM), Voids Filled with Bitumen (VFB), dan Marshall Quotient (MQ). Dalam konteks keberlanjutan dan efisiensi biaya, penggunaan *asbuton* sebagai *filler*

berpotensi menggantikan bahan konvensional. Dengan kandungan bitumen alami sebesar 18–20%, asbuton jenis BRA tipe B5/20 dinilai dapat memperkuat struktur perkerasan sekaligus mengurangi volume penggunaan aspal minyak [4–5].

Wilayah Painan di Kabupaten Pesisir Selatan, Sumatera Barat, yang merupakan lokasi penelitian ini, memiliki iklim tropis dengan suhu tinggi dan kelembaban tinggi, yang menyebabkan tantangan tersendiri terhadap performa perkerasan jalan. Di daerah seperti ini, diperlukan lapisan perkerasan yang mampu menahan deformasi termal dan beban lalu lintas tinggi secara berkelanjutan [6–7]. Asbuton dinilai sesuai untuk kondisi tersebut karena memiliki ketahanan terhadap suhu tinggi dan mampu meningkatkan kekakuan campuran.

Soehardi dan Putri [1] mencatat bahwa penggunaan asbuton pada campuran AC-BC dapat meningkatkan nilai stabilitas hingga 1.316 kg, melebihi ambang batas Bina Marga sebesar 800 kg. Namun, kajian tersebut belum secara rinci membahas pengaruh variasi kadar aspal dan jenis filler terhadap parameter Marshall secara menyeluruh. Padahal, aplikasi asbuton sebagai filler dalam AC-BC masih jarang dikaji, meskipun potensinya besar dalam meningkatkan performa struktural lapisan antara.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan membandingkan kinerja campuran AC-BC dengan filler semen 1% dan filler asbuton BRA tipe B5/20 sebanyak 2,5%, berdasarkan parameter Marshall. Fokus utama terletak pada identifikasi kadar aspal optimum (KAO) serta evaluasi pengaruh jenis filler terhadap stabilitas, densitas, dan parameter volumetrik campuran. Temuan penelitian ini diharapkan dapat menjadi kontribusi nyata dalam pengembangan material jalan yang lebih efisien, tahan lama, dan berbasis sumber daya lokal.

METODE PENELITIAN

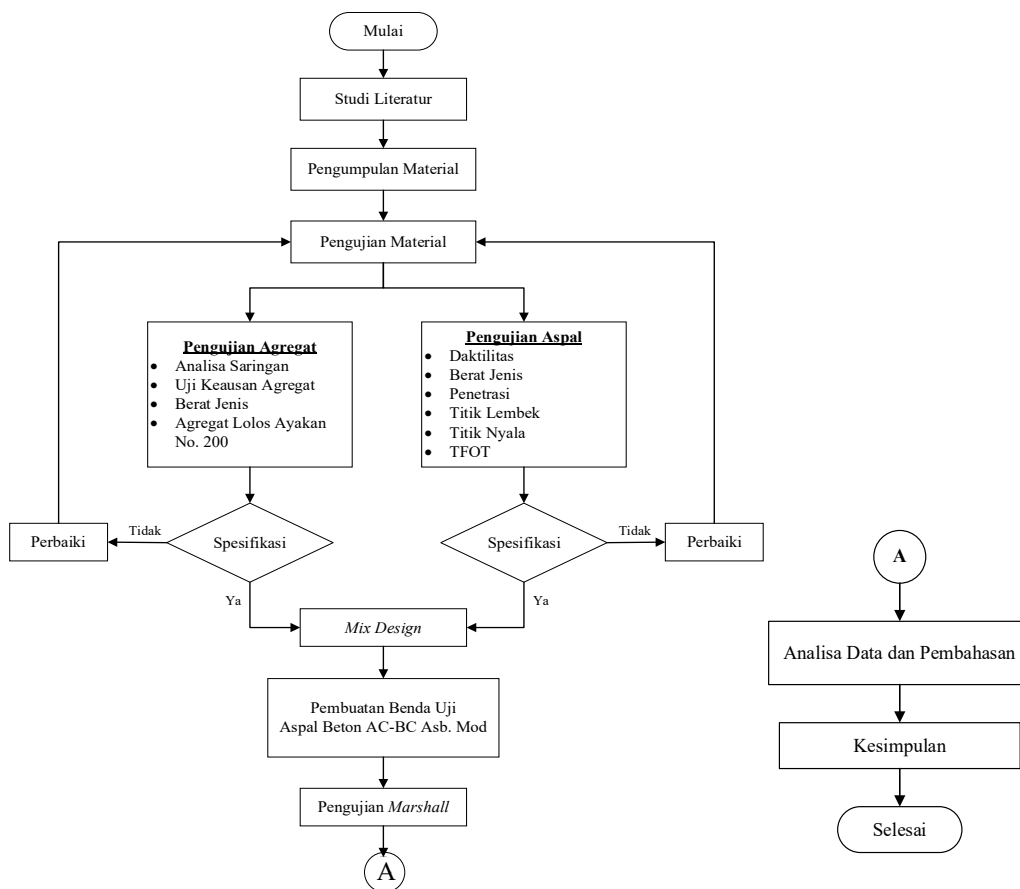
Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium PT. Citra Muda Noer Bersaudara yang berlokasi di wilayah Painan, Kabupaten Pesisir Selatan, Sumatera Barat. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk membandingkan kinerja campuran Asphalt Concrete–Binder Course (AC-BC) yang menggunakan filler semen dan filler asbuton BRA tipe B5/20, melalui pengujian karakteristik Marshall. Rangkaian kegiatan penelitian dilaksanakan sesuai pedoman Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2, yang dijadikan acuan teknis untuk seluruh pengujian dan evaluasi hasil. Secara keseluruhan, alur metodologi penelitian disusun secara sistematis dan divisualisasikan melalui bagan alir penelitian yang ditampilkan pada Gambar 1.

Tahapan penelitian diawali dengan pengujian karakteristik material penyusun, meliputi agregat kasar, agregat halus, dan aspal. Pengujian terhadap agregat mencakup analisis gradasi (saringan), keausan (uji abrasi), berat jenis kering, SSD dan semu, daya serap air, nilai setara

pasir, serta kelekatan agregat terhadap aspal. Sementara itu, pengujian terhadap aspal penetrasi 60/70 meliputi parameter penetrasi, berat jenis, titik lembek (*softening point*), titik nyala (*flash point*), daktilitas, kelarutan, dan kehilangan berat.

Setelah seluruh karakteristik material memenuhi persyaratan spesifikasi, proses dilanjutkan ke tahap desain campuran (*mix design*). Pada tahap ini, agregat dan filler ditimbang sesuai komposisi, kemudian dicampurkan dengan variasi kadar aspal sebesar 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, dan 6,5%. Komposisi filler dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu semen sebanyak 1% dan asbuton BRA tipe B5/20 sebanyak 2,5% dari total berat campuran. Masing-masing campuran dipanaskan dan diaduk sesuai prosedur campuran panas (*hot mix*), kemudian dibentuk menjadi benda uji Marshall.

Setiap benda uji kemudian diuji menggunakan alat Marshall Test guna memperoleh parameter karakteristik mekanik dan volumetrik campuran, yaitu: densitas (*density*), *Void in Mineral Aggregate* (VMA), *Void in the Mix* (VIM), *Void Filled with Bitumen* (VFB), stabilitas (*stability*), kelelahan (*flow*), dan *Marshall Quotient* (MQ). Data hasil pengujian dianalisis untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) dari masing-masing jenis campuran berdasarkan titik puncak parameter stabilitas dan densitas, serta kesesuaian terhadap spesifikasi minimum VIM, VFB, dan flow.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Material

Karakteristik material penyusun campuran AC-BC sangat menentukan kinerja akhir lapisan perkerasan. Pengujian laboratorium terhadap agregat kasar, agregat halus, dan aspal dilakukan untuk memastikan kesesuaiannya terhadap Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Agregat kasar (Tabel 1) terdiri dari batu pecah 1–2 cm dan 0,5–1 cm, menunjukkan berat jenis kering masing-masing sebesar 2,609 dan 2,551; penyerapan air 1,009% dan 1,125%; serta keausan 18,56%, seluruhnya memenuhi syarat ketahanan aus dan stabilitas bentuk. Nilai kelekatan terhadap aspal sebesar 97,5% mengindikasikan daya ikat yang baik.

Tabel 1. Sifat Fisik Agregat Kasar

Jenis Uji	Batas Spesifikasi	Hasil Uji		Keterangan
		Batu Pecah 1 - 2 cm	Batu Pecah 0,5 - 1 cm	
Berat Jenis Kering	$\geq 2,5$	2,609	2,551	Memenuhi
Berat Jenis Semu	$\geq 2,5$	2,681	2,627	Memenuhi
Berat Jenis SSD	$\geq 2,5$	2,635	2,580	Memenuhi
Absorpsi (%)	Maks. 3	1,009	1,125	Memenuhi
Keausan Agregat (%)	Maks. 40	18,56	-	Memenuhi
Kelekatan Agregat (%)	Min. 95	97,5	-	Memenuhi

Tabel 2. Sifat Fisik Agregat Halus

Jenis Uji	Spesifikasi	Hasil Uji	Keterangan
Nilai Setara Pasir (%)	Min. 50	74,68	Memenuhi
Berat Jenis Kering	$\geq 2,5$	2,574	Memenuhi
Berat Jenis Semu	$\geq 2,5$	2,723	Memenuhi
Berat Jenis SSD	$\geq 2,5$	2,629	Memenuhi
Penyerapan (%)	Maks. 3	2,114	Memenuhi

Tabel 3. Karakteristik Aspal Penetrasi 60/70

Jenis Uji	Spesifikasi	Hasil Uji	Keterangan
Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	60-70	66,8	Memenuhi
Berat Jenis	$\geq 1,0$	1,03	Memenuhi
Titik Lembek (°C)	≥ 48	50,26	Memenuhi
Titik Nyala (°C)	≥ 232	318	Memenuhi
Kehilangan Berat (%)	$\leq 0,8$	0,22	Memenuhi
Daktilitas (cm)	≥ 100	150	Memenuhi
Kelarutan Aspal (%)	≥ 99	99,824	Memenuhi

Agregat halus (Tabel 2) memiliki nilai setara pasir sebesar 74,68%, menandakan tingkat kebersihan tinggi. Berat jenis kering sebesar 2,574 gr/cc, dan penyerapan 2,114%,

juga memenuhi persyaratan teknis. Aspal penetrasi 60/70 (Tabel 3) menunjukkan performa yang baik dengan nilai penetrasi 66,8 (0,1 mm), titik lembek 50,26°C, titik nyala 318°C, dan daktilitas 150 cm. Semua parameter termasuk kelarutan dan kehilangan berat sesuai spesifikasi. Secara keseluruhan, hasil uji material menunjukkan bahwa semua bahan yang digunakan layak untuk digunakan dalam campuran aspal AC-BC, baik dari aspek kekuatan, daya serap, maupun kompatibilitas terhadap pengikat aspal.

Kinerja Campuran AC-BC dengan Filler Semen

Campuran Asphalt Concrete–Binder Course (AC-BC) yang menggunakan filler semen sebesar 1% menunjukkan performa yang konsisten terhadap variasi kadar aspal antara 4,5% hingga 6,5%. Berdasarkan desain campuran (Tabel 4), filler semen dicampurkan bersama agregat kasar dan halus dalam proporsi tetap, sedangkan kadar aspal divariasikan untuk menentukan kadar optimum.

Tabel 4. Komposisi Campuran AC-BC dengan *Filler* Semen

Kadar Aspal	Berat Aspal terhadap Campuran	20,0%	26,0%	53,0%	1,0%	Gabungan Agregat	Total Berat Campuran
		Batu Pecah 1-2 cm	Batu Pecah 0,5-1 cm	Abu Batu	Semen (<i>Filler</i>)		
(%)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)
4,5	54,0	229,2	298,0	607,4	11,5	1.146	1.200
5,0	60,0	228,0	296,4	604,2	11,4	1.140	1.200
5,5	66,0	226,8	294,8	601,0	11,3	1.134	1.200
6,0	72,0	225,6	293,3	597,8	11,3	1.128	1.200
6,5	78,0	224,4	291,7	594,7	11,2	1.122	1.200

Dari hasil uji Marshall (Tabel 5), diketahui bahwa kadar aspal optimum (KAO) tercapai pada 5,5%, di mana campuran menunjukkan stabilitas tertinggi yaitu 1.057,2 kg. Pada kadar ini, parameter lainnya juga mencapai performa terbaik: densitas 2,270 gr/cc, VIM 4,592%, VFB 75,546%, dan MQ 296,40 kg/mm. Flow berada dalam batas aman sebesar 3,6 mm.

Tabel 5. Hasil Uji *Marshall* Campuran AC-BC dengan *Filler* Semen 1,0%

Karakteristik	Spesifikasi	Variasi Kadar Aspal				
		4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%
<i>Density</i> (gr/cc)	-	2,250	2,263	2,270	2,267	2,256
VMA (%)	Min. 14	17,888	17,834	18,039	18,570	19,400
VIM (%)	3,0 - 5,0	6,711	5,414	4,592	4,505	4,773
VFB (%)	Min. 65	62,483	69,644	75,546	75,739	75,397
<i>Stability</i> (kg)	800	1.017,3	1.027,3	1.057,2	1.047,2	1.042,2
<i>Flow</i> (mm)	2 - 4	3,8	3,7	3,6	3,7	3,8
MQ (kg/mm)	Min. 250	270,07	280,16	296,40	285,60	276,69

Nilai VIM pada kadar 5,5% sebesar 4,592% menunjukkan keseimbangan optimal antara rongga udara dan pengisian bitumen. Sementara itu, nilai VFB yang tinggi (75,546%) menandakan bitumen telah mengisi rongga dengan efisien. Nilai flow sebesar 3,6 mm juga berada dalam rentang yang aman (2–4 mm), menandakan keseimbangan antara fleksibilitas dan kekakuan campuran. Secara keseluruhan, semua parameter pada kadar 5,5% memenuhi kriteria teknis Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2, menjadikan kadar ini sebagai kadar aspal optimum untuk campuran AC-BC dengan filler semen.

Kinerja Campuran AC-BC dengan Filler Asbuton BRA Tipe B5/20

Campuran AC-BC dengan penambahan filler asbuton BRA tipe B5/20 sebanyak 2,5% menunjukkan performa Marshall yang unggul dibandingkan dengan filler semen. Berdasarkan desain campuran (Tabel 6), proporsi agregat dan filler dijaga tetap, sementara kadar aspal divariasikan dari 4,5% hingga 6,5%.

Tabel 6. Komposisi Campuran AC-BC dengan *Filler Asbuton*

Kadar Aspal	Berat Aspal terhadap Campuran	23,0%	22,5%	52,0%	2,5%	Total Agregat	Total Berat Campuran
		Batu Pecah 1-2 cm	Batu Pecah 0,5-1 cm	Abu Batu	Asbuton (<i>Filler</i>)		
%	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr
4,5	54,0	263,3	257,5	595,2	30,0	1.146	1.200
5,0	60,0	261,8	256,2	592,0	30,0	1.140	1.200
5,5	66,0	260,4	254,8	588,8	30,0	1.134	1.200
6,0	72,0	259,0	253,4	585,6	30,0	1.128	1.200
6,5	78,0	257,6	252,0	582,4	30,0	1.122	1.200

Tabel 7. Hasil Uji Marshall Campuran AC-BC dengan Filler Asbuton 2,5%

Karakteristik	Spesifikasi	Variasi Kadar Aspal				
		4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%
<i>Density</i> (gr/cc)	-	2,259	2,268	2,276	2,269	2,263
VMA (%)	Min. 14	17,627	17,719	17,866	18,570	19,223
VIM (%)	3,0 - 5,0	6,343	5,208	4,318	4,432	4,490
VFB (%)	Min. 65	64,014	70,606	75,833	76,134	76,640
<i>Stability</i> (kg)	1.000	1.216,7	1.266,6	1.316,5	1.316,5	1.281,6
<i>Flow</i> (mm)	2 - 4	3,8	3,7	3,6	3,4	3,6
MQ (kg/mm)	Min. 250	317,41	342,33	362,33	383,44	359,32

Berdasarkan hasil uji Marshall (Tabel 7), kadar aspal optimum (KAO) untuk campuran ini juga ditemukan pada 5,5%, dengan nilai stabilitas tertinggi sebesar 1.316,5 kg. Densitas campuran pada kadar tersebut mencapai 2,276 gr/cc, VIM 4,318%, dan VFB 75,833%. Nilai MQ pun sangat tinggi, yaitu 362,33 kg/mm, mengindikasikan kekakuan dan kestabilan struktural yang sangat baik.

Nilai VIM pada 5,5% berada pada 4,318%, mengindikasikan pengisian rongga yang efektif. VFB sebesar 75,833% menunjukkan bahwa bitumen terserap dengan baik ke dalam struktur agregat. Flow sebesar 3,6 mm memperlihatkan fleksibilitas yang masih dalam batas aman (2–4 mm), memastikan deformasi plastis tetap terkendali.

Dibandingkan dengan campuran yang menggunakan semen, campuran dengan asbuton menunjukkan:

- Peningkatan stabilitas sebesar 24,6%
- Densitas lebih tinggi (2,276 gr/cc vs. 2,270 gr/cc)
- MQ yang lebih kaku dan stabil (362,33 vs. 296,40 kg/mm)

Hal ini membuktikan bahwa asbuton tidak hanya berfungsi sebagai pengisi, tetapi juga berkontribusi pada peningkatan kohesi antar-komponen campuran. Dengan seluruh parameter uji memenuhi ketentuan teknis dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2, filler asbuton BRA tipe B5/20 terbukti layak digunakan sebagai alternatif material lokal dalam campuran AC-BC.

Perbandingan Kinerja Campuran AC-BC dengan Filler Semen dan Asbuton BRA Tipe B5/20

Perbandingan karakteristik Marshall dari dua jenis filler menunjukkan bahwa penggunaan asbuton BRA tipe B5/20 secara konsisten menghasilkan kinerja campuran AC-BC yang lebih baik dibandingkan filler semen. Evaluasi dilakukan berdasarkan tujuh parameter Marshall terhadap variasi kadar aspal 4,5% hingga 6,5%. Data lengkap ditampilkan dalam Tabel 8–14 dan visualisasi grafik pada Gambar 2–8.

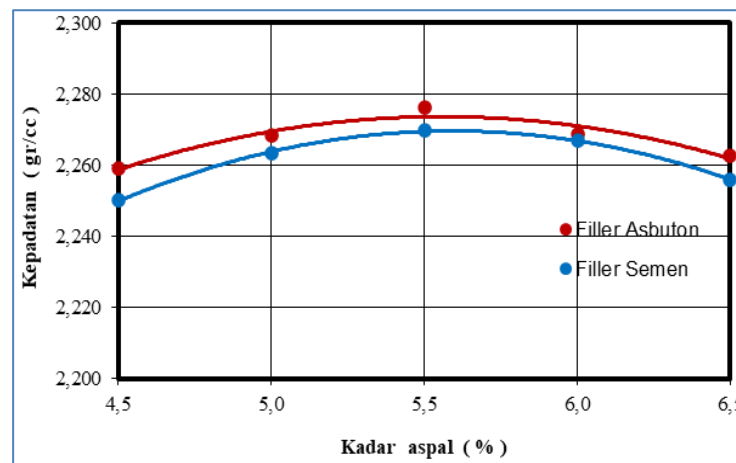
Densitas (*Density*)

Densitas merupakan indikator penting dalam menilai kepadatan dan distribusi material dalam campuran aspal. Nilai densitas yang tinggi menunjukkan keterisian volume campuran yang optimal oleh agregat dan aspal, yang berkontribusi langsung terhadap kekuatan struktural dan stabilitas lapisan AC-BC. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan kadar aspal dari 4,5% hingga 5,5% menyebabkan peningkatan densitas, baik pada campuran dengan filler semen maupun filler asbuton BRA tipe B5/20. Setelah melewati kadar optimum 5,5%, densitas menurun, yang mengindikasikan kelebihan aspal dapat mengganggu struktur agregat dan menciptakan ruang kosong mikro akibat segregasi.

Pada kadar aspal 5,5%, campuran dengan asbuton menghasilkan densitas tertinggi sebesar 2,276 gr/cc, sedikit lebih tinggi dibandingkan campuran dengan filler semen yang mencatat nilai 2,270 gr/cc. Ini menunjukkan bahwa asbuton mampu meningkatkan keterisian volume campuran secara lebih efektif.

Tabel 8. Pengaruh Variasi Kadar Aspal terhadap Densitas

Kadar Aspal (%)	Densitas (gr/cc)	
	Filler Asbuton	Filler Semen
4,5	2,259	2,250
5,0	2,268	2,263
5,5	2,276	2,270
6,0	2,269	2,267
6,5	2,263	2,256



Gambar 2. Grafik hubungan antara kadar aspal dan densitas

Gambar 2 memperkuat temuan ini, di mana kurva campuran asbuton selalu berada sedikit di atas kurva semen, terutama pada titik optimum. Perbedaan nilai yang kecil namun konsisten menunjukkan peran asbuton dalam memperbaiki penyusunan agregat serta mengurangi void internal, sehingga menghasilkan struktur campuran yang lebih padat dan stabil. Dengan demikian, dari perspektif densitas, penggunaan filler asbuton memberikan hasil yang lebih optimal dibandingkan filler semen, terutama pada kadar aspal optimum, dan mendukung aplikasi lapisan perkerasan yang memerlukan stabilitas tinggi.

Void in Mineral Aggregate (VMA)

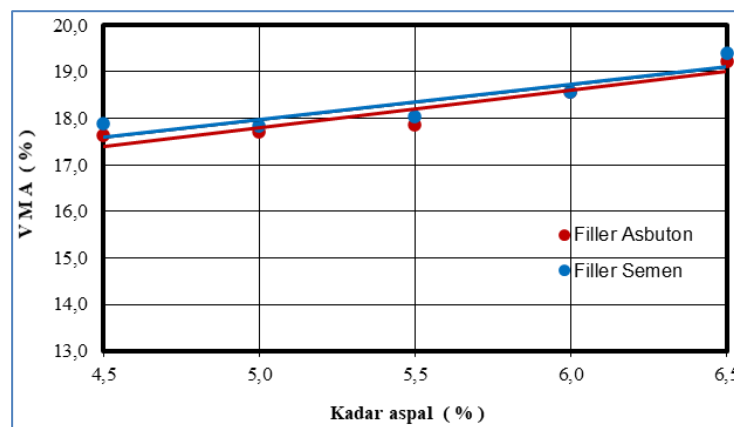
Void in Mineral Aggregate (VMA) merupakan volume ruang kosong di antara butiran agregat dalam campuran aspal, dinyatakan dalam persen terhadap total volume campuran. Parameter ini penting karena menunjukkan kapasitas ruang yang tersedia untuk diisi oleh aspal efektif dan rongga udara, sehingga berdampak langsung terhadap daya tahan dan stabilitas lapisan perkerasan.

Berdasarkan hasil pengujian (Tabel 9), nilai VMA meningkat seiring bertambahnya kadar aspal, baik pada campuran dengan filler semen maupun asbuton. Hal ini mencerminkan bahwa penambahan aspal mendorong pengembangan ruang antara butiran agregat akibat pelumasan dan reorientasi partikel.

Namun, campuran dengan asbuton BRA tipe B5/20 secara konsisten menunjukkan nilai VMA yang lebih rendah dibandingkan dengan campuran yang menggunakan filler semen, pada setiap kadar aspal. Pada kadar optimum 5,5%, nilai VMA campuran asbuton tercatat sebesar 17,866%, sedangkan semen mencapai 18,039%. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa asbuton lebih efektif dalam mengisi rongga antara agregat, sehingga mengurangi kebutuhan ruang untuk aspal tambahan.

Tabel 9. Pengaruh Variasi Kadar Aspal terhadap VMA

Kadar Aspal (%)	VMA (%)	
	Filler Asbuton	Filler Semen
4,5	17,627	17,888
5,0	17,719	17,834
5,5	17,866	18,039
6,0	18,570	18,570
6,5	19,223	19,400



Gambar 3. Grafik hubungan kadar aspal terhadap nilai VMA

Gambar 3 menunjukkan tren yang hampir sejajar, namun kurva campuran asbuton selalu berada di bawah kurva semen. Ini memperkuat argumen bahwa asbuton memiliki karakteristik pengisian dan dispersi antar-agregat yang lebih efisien, sehingga menghasilkan volume rongga total yang lebih kecil. Meskipun demikian, semua nilai VMA tetap berada di atas batas minimum 14% sebagaimana disyaratkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Artinya, kedua jenis filler memenuhi standar, namun asbuton menawarkan keuntungan struktural dalam hal efisiensi ruang dan distribusi agregat yang lebih padat.

Void in the Mix (VIM)

Void in the Mix (VIM) adalah persentase volume rongga udara yang tersisa dalam campuran setelah aspal mengisi sebagian rongga agregat. Parameter ini berkaitan langsung dengan durabilitas dan ketahanan terhadap penetrasi air serta deformasi plastis. VIM yang

terlalu tinggi menunjukkan kurangnya aspal untuk menutup rongga, sedangkan VIM yang terlalu rendah dapat menyebabkan bleeding atau deformasi akibat aspal berlebih.

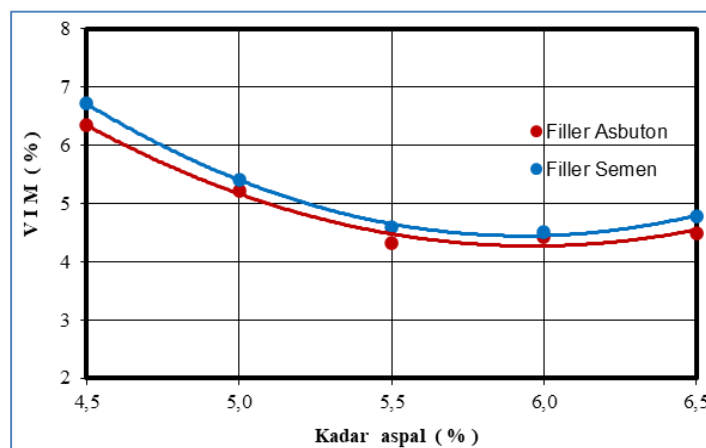
Hasil pengujian menunjukkan bahwa VIM menurun secara konsisten seiring peningkatan kadar aspal, baik pada campuran dengan filler semen maupun asbuton. Penurunan ini disebabkan oleh meningkatnya jumlah aspal yang mengisi rongga agregat, sehingga volume udara bebas dalam campuran menurun.

Namun, pada setiap variasi kadar aspal, campuran dengan filler asbuton BRA tipe B5/20 menunjukkan nilai VIM yang lebih rendah dibandingkan dengan filler semen. Pada kadar optimum 5,5%, nilai VIM campuran asbuton tercatat 4,318%, sedangkan campuran semen sebesar 4,592%. Ini menandakan bahwa penggunaan asbuton menghasilkan struktur campuran yang lebih padat dan efisien dalam pengisian rongga.

Tabel 10. Pengaruh Variasi Kadar Aspal terhadap VIM

Kadar Aspal (%)	VIM (%)	
	Filler Asbuton	Filler Semen
4,5	6,343	6,711
5,0	5,208	5,414
5,5	4,318	4,592
6,0	4,432	4,505
6,5	4,490	4,773

Gambar 4 memperlihatkan bahwa kurva VIM campuran asbuton selalu berada di bawah kurva semen, memperkuat argumen bahwa asbuton lebih efisien dalam mengurangi volume udara bebas di dalam campuran.



Gambar 4. Grafik Hubungan Nilai VIM dengan Variasi Kadar Aspal

Meskipun pada kadar 4,5% dan 5,0% nilai VIM kedua jenis campuran berada di atas batas maksimum (5,0%) yang disyaratkan oleh Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2, pada kadar 5,5% ke atas, seluruh nilai VIM telah memenuhi standar. Oleh karena itu, kadar

5,5% ditetapkan sebagai kadar aspal optimum karena mencerminkan keseimbangan ideal antara pengisian aspal dan sisa rongga udara dalam struktur campuran.

Void Filled with Bitumen (VFB)

Void Filled with Bitumen (VFB) menunjukkan persentase dari volume rongga agregat yang terisi oleh aspal efektif dalam campuran. Nilai VFB yang tinggi mengindikasikan bahwa bitumen telah menyelimuti agregat secara optimal, memberikan ketahanan terhadap deformasi dan infiltrasi air. Namun, VFB yang terlalu tinggi juga berisiko menyebabkan bleeding jika tidak disertai dengan struktur campuran yang stabil.

Berdasarkan hasil pengujian (Tabel 11), peningkatan kadar aspal dari 4,5% hingga 6,5% menghasilkan tren naik pada nilai VFB. Hal ini disebabkan oleh bertambahnya jumlah aspal yang mengisi rongga antar-agregat. Campuran dengan filler asbuton secara konsisten menunjukkan nilai VFB yang lebih tinggi dibandingkan campuran semen, yang menandakan efisiensi pengisian rongga yang lebih baik.

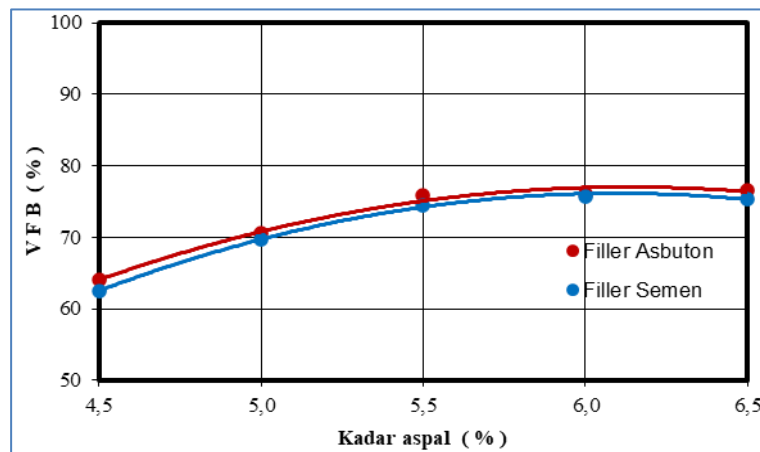
Pada kadar optimum 5,5%, nilai VFB campuran asbuton mencapai 75,833%, lebih tinggi dibanding campuran semen sebesar 75,546%. Keduanya melampaui batas minimum 65% sesuai spesifikasi Bina Marga, tetapi asbuton menunjukkan keunggulan dalam kontribusi terhadap kestabilan struktur volumetrik.

Tabel 11. Pengaruh Variasi Kadar Aspal terhadap VFB

Variasi Kadar Aspal (%)	VFB (%)	
	Filler Asbuton	Filler Semen
4,5	64,014	62,483
5,0	70,606	69,644
5,5	75,833	74,546
6,0	76,134	75,739
6,5	76,640	75,397

Gambar 5 memperlihatkan bahwa kurva VFB untuk campuran asbuton secara konsisten berada di atas campuran semen pada semua variasi kadar aspal. Hal ini menunjukkan bahwa asbuton memberikan kontribusi lebih besar dalam menciptakan film aspal yang merata di antara agregat, sehingga meningkatkan daya tahan dan umur teknis lapisan perkerasan.

Pada kadar 4,5%, nilai VFB belum memenuhi standar minimum pada kedua jenis filler, mengindikasikan kurangnya pengisian bitumen. Namun, mulai dari kadar 5,0% hingga 6,5%, semua nilai VFB telah berada dalam rentang spesifikasi. Kadar 5,5% menjadi titik optimal, karena selain memenuhi semua parameter lainnya, VFB pada kadar ini mencerminkan efisiensi maksimum pengisian bitumen tanpa kelebihan aspal.



Gambar 5. Grafik Hubungan Nilai VFB dengan Kadar Aspal

Stabilitas

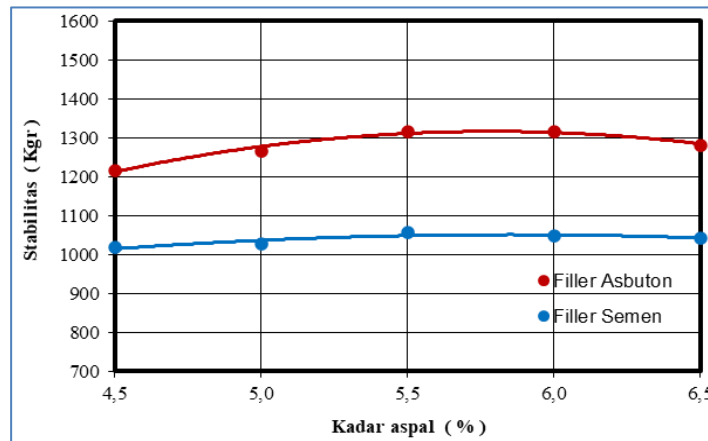
Stabilitas pada campuran AC-BC mencerminkan kemampuan struktur campuran menahan beban lalu lintas tanpa mengalami deformasi. Nilai ini sangat dipengaruhi oleh kualitas agregat, kadar aspal, dan efektivitas filler dalam memperkuat interaksi antar-partikel. Semakin tinggi nilai stabilitas, semakin kuat campuran terhadap tekanan vertikal kendaraan, terutama pada kondisi temperatur tinggi. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa campuran dengan filler asbuton BRA tipe B5/20 memiliki nilai stabilitas yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan filler semen untuk setiap variasi kadar aspal. Kadar optimum 5,5% menghasilkan stabilitas maksimum untuk masing-masing jenis filler.

Pada kadar tersebut, campuran asbuton mencapai nilai 1.316,5 kg, sedangkan campuran semen mencapai 1.057,2 kg, menunjukkan selisih lebih dari 24%, yang menegaskan peran asbuton dalam meningkatkan kekakuan dan daya dukung campuran.

Tabel 12. Pengaruh Variasi Kadar Aspal terhadap Stabilitas

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	
	Filler Asbuton	Filler Semen
4,5	1.216,7	1.017,3
5,0	1.266,6	1.027,3
5,5	1.316,5	1.057,2
6,0	1.316,5	1.047,2
6,5	1.281,6	1.042,2

Gambar 6 menunjukkan grafik yang jelas memperlihatkan tren peningkatan stabilitas hingga kadar aspal 5,5%, kemudian cenderung stagnan atau sedikit menurun. Hal ini sesuai dengan konsep bahwa setelah titik optimum, kelebihan aspal mulai bertindak sebagai pelumas yang mengurangi friksi antar-butiran agregat, menyebabkan penurunan stabilitas struktural.



Gambar 6. Grafik Hubungan Nilai Stabilitas dengan Kadar Aspal

Stabilitas minimum yang disyaratkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 adalah 800 kg. Semua nilai dalam pengujian ini jauh melampaui batas tersebut. Namun, keunggulan nilai stabilitas campuran dengan filler asbuton menunjukkan bahwa material lokal ini tidak hanya memenuhi standar teknis, tetapi juga memberikan peningkatan performa struktural yang signifikan, menjadikannya pilihan unggul dalam desain perkerasan jalan untuk beban sedang hingga berat.

Flow

Flow atau keelehan menunjukkan deformasi horizontal dari campuran aspal saat dikenai beban, dan menjadi indikator penting untuk menilai fleksibilitas campuran. Nilai flow yang ideal mencerminkan kemampuan campuran untuk menyesuaikan diri terhadap deformasi tanpa mengalami kerusakan struktural. Menurut *Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2*, nilai flow yang disarankan berada dalam rentang 2 hingga 4 mm.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh nilai flow, baik pada campuran dengan filler semen maupun asbuton, berada dalam batas spesifikasi. Nilai flow cenderung menurun seiring peningkatan kadar aspal, dan menunjukkan performa optimal pada kadar 5,5%.

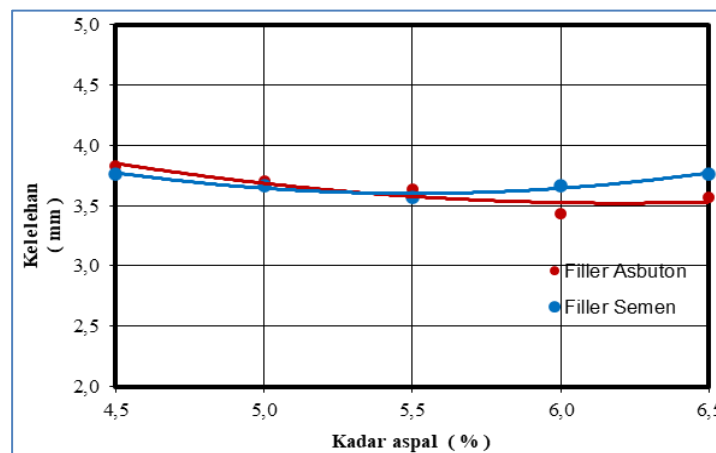
Pada kadar tersebut, baik campuran dengan filler semen maupun asbuton memiliki nilai flow sebesar 3,6 mm, yang berada dalam batas ideal, mencerminkan keseimbangan antara fleksibilitas dan kekakuan. Campuran dengan asbuton umumnya menunjukkan nilai flow sedikit lebih rendah dibandingkan semen, terutama pada kadar 6,0% (3,4 mm vs. 3,7 mm), yang mengindikasikan struktur campuran yang lebih stabil terhadap deformasi plastis.

Tabel 13. Pengaruh Variasi Kadar Aspal terhadap *Flow*

Kadar Aspal (%)	<i>Flow (Kelelahan) (mm)</i>	
	<i>Filler Asbuton</i>	<i>Filler Semen</i>
4,5	3,8	3,8
5,0	3,7	3,7

Kadar Aspal (%)	Flow (Kelelehan) (mm)	
	Filler Asbuton	Filler Semen
5,5	3,6	3,6
6,0	3,4	3,7
6,5	3,6	3,8

Gambar 7 memperlihatkan bahwa tren flow untuk kedua jenis filler relatif stabil dan mendekati satu sama lain. Namun, kurva asbuton menunjukkan sedikit kecenderungan menurun pada kadar tinggi, yang mengindikasikan campuran tetap terkendali meskipun aspal bertambah.



Gambar 7. Grafik Hubungan Nilai *Flow* dengan Kadar Aspal

Perbedaan kecil ini penting dalam aplikasi di lapangan, karena flow yang lebih terkendali mengurangi risiko deformasi plastis seperti alur (*rutting*) pada kondisi lalu lintas dan suhu tinggi. Oleh karena itu, dari sisi kelelehan, penggunaan filler asbuton memberikan kontribusi terhadap kestabilan dimensi campuran tanpa mengorbankan kelenturannya.

Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient (MQ) merupakan rasio antara nilai stabilitas dan flow, yang mencerminkan kekakuan campuran aspal. Parameter ini menggambarkan keseimbangan antara daya tahan terhadap beban dan kemampuan deformasi plastis. Nilai MQ yang tinggi menunjukkan campuran yang kuat dan tidak mudah mengalami deformasi, sedangkan nilai yang terlalu rendah mengindikasikan fleksibilitas berlebih yang dapat menurunkan daya dukung struktural.

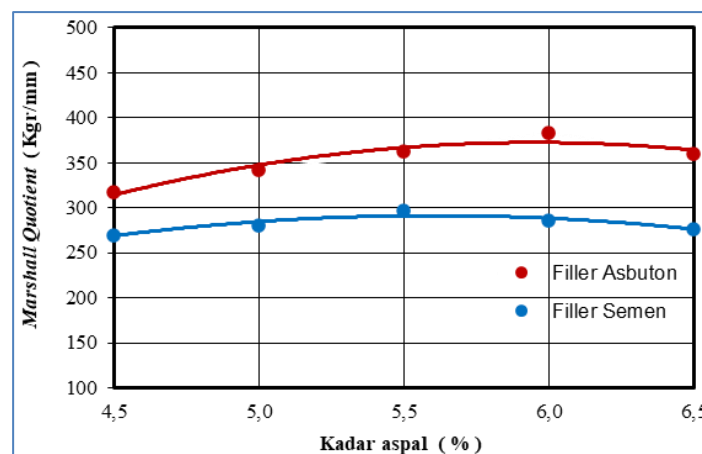
Berdasarkan hasil pengujian, MQ meningkat seiring bertambahnya kadar aspal hingga mencapai puncak, lalu menurun ketika aspal berlebih mulai melunakkan struktur agregat. Campuran AC-BC dengan filler asbuton menunjukkan nilai MQ yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan campuran filler semen pada semua variasi kadar aspal.

Pada kadar optimum 5,5%, campuran dengan filler asbuton memiliki nilai MQ sebesar 362,33 kg/mm, sedangkan semen hanya mencapai 296,40 kg/mm. Bahkan, pada kadar 6,0%, campuran asbuton mencatat MQ tertinggi 383,44 kg/mm, mengindikasikan bahwa asbuton mampu menjaga kekakuan campuran meski kadar aspal meningkat.

Tabel 14. Pengaruh Variasi Kadar Aspal terhadap MQ

Kadar Aspal (%)	Marshall Quotient (MQ) (kg/mm)	
	Filler Asbuton	Filler Semen
4,5	317,41	270,07
5,0	342,33	280,16
5,5	362,33	296,40
6,0	383,44	285,60
6,5	359,32	276,69

Gambar 8 menunjukkan tren MQ yang lebih tajam pada campuran dengan asbuton, mencerminkan peningkatan kekakuan yang lebih signifikan. Meskipun nilai MQ sedikit menurun setelah 6,0%, nilainya tetap jauh di atas ambang batas 250 kg/mm sebagaimana ditetapkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.



Gambar 8. Grafik Hubungan Nilai MQ dengan Kadar Aspal

Dengan demikian, dari segi MQ, campuran dengan filler asbuton terbukti lebih unggul dalam menyeimbangkan kekakuan dan fleksibilitas. Hal ini menjadikan asbuton pilihan yang tepat untuk meningkatkan daya tahan terhadap deformasi dan mendukung performa struktural jangka panjang dalam aplikasi perkerasan jalan.

Perbandingan Filler Semen dan Asbuton

Penggunaan filler asbuton BRA tipe B5/20 pada campuran AC-BC menghasilkan peningkatan signifikan pada karakteristik Marshall dibandingkan filler semen 1%. Campuran dengan asbuton menunjukkan nilai stabilitas lebih tinggi (1.316,5 kg vs. 1.057,2 kg), densitas

lebih padat (2,276 gr/cc vs. 2,270 gr/cc), serta MQ yang lebih kaku (362,33 kg/mm vs. 296,40 kg/mm). Selain itu, nilai VMA dan VIM pada campuran asbuton lebih rendah, menunjukkan kemampuan pengisian rongga antar-agregat yang lebih efektif. Nilai flow kedua campuran berada dalam batas standar, namun campuran asbuton lebih konsisten dalam fleksibilitas. Secara keseluruhan, asbuton memberikan kinerja volumetrik dan mekanik yang lebih optimal, menjadikannya filler yang layak untuk aplikasi struktural perkerasan jalan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan filler asbuton BRA tipe B5/20 pada campuran Asphalt Concrete–Binder Course (AC-BC) mampu memberikan kinerja Marshall yang lebih unggul dibandingkan filler semen. Meskipun kadar aspal optimum (KAO) untuk kedua jenis filler sama, yaitu 5,5%, campuran dengan asbuton menghasilkan nilai stabilitas, kepadatan (density), Voids Filled with Bitumen (VFB), dan Marshall Quotient (MQ) yang lebih tinggi, serta nilai Void in Mineral Aggregate (VMA) dan Void in the Mix (VIM) yang lebih rendah. Hal ini menandakan bahwa asbuton tidak hanya berperan sebagai pengisi rongga antar agregat secara lebih efektif, tetapi juga meningkatkan integritas struktural campuran. Seluruh parameter uji pada kadar optimum memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2, membuktikan kelayakan teknis penggunaan asbuton dalam konstruksi perkerasan jalan.

Berdasarkan temuan tersebut, disarankan agar asbuton BRA tipe B5/20 digunakan sebagai alternatif filler dalam proyek perkerasan jalan, khususnya di wilayah dengan temperatur tinggi atau beban lalu lintas sedang hingga berat. Penggunaannya dinilai tidak hanya efisien secara teknis, tetapi juga mendukung prinsip keberlanjutan melalui pemanfaatan sumber daya lokal. Untuk memperkuat hasil ini, perlu dilakukan studi lanjutan yang mencakup variasi kadar filler, kombinasi asbuton dengan bahan modifikasi lain, serta evaluasi kinerja jangka panjang melalui uji simulasi lalu lintas berulang maupun validasi langsung di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Soehardi, F., & Putri, L. D. (2018). Penggunaan Aspal Buton Berbutir Pada Campuran Lapisan Perkerasan AC-BC. *Jurnal Sainstek STT Pekanbaru*, 6(1), 6–14.
- [2]. Razuardi, Saleh, S. M., & Isya, M. (2018). Pengaruh Penambahan Buton Rock Asphalt (BRA) sebagai Filler Pada Campuran Laston Lapis Aus (AC-WC). *Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala*, 1(3), 715–724.
- [3]. Gasruddin, A. (2019). Pemanfaatan LGA Sebagai Filler Pada Konstruksi Jalan (Hotmix AC-WC). *Jurnal MEDIA INOVASI Teknik Sipil Unidayan*, 8(2), 146–153.

- [4]. Ramdhani, F., Suhanggi, & Rhoma, B. H. (2018). Kadar Optimum Filler Asbuton Butir T.5/20 Dalam Campuran Perkerasan Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC). *Jurnal Kajian Teknik Sipil*, 3(1), 32–38.
- [5]. Bahar, S. B., Saputra, A., & Angka, C. T. (2018). Pemanfaatan Buton Granular Aspal (BGA) Sebagai Bahan Penggati Filler Pada Campuran AC-WC. *SCEJ (Shell Civil Engineering Journal)*, 3(2), 55–64. <https://doi.org/10.35326/scej.v3i1.1061>
- [6]. Surat, Gazalie, R., & Mumamiroh, P. (2018). Perencanaan Campuran Lapis Aspal Beton Permukaan Dengan Asbuton Butir Sebagai Filler. *Jurnal GRADASI TEKNIK SIPIL*, 2(1), 1–9.
- [7]. Sukirman, S. (2016). *Beton Aspal Campuran Panas*. Bandung: Institut Teknologi Nasional.