

PENGARUH ASPAL KARET PADA CAMPURAN AC-WC MENGUNAKAN *FILLER* ABU BATU MARMER DENGAN METODE *MARSHALL*

Septyanto Kurniawan¹, Ida Hadijah², Riza Putri Yani³

Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro^{1,2,3}

E-mail : s_yan_k@ymail.com¹, cv.sadakonsultan@yahoo.co.id²,
rizaputri1406@gmail.com³

ABSTRAK

Dalam upaya meningkatkan mutu konstruksi perkerasan jalan raya, diperlukan teknologi modifikasi terhadap campuran aspal dengan pemilihan material yang baik sebagai bahan tambahannya, salah satunya yaitu aspal karet. Penambahan komponen karet ini membuat aspal karet menjadi lebih unggul dibandingkan dengan aspal murni, karena dapat meningkatkan titik lembek, elastisitas, dan kelengketan sehingga aspal menjadi lebih awet/tahan lama (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020). Pada saat ini filler yang umumnya digunakan sebagai bahan campuran aspal adalah *Portland Cement* (PC), PC merupakan berbahan alam yang tidak bisa diperbaharui, untuk itu perlu adanya alternatif pemilihan bahan filler yang memenuhi syarat serta mempunyai nilai ekonomis. Salah satunya adalah penggunaan limbah abu marmer sebagai *filler*. Penelitian ini menggunakan variasi aspal karet 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%. Dengan *filler* abu batu marmer 0%, 1%, 2%, 2,5%, 3%. Hasil penelitian ini pada campuran 1% *filler* abu batu marmer didapat KAO 5,85% dengan nilai stabilitas sisa mencapai 92,16% yang mana sudah mencukupi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 tentang batas minimal yaitu 90%.

Kata Kunci : Abu Batu Marmer, Aspal Karet, Lapisan AC-WC.

PENDAHULUAN

Aspal pen 60/70 dan aspal pen 80/90 merupakan nama yang paling umum untuk material yang digunakan untuk menutup jalan di Indonesia. Aspal dengan AC 60/70 yang lemah menyebabkan perkerasan mengeras dan retak dalam dua cara, sedangkan aspal dengan AC 80/90 yang lemah menyebabkan permukaan jalan berubah dalam tiga cara. Masalah ini muncul karena Indonesia memiliki lingkungan tropis, yang dicirikan oleh sinar matahari yang melimpah, hujan lebat, dan kualitas perkerasan yang buruk. Untuk membuat material yang lebih tahan terhadap keausan, memiliki titik pelunakan yang

lebih tinggi, lebih elastis, memiliki daya rekat yang baik, dan lebih tahan lama dibandingkan material pesaing. Pemilihan bahan pelengkap berkualitas tinggi, seperti aspal karet, merupakan salah satu metode modifikasi campuran aspal yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas konstruksi perkerasan jalan raya. Aspal karet didefinisikan sebagai aspal yang telah diubah atau dicampur dengan aditif karet alam, yang dapat berbentuk cair (*lateks*) atau padat (*crumb rubber*).

Akhir-akhir ini, banyak penelitian yang dipublikasikan tentang aspal yang dicampur dengan bahan polimer, pendekatan ini memungkinkan produksi aspal, khususnya untuk jalan raya Indonesia. Ini adalah cara untuk menjaga

agar uang yang harus dikeluarkan anggaran negara setiap tahun tidak terbuang sia-sia. Memodifikasi dua polimer sintesis atau satu polimer alami dengan aspal menghasilkan polimer aspal. Beberapa dekade terakhir telah melihat perkembangan polimer aspal yang dimodifikasi, atau disingkat PMA. Untuk memperpanjang umur jalan dan menurunkan biaya perbaikan dan pemeliharaan, sejumlah kecil bahan polimer (sekitar 2-6% berat) ditambahkan. Ini meningkatkan ketahanan terhadap degradasi, mengatasi retakan, dan meningkatkan ketahanan terhadap keausan yang disebabkan oleh usia (Polacco, 2005).

Bahan pengisi (*filler*) merupakan material berbutir halus yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm), dapat terdiri dari debu batu, kapur padam, semen portland, atau bahan non-plastis lainnya yang mempunyai fungsi:

- Sebagai pengisi antara partikel agregat yang lebih kasar, sehingga rongga udara menjadi lebih kecil dan menghasilkan tahanan gesek, serta penguncian antar butiran yang tinggi.
- Jika ditambahkan ke dalam aspal, bahan pengisi akan menjadi suspensi, sehingga terbentuk mastik yang bersama-sama dengan aspal mengikat partikel agregat. Dengan penambahan pengisi aspal menjadi lebih kental, dan campuran aspal akan bertambah kekuatannya.

Salah satunya adalah penggunaan limbah abu marmer sebagai filler.

TINJAUAN PUSTAKA

Campuran Aspal Beton (AC-WC)

Lapisan aspal beton (Laston) adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat, dicampur dan dihampar dalam keadaan panas serta dipadatkan pada suhu tertentu (Sukirman, 1999). Ciri lainnya adalah memiliki sedikit rongga dalam

struktur agregatnya, saling mengunci satu dengan yang lainnya, oleh karena itu aspal beton memiliki sifat stabilitas tinggi dan relatif kaku. (Menurut Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum 2010). Sesuai fungsinya Laston (AC) mempunyai 3 macam campuran yaitu:

- Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course), dengan tebal nominal minimum adalah 4 cm.
- Laston sebagai lapisan antara, dikenal dengan nama AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course), dengan tebal nominal minimum adalah 6 cm.
- Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama AC-Base (Asphalt Concrete-Base), dengan tebal nominal minimum adalah 7,5 cm.

Bahan utama penyusun perkerasan jalan adalah agregat, aspal dan bahan pengisi (*filler*). Untuk menghasilkan perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan (Sukirman, 2003).

Laston Modifikasi				
Sifat - Sifat Campuran		Lapis Aus	Lapis Antara	Lapis Pondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112 ⁽³⁾
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min			0,6
	Maks			1,6
Rongga dalam campuran (VIM) (%)	Min			3,0
	Maks			5,0
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (VFB) (%)	Min	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min	900	2000 ⁽³⁾	
Kelelahan Marshall (mm)	Min	2	3	
	Maks	5	6 ⁽³⁾	
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam 60°C	Min			90
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (<i>refusal</i>)	Min			2,0
Stabilitas Dinamis, lintasan/mm	Min			2000

(Spesifikasi Khusus Interm, 2018)

Agregat

Agregat merupakan komponen utama struktur perkerasan dan merupakan 90-95% agregat berdasarkan persen berat dan 75-85% agregat berdasarkan persen volume. Kualitas permukaan jalan juga ditentukan oleh sifat agregat dan hasil pencampuran agregat dengan material lain (Sukirman, 2003).

Kekuatan dan karakteristik agregat menentukan seberapa baik suatu struktur dapat menahan tekanan lalu lintas. Untuk permukaan yang mulus dan menyatu dengan lalu lintas di sekitarnya serta lapisan di bawahnya, diperlukan agregat berkualitas tinggi dengan komposisi yang tepat (Sukirman, 1999).

Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpal-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI ASTM C136:2012 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No.200 (75 mikron) tidak kurang dari 75 % terhadap beratnya. Bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*) terdiri atas debu batu kapur (*limestone dust, Calcium Carbonate, CaCO₃*), atau debu kapur yang sesuai dengan AASHTO M303-89 (2014), atau semen atau abu terbang tipe C dan F yang sumbernya disetujui oleh pengawas pekerjaan. Bahan pengisi jenis semen hanya diizinkan untuk campuran beraspal panas dengan bahan pengikat jenis aspal keras Pen 60-70.

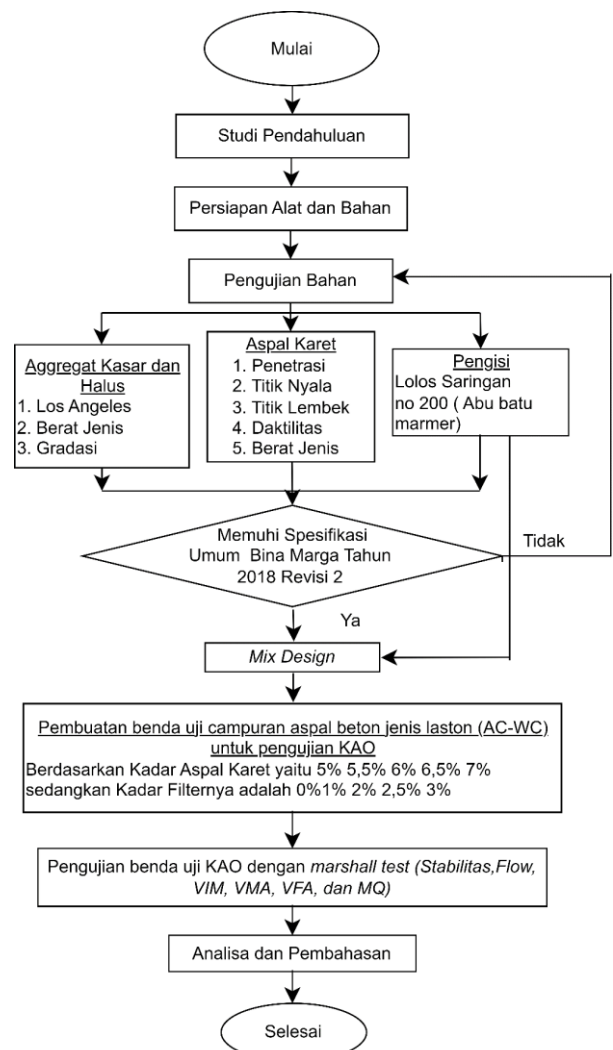
Aspal Karet

Aspal karet memiliki keunggulan dibandingkan aspal murni dalam hal ketahanan terhadap *deformasi* (alur/cekungan) pada arah memanjang di permukaan jalan sekitar jejak roda kendaraan akibat beban lalu lintas yang berat, pengelupasan lapisan aspal dengan agregat, serta ketahanan terhadap retakan jalan akibat perubahan suhu lingkungan. Aspal karet diperoleh dari pencampuran

material karet pada konsentrasi tertentu dalam aspal (Budianti, Mairna, S).

Aspal yang digunakan berbahan baku karet padat yang divulkanisasi dengan formula tertentu dan dikembangkan oleh Xolare Grup. Produk aspal karet padat xolabit telah melalui pengembangan dan uji coba terlebih dahulu di Laboratorium XOLABIT GROUP dengan sesuai spesifikasi PUPR.

METODE PENELITIAN



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian (Sumber: Septyanto Kurniawan, 2024)

Benda Uji

Tabel dibawah ini merupakan benda uji trial menggunakan semen (*portland cement*).

Tabel 2. Benda Uji Trial

Komposisi		Jumlah Benda Uji
Filler Semen	Kadar Aspal	
1,0%	5,0%	3
	5,5%	3
	6%	3
	6,5%	3
	7%	3
	KAO	3
Jumlah		18

(Septyanto Kurniawan,2024)

Benda uji yang akan dibuat menggunakan abu batu marmer dan aspal karet memiliki masing-masing 5 variasi yaitu:

- 1).Variasi *filler* abu batu marmer 0%, 1%, 2%, 2,5%, 3%.
- 2).Variasi aspal karet 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%.

Tabel 3. Benda Uji Variasi

No	Filler Abu batu Marmer	Kadar Aspal Karet	Jumlah benda uji
1	0%	5,0%	3
		5,5%	3
		6,0%	3
		6,5%	3
		7,0%	3
		KAO	3
2	1%	5,0%	3
		5,5%	3
		6,0%	3
		6,5%	3
		7,0%	3
		KAO	3
3	2%	5,0%	3
		5,5%	3
		6,0%	3
		6,5%	3
		7,0%	3
		KAO	3
4	2,5%	5,0%	3

No	Filler Abu batu Marmer	Kadar Aspal Karet	Jumlah benda uji	
5	3%	5,5%	3	
		6,0%	3	
		6,5%	3	
		7,0%	3	
		KAO	3	
		5,0%	3	
		5,5%	3	
		6,0%	3	
		6,5%	3	
		7,0%	3	
		KAO	3	
		Jumlah		90

(Septyanto Kurniawan,2024)

Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi di Laboratorium PT. Tri Cipta Perdana (TCP) yang berlokasi di Jl. Raya Tegineneng – Metro, Batang Hari Ogan, Kecamatan Tegineneng, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung.

HASIL PENELITIAN

Sifat Fisik Agregat

Agregat Kasar				
No	Jenis Pengujian	Standar Pengujian	Persyaratan	Hasil
1	Berat Jenis Bulk	SNI 03-1969-1990	Min. 2,5 gr/cc	2,595 gr/cc
2	Berat Jenis SSD	SNI 03-1969-1990	Min. 2,5 gr/cc	2,634 gr/cc
3	Apparent	SNI 03-1969-1990	Min. 2,5 gr/cc	2,699 gr/cc
4	Penyerapan Air	SNI 03-1970-1990	Maks. 3%	1,473 %
5	Abrasi	SNI 03-2417-2008	Maks. 40%	13,95 %
Agregat Halus				
No	Jenis Pengujian	Standar Pengujian	Persyaratan	Hasil
1	Berat Jenis Bulk	SNI 03-1970-1990	Min. 2,5 gr/cc	2,513 gr/cc
2	Berat Jenis SSD	SNI 03-1970-1990	Min. 2,5 gr/cc	2,564 gr/cc
3	Apparent	SNI 03-1970-1990	Min. 2,5 gr/cc	2,650 gr/cc
4	Penyerapan Air	SNI 03-1970-1990	Maks. 3%	2,064 %

(Septyanto Kurniawan, 2024)

Sifat Fisik Aspal

Tabel 5. Sifat Fisik Aspal

No	Karakteristik	Standar Pengujian	Spesifikasi Aspal Modifikasi PG 76	Hasil
1	Penetrasi 25°C	SNI 2456-2011	Dilaporkan	45,40
2	Titik lembek °C	SNI 2434-2011	Dilaporkan	61,45
3	Titik nyala °C	SNI 2433-2011	≥ 230	298,30
4	Berat jenis	SNI 2441-2011	Min 1,0 gr/cc	1,021

(Septyanto Kurniawan, 2024)

Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah distribusi dari berbagai macam ukuran partikel sebagai persentase dari berat total. Gradasi ditentukan oleh material yang lolos dari berbagai macam ukuran saringan yang disusun bertahap dengan ukuran saringan dari no saringan 1", ¾", ½", 3/8", No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, No.200.

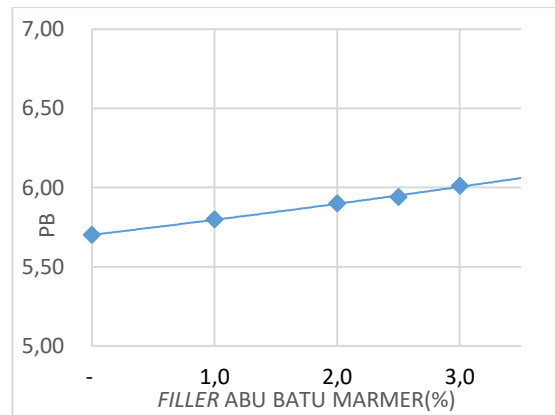
Kadar Aspal Rencana

Tabel 6. Nilai Kadar Aspal Rencana

No	Filler Abu Batu Marmer (%)	Hasil (%)
1	0	5,70
2	1	5,80
3	2	5,90
4	2,5	5,94
5	3	6,01

(Septyanto Kurniawan, 2024)

$$\begin{aligned}
 Pb &= 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%FF) + K \\
 &= 0,035(60,5\%) + 0,045(32,8\%) + 0,18(6,7\%) + 1 \\
 &= 2,116 + 1,478 + 1,206 + 1,000 \\
 &= 5,80\%
 \end{aligned}$$



Gambar 2. Grafik Gabungan Kadar Aspal Rencana (Septyanto Kurniawan, 2024)

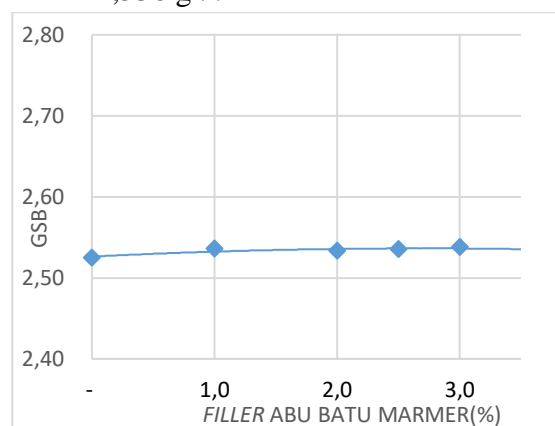
Berat Jenis Bulk (Gsb)

Tabel 7. Nilai Berat Jenis Bulk

No	Filler Abu Batu Marmer (%)	Hasil (gr/cm³)
1	0	2,525
2	1	2,536
3	2	2,533
4	2,5	2,535
5	3	2,538

(Septyanto Kurniawan, 2024)

$$\begin{aligned}
 Gsb &= \frac{100}{\frac{50}{2,513} + \frac{24}{2,509} + \frac{25}{2,595} + \frac{0}{2,331} + \frac{1}{3,000}} \\
 &= 2,536 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$



Gambar 3. Grafik Gabungan Berat Jenis Bulk (Septyanto Kurniawan, 2024)

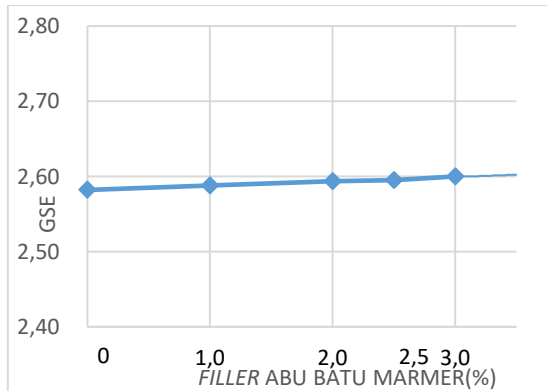
Berat Jenis Efektif Agregat (Gse)

Tabel 8. Nilai Berat Jenis Efektif

No	Filler Abu Batu Marmer (%)	Hasil (gr/cm ³)
1	0	2,582
2	1	2,588
3	2	2,594
4	2,5	2,595
5	3	2,600

(Septyanto Kurniawan, 2024)

$$\text{Bulk Efektif (Gse)} = \frac{100 - 5,80}{\frac{100}{2,376} - \frac{5,80}{1,021}} = 2,588 \text{ gr/cm}^3$$



Gambar 4. Grafik Gabungan Berat Jenis efektif (Sumber : Septyanto Kurniawan, 2024)

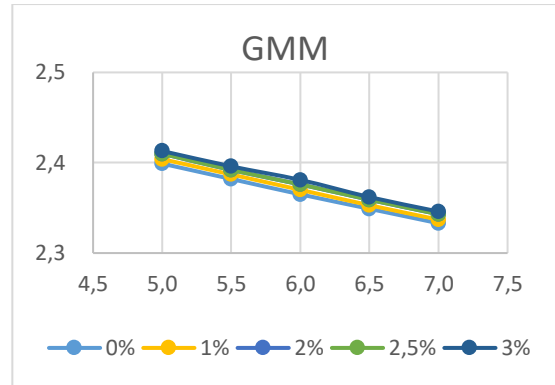
Berat Jenis Maksimum Campuran Teoritis (Gmm)

Tabel 9. Nilai Berat Jenis Maksimum

Aspal Karet (%)	Filler 0%	Filler 1%	Filler 2%	Filler 2,5%	Filler 3%
5	2,399	2,404	2,410	2,410	2,413
5,5	2,382	2,387	2,392	2,392	2,396
6	2,365	2,370	2,376	2,376	2,381
6,5	2,349	2,353	2,359	2,359	2,362
7	2,333	2,337	2,343	2,343	2,346

(Septyanto Kurniawan, 2024)

$$G_{mm} = \frac{100}{\frac{94,0}{2,588} + \frac{6}{1,021}} = 2,370 \text{ gr/cm}^3$$



Gambar 3. Grafik Berat Jenis Maksimum (Sumber : Septyanto Kurniawan, 2024)

Berat Jenis Bulk dan Apparent (Gmb)

Tabel 10. Nilai Berat Jenis bulk (Gmb)

Aspal Karet (%)	Filler 0%	Filler 1%	Filler 2%	Filler 2,5%	Filler 3%
5	2,245	2,272	2,287	2,308	2,319
5,5	2,257	2,269	2,294	2,306	2,311
6	2,254	2,268	2,291	2,294	2,304
6,5	2,243	2,273	2,287	2,297	2,299
7	2,240	2,277	2,277	2,284	2,287

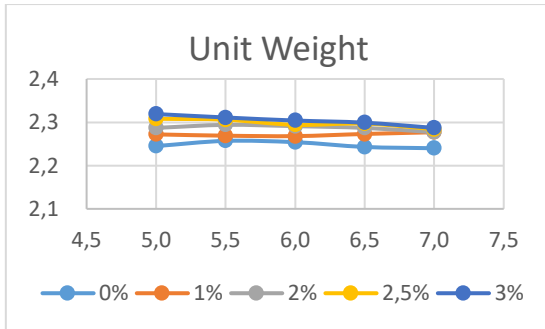
(Septyanto Kurniawan, 2024)

$$\begin{aligned} \text{a. } G_{mb1} &= \frac{Bk}{\frac{Bssd - Ba}{1172,9}} \\ &= \frac{1178,3 - 659,4}{1172,9} \\ &= 2,260 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } G_{mb2} &= \frac{Bk}{\frac{Bssd - Ba}{1164,0}} \\ &= \frac{1173,0 - 660,0}{1164,0} \\ &= 2,269 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. } G_{mb3} &= \frac{Bk}{\frac{Bssd - Ba}{1169,0}} \\ &= \frac{1177,4 - 663,5}{1169,0} \\ &= 2,275 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gmb rata-rata} &= \frac{2,260 + 2,269 + 2,275}{3} \\ &= 2,268 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$



Gambar 4. Grafik Berat Jenis *Bulk* (Sumber : Septyanto Kurniawan, 2024)

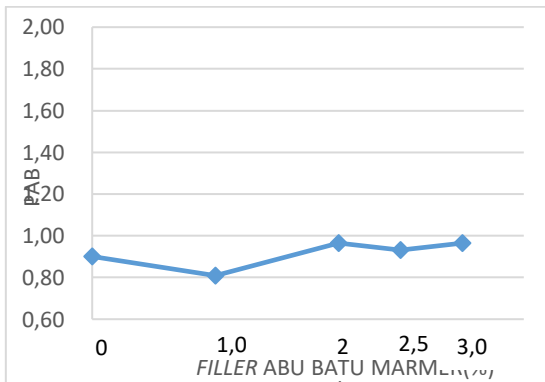
Kadar Aspal Yang Terabsorpsi (Pab)

Tabel 11. Nilai Penyerapan Aspal

No	Filler Abu Batu Marmer (%)	Hasil (gr/cm ³)
1	0	0,900
2	1	0,809
3	2	0,965
4	2,5	0,931
5	3	0,964

(Septyanto Kurniawan, 2024)

$$P_{ab} = 100 \times \frac{2,588 - 2,536}{2,536 \times 2,588} \times 1,021 = 0,809\%$$



Gambar 5. Grafik Gabungan Kadar Aspal Yang Terabsorpsi (Sumber: Septyanto Kurniawan, 2024)

Kadar Aspal Yang Menyelimuti Agregat (Pae)

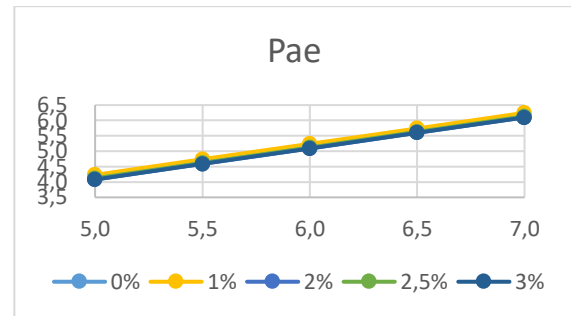
Tabel 12. Nilai Kadar Aspal Efektif

Filler Abu Batu Marmer (%)	Aspal 5 %	Aspal 5,5 %	Aspal 6 %	Aspal 6,5 %	Aspal 7 %
0	4,14	4,65	5,15	5,66	6,16
1	4,23	4,74	5,24	5,74	6,25
2	4,08	4,59	5,09	5,60	6,10

Filler Abu Batu Marmer (%)	Aspal 5 %	Aspal 5,5 %	Aspal 6 %	Aspal 6,5 %	Aspal 7 %
2,5	4,12	4,62	5,12	5,63	6,13
3	4,08	4,59	5,09	5,60	6,10

(Septyanto Kurniawan, 2024)

$$P_{ae} = 6 - \frac{0,809}{100} \times 94 = 5,24\%$$



Gambar 6. Grafik Gabungan Kadar Aspal Efektif (Sumber: Septyanto Kurniawan, 2024)

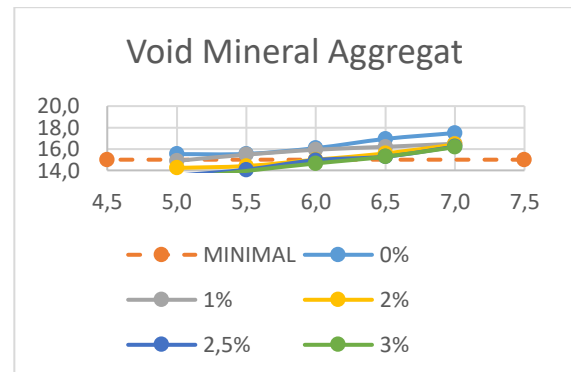
Void Mineral Agregat (VMA)

Tabel 13. Nilai Void Mineral Agregat

Aspal Karet (%)	Filler 0%	Filler 1%	Filler 2%	Filler 2,5%	Filler 3%
5	15,52	14,89	14,23	13,51	13,16
5,5	15,54	15,47	14,41	14,07	13,95
6	16,08	15,93	15,00	14,96	14,65
6,5	16,94	16,20	15,58	15,28	15,28
7	17,49	16,49	16,42	16,22	16,17

(Septyanto Kurniawan, 2024)

$$VMA \text{ rata-rata} = \left(\frac{16,22 + 15,90 + 15,68}{3} \right) \% = 15,93\%$$



Gambar 7. Grafik Gabungan Void Mineral Agregat (Sumber: Septyanto Kurniawan, 2024)

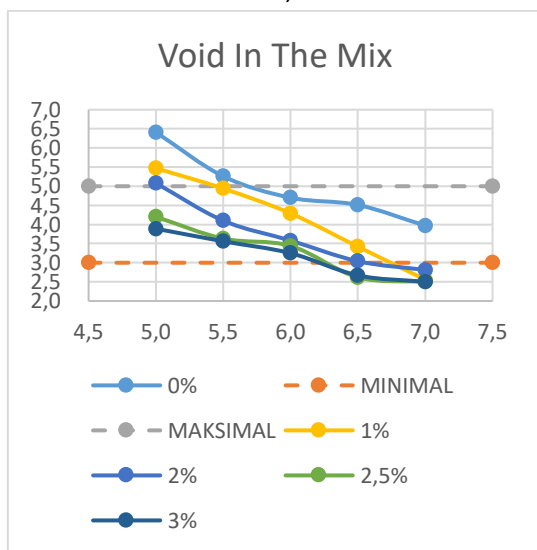
Void In The Mix (VIM)

Tabel 14. Nilai Void In The Mix

Aspal Karet (%)	Filler 0%	Filler 1%	Filler 2%	Filler 2,5%	Filler 3%
5	6,41	5,47	5,08	4,20	3,89
5,5	5,26	4,94	4,10	3,63	3,56
6	4,70	4,29	3,58	3,44	3,25
6,5	4,51	3,42	3,04	2,62	2,67
7	3,97	2,56	2,81	2,50	2,50

(Septyanto Kurniawan, 2024)

$$\text{VIM rata-rata} = \left(\frac{4,62+4,25+34,01}{3} \right) = 4,29\%$$



Gambar 8. Grafik Gabungan Void In The Mix (Sumber : Septyanto Kurniawan, 2024)

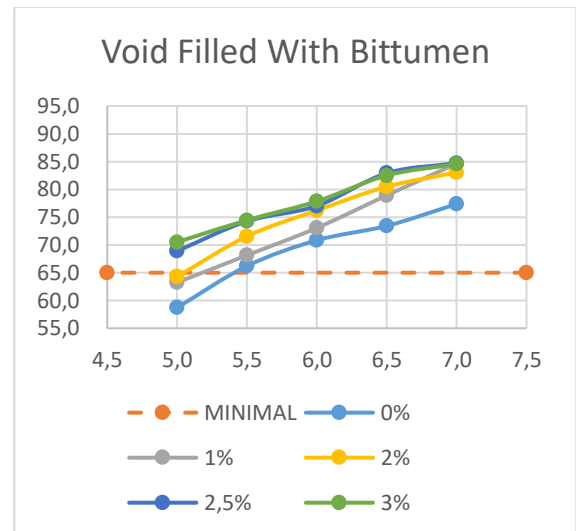
Void Filled With Bitumen

Tabel 15. Nilai Void Filled With Bitumen

Aspal Karet (%)	Filler 0%	Filler 1%	Filler 2%	Filler 2,5%	Filler 3%
5	58,73	63,25	64,30	68,91	70,50
5,5	66,21	68,14	71,55	74,26	74,45
6	70,84	73,06	76,21	77,03	77,85
6,5	73,43	78,92	80,47	82,90	82,50
7	77,35	84,63	83,06	84,72	84,57

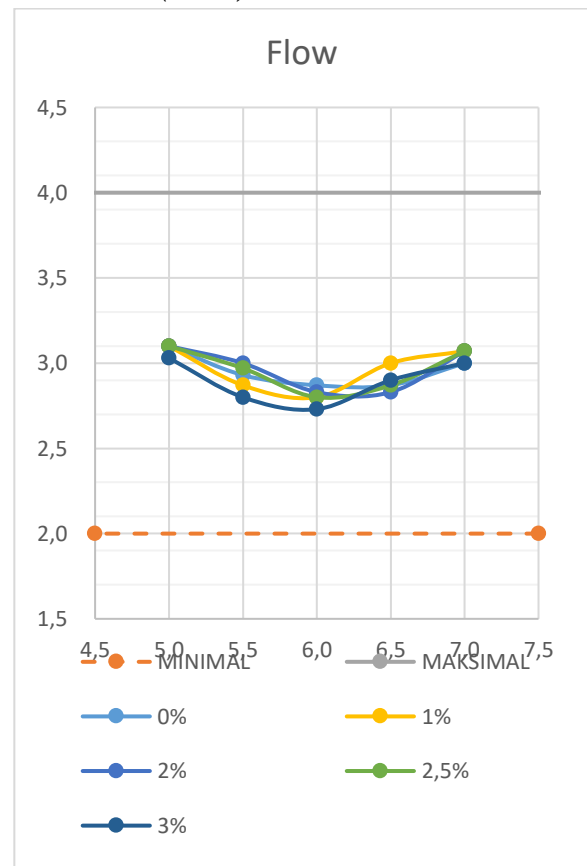
(Septyanto Kurniawan, 2024)

$$\text{VFB rata-rata} = \frac{71,81+73,53+74,72}{3} = 73,06\%$$



Gambar 9. Grafik Gabungan Void Filled With Bitumen (Sumber: Septyanto Kurniawan, 2024)

Kelelehan (Flow)



Gambar 10. Grafik Gabungan Flow (Sumber: Septyanto Kurniawan, 2024)

Pemeriksaan Stabilitas

Tabel 17. Nilai Stabilitas Marshall

Aspal Karet (%)	Filler 0%	Filler 1%	Filler 2%	Filler 2,5%	Filler 3%
5	1045,6	977,0	1010,2	1052,5	1152,6
5,5	1052,3	1058,7	1045,6	1059,5	1246,9
6	1087,4	1080,4	1122,2	1136,2	1275,9
6,5	1030,5	1045,6	1071,5	1108,3	1094,4
7	1023,5	1065,9	1017,7	1059,5	1080,4

(Septyanto Kurniawan, 2024)

a. Pembacaan Arloji Stabilitas Benda Uji ke-1

$$= 51 \times 20,9112 \times 1,00$$

$$= 1066,5 \text{ kg}$$

b. Pembacaan Arloji Stabilitas Benda Uji Ke-2

$$= 49 \times 20,9112 \times 1,00$$

$$= 1024,6 \text{ kg}$$

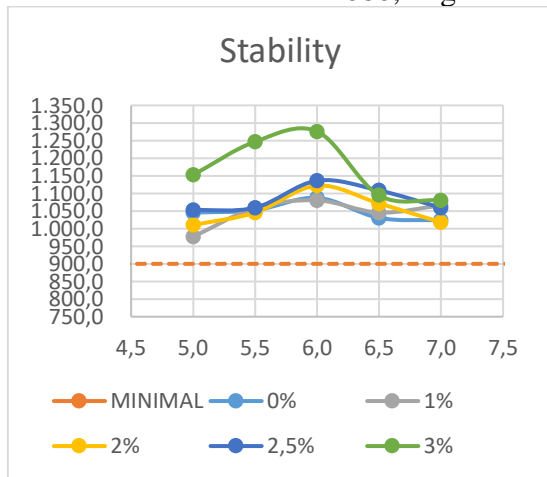
c. Pembacaan Arloji Stabilitas Benda Uji Ke-3

$$= 55 \times 20,9112 \times 1,00$$

$$= 1150,1 \text{ kg}$$

$$\text{Stabilitas Rata-rata} = \frac{1066,5+1024,6+1150,1}{3}$$

$$= 1080,4 \text{ kg}$$



Gambar 11. Grafik Gabungan Stability (Sumber: Septyanto Kurniawan, 2024)

Marshall Quetiont

Tabel 18. Nilai Marshall Quetiont

Aspal Karet (%)	Filler 0% (gr/cm³)	Filler 1% (gr/cm³)	Filler 2% (gr/cm³)	Filler 2,5% (gr/cm³)	Filler 3% (gr/cm³)
5	338,5	316,4	328,6	342,0	383,5
5,5	361,1	370,1	348,9	358,8	446,3

Aspal Karet (%)	Filler 0% (gr/cm³)	Filler 1% (gr/cm³)	Filler 2% (gr/cm³)	Filler 2,5% (gr/cm³)	Filler 3% (gr/cm³)
6	380,5	388,3	396,8	409,3	469,5
6,5	360,2	349,9	380,0	387,9	379,7
7	343,0	350,5	333,3	347,9	360,7

(Septyanto Kurniawan, 2024)

$$\text{MQ Benda uji 1} = \frac{1066,5}{2,80}$$

$$= 380,9 \text{ kg/mm}$$

$$\text{MQ Benda uji 2} = \frac{1024,6}{3,00}$$

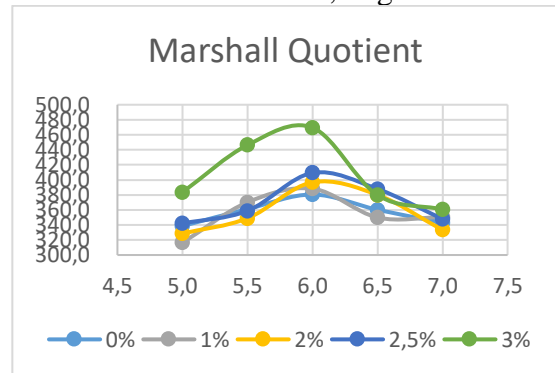
$$= 341,5 \text{ kg/mm}$$

$$\text{MQ Benda uji 3} = \frac{1050,1}{2,60}$$

$$= 442,4 \text{ kg/mm}$$

$$\text{MQ rata-rata} = \frac{380,9+341,5+442,4}{3}$$

$$= 388,3 \text{ kg/mm}$$



Gambar 12. Grafik Gabungan Marshall Quetiont (Sumber: Septyanto Kurniawan, 2024)

Kadar Aspal Optimum (KAO)

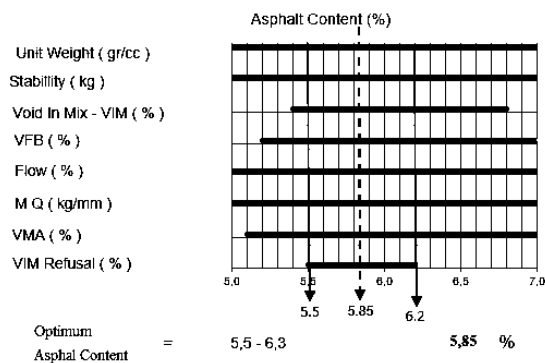
Kadar Aspal Optimum (KAO) adalah jumlah aspal yang perlu dicampur dengan bahan pengisi yang tepat agar campuran memenuhi persyaratan kepadatan, VIM, VFA, stabilitas, *flow*, dan MQ.

Tabel 19. Nilai Kadar Aspal Optimum

filler 1%

Waktu	Aspal Karet	VMA	VIM	VFB	Stability	Flow	MQ
30 Menit	5,85	15,60	4,27	72,65	1066,5	2,90	367,7
24 Jam	5,85	15,41	4,06	73,66	982,8	3,20	307,1

(Septyanto Kurniawan, 2024)



Gambar 13. Grafik KAO (Sumber: Septyanto Kurniawan, 2024)

Marshall Sisa

Sebelum menghitung *Marshall* sisa maka harus membuat sampel dengan KAO yang sudah ditentukan dari grafik. Nilai KAO yang didapat yaitu 5,85% lalu dilakukan perendaman selama 30 menit dan 24 jam di *waterbath* pada suhu 60°C.

- a. Pembacaan Arloji Stabilitas Benda Uji Rendaman 30 Menit
= 51 x 20,9112 x 1,00
= 1066,5 kg
- b. Pembacaan Arloji Stabilitas Benda Uji Rendaman 24 Jam
= 47 x 20,9112 x 1,00
= 982,8 kg

$$\text{Marshall sisa} = \frac{982,8}{1066,5} \times 100 = 92,16\%$$

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian adalah sebagai berikut.

1. Pengaruh penggunaan aspal karet pada campuran AC – WC dengan 1% *filler* abu batu marmer mendapatkan nilai KAO sebesar 5,85% dengan nilai VIM 4,27%, VMA 15,60%, VFB 72,65%, Stabilitas 1066,5 kg, *flow* 2,90 mm, *Marshall Quetion* 367,7 kg/mm.
2. Menurut Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 minimal stabilitas sisa yaitu 90% dan hasil dari karakteristik *Marshall* menggunakan kadar *filler* abu batu marmer 1% dengan KAO 5,80% mendapatkan nilai

stabilitas sisa sebesar 92,16% yang artinya sudah memenuhi persyaratan.

DAFTAR PUSTAKA

- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2008). SNI 1970-2008 Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. *Badan Standardisasi Nasional*, 7–18. <http://sni.litbang.pu.go.id/index.php?r=/sni/new/sni/detail/id/195>
- Amal, A. S. (2012). Pemanfaatan Getah Karet Pada Aspal AC 60/70 Terhadap Stabilitas Marshall Pada Asphalt Treated Base (Atb). *Jurnal Media Teknik Sipil*, 9(1). <https://doi.org/10.22219/jmts.v9i1.111>
- Amal, A. S., & Saputra, W. (2019). Pemanfaatan Limbah Abu Marmer Sebagai Filler Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Lapis Tipis Aspal Pasir (Latasir) B. *Jurnal Media Teknik Sipil*, 16(2), 67–78. <https://doi.org/10.22219/jmts.v16i2.6744>
- Badan Standardisasi Nasional. (1996). SNI 03-4142-1996 Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 Mm). *Badan Standardisasi Nasional Indonesia*, 200(200), 1–6.
- Badaron, S. F., Gecong, A., Anies, M. K., Achmad, W. M., & Setiani, E. P. (2019). Studi Perbandingan Kuat Tarik Tidak Langsung terhadap Campuran Aspal Beton dengan menggunakan Limbah Marmer dan Abu Sekam Padi sebagai Filler. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 4(2), 145. https://doi.org/10.51557/pt_jiit.v4i2.593
- Bahrudin, Wiranata, A., Malik, A., Kumar, R., & Permata, D. S. (2019). Pembuatan Aspal Modifikasi Polimer Berbasis Karet Alam Tanpa

- dan Dengan Mastikasi. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Litbangyasa Industri II*, 2(2), 260–269. <http://202.47.80.55/pmbp/article/view/5494>.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). Spesifikasi Umum 2018. *Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018, Revisi 2*, 6.1-6.104.
- Irfansyah, P. A., Setyawan, A., & Djumari. (2017). Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Beton Menggunakan Daspal Sebagai Bahan Pengikat. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 2(9), 947–958. <https://jurnal.uns.ac.id/matriks/article/view/36724>
- Irwanto, T. J., Nurul, L. S., & Renaldi, S. (2023). Perbandingan Karakteristik Marshall Aspal Karet (Natural Rubber Modified Asphalt) Dan Aspal Penetrasi 60/70 Pada Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) Menggunakan Agregat Lokal Madura. *J. Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, 06(01), 33–38. <https://doi.org/10.25139/jprs.v6i1.5168>
- Jurnal, R. T. (2019). Analisis Pengaruh Penambahan Limbah Karet Terhadap Durabilitas Dan Flexibilitas Aspal Beton (Ac-Wc). *Forum Mekanika*, 7(2), 23–31. <https://doi.org/10.33322/forummekanika.v7i2.202>
- Kurniawan, W. (2021). Karakteristik Marshall Campuran Aspal AC-WC Menggunakan filler Spent Bleaching Earth Sebagai Pengganti Abu Batu. *Jurnal Teknik Sipil Terapan*, 3(2), 80. <https://doi.org/10.47600/jtst.v3i2.285>
- Mizwar, A., Agustini, E., Samudra, G., & Auliannoor, M. (2012). Pemanfaatan Lumpur Marmer, Limbah Styrofoam dan Abu Layang Batubara untuk Pembuatan Bata Beton Berlubang. *Jurnal INTEKNA, Tahun XII*(1), 10–16.
- Nursandah, F. (2019). Penelitian Penambahan Karet Alam (Lateks) Pada Campuran Laston Ac-Wc Terhadap Karakteristik Marshall IFauzie. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, 4(2), 262–267.
- Payung, W. T., Alpius, & Elizabeth. (2023). Pemanfaatan Limbah Marmer Sebagai Agregat Dalam Campuran AC-BC. *Paulus Civil Engineering Journal*, 5(3), 467–472. <https://doi.org/10.52722/pcej.v5i3.710>
- Prastanto, H. (2014). Depolimerisasi Karet Alam Secara Mekanis Untuk Bahan Aditif Aspal. *Jurnal Penelitian Karet*, 32(1), 81–87. <https://doi.org/10.22302/ppk.jpk.v32i1.154>
- Purwanza dkk., S. W. (2022). Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan Kombinasi. In *News.Ge* (Issue March).
- Septiawan, T. D. (2018). Pengaruh Penggunaan Bahan Tambah Serbuk Karet Ban Pada Campuran Lapis Aspal Beton. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 1(1), 9–17. <http://www.riset.unisma.ac.id/index.php/ft/article/view/1088>
- Setyoko, A. T., & Lukiawan, R. (2019). Pengembangan Standardisasi Karet Alam Sebagai Bahan Baku Aspal Karet Dan Produk Aspal Karet *Development of Natural Rubber Standardization for Rubber Raw Material and Asphalt. September 2016*.
- Sukirman, S. (1999). *Perkerasan lentur jalan raya*. Nova.
- Sukirman, S. (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta, granit.
- Syaiful Amal, A., & Saleh, C. (2016). Pemanfaatan Limbah Batu Marmer Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Aspal Beton Terhadap Karakteristik Marshall. *Jurnal Media Teknik Sipil*, 13(2),

- 117–126.
<https://doi.org/10.22219/jmts.v13i2.2556>
- Syarkawi, M. T., Gusdi, A. J., & Rusman, S. R. (2019). Analisa Deformasi Penggunaan Limbah Marmer sebagai Filler pada Campuran Aspal Beton. *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, 4(1), 28–40.
<https://doi.org/10.33096/jtsm.v4i1.359>
- Thanaya, I. N. A., Puranto, I. G. R., & Nugraha, I. N. S. (2016). Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Penetrasi 60/70 dengan Penambahan Lateks. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 22(2), 77.
<https://doi.org/10.14710/mkts.v22i2.12875>
- Tjaronge, W., Parung, H., & Zulkifli. (2012). *Kajian Laboratorium Limbah Marmer Sebagai Filler Dalam Campuran Aspal Beton Lapis Antara (Ac-Bc). 025*, 1–20.
- Vianda, M. O., Sriharyani, L., & Kurniawan, S. (2021). Karakteristik Marshall Campuran Asphal Concrete –Binder Course (Ac-Bc) Dengan Bahan Pengisi (Filler) Abu Batu Kapur (Limestone). *JUMATISI: Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil*, 2(1), 138–143.
<https://doi.org/10.24127/jumatisi.v2i1.3685>
- Yamali, F. R. (2018). Pengaruh Penambahan Limbah Karet Ban Luar Pada Lapis Tipis Aspal Pasir (Latasir) Terhadap Karakteristik Marshall. *Jurnal Civronlit Unbari*, 2(2), 54.
<https://doi.org/10.33087/civronlit.v2i2.25>