Jurnal Konstruksi
E-ISSN: 2302-7312 | P-ISSN: 1412-3630
INSTITUT TEKNOLOGI GARUT

https://jurnal.itg.ac.id/index.php/konstruksi
DOI: 10.33364/konstruksi/v.1-1.xxxx

Pemanfaatan Fly Ash Dan Abu Sekam Padi Sebagai Substitusi Filler Pada Campuran Aspal Ac – Wc

Nur Arfima Arifin*, Hamsyah[2], Andi Bustan Didi[3]
[1,2,3]Universitas Muhammadiyah Parepare, Indonesia

***Korespondensi Penulis:** Nurarfima11@gmail.com

Info Artikel
Dikirim:
Diterima:
Diterbitkan:

Kata kunci:
Aspal;
AC-WC;
Fly ash;
Abu Sekam Padi;
Mashall;

ABSTRAK

Perkerasan jalan merupakan lapisan yang dibuat oleh manusia, untuk di jadikan prasarana transportasi agar dapat mempermudah kendaraan melintas dengan aman dan nyaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh Fly ash dan abu sekam padi sebagai pengganti filler pada campuran AC-WC. Dan untuk mengetahui berapa besar pengaruh penambahan fly ash dan abu sekam padi dengan variasi 0%, 1%, 2% terhadap nilai uji marshall. Metode penelitian ini menggunakan metode Eksperimental dilakukan di laboratorium Jalan dan Aspal Universitas Muhammadiyah Parepare dari Januari-Februari 2024. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengaruh penggunaan fly ash dan abu sekam padi campuran jalan aspal. Maka kadar aspal optimum yang diperoleh pada kondisi kadar 0% yaitu sebesar 5,9%, pada kondisi kadar aspal optimum yang diperoleh pada kondisi Abu sekam padi 1% yaitu meningkat sebesar 5,96%. Pada kondisi kadar filler Abu sekam padi 2% kadar aspal meningkat sebesar 5,98%. Sedangkan pada kadar aspal fly ash 1% sebesar 5,95% kemudian untuk kadar aspal fly ash 2% meningkat sebesar 5,96. Penggunaan filler fly ash dan abu sekam padi dibatasi pada penggunaan filler fly ash 1% dan abu sekam padi 1% untuk penelitian ini. Maka pada variasi yang lebih besar tidak bisa ditetapkan kadar aspal optimum parameter marshall. Kualitas campuran pada penggunaan filler fly ash dan abu sekam padi sebagai bahan pengisi lebih baik.

1. PENDAHULUAN

Campuran beraspal panas adalah suatu jenis campuran yang sering digunakan dalam pembangunan jalan, karena memberikan fleksibilitas dan kenyamanan saat berkendara[1]. Lapis beton aspal merupakan salah satu jenis hotmix yang terdiri atas 3 jenis lapisan, yang salah satunya adalah lapisan aus atau Asphalt Concrete-Wearing Coarse (AC- WC) [2]. Lapisan AC-WC ini adalah lapisan paling atas pada perkerasan lentur yang berfungsi sebagai lapisan permukaan perkerasan jalan. Sebagai lapisan atas yang bersentuhan langsung dengan beban kendaraan dan pengaruh lingkungan, AC-WC sangat rentan mengalami kerusakan akibat pengaruh temperatur dan air atau kelembaban. Untuk meningkatkan performa campuran beraspal, sering kali

(Ini adalah artikel akses terbuka di bawah CC BY ND-lisensi 4.0)

dilakukan eksperimen penggunaan bahan pengisi (*filler*), yang salah satunya adalah *Fly ash* atau abu sekam padi[2, 3].

Abu terbang (*fly ash*) merupakan sisa dari hasil pembakaran batu bara pada pembangkit listrik. Abu terbang mempunyai titik lebur sekitar 1300 °C dan mempunyai kerapatan massa (densitas), antara 2.0 – 2.5 g/cm3. Abu terbang adalah salah satu residu yang dihasilkan dalam pembakaran dan terdiri dari partikel-partikel halus. Abu yang tidak naik disebut *bottom ash.*[5]

Abu Sekam Padi adalah Limbah dari hasil pengolahan padi yang umumnya dibakar untuk mengurangi volumenya. Abu Sekam Padi yang akan digunakan sebagai filler harus memenuhi persyaratan tertentu,yaitu:

a. Bersih dari kotoran, seperti pasir, tanah, dan batang padi.
b. Tidak mengandung bahan-bahan yang dapat merusak campuran aspal.

Sekam padi yang digunakan dapat dikumpulkan dari pabrik penggilingan padi atau dari petani. Sekam padi yang telah dikumpulkan kemudian di bersihkan dari kotoran dan dikeringkan[6]

Penelitian yang [7][8] Karakteristik perkerasan AC-BC menggunakan ASP tiap variasi tidak lolos pada poin VIM dan VMA yang sudah ditetapkan oleh Pedoman Bina Marga, sedangkan untuk karakteristik lain benda uji tiap variasi sudah lolos spesifikasi. Perbandingan nilai karakteristik tiap benda uji sesuai variasi sangat signifikan, nilai tiap karakteristik naik seiring dengan pertambahan jumlah ASP yang ditambahkan[9].

Penelitian [10][11]Pengaruh dari penambahan FABA kedalam campuran lapisan base yaitu dapat meningkatkan daya dukung lapisan base terbukti dengan pengujian CBR rendaman yang menghasilkan nilai CBR yang masuk terhadap standar (90%) yaitu 162% tetapi FABA juga memerlukan banyak penggunaan air pada campuran.[12]. Luas permukaan yang besar tersebut juga mengakibatkan banyaknya interaksi antara aspal dan partikel nano, sehingga penyerapan aspal lebih banyak dan meningkatkan kekakuan campuran[13].

Penggunaan NHL dalam campuran AC-WC belum banyak diteliti, meskipun beberapa penelitian menunjukkan peningkatan performa pada campuran beraspal. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan NHL sebagai subti- tusi bahan pengisi terhadap desain campuran AC-WC, mengingat ukuran dan berat jenis NHL yang berbeda dengan bahan pengisi debu batu pada umumnya [14]. Selain itu penelitian ini juga dimaksudkan untuk mengetahui nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) pada campuran AC-WC dengan menggunakan bahan pengisi NHL sebagai bahan pengisi subtitusi pada campuran. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi untuk pengem- bangan teknologi campuran AC-WC yang lebih unggul dan dapat meningkatkan kualitas jalan [15].

2. METODE PENELITIAN

2.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental, yaitu dilakukan di laboratorium dengan tujuan untuk mengidentifikasi sebab-akibat antara variabel. Proses penelitian ini dilakukan melalui serangkaian pengujian terhadap karakteristik bahan yang digunakan sesuai dengan persyaratan yang ditentukan.

2.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Aspal Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare, Jl. Jend. Ahmad Yani No. Km. 6, Kel. Bukit Harapan, Kec. Soreang kota Parepare. Pengambilan filler dari abu sekam padi diambil dari salah satu pabrik yang ada di Kabupaten Pinrang, Sulawesi Selatan dan filler *Fly ash* di ambil di PLTU Barru, Sulawesi Selatan.

2.3. Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan alat yang tersedia di laboratorium, yaitu mesin *Los Angeles*, saringan (ayakan), mesin penggetar ayakan (*sieve shaker*), oven, timbangan, talang, kompor, wajan, spatula, *thermometer*, *mold compactor*, , dongkrak, dan alat *Marshall*.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari agregat halus (abu batu), agregat kasar (batu pecah ukuran 0,5-1), agregat kasar (batu pecah ukuran 1-2), semen, dan aspal penetrasi 60/70. Agregat kasar dan halus yang digunakan berasal dari S gunung alitta,Kabupaten pinrang, Sulawesi selatan

(Ini adalah artikel akses terbuka di bawah CC BY ND-lisensi 4.0)

2.4. Teknik Pengumpulan Data

a. Pengujian Agregat

Dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik dari setiap benda uji, apakah bahan tersebut mempunyai karakteristik yang telah memenuhi spesifikasi yang digunakan. Pengujian tersebut berupa pengujian berat jenis dan penyerapan, analisa saringan dan keausan.

b. Pembuatan Benda Uji

Rancangan campuran dalam pembuatan benda uji dilakukan uji marshall menggunakan beberapa sampel percobaan campuran aspal dengan kadar aspal yang berbeda dengan mengevaluasi hasil dari setiap sampel percobaan.

c. Pengujian *Marshall*

Setelah dilakukan pengujian *marshall* nilai stabilitas dan *flow* didapat, selanjutnya menghitung parameter *marshall*. Kemudian menggambarkan hubungan antara kadar aspal dan parameter *Marshall*, yaitu: Stabilitas, *Flow*, *Voids in Mix* (VIM), *Voids in Material Agregat* (VMA), *Voids Filled with Bitumen* (VFA) dan *Marshall Quotient* (MQ).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisik agregat

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat pada penelitian ini terdiri dari pengujian berat jenis agregat kasar dan agregat halus..

Tabel 1. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar 1-2

No.	Perhitungan	Hasil pemeriksaan	Spek	Satuan	Ket.
1	Berat jenis bulk	2.54			Memenuhi
2	Berat jenis kering permukaan	2.60	Min 2.5	gr	Memenuhi
3	Berat jenis semu	2.69			Memenuhi
4	Penyerapan (Absorption)	2.13	Maks. 3	%	Memenuhi

Adapun dari pengujian berat jenis agregat kasar 1-2 diatas didapat berat jenis bulk 2.54 gr, berat jenis kering permukaan 2.60 gr, berat jenis semu 2.69 gr, dan penyerapan 2.13%. Jadi dari hasil analisis berat jenis agregat kasar 1-2 telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu berat jenis minimum 2.5 gr dan penyerapan air maksimal 3%.

Tabel 2. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar 0,5-1

No.	Perhitungan	Hasil pemeriksaan	Spek	Satuan	Ket.
1	Berat jenis bulk	2.78			Memenuhi
2	Berat jenis kering permukaan	2.82	Min 2.5	gr	Memenuhi
3	Berat jenis semu	2.91			Memenuhi
4	Penyerapan (Absorption)	1.61	Maks. 3	%	Memenuhi

Adapun dari pengujian berat jenis agregat kasar 0.5-1 diatas didapat berat jenis bulk 2.78 gr, berat jenis kering permukaan 2.82 gr, berat jenis semu 2.91 gr, dan penyerapan 1.61%. Jadi dari hasil analisis berat jenis agregat kasar 0.5-1 telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu berat jenis minimum 2.5 gr dan penyerapan air maksimal 3%.

Tabel 3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

No.	Perhitungan	Hasil pemeriksaan	Spek	Satuan	Ket.
1	Berat jenis bulk	2.53	Min 2.5	gr	Memenuhi

(Ini adalah artikel akses terbuka di bawah CC BY ND-lisensi 4.0)

2	Berat jenis kering permukaan	2.55			Memenuhi
3	Berat jenis semu	2.59			Memenuhi
4	Penyerapan (Absorption)	0.92	Maks. 3	%	Memenuhi

Dari pengujian berat jenis agregat halus (abu batu) di atas didapat nilai berat jenis bulk 2.53 gr, berat jenis kering permukaan 2.55 gr, berat jenis semu 2.59 gr, dan penyerapan 0.92%. Berdasarkan persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 berat jenis yaitu minimum 2.5 dan penyerapan air maksimal 3% maka agregat dalam pengujian ini telah memenuhi.

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar

Saringan		Berat		Spek
Lolos	**Tertahan**	**Sebelum (gr)**	**Sesudah (gr)**	
19 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	2500	4216.4	
12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	2500	4216.4	
Jumlah Berat (gram)		5000	4216.4	
Berat Tertahan Berat Tertahan Saringan No. 12 (gram)		5000	4216.4	
Persen Keausan		15.672 %		Maks.30%

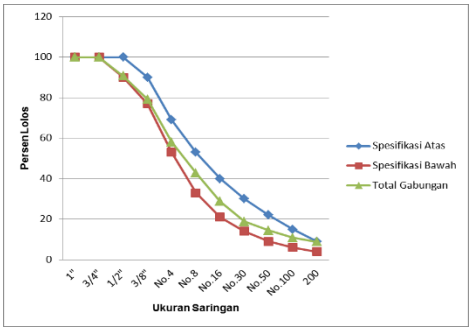
Pemeriksaan keausan (abrasi) agregat kasar menggunakan mesin Los Angeles kemudian diputar 500 putaran bersama dengan bola-bola baja sebanyak 11 bola. Maka diperoleh nilai keausan sebesar 15.672%. Sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang digunakan maksimal 30%.

Tabel 5. Hasil Pengujian Aspal

No	Jenis Pengujian	Hasil pemeriksaan	Spek	Satuan	Keterangan
1	Berat jenis aspal	1,01	≥ 1,0	gr/cc	Memenuhi
2	Titik lembek aspal	49	≥ 48	^{0}C	Memenuhi
3	Kehilangan berat aspal	0,4	≤ 0,8	0,1 mm	Memenuhi
4	Penetrasi pada 25^{0}C	68	60-70	%	Memenuhi

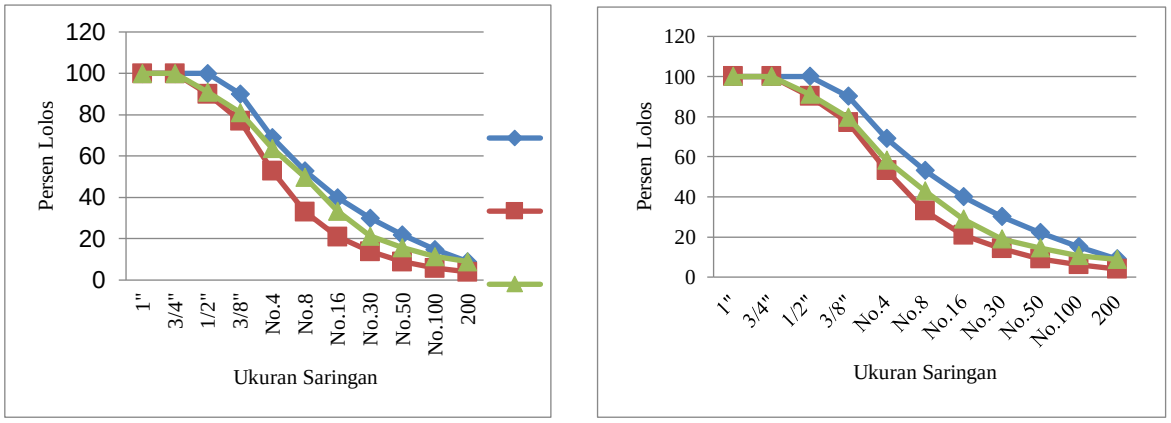
Dari hasil pengujian aspal diatas diperoleh nilai berat jenis aspal 1.01 gr/cc, titik lembek aspal 49^{0}C, kehilangan berat aspal 0.4 dan penetrasi pada 25^{0}C, sebesar 68%. Berdasarkan persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 pemeriksaan aspal maka aspal dalam pengujian ini memenuhi.

3.2 Hasil Rancangan Campuran

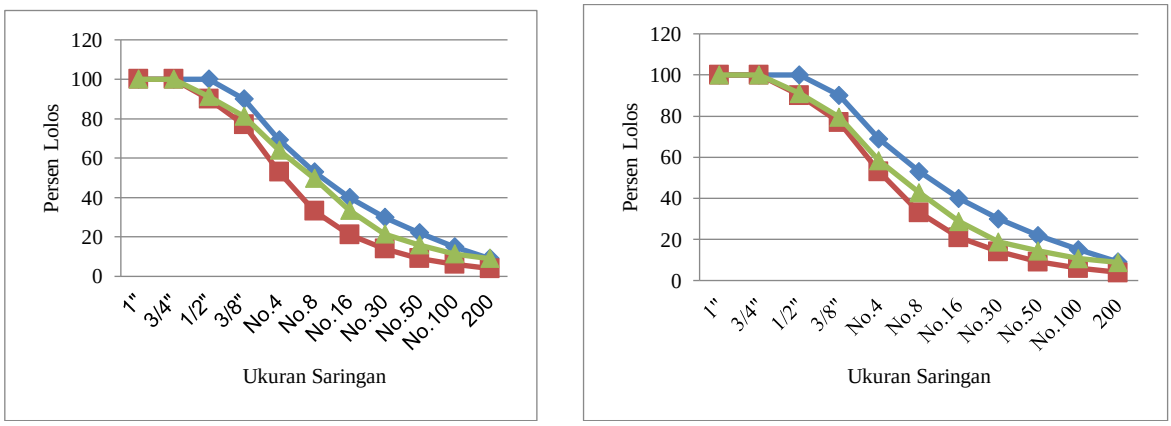


Gambar 1. Grafik Hasil Gradasi Agregat Gabungan Campuran Normal%

(Ini adalah artikel akses terbuka di bawah CC BY ND-lisensi 4.0)



Gambar 2. Grafik Hasil Gradasi Agregat Gabungan filler abu sekam padi 1% dan 2%



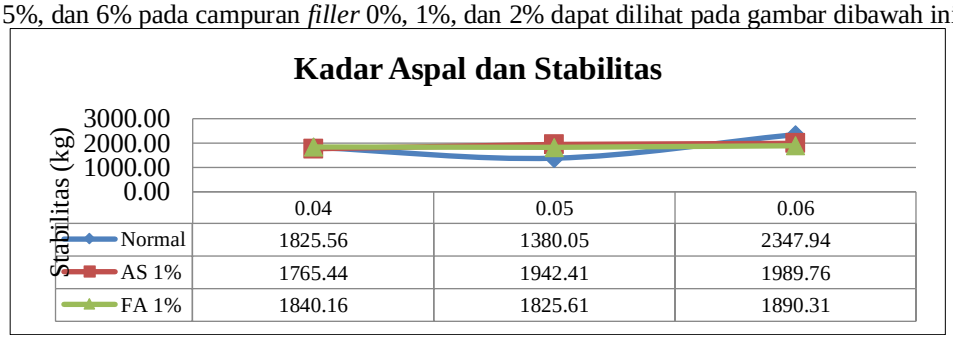
Gambar 3. Grafik Hasil Gradasi Agregat Gabungan filler fly ash 1% dan 2%

Dari hasil pemeriksaan analisa saringan maka gradasi agregat diperoleh seperti pada tabel diatas. Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal, ditunjukan dalam persen terhadap berat agregat, harus memenuhi batas-batas dan khusus untuk campuran AC-WC harus berada di antara batas atas dan batas bawah yang sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Dari hasil gradasi agregat gabungan diatas telah memenuhi batas-batas Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.

3.3 Hasil Pengujian Marshall

a. Stabilitas

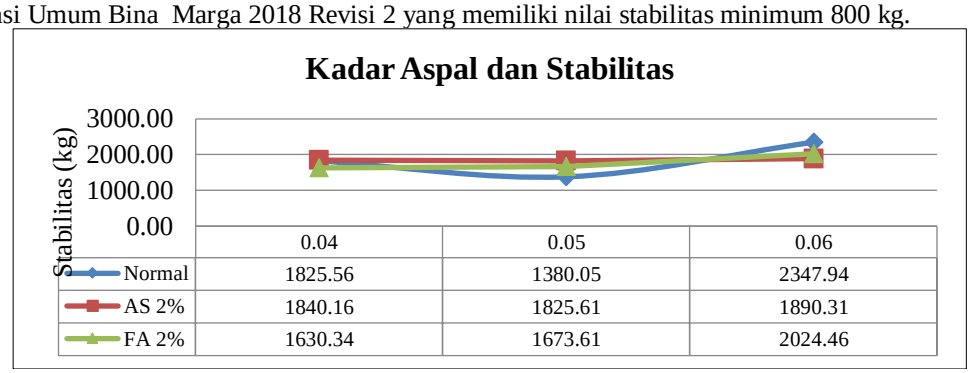
Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik hubungan nilai stabilitas dengan kadar aspal 4%, 5%, dan 6% pada campuran *filler* 0%, 1%, dan 2% dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. Grafik hubungan antara kadar aspal 4%, 5%, dan 6% dengan stabilitas pada campuran filler normal, abu sekam padi 1% dan fly ash 1%

(Ini adalah artikel akses terbuka di bawah CC BY ND-lisensi 4.0)

Hubungan antara stabilitas dan kadar aspal pada campuran normal menunjukkan bahwa kadar aspal 4%, 5% dan 6% pada campuran filler normal, abu sekam padi 1% dan fly ash 1%. Pada filler normal didapatkan nilai stabilitas sebesar 1825.26, 1380.05 dan 2347.94, kemudian pada filler abu sekam padi 1% didapatkan nilai stabilitas sebesar 1765.44, 1942.41 dan 1989.76, dan pada filler fly ash 1% didapatkan nilai stabilitas sebesar 1840.16, 1825.61 dan 1890.31.Dari hasil pengujian untuk nilai stabilitas dari gambar diatas dapat di lihat bahwa nilai stabilitas pada campuran filler normal, abu sekam padi 1% dan fly ash 1% semuanya memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai stabilitas minimum 800 kg.

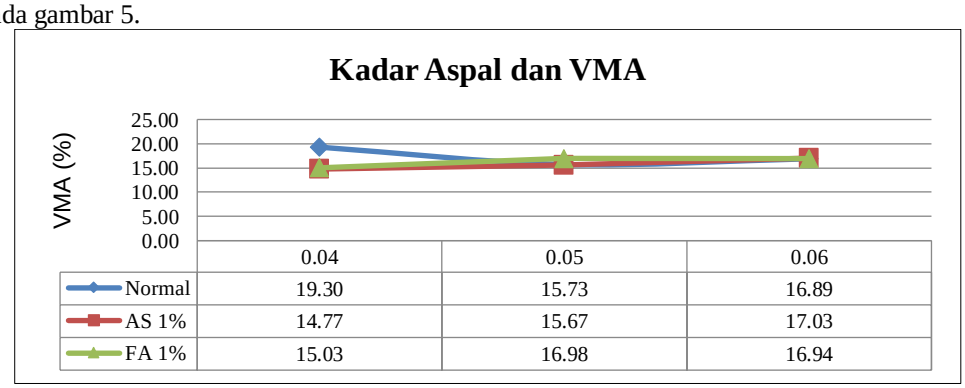


Gambar 5. Grafik hubungan antara kadar aspal 4%, 5%, dan 6% dengan stabilitas pada campuran filler normal, abu sekam padi 2% dan fly ash 2%

Hubungan stabilitas dengan kadar aspal 4%, 5% dan 6% pada campuran filler normal, abu sekam padi 2% dan fly ash 2%. Pada filler normal didapatkan nilai stabilitas sebesar 1825.26, 1380.05 dan 2347.94, kemudian pada filler abu sekam padi 2% didapatkan nilai stabilitas sebesar 1840.16, 1825.61 dan 1890.31, dan pada filler fly ash 2% didapatkan nilai stabilitas sebesar 1630.34, 1673.61 dan 2024.46. Dari hasil pengujian untuk nilai stabilitas dari gambar 4.6 dapat di lihat bahwa nilai stabilitas pada campuran filler normal, abu sekam padi 2% dan fly ash 2% semuanya memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai stabilitas minimum 800 kg.

b. Rongga Antara Mineral Agregat (VMA)

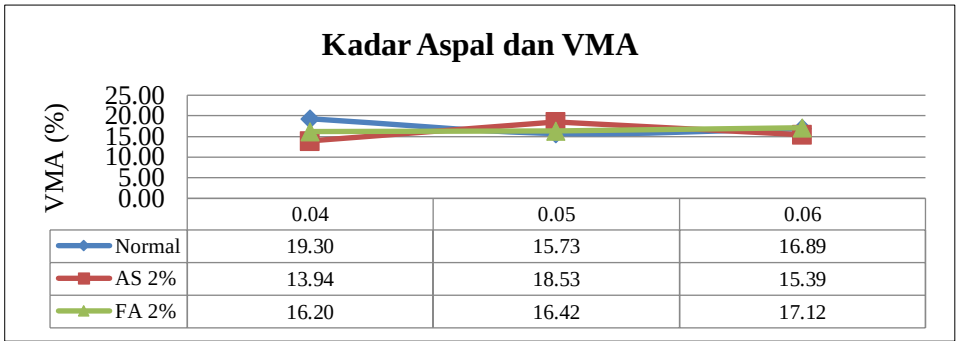
Nilai VMA yang didapat pada kadar aspal 4%, 5%, dan 6% dengan campuran filler 0%, 1%, dan 2% dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 6. Grafik hubungan antara kadar aspal 4%, 5%, dan 6% dengan VMA pada campuran filler normal, abu sekam padi 1% dan fly ash 1%

Hubungan VMA dengan kadar aspal 4%, 5% dan 6% pada campuran filler normal, abu sekam padi 1% dan fly ash 1%. Pada filler normal didapatkan nilai VMA sebesar 19.30, 15.73 dan 16.89, kemudian pada filler abu sekam padi 1% didapatkan nilai VMA sebesar 14.77, 15.67 dan 17.03, dan pada filler fly ash 1% didapatkan nilai VMA sebesar 15.03, 16.98 dan 16.94. Dari hasil pengujian untuk nilai VMA dari gambar 4.8 dapat di lihat bahwa nilai VMA pada campuran filler normal, abu sekam padi 1% dan fly ash 1% semuanya memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai VMA minimum 15%

(Ini adalah artikel akses terbuka di bawah CC BY ND-lisensi 4.0)



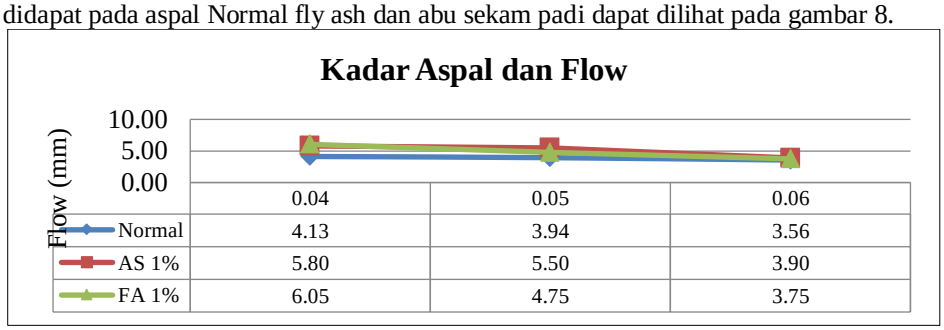
	0.04	0.05	0.06
Normal	19.30	15.73	16.89
AS 2%	13.94	18.53	15.39
FA 2%	16.20	16.42	17.12

Gambar 7. Grafik hubungan antara kadar aspal 4%, 5%, dan 6% dengan VMA pada campuran filler normal, abu sekam padi 2% dan fly ash 2%

Hubungan VMA dengan kadar aspal 4%, 5% dan 6% pada campuran filler normal, abu sekam padi 2% dan fly ash 2%. Pada filler normal didapatkan nilai VMA sebesar 19.30, 15.73 dan 16.89, kemudian pada filler abu sekam padi 2% didapatkan nilai VMA sebesar 13.94, 18.53 dan 15.39, dan pada filler fly ash 2% didapatkan nilai stabilitas sebesar 16.20, 16.42 dan 17.12. Dari hasil pengujian untuk nilai VMA dari gambar 4.9 dapat di lihat bahwa nilai VMA pada campuran filler normal, abu sekam padi 2% dan fly ash 2% semuanya memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai VMA minimum 15%

c. Kelelehan (*flow*)

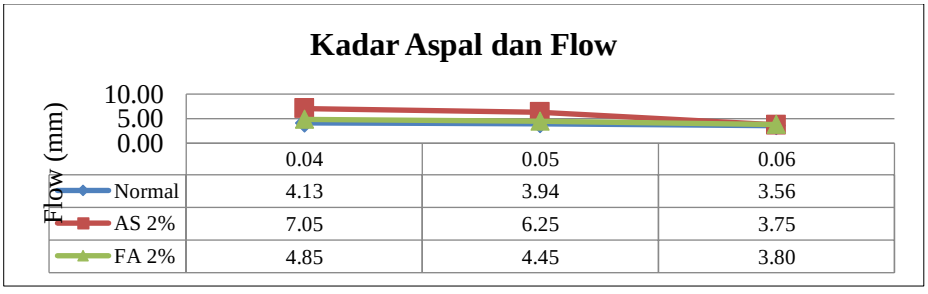
Nilai flow didapat pada aspal Normal fly ash dan abu sekam padi dapat dilihat pada gambar 8.



	0.04	0.05	0.06
Normal	4.13	3.94	3.56
AS 1%	5.80	5.50	3.90
FA 1%	6.05	4.75	3.75

Gambar 8. Grafik hubungan antara kadar aspal 4%, 5%, dan 6% dengan flow pada campuran filler normal, abu sekam padi 1% dan fly ash 1%

hubungan flow dengan kadar aspal 4%, 5% dan 6% pada campuran filler normal, abu sekam padi 1% dan fly ash 1%. Pada filler normal didapatkan nilai flow sebesar 4.13, 3.94 dan 3.56, kemudian pada filler abu sekam padi 1% didapatkan nilai flow sebesar 5.80, 5.50 dan 3.90, dan pada filler fly ash 1% didapatkan nilai flow sebesar 6.05, 4.75 dan 3.75. Dari hasil pengujian untuk nilai flow dari gambar 4.10 dapat di lihat bahwa nilai flow pada campuran filler normal pada kadar aspal 5% dan 6%, abu sekam padi 1% pada kadar aspal 6% dan fly ash 1% pada kadar aspal 6% telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai flow 2-4 mm. Sedangkan pada filler normal pada kadar aspal 4%, abu sekam padi 1% pada kadar aspal 4% dan 5%, fly ash 1% pada kadar aspal 4% dan 5% tidak memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai flow 2-4 mm



	0.04	0.05	0.06
Normal	4.13	3.94	3.56
AS 2%	7.05	6.25	3.75
FA 2%	4.85	4.45	3.80

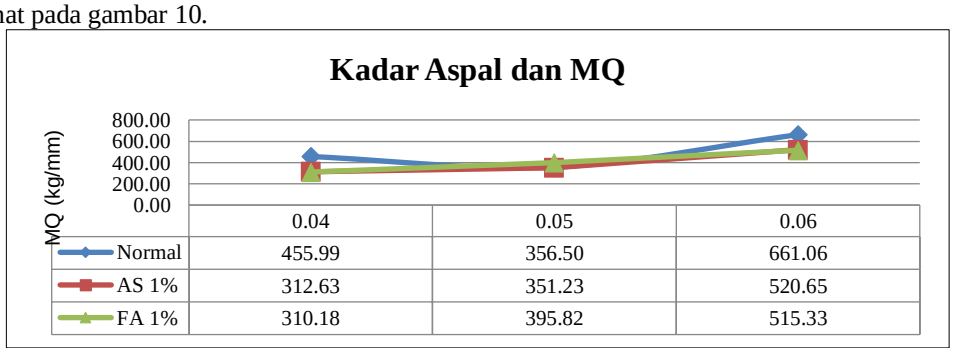
(Ini adalah artikel akses terbuka di bawah CC BY ND-lisensi 4.0)

Gambar 9. Grafik hubungan antara kadar aspal 4%, 5%, dan 6% dengan flow pada campuran filler normal, abu sekam padi 2% dan fly ash 2%

Hubungan flow dengan kadar aspal 4%, 5% dan 6% pada campuran filler normal, abu sekam padi 2% dan fly ash 2%. Pada filler normal didapatkan nilai flow sebesar 4.13, 3.94 dan 3.56, kemudian pada filler abu sekam padi 2% didapatkan nilai flow sebesar 7.05, 6.25 dan 3.75, dan pada filler fly ash 2% didapatkan nilai flow sebesar 4.85, 4.45 dan 3.80. Dari hasil pengujian untuk nilai flow dari gambar dapat di lihat bahwa nilai flow pada campuran filler normal pada kadar aspal 5% dan 6%, abu sekam padi 2% pada kadar aspal 6% dan fly ash 2% pada kadar aspal 6% telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai flow 2-4 mm. Sedangkan pada filler normal pada kadar aspal 4%, abu sekam padi 2% pada kadar aspal 4% dan 5%, fly ash 2% pada kadar aspal 4% dan 5% tidak memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai flow 2-4.

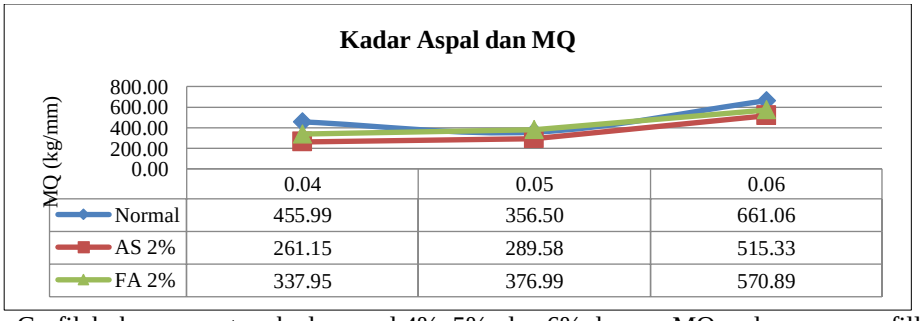
d. *Marshall Quotient*

Nilai MQ yang didapat pada campuran aspal normal serta penambahan *filler Fly ash* dan abu sekam padi dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Grafik hubungan antara kadar aspal 4%, 5%, dan 6% dengan MQ pada campuran filler normal, abu sekam padi 1% dan *fly ash* 1%

Nilai MQ dengan kadar aspal 4%, 5% dan 6% pada campuran filler normal, abu sekam padi 1% dan *fly ash* 1%. Pada filler normal didapatkan nilai MQ sebesar 455.99, 356.50 dan 661.06, kemudian pada filler abu sekam padi 1% didapatkan nilai MQ sebesar 312.63, 351.23 dan 520.65, dan pada filler fly ash 1% didapatkan nilai MQ sebesar 310.18, 395.82 dan 515.33. Dari hasil pengujian untuk nilai MQ dari gambar 4.12 dapat di lihat bahwa nilai VMA pada campuran filler normal, abu sekam padi 1% dan *fly ash* 1% semuanya memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai MQ minimum 250 kg/mm.



Gambar 11. Grafik hubungan antara kadar aspal 4%, 5%, dan 6% dengan MQ pada campuran filler normal, abu sekam padi 2% dan fly ash 2%

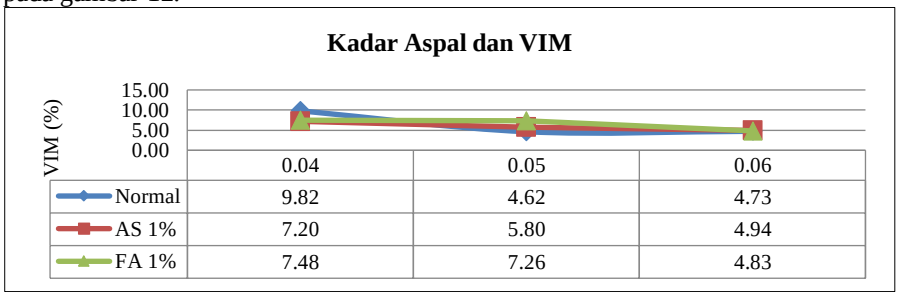
Nilai MQ dengan kadar aspal 4%, 5% dan 6% pada campuran filler normal, abu sekam padi 1% dan fly ash 1%. Pada filler normal didapatkan nilai MQ sebesar 455.99, 356.50 dan 661.06, kemudian pada filler abu sekam padi 2% didapatkan nilai MQ sebesar 261.15, 289.58 dan 515.33, dan pada filler fly ash 2% didapatkan nilai MQ sebesar 337.95, 376.99 dan 570.89. Dari hasil pengujian untuk nilai MQ dari gambar 4.12 dapat di lihat bahwa nilai MQ pada campuran filler normal, abu sekam padi 2% dan fly ash 2%

(Ini adalah artikel akses terbuka di bawah CC BY ND-lisensi 4.0)

semuanya memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai MQ minimum 250 kg/mm.

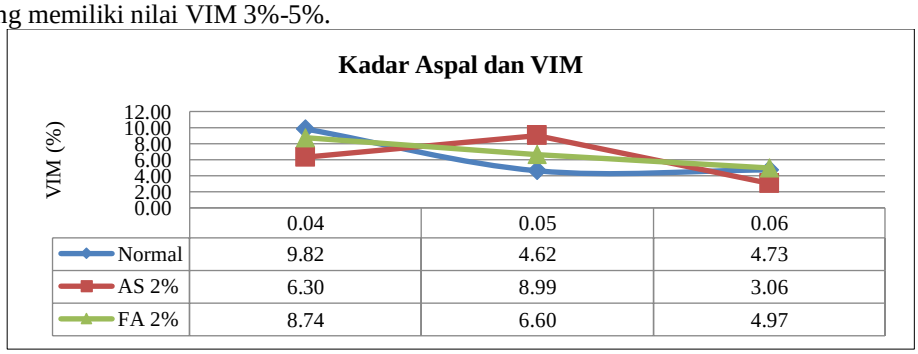
e. Rongga Terhadap Campuran (VIM)

Nilai VIM yang didapat pada campuran aspal normal serta penambahan *filler Fly ash* dan abu sekam padi dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Grafik hubungan antara kadar aspal 4%, 5%, dan 6% dengan VIM pada campuran filler normal, abu sekam padi 1% dan fly ash 1%

Nilai VIM dengan kadar aspal 4%, 5% dan 6% pada campuran filler normal, abu sekam padi 1% dan fly ash 1%. Pada filler normal didapatkan nilai VIM sebesar 9.82, 4.62 dan 4.73, kemudian pada filler abu sekam padi 1% didapatkan nilai VIM sebesar 7.20, 5.80 dan 4.94, dan pada filler fly ash 1% didapatkan nilai VIM sebesar 7.48, 7.26 dan 4.83. Dari hasil pengujian untuk nilai VIM dari gambar dapat di lihat bahwa nilai VIM pada campuran filler normal pada kadar aspal 5% dan 6%, abu sekam padi 1% pada kadar aspal 6% dan fly ash 1% pada kadar aspal 6% telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai VIM 3%-5%. Sedangkan pada filler normal pada kadar aspal 4%, abu sekam padi 1% pada kadar aspal 4% dan 5%, fly ash 1% pada kadar aspal 4% dan 5% tidak memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai VIM 3%-5%.



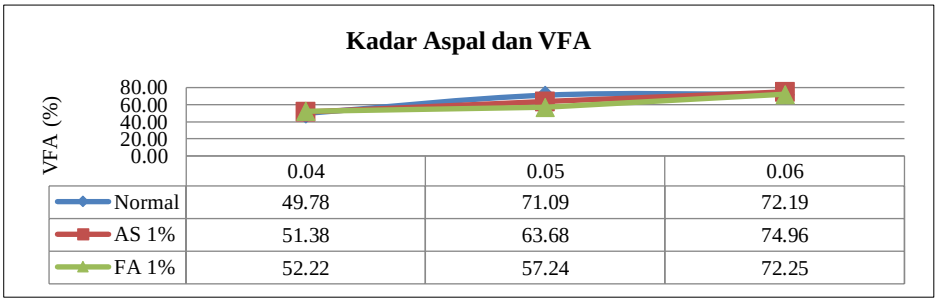
Gambar 13. Grafik hubungan antara kadar aspal 4%, 5%, dan 6% dengan VIM pada campuran filler normal, abu sekam padi 2% dan fly ash 2%

Nilai VIM dengan kadar aspal 4%, 5% dan 6% pada campuran filler normal, abu sekam padi 2% dan fly ash 2%. Pada filler normal didapatkan nilai VIM sebesar 9.82, 4.62 dan 4.73, kemudian pada filler abu sekam padi 2% didapatkan nilai VIM sebesar 6.30, 8.99 dan 3.06, dan pada filler fly ash 2% didapatkan nilai VIM sebesar 8.74, 6.60 dan 4.97. Dari hasil pengujian untuk nilai VIM dari gambar 4.15 dapat di lihat bahwa nilai VIM pada campuran filler normal pada kadar aspal 5% dan 6%, abu sekam padi 2% pada kadar aspal 6% dan fly ash 2% pada kadar aspal 6% telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai flow 3%-5%. Sedangkan pada filler normal pada kadar aspal 4%, abu sekam padi 2% pada kadar aspal 4% dan 5%, fly ash 2% pada kadar aspal 4% dan 5% tidak memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai VIM 3%-5%.

f. Rongga Terisi Aspal (VFA)

Nilai VFA didapat pada aspal normal seta penggunaan *filler Fly ash* dan abu sekam padi dapat dilihat pada gambar 14.

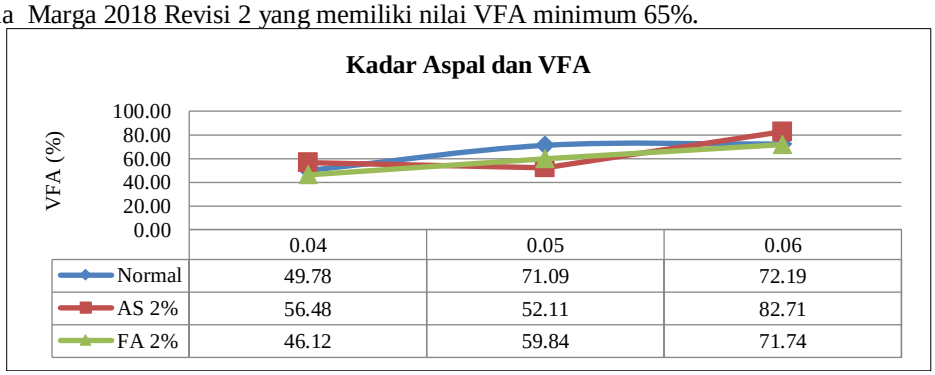
(Ini adalah artikel akses terbuka di bawah CC BY ND-lisensi 4.0)



	0.04	0.05	0.06
Normal	49.78	71.09	72.19
AS 1%	51.38	63.68	74.96
FA 1%	52.22	57.24	72.25

Gambar 14. Grafik hubungan antara kadar aspal 4%, 5%, dan 6% dengan VFA pada campuran filler normal, abu sekam padi 1% dan fly ash 1%

Nilai VFA dengan kadar aspal 4%, 5% dan 6% pada campuran filler normal, abu sekam padi 1% dan fly ash 1%. Pada filler normal didapatkan nilai VFA sebesar 49.78, 71.09 dan 72.19 kemudian pada filler abu sekam padi 1% didapatkan nilai VFA sebesar 51.38, 63.68 dan 74.96, dan pada filler fly ash 1% didapatkan nilai VFA sebesar 52.22, 57.24 dan 72.25. Dari hasil pengujian untuk nilai VFA dari gambar 4.16 dapat di lihat bahwa nilai VFA pada campuran filler normal pada kadar aspal 5% dan 6%, abu sekam padi 1% pada kadar aspal 6% dan fly ash 1% pada kadar aspal 6% telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai VFA minimum 65%. Sedangkan pada filler normal pada kadar aspal 4%, abu sekam padi 1% pada kadar aspal 4% dan 5%, fly ash 1% pada kadar aspal 4% dan 5% tidak memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai VFA minimum 65%.



	0.04	0.05	0.06
Normal	49.78	71.09	72.19
AS 2%	56.48	52.11	82.71
FA 2%	46.12	59.84	71.74

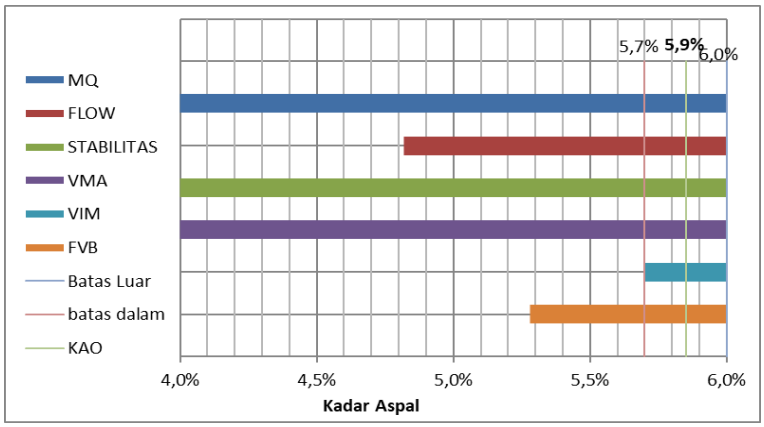
Gambar 15. Grafik hubungan antara kadar aspal 4%, 5%, dan 6% dengan VFA pada campuran filler normal, abu sekam padi 2% dan fly ash 2%

VFA dengan kadar aspal 4%, 5% dan 6% pada campuran filler normal, abu sekam padi 2% dan fly ash 2%. Pada filler normal didapatkan nilai VFA sebesar 49.78, 71.09 dan 72.19 kemudian pada filler abu sekam padi 2% didapatkan nilai VFA sebesar 56.48, 52.11 dan 82.71, dan pada filler fly ash 2% didapatkan nilai VFA sebesar 46.12, 59.84 dan 71.74. Dari hasil pengujian untuk nilai VFA dari gambar 4.17 dapat di lihat bahwa nilai VFA pada campuran filler normal pada kadar aspal 5% dan 6%, abu sekam padi 2% pada kadar aspal 6% dan fly ash 2% pada kadar aspal 6% telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai VFA minimum 65%. Sedangkan pada filler normal pada kadar aspal 4%, abu sekam padi 2% pada kadar aspal 4% dan 5%, fly ash 2% pada kadar aspal 4% dan 5% tidak memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai VFA minimum 65%.

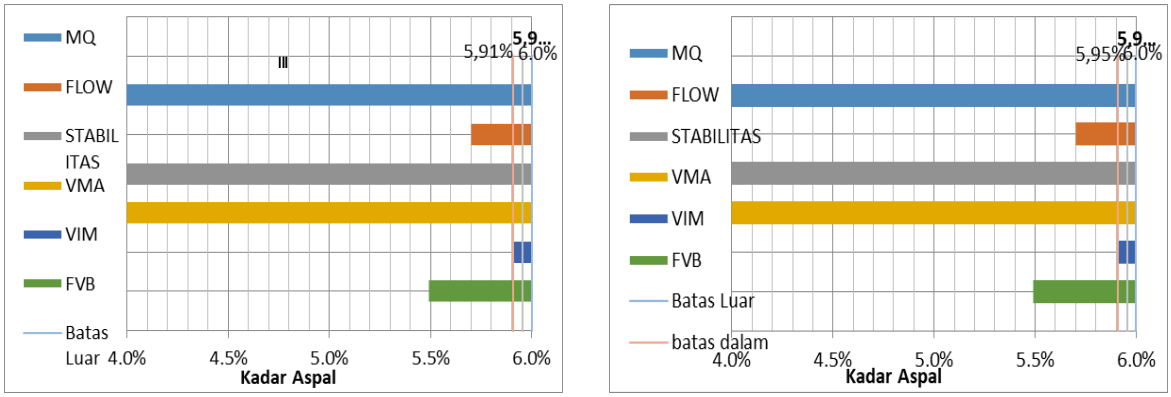
3.4 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar aspal optimum adalah jumlah aspal yang digunakan dalam campuran agar dapat tercapai persyaratan stabilitas, VMA, VIM,VFB, Flow, dan marshall quotient (MQ) dalam penentuan kadar aspal optimum untuk menetapkan berapa besarnya kadar aspal efektif dalam campuran yang diperlukan untuk pembuatan benda uji baru dengan komposisi agregat sama namun dengan kadar aspal optimum yang telah ditentukan. Berikut ini kadar aspal optimum yang diperoleh dari pengujian marshall pada gambar dibawah ini.

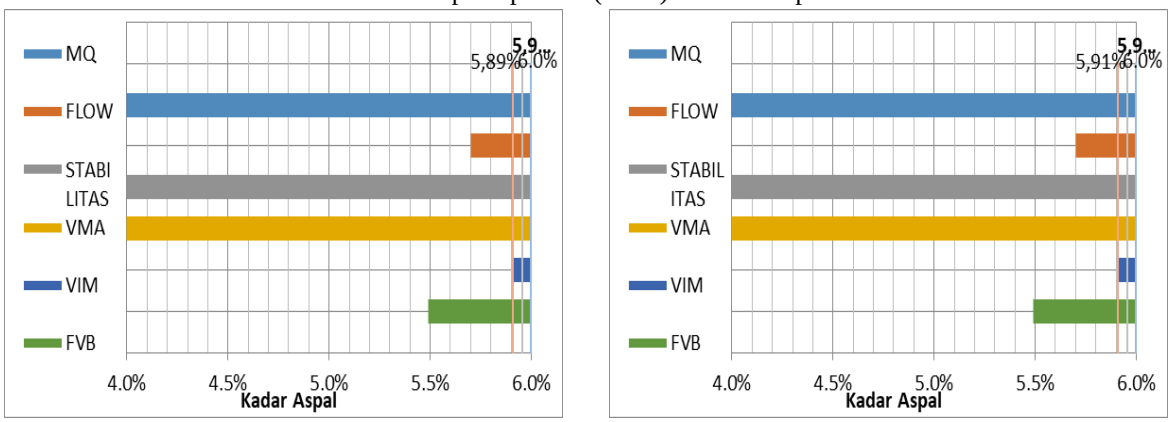
(Ini adalah artikel akses terbuka di bawah CC BY ND-lisensi 4.0)



Gambar 16. Kadar Aspal Optimum(KAO) Normal



Gambar 17. Kadar Aspal Optimum(KAO) abu sekam padi 1% dan 2%



Gambar 18. Kadar Aspal Optimum (KAO) Fly ash 1% dan 2%

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan fly ash dan abu sekam padi sebagai filler alternatif dalam campuran perkerasan jalan Laston AC-WC dengan kadar filler 1% dan 2% mempengaruhi sifat fisik dan parameter Marshall seperti stabilitas, VMA, dan MQ pada kadar aspal 4%, 5%, dan 6%. Nilai VIM, VFA, dan kelelehan (flow) pada kadar aspal 4%, 5% dan 6% memenuhi standar Bina Marga 2018 Revisi 2. Stabilitas campuran dengan filler fly ash dan abu sekam padi menunjukkan variasi nilai tergantung kadar aspal, dengan nilai tertinggi pada filler 2%. VMA meningkat seiring dengan penambahan filler, sementara nilai flow juga menunjukkan peningkatan. Nilai VIM dan VFA bervariasi, di mana nilai VFA pada filler 0%

(Ini adalah artikel akses terbuka di bawah CC BY ND-lisensi 4.0)

cenderung lebih tinggi daripada filler 1% dan 2%, sedangkan nilai VIM menunjukkan tren yang berbeda. MQ menunjukkan fluktuasi berdasarkan kadar aspal dan jenis filler. Kadar aspal optimum diperoleh pada 5,9% untuk filler 0% , filler abu sekam padi 1% 5,96% , abu sekam padi 2% 5,98% dan untuk filler fly ash 1% 5,95%, untuk filler 2% 5.96%.

REFERENSI

[1] H. Hermansyah, A. F. Isnan, and F. Yanti, "Karakteristik Marshall pada Campuran Aspal HRS-WC Menggunakan Abu Sekam Padi," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 5, no. 1, p. 60, 2022, doi: 10.30737/jurmateks.v5i1.2770.

[2] D. J. B. Marga, *Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga Nomor 16.1/SE/Db/2020 Tentang Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2)*. Jakarta: Jenderal Bina Marga, 2018.

[3] S. Dewi, R., & Ardianto, "Pengaruh Substitusi Hydrated Lime terhadap Kualitas dan Ketahanan Campuran Aspal," *Tek. Sipil dan Infrastruktur*, vol. 21, no. 2, pp. 67–76, 2020.

[4] A. Institute, *Asphalt Mix Design Methods, MS-2*. MD: Collee Park, 2015.

[5] A. Riyanto and R. D. Prasetya, "Pengaruh Kadar Filler Fly Ash dalam Campuran AC-WC dengan Pasir Pantai Takisung sebagai Agregat Halus Ditinjau dari Aspek Ketidakrataan dan Properties Marshall," *Din. Tek. Sipil Maj. Ilm. Tek. Sipil*, vol. 13, no. 2, pp. 37–47, 2020, doi: 10.23917/dts.v13i2.13053.

[6] P. R. Witri, "Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Beton Ac-Wc," *Abstr. Undergrad. Res. Fac. Civ. Plan. Eng. Bung Hatta Univ.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–2, 2022, [Online]. Available: https://ejurnal.bunghatta.ac.id/index.php/JFTSP/article/view/20631

[7] B. Setiawan, "Analisis Perbandingan Karakteristik Perkerasan Jalan Raya AC-BC Menggunakan Abu Sekam Padi Sebagai Filler Alternatif," *J. Tek. Ind. Terintegrasi*, vol. 5, no. 2, pp. 213–228, 2022, doi: 10.31004/jutin.v5i2.15606.

[8] Y. S. 2022 Muhammad, "Pengaruh Penggunaan Semen Pcc Dan Sekam Padi Sebagai Filler Dalam Campuran Aspal Ac-Wc Ditinjau Dari Durability Dan," *Bina Darma Conf. Eng. Sci.*, pp. 283–289.

[9] P. Maya, S., & Adi, "Pengaruh Hydrated Lime Terhadap Sifat Durabilitas Campuran Aspal AC-WC," *Tek. Perkerasan Jalan*, vol. 22, no. 3, pp. 64–73, 2021.

[10] T. S. Indriyati, A. Malik, and Y. Alwinda, "Kajian Pengaruh Pemanfaatan Limbah Faba (Fly Ash Dan Bottom Ash) Pada Konstruksi Lapisan Base Perkerasan Jalan," *J. Tek.*, vol. 13, no. 2, pp. 112–119, 2019, doi: 10.31849/teknik.v13i2.3168.

[11] S. D. Mendoza *et al.*, "No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における 健康関連指標に関する共分散構造分析 Title," *Nat. Microbiol.*, vol. 3, no. 1, p. 641, 2020, [Online]. Available: http://dx.doi.org/10.1038/s41421-020-0164-0%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.solener.2019.02.027%0Ahttps://www.golder.com/insights/block-caving-a-viable-alternative/%0A???%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/s41467-020-15507-2%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/s41587-020-05

[12] Resy Victoria, Ade Nurdin, and M.Nuklirullah, "Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Pengganti Abu Batu Dalam Campuran Asphalt Concrete – Wearing Course (Ac-Wc) Terhadap Parameter Marshall," *Inersia J. Tek. Sipil*, vol. 15, no. 1, pp. 57–64, 2023, doi: 10.33369/ijts.15.1.57-64.

[13] A. Nurdin, Erlangga, and M. Nuklirullah, "AC-WC Strength Analysis with the Marshall Method on Fly Ash Mixture as a Substitute for Stone Ash Materials," *J. Komposit J. Ilmu-ilmu Tek. Sipil*, vol. 7, no. 2, pp. 161–165, 2023, [Online]. Available: http://dx.doi.org/10.32832/komposit.v7i1.9190

[14] J. Syawal *et al.*, "Nano Hydrated Lime Terhadap Perancangan," *Transportasi*, vol. 23, no. 1, pp. 37–44, 2023.

[15] E. E. Putri, R. M. Arasy, and P. O. Martua, "Penggunaan Kapur Palupuh dan Kapur Rao-Rao pada Asphalt Concrete - Wearing Course," *J. Ilm. Rekayasa Sipil*, vol. 20, no. 2, pp. 167–178, 2023, doi:

(Ini adalah artikel akses terbuka di bawah CC BY ND-lisensi 4.0)

10.30630/jirs.v20i2.1085.

(Ini adalah artikel akses terbuka di bawah CC BY ND-lisensi 4.0)