

PENGARUH PENGGUNAAN SERBUK GYPSUM SEBAGAI SUBSTITUSI FILLER PADA CAMPURAN ASPAL AC-BC

Muhammad Tyo Febrian¹

Universitas Bung Hatta
tyofebrian01@gmail.com

Mufti Warman Hasan²

Universitas Bung Hatta
muftiwarman80@gmail.com

ABSTRAK

Perkerasan jalan yang berkualitas sangat dipengaruhi oleh pemilihan material campuran aspal, salah satunya penggunaan filler yang berperan dalam meningkatkan stabilitas dan kepadatan campuran. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan serbuk gypsum sebagai substitusi filler terhadap karakteristik campuran aspal AC-BC serta kadar optimum serbuk gypsum sebagai filler. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan pendekatan kuantitatif melalui pengujian Marshall. Variasi kadar filler gypsum yang diuji adalah 0%, 4%, 5%, 6%, dan 7% dari total berat filler, dengan pengujian density, stabilitas, flow, VIM, VMA, VFA, dan Marshall Quotient (MQ). Hasil menunjukkan beberapa variasi kadar memenuhi batas spesifikasi beberapa parameter, namun pada 4% dan 7% tidak memenuhi batas spesifikasi misalnya pada 4% VMA 13,5% dan VIM 2,2% berada di bawah spesifikasi. KAO campuran ditetapkan 5,5%, sedangkan kadar filler optimum berada pada 6% dengan kinerja yang paling seimbang: density 2,394 gr/cm³, VMA 14,5%, VIM 3,3%, VFA 77,2%, stabilitas 1.487 kg, flow 3,43 mm, dan MQ 434 kg/mm. Berdasarkan hasil substitusi serbuk gypsum layak digunakan sebagai filler alternatif pada AC-BC, dengan kadar optimum 6% dan KAO 5,5% sebagaimana di atas kadar terlalu rendah maupun tinggi cenderung menurunkan kesesuaian volumetrik. Implikasi praktisnya, penggunaan gypsum dapat memanfaatkan limbah industri sekaligus mempertahankan kinerja teknis campuran, namun penerapan lapangan perlu mematuhi kadar optimum yang terukur untuk menjaga stabilitas, kerapatan, dan fleksibilitas campuran.

Kata Kunci: Serbuk Gypsum, AC-BC, Substitusi, Uji Marshall, KAO

ABSTRACT

The quality of road pavement is strongly influenced by the selection of asphalt mixture materials, particularly the use of filler, which plays a crucial role in improving stability and density. This study aims to investigate the effect of gypsum powder as a filler substitute on the characteristics of Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) mixtures and to determine its optimum proportion. The research was conducted through laboratory experiments using a quantitative approach with the Marshall test. The filler substitution levels of gypsum were 0%, 4%, 5%, 6%, and 7% by total filler weight, while the evaluated parameters included density, stability, flow, voids in mix (VIM), voids in mineral aggregate (VMA), voids filled with asphalt (VFA), and Marshall Quotient (MQ). The results indicate that several variations

met the minimum requirements; however, at 4% and 7% deficiencies were observed in volumetric properties, such as VMA 13.5% and VIM 2.2% at 4%, both falling below specifications. The optimum asphalt content (OAC) of the mixture was determined at 5.5%, while the optimum gypsum filler content was found at 6%, which produced the most balanced performance with density 2.394 g/cm³, VMA 14.5%, VIM 3.3%, VFA 77.2%, stability 1,487 kg, flow 3.43 mm, and MQ 434 kg/mm. In conclusion, gypsum powder is feasible to be applied as an alternative filler in AC-BC mixtures at an optimum level of 6% with OAC 5.5%; lower or higher proportions tend to reduce volumetric conformity. Practically, the utilization of gypsum contributes to industrial waste recycling while maintaining the technical performance of asphalt mixtures, although field applications must comply with the measured optimum levels to ensure stability, density, and flexibility.

Keywords: Gypsum Powder, AC-BC, Substitution, Marshall Test, KAO

PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur jalan merupakan faktor penting dalam menunjang mobilitas masyarakat dan distribusi barang di Indonesia. Namun, data menunjukkan lebih dari 40% jalan nasional masih mengalami kerusakan ringan hingga berat akibat beban lalu lintas tinggi dan iklim tropis yang mempercepat penurunan mutu perkerasan (BPS, 2023). Salah satu lapisan penting dalam struktur perkerasan lentur adalah Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) yang berfungsi mengikat lapisan atas dan bawah serta mendistribusikan beban kendaraan secara merata agar tidak terjadi kerusakan dini (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018). Kinerja lapisan ini dipengaruhi oleh komposisi material, khususnya filler, yang berperan meningkatkan kepadatan, stabilitas, dan adhesi campuran.

Filler konvensional seperti semen Portland atau abu batu terbukti meningkatkan performa campuran, namun memiliki kelemahan dari sisi biaya dan dampak lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan alternatif material yang ekonomis, ramah lingkungan, dan tersedia secara melimpah. Gypsum sebagai limbah industri memiliki potensi tinggi karena mengandung kalsium sulfat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dengan sifat adhesif yang baik, sehingga mampu memperbaiki kohesi dalam campuran aspal (Auditia & Rendih, 2018). Pemanfaatan gypsum sebagai filler alternatif diharapkan tidak hanya meningkatkan kinerja teknis campuran AC-BC, tetapi juga mendukung pengelolaan limbah industri.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh substitusi serbuk gypsum sebagai filler terhadap karakteristik Marshall campuran AC-BC dan menentukan kadar optimum yang memenuhi spesifikasi teknis. Dengan demikian, penelitian ini berfokus pada parameter stabilitas, flow, VIM, VMA, VFA, dan Marshall Quotient, yang menjadi indikator utama kualitas campuran.

Relevansi penelitian ini terletak pada adanya kesenjangan kajian terkait pemanfaatan gypsum dalam campuran AC-BC. Sebagian besar studi sebelumnya lebih fokus pada AC-WC atau variasi kadar yang terbatas (Aminuddin & Candra, 2018; Riadi et al., 2022). Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi empiris dalam memperluas pemahaman tentang potensi gypsum sebagai filler alternatif. Manfaat yang dihasilkan tidak hanya bersifat akademik dalam memperkaya literatur teknik sipil, tetapi juga praktis, yakni menawarkan solusi material perkerasan yang berkelanjutan, ekonomis, dan mendukung pengelolaan lingkungan.

Tabel 1. Spesifikasi Karakteristik Marshall Untuk Campuran AC-BC

No	Karakteristik Marshall	Satuan	Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2
1	Density	Kg/cm ³	-
2	Void In Mineral Agregate (VMA)	%	Min. 14
3	Void In Mix (VIM)	%	3-5
4	Void Filled With Asphalt (VFA)	%	Min. 65
5	Stabilitas	Kg	Min. 800
6	Flow	Mm	2-4
7	Marshall Quotient (MQ)	Kg/mm	Min. 250

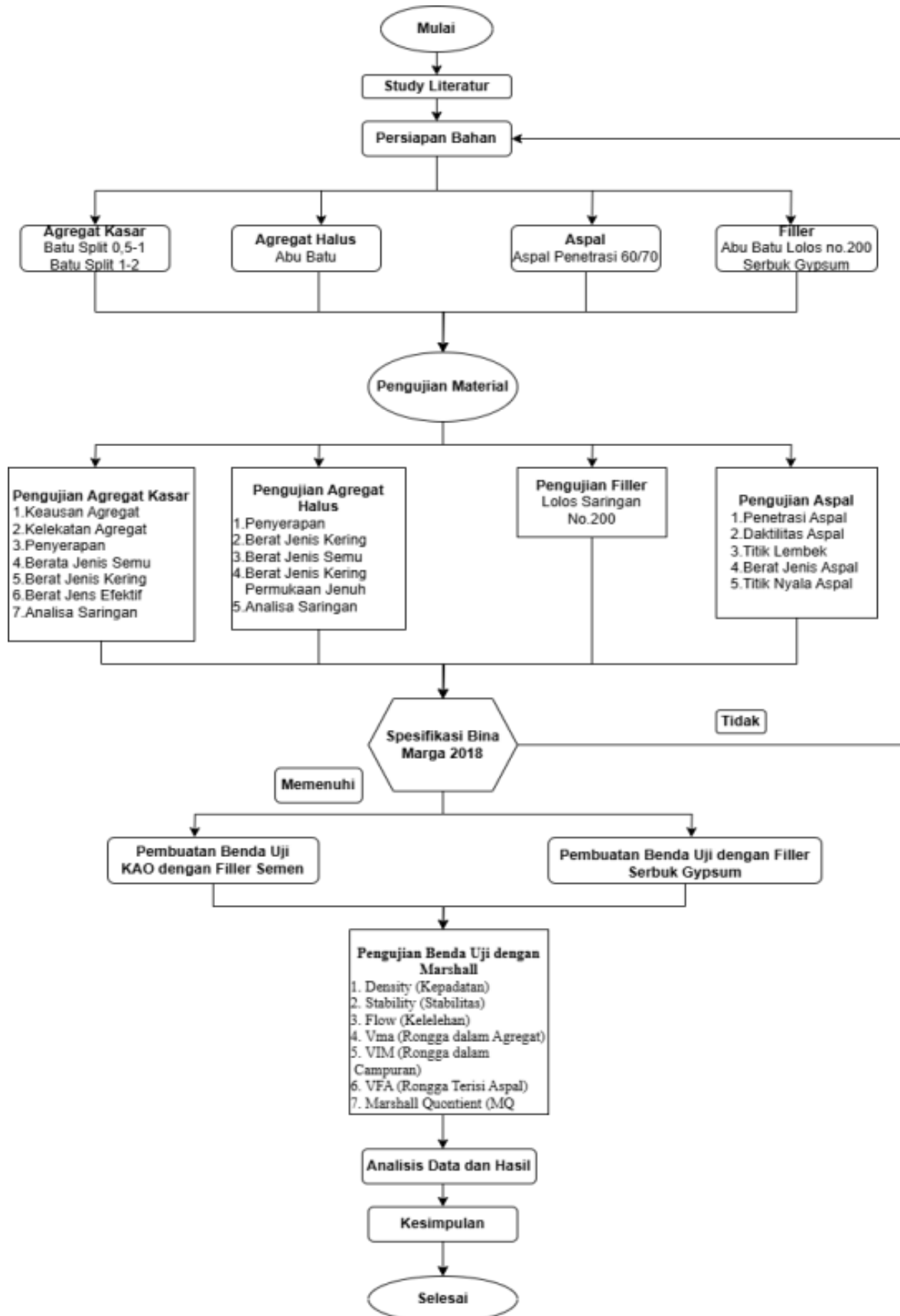
Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen di laboratorium untuk mengetahui pengaruh substitusi serbuk gypsum sebagai filler pada campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC). Objek penelitian berupa campuran beraspal dengan variasi kadar serbuk gypsum 0%, 4%, 5%, 6%, dan 7% dari total berat filler. Filler pembanding yang digunakan adalah abu batu, sesuai dengan praktik umum pada campuran aspal konvensional. Pemilihan variasi ini didasarkan pada batasan spesifikasi Bina Marga (2018) serta pertimbangan kelayakan teknis dari material yang diuji.

Bahan penelitian meliputi agregat kasar dan halus sesuai spesifikasi AC-BC, aspal penetrasi 60/70, serta serbuk gypsum hasil limbah industri. Seluruh pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Dinas Bina Marga Provinsi Sumatera Barat. Teknik pengumpulan data diperoleh melalui serangkaian uji laboratorium menggunakan metode Marshall yang mengacu sesuai SNI 06-2489-1991 dengan parameter yang dianalisis meliputi stabilitas, flow, kepadatan (density), rongga dalam campuran (VIM), rongga dalam agregat mineral (VMA), rongga terisi aspal (VFA), serta Marshall Quotient (MQ).

Analisis data dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian setiap variasi terhadap persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga (2018). Nilai kadar aspal optimum (KAO) ditentukan berdasarkan pencapaian parameter volumetrik dan mekanis yang memenuhi kriteria standar. Selanjutnya, kadar optimum serbuk gypsum sebagai filler ditetapkan melalui identifikasi variasi yang menunjukkan kinerja paling seimbang dari seluruh parameter Marshall.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kadar Aspal Optimum (KAO)

Berdasarkan hasil pengujian benda uji pada kadar aspal optimum (KAO) yang telah dilakukan, maka diperoleh hasil sebagaimana disajikan pada tabel 4.7 sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Pengujian Marshall Untuk Kadar Aspal Optimum (KAO)

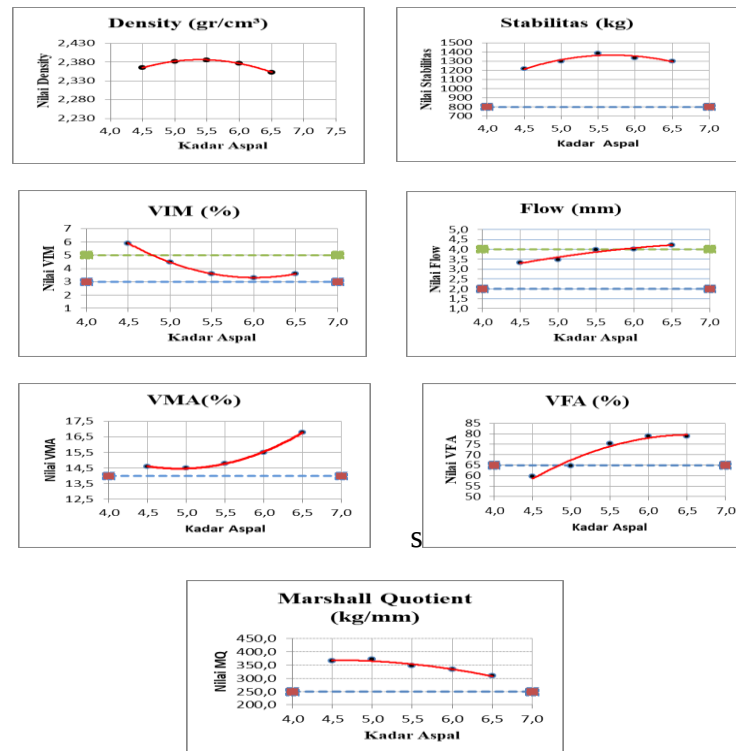
No	Karakteristik	Spesifikasi	Variasi Kadar Aspal				
			4,5	5	5,5	6	6,5
1	Density	-	2,365	2,382	2,386	2,377	2,353
2	VMA (%)	Min 14	14,6	14,5	14,8	15,5	16,8
3	VIM (%)	03--5	5,9	4,5	3,6	3,3	3,6
4	VFA (%)	Min 65	59,7	64,8	75,4	78,9	78,9
5	Stabilitas	Min 800	1217	1300	1389	1337	1301
6	Flow (mm)	02--04	3,33	3,48	3,99	4,01	4,22
7	MQ (Kg/mm)	Min 250	366	373	348	334	309

Berdasarkan hasil pengujian marshall KAO yang disajikan pada tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa kadar aspal yang memenuhi persyaratan karakteristik Marshall, meliputi parameter density, VMA, VIM, VFA, stabilitas, flow, dan Marshall Quotient (MQ), berada pada kadar aspal sebesar 5,5%. Oleh karena itu, untuk menetapkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) pada campuran AC-BC digunakan grafik pita, sebagaimana ditunjukkan pada gambar berikut :

Density					
VMA					
VIM					
VFA					
Stabilitas					
Flow					
MQ					
	4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%

Gambar 2. Grafik Pita Kadar Aspal Optimum (KAO)

Berdasarkan Gambar 2, syarat untuk memperoleh nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) ditinjau dari parameter karakteristik Marshall adalah terpenuhinya seluruh batas minimum dan maksimum sesuai spesifikasi campuran AC-BC. Dari grafik tersebut terlihat bahwa kadar aspal 5,5% memenuhi rentang karakteristik Marshall yang disyaratkan.KAO (Kadar Aspal Optimum) adalah nilai tengah dari variasi kadar aspal minimum dan maksimum yang memenuhi semua karakteristik Marshall yang disyaratkan. Kadar aspal 5,5% menunjukkan nilai parameter yang paling dominan dan paling sesuai dengan ketentuan spesifikasi, sehingga dipilih sebagai Kadar Aspal Optimum (KAO). Berikut adalah grafik karakteristik marshall untuk kadar aspal optimum :



Gambar 3. Grafik Karakteristik Marshall untuk kadar aspal optimum (KAO)

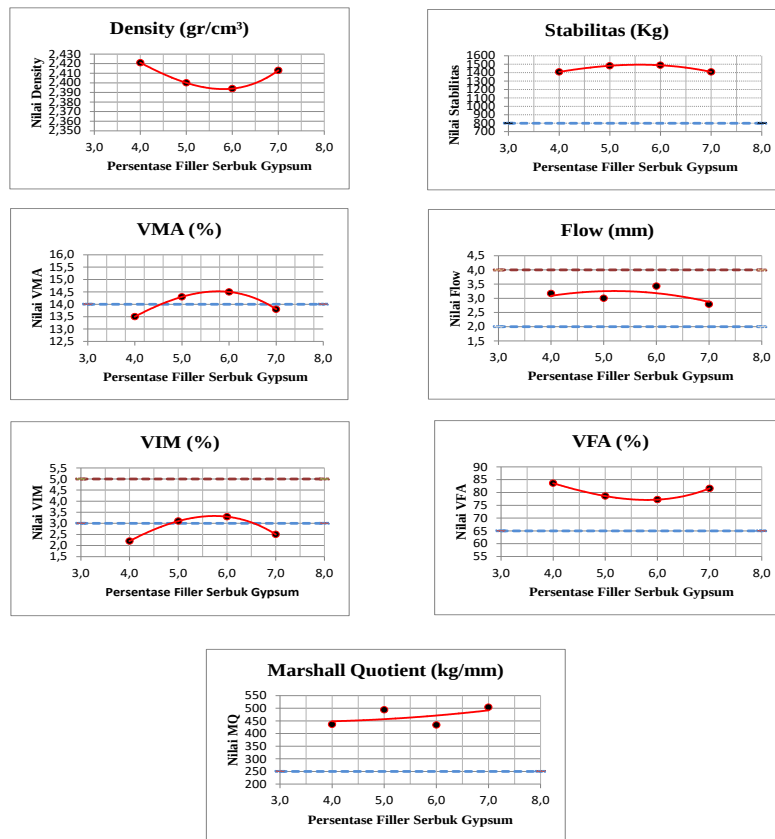
2. Filler Serbuk Gypsum

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium terhadap karakteristik Marshall dengan kadar aspal optimum dengan kadar 5,5% menggunakan aspal penetrasi 60/70 dan substitusi variasi filler serbuk gypsum dapat dijelaskan hasil dan pembahasan sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Pengujian Marshall Dengan Filler Serbuk Gypsum

No	Karakteristik	Spesifikasi	Variasi Kadar Serbuk Gypsum (%)				
			0	4	5	6	7
1	Density	-	2,386	2,421	2,400	2,394	2,413
2	VMA (%)	Min 14	14,8	13,5	14,3	14,5	13,8
3	VIM (%)	3--5	3,6	2,2	3,1	3,3	2,5
4	VFA (%)	Min 65	75,4	83,6	78,6	77,2	81,6
5	Stabilitas	Min 800	1389	1408	1481	1487	1408
6	Flow (mm)	2--4	3,99	3,17	3	3,43	2,79
7	MQ (Kg/mm)	Min 250	344	436	494	434	504

Berdasarkan hasil pengujian marshall yang disajikan pada tabel di atas, dapat diperoleh analisa dan grafik substitusi kadar filler serbuk gypsum yang memenuhi persyaratan karakteristik Marshall, meliputi parameter density, VMA, VIM, VFA, stabilitas, flow, dan Marshall Quotient (MQ), sebagaimana ditunjukkan sebagai berikut :

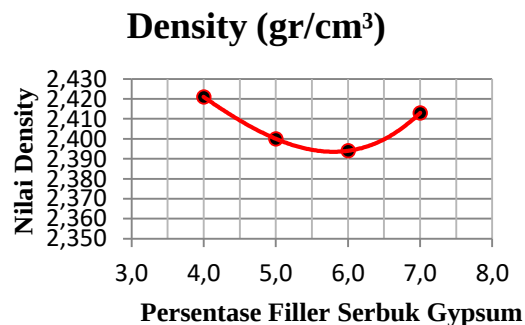


Gambar 4. Grafik Karakteristik Marshall Dengan Substitusi Filler Serbuk Gypsum

Berdasarkan grafik pada Gambar 4, hasil pengujian Marshall terhadap karakteristik Marshall pada kadar aspal optimum dengan kadar 5,5% menggunakan aspal penetrasi 60/70 dan substitusi variasi filler serbuk gypsum dapat dijelaskan hasil dan pembahasan sebagai berikut :

1. Density

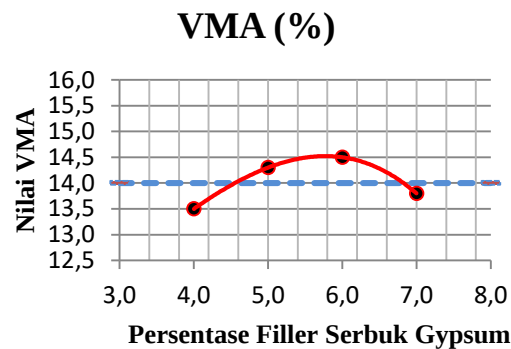
Nilai density tertinggi terdapat pada kadar gypsum 4% sebesar 2,421 gr/cm³ dan kadar 7% sebesar 2,413 gr/cm³ , sedangkan nilai terendah pada kadar 6% sebesar 2,394 gr/cm³ dan kadar 5% sebesar 2,400 gr/cm³. Kenaikan density pada kadar 4% dan 7% mengindikasikan bahwa filler mampu mengisi rongga antar butir agregat dengan baik, sehingga campuran menjadi lebih padat. Namun, penurunan pada kadar 5% dan 6% menunjukkan kemungkinan terjadinya distribusi rongga yang tidak merata, sehingga campuran mudah retak atau rapuh.



Gambar 5. Grafik Density Dengan Variasi Kadar Serbuk Gypsum

2. Void in Mineral Aggregate (VMA)

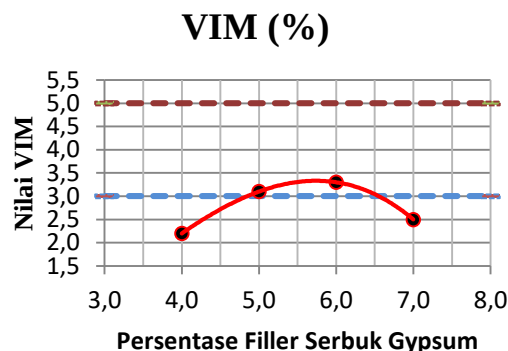
Spesifikasi minimal VMA adalah 14%. Nilai VMA berada di bawah batas yang disyaratkan pada kadar 4% sebesar 13,5% dan 7% sebesar 13,8%. Kondisi ini menandakan bahwa rongga antar butir agregat berkurang akibat filler yang terlalu banyak, sehingga mengurangi kemampuan campuran menampung aspal. Nilai VMA tertinggi diperoleh pada kadar 5% sebesar 14,3% dan 6% sebesar 14,5%, yang menandakan struktur agregat lebih longgar dan mampu menampung aspal secara optimal.



Gambar 6. Grafik VMA Dengan Variasi Kadar Serbuk Gypsum

3. Void in Mix (VIM)

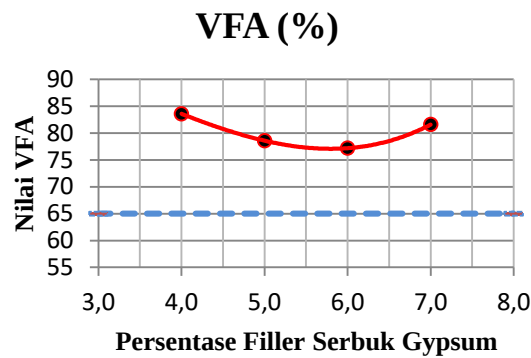
Spesifikasi VIM yang dipersyaratkan adalah 3–5%. Hanya pada kadar 5% sebesar 3,1% dan 6% sebesar 3,3% yang memenuhi batas spesifikasi tersebut. Hal ini menunjukkan jumlah rongga udara sudah optimal dan ketahanan campuran menjadi kuat terhadap perubahan suhu. Pada kadar 4% sebesar 2,2% dan 7% sebesar 2,5%, VIM berada di bawah batas minimal, yang menunjukkan jumlah rongga udara terlalu sedikit. Hal ini dapat mengurangi ketahanan campuran terhadap perubahan suhu dan mempercepat terjadinya deformasi permanen.



Gambar 7. Grafik VIM Dengan Variasi Kadar Serbuk Gypsum

4. Void Filled with Asphalt (VFA)

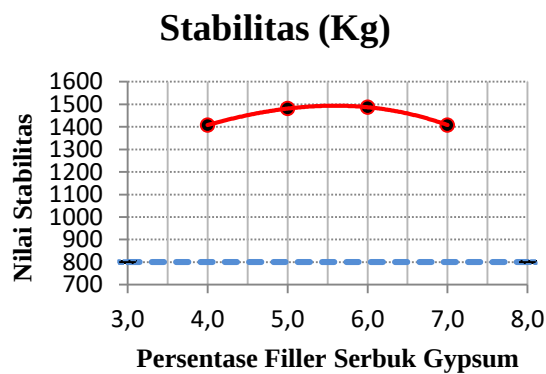
Seluruh variasi kadar filler memenuhi spesifikasi minimal 65%. Nilai VFA terendah terdapat pada kadar 6% sebesar 77,2% dan nilai VFA tertinggi terdapat pada kadar 4% sebesar 83,6%, yang berkorelasi dengan rendahnya VIM pada kadar tersebut. Artinya, sebagian besar rongga dalam campuran telah terisi aspal, namun kekurangan rongga udara dapat mengurangi fleksibilitas campuran terhadap beban berulang.



Gambar 8. Grafik VFA Dengan Variasi Kadar Serbuk Gypsum

5. Stabilitas

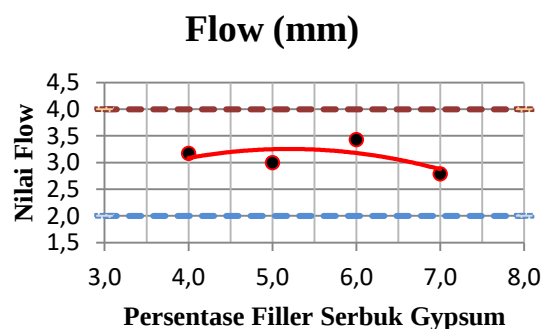
Seluruh kadar filler memenuhi spesifikasi minimal 800 kg. Nilai tertinggi diperoleh pada kadar 6% sebesar 1487 kg, dan nilai terendah diperoleh pada kadar 4% sebesar 1408 kg. Peningkatan stabilitas pada kadar ini menunjukkan bahwa penggunaan serbuk gypsum mampu memperkuat ikatan antar partikel agregat dan aspal, sehingga campuran lebih tahan terhadap beban lalu lintas.



Gambar 9. Grafik Stabilitas Dengan Variasi Kadar Serbuk Gypsum

6. Flow

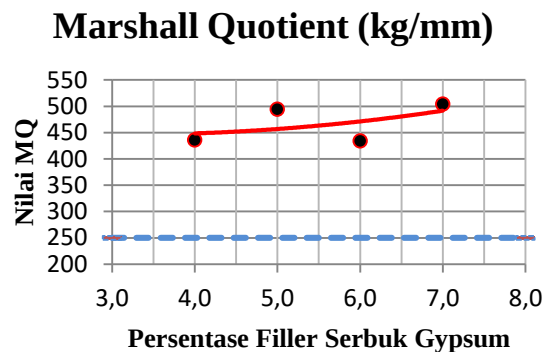
Nilai flow seluruhnya berada dalam rentang 2–4 mm. Nilai tertinggi terdapat pada kadar 4% sebesar 3,17 mm dan terendah pada kadar 7% sebesar 2,79 mm. Penurunan nilai flow pada kadar 7% menunjukkan campuran menjadi lebih kaku, yang dapat meningkatkan MQ namun mengurangi kelenturan lapisan perkerasan.



Gambar 10. Grafik Flow Dengan Variasi Kadar Serbuk Gypsum

7. Marshall Quotient (MQ)

Semua variasi kadar filler memenuhi spesifikasi minimal 250 kg/mm. Nilai terendah diperoleh pada kadar 6% sebesar 434 kg/mm dan nilai tertinggi diperoleh pada kadar 7% sebesar 504 kg/mm, menunjukkan kekakuan campuran yang tinggi. Nilai MQ yang besar biasanya menunjukkan daya tahan yang baik terhadap deformasi plastis, namun harus diimbangi dengan nilai flow yang memadai agar tidak terlalu mudah retak. Sebaliknya, jika nilai MQ kecil campuran menjadi lunak dan tidak tahan terhadap beban berat.



Gambar 11. Grafik Marshall Quotient Dengan Variasi Kadar Serbuk Gypsum

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai “Pengaruh Penggunaan Serbuk Gypsum Sebagai Pengganti Filler Pada Campuran Aspal AC-BC”, dapat disimpulkan beberapa hal dalam penelitian ini membuktikan bahwa penggunaan serbuk gypsum sebagai pengganti filler memengaruhi karakteristik Marshall pada campuran AC-BC. Seluruh variasi kadar menunjukkan respons berbeda, di mana pada kadar 4%, dan 7% masih terdapat parameter volumetrik yang tidak sepenuhnya memenuhi spesifikasi. Sebaliknya, pada kadar 5% dan 6% seluruh parameter berada dalam batas spesifikasi, dengan performa paling optimal diperoleh pada kadar 6% disertai Kadar Aspal Optimum (KAO) 5,5%. Pada kondisi ini, campuran menghasilkan stabilitas 1.487 kg, flow 3,43 mm, MQ 434 kg/mm, VMA 14,5%, VIM 3,3%, dan VFA 77,2%, sehingga mampu memberikan keseimbangan terbaik antara kekuatan struktural, kerapatan, dan fleksibilitas.

Implikasi penelitian ini menunjukkan bahwa serbuk gypsum layak dipertimbangkan sebagai filler alternatif yang ekonomis sekaligus mendukung pengelolaan limbah industri. Secara teoritis, hasil ini memperkuat kajian mengenai pemanfaatan material non-konvensional dalam campuran beraspal. Adapun keterbatasan penelitian ini adalah pengujian hanya dilakukan pada skala laboratorium, sehingga kinerja jangka panjang di lapangan belum terukur. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengevaluasi performa campuran pada kondisi lalu lintas nyata dan mengkaji kemungkinan kombinasi gypsum dengan filler lain untuk meningkatkan keberlanjutan perkerasan jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminuddin, M., Winarto, S. and Cahyo, Y. (2018) 'Job Mix Laston (Ac-Bc) Menggunakan Bubuk Gypsum Dan Abu Bata Merah', *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, 1(2), pp. 325–336.
- Auditia, B. A., Rendih, R., Elnov, D., HH, M., & Rachmansyah, R. (2018). Pengaruh Penggunaan Bubuk Gypsum Sebagai Filler Dalam Campuran Aspal. *Jurnal Teknik Dan Ilmu Komputer*.
- Badan Pusat Statistik. (2023). Statistik Transportasi Indonesia 2023. BPS RI
- Badan Standarisasi Nasional. (1991). (SNI 06-2489:1991) Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall. Jakarta: Standar Nasional Indonesia.
- Direktorat Jenderal Bina Marga (2018). Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 Divisi 6. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Riadi, R. and Rita, E. (2022) Pengaruh Substitusi Serbuk Gypsum Sebagai Filler Pada Campuran Aspal AC-WC. Padang : Universitas Bung Hatta.