

**Konsistensi dan *Setting Time* Bubur Aspal Emulsi Menggunakan
Filler Fly Ash dan *Mastic Asbuton***

I Dewa Made Alit Karyawan^{*1}, Made Mahendra², BuanAnshari³, Ery Setiawan⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

Jl. Majapahit No.62 Mataram

Submitted : 21, September, 2023;

Accepted: 30, Oktober, 2023

Abstrak

Kinerja perkerasan jalan mengalami penurunan sepanjang masa pelayanan. Karena itu perlu upaya untuk menjaga kestabilan kondisi jalan dengan melakukan pemeliharaan. Campuran bubur aspal emulsi (*slurry seal*) saat ini banyak digunakan untuk pemeliharaan jalan. Sebagai bahan campuran, digunakan agregat, bahan pengisi (*filler*), aspal emulsi dan air. Penggunaan *mastic asbuton* (hasil ekstraksi) dan *fly ash* sebagai campuran *slurry seal* dengan metode campuran dingin, sebagai upaya pemanfaatan sumber daya alam (*asbuton*) dan limbah (*fly ash*). Kinerja campuran *slurry seal* dapat dilihat dari nilai konsistensi dan waktu pengerasan (*setting time*), sehingga tujuan penelitian adalah menentukan konsistensi optimum dan nilai *setting time*. Sampel dibuat dengan 5 variasi persentase *mastic asbuton* (MA) dan *fly ash* (FA), yaitu 0%MA : 100%FA; 25%MA : 75%FA; 50%MA : 50%FA; 75%MA : 25%FA dan 100%MA : 0%FA. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai konsistensi semua variasi campuran *slurry seal* memenuhi persyaratan. Kadar aspal emulsi optimum 13% dengan pra-pembasahan 5% dan penambahan air 10% terhadap berat kering total agregat. Semakin tinggi kandungan *filler mastic asbuton* (penurunan kadar *filler fly ash*) maka nilai *setting time* semakin besar karena *filler fly ash* mempunyai nilai penyerapan air yang lebih besar dibandingkan dengan *filler mastic asbuton*.

Kata Kunci : bubur aspal emulsi; *fly ash*; konsistensi; *mastic asbuton*; *setting time*

Abstract

Road pavement performance has decreased throughout the service period. Therefore, efforts are needed to maintain the stability of road conditions by carrying out maintenance. Emulsified asphalt slurry mixture (*slurry seal*) is currently widely used for road maintenance. As a mixture, aggregate, filler, asphalt emulsion, and water are used. The use of *asbuton mastic* (extraction result) and *fly ash* as a *slurry seal* mixture using the cold mix method is an effort to utilize natural resources (*asbuton*) and waste (*fly ash*). The performance of the *slurry seal* mixture can be seen from the consistency value and setting time, so the research objectives are to determine the optimal consistency and the setting time value. Samples were made with 5 variations in the percentage of mastic

Asbuton (MA) and fly ash (FA), namely 0%MA : 100%FA; 25%MA : 75%FA; 50%MA : 50%FA; 75%MA : 25%FA and 100%MA : 0%FA. The test results show the consistency value of all variations of the slurry seal mixture meets the requirements. The optimum emulsified asphalt content is 13% with pre-wetting of 5% and the addition of 10% water to the total dry weight of the aggregate. The higher the Asbuton mastic filler content (reducing the fly ash filler content), the greater the setting time value because the fly ash filler has a greater water absorption value compared to the asbuton mastic filler.

Keywords : *emulsion slurry seal; fly ash; consistency; mastic asbuton; setting time*

A. PENDAHULUAN

Pemenuhan infrastruktur jalan untuk kelancaran distribusi orang dan barang mutlak diperlukan dalam menopang tingkat pertumbuhan ekonomi (Atmaja & Mahalli, 2015). Berbicara tentang kelancaran distribusi melalui jalan tidak hanya melalui pembangunan jalan baru, namun tidak kalah pentingnya adalah pemeliharaan. Kerusakan jalan dapat dikurangi dengan melakukan pemeliharaan jalan, karena pengabaian mengakibatkan biaya yang besar untuk perbaikan. (Muhammad Yusup et al., 2019). Disamping itu perlu dipikirkan upaya-upaya untuk menekan biaya seperti mendapatkan material serta pelaksanaan yang murah untuk kegiatan pemeliharaan hingga perbaikan jalan (Sinaga, 2011).

Sebagai gambaran pembangunan infrastruktur jalan nasional saat ini membutuhkan aspal mencapai 1,6 juta ton/ tahun (Sumiati et al., 2019), ini tidak termasuk untuk pekerjaan rehabilitasi. Karena itu, Kementerian PUPR telah melakukan banyak hal baru, seperti menggunakan campuran beraspal panas daur ulang untuk mengurangi penggunaan aspal dan agregat (Nono & Hamdani, 2021). Hal lain yang mulai digalakkan adalah pemanfaatan aspal alam seperti asbuton. Perkiraan sumber daya asbuton Kabupaten Buton adalah 746,9 juta ton.

Yamin & Faizal, (2012), penggunaan asbuton saat ini masih tidak

semudah penggunaan aspal minyak, mengingat pengerjaannya yang rumit dan hasilnya tidak maksimal. Beberapa upaya telah dilakukan misalnya dengan memberikan waktu pada proses pelunakan kadar aspal pada asbuton (Karyawan et al., 2021). Campuran hemat energi dengan campuran dingin (*coldmix*) terbukti meningkatkan nilai *density* sehingga stabilitas meningkat, artinya dapat memperbaiki kualitas campuran beraspal (Farosi et al., 2019). Upaya lainnya adalah dengan penggunaan sintesis aditif dan bio aditif. Penambahan aditif *super bond* (sintesis aditif) berpengaruh terhadap karakteristik volumetrik dan mekanis dari campuran aspal beton (Hidayatulloh et al., 2021). Selain itu, karakteristik campuran aspal beton marshall dipengaruhi oleh lama pemeraman dan tingkat penambahan bio-aditif (gondorukem) (Amri et al., 2021). Karena itu penelitian untuk meningkatkan kinerja campuran aspal dengan asbuton masih perlu dilakukan. Terlebih lagi dengan berkembangnya teknologi pengelolaan asbuton saat ini sudah mengarah pada ekstraksi untuk memisahkan *mastic* (agregat) dan aspal.

Usaha lain adalah dengan pemanfaatan limbah hasil pembakaran batubara pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yaitu *fly ash*. *Fly ash* potensial untuk dimanfaatkan sebagai bahan jalan dalam hal jumlah yang tersedia. Sebagai contoh Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

PT. Semen Tonasa dapat menghasilkan 96,07 ton *fly ash* dalam sehari (Yunita et al., 2017). Dapat dibayangkan jumlah yang dihasilkan oleh seluruh PLTU di Indonesia. Pemanfaatan *fly ash* yang merupakan limbah PLTU sebagai agregat buatan (Karyawan et al., 2020) menunjukkan secara umum memenuhi persyaratan untuk bahan jalan lentur dan kaku. Penggunaan *fly ash* sebagai bahan pengisi (*filler*) yang pernah dilakukan mendapatkan hasil yang kurang maksimal untuk meningkatkan kinerja campuran aspal. Sehingga perlu dicoba metode lain untuk mendapatkan kinerja yang lebih baik, sebagai antisipasi kebutuhan dimasa mendatang yang semakin meningkat.

Campuran *seal slurry* atau bubur aspal, sangat disukai untuk pemeliharaan jalan, karena dapat memperbaiki retak halus, mengisi rongga, pengausan atau erosi, pelepasan butir, dan memperbaiki variasi tekstur penampang perkerasan. Campuran yang homogen mampu merekat dengan baik dan memiliki kekesatan dan mampu menjaga ketahanan selip (*skid resistance*) permukaan jalan, seperti halnya penambahan agregat buatan *fly ash* untuk jalan dengan lalu lintas padat di daerah perkotaan dengan kecepatan lalu lintas tidak melebihi 95 km/jam (Karyawan et al., 2022). Melihat kondisi tersebut pemanfaatan limbah (*fly ash*) dan asbuton (sumber daya alam yang berlimpah) sebagai campuran *slurry seal* dengan metode campuran dingin, perlu dilakukan. Berkaitan dengan hal tersebut, dilakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *filler fly ash* terhadap karakteristik campuran bubur aspal emulsi (*slurry seal*) yaitu konsistensi optimum dan nilai *setting time*.

B. TINJAUAN PUSTAKA

1. *Fly ash*

Fly ash adalah limbah sisa pembakaran batubara pada PLTU, telah banyak digunakan untuk bahan konstruksi. Diantaranya sebagai bahan pembuatan agregat geopolimer. Agregat buatan dari pasta geopolimer dengan rasio aktivator 2,5 direkomendasikan untuk memberikan keseimbangan terbaik dalam sifat agregat (Karyawan et al., 2020). Digunakan komposisi *fly ash* dan alkali sebesar 75%:25% (Karyawan et al., 2017), telah digunakan untuk mengganti agregat alam dalam campuran perkerasan aspal dan mendapatkan 25% agregat buatan merupakan proporsi terbaik dari variasi komposisi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% (Putri et al., 2019). Karakteristik campuran aspal beton menggunakan agregat buatan dengan uji ITSM (*Indirect Tensile Stiffness Modulus*) menunjukkan nilai 3223 MPa (gradasi rapat) dan 3152,33 MPa (gradasi terbuka) (Baskara, 2019). Penggunaan *fly ash* sebagai pengganti *filler*, dapat meningkatkan nilai *flow* pada campuran aspal namun stabilitas mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar *fly ash* (Abdullah et al., 2016). Variasi penggunaan *fly ash* sebagai *filler* oleh (Fahmi et al., 2021) menghasilkan kinerja lebih baik pada substitusi *filler* 50% dan lebih ekonomis.

2. *Mastic Asbuton*

Aspal buton dari Pulau Buton di Sulawesi Tenggara, Indonesia, juga dikenal sebagai asbuton, adalah aspal alami dengan 650 juta ton deposit. Hingga saat ini, ada empat jenis asbuton yaitu asbuton butir BGA (*Buton Granular Asphalt*), asbuton butir LGA (*Lawele Granular Asphalt*), asbuton ekstraksi setengah dan asbuton ekstraksi sepenuhnya (Mardiansah, 2018).

Asbuton butir terdiri dari tipe 5/20, 15/20, 15/25, 20/25 dan 30/25, masing-masing menunjukkan penetrasi dan kandungan bitumen. Bitumen asbuton murni (asbuton yang diekstraksi sepenuhnya) dan asbuton modifikasi (asbuton yang diekstraksi sebagian sebagai bahan peremajaan atau pelunak aspal minyak) adalah dua jenis asbuton cair (Hamdani, 2014). Asbuton butir dapat diekstraksi untuk memisahkan aspal yang terkandung didalamnya dengan butirannya. Butiran hasil ekstraksi ini disebut sebagai *mastic asbuton*.

3. Aspal Emulsi

Aspal emulsi adalah campuran aspal dan air yang tidak bisa bersatu. Dengan bantuan emulgator (bahan pengemulsi), aspal didispersikan ke dalam air dalam bentuk butiran yang sangat halus. Jenis emulgator antara lain R-NH₂ - gugus amine dan asam lemak RCOOH (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1993).

Suatu bahan pengemulsi (emulgator) yang dipakai untuk pembuatan aspal emulsi harus mempunyai sifat pelarut yang yaitu harus dapat bergabung baik dengan aspal (minyak) maupun dengan air. Hal ini dimungkinkan apabila molekul-molekul emulgator terdiri dari bagian-bagian polar dan non-polar (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1993).

Aspal emulsi kationik mengikat lambat-1 keras atau *cationic slow setting-1 hard* (CSS-1h) adalah aspal emulsi kationik yang pemisahan air dari aspalnya terjadi secara lambat setelah aspal bersentuhan dengan agregat. Nilai penetrasi residu aspalnya berkisar antara 40 dan 90 dmm (Nono & Hamdani, 2015).

4. Agregat

Agregat adalah bahan yang terdiri dari mineral padat dalam bentuk masa atau fragmen berukuran besar. Kualitas perkerasan jalan ditentukan oleh sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Karena proporasinya yang besar antara 90-95% berdasarkan persentase berat dan 75-85 % agregat berdasarkan persentase volume (Sukirman, 2016).

Menurut Spesifikasi Umum Bina Marga (2018), bahan pengisi (*filler*) harus kering dan bebas gumpalan dengan uji mengacu SNI ASTM C136:2012. Mengandung bahan yang lolos ayakan No. 200 tidak kurang dari 75% beratnya (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2017).

5. Campuran Aspal Dingin

Ada tiga metode pencampuran bahan perkerasan lentur yaitu *hot mix asphalt*, *warm mix asphalt* dan *cold mix asphalt*. Karena sifatnya yang baik dan waktu *setting* yang singkat, campuran aspal panas (*hot mix*) yang paling sering digunakan. Namun, alternatif yang lebih efisien adalah pencampuran dingin (*cold mix*) dengan suhu 25–32°C, yang tidak memerlukan bahan bakar dan menghasilkan emisi dan gas buang. Kekurangan *cold mix* adalah memerlukan *setting* yang lama dan hanya digunakan untuk skala kecil (Kurniawan et al., 2019).

Penambahan asbuton butir (B25) dalam campuran aspal dingin meningkatkan nilai stabilitas dalam campuran, artinya dapat memperbaiki kualitas campuran beraspal. Nilai *density* dan nilai volumetrik campuran sebagai indikator kinerja memenuhi spesifikasi yang disyaratkan oleh Bina Marga (Farosi et al., 2019). Kinerja campuran aspal dapat ditingkatkan dengan memberikan waktu pada proses

pelunakan kadar aspal pada asbuton (Karyawan et al., 2021).

Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED), yang merupakan campuran antara agregat dan aspal emulsi adalah kemajuan yang pesat dalam teknologi campuran dingin. Salah satunya adalah pemanfaatan *mastic aspal asbuton* dengan *slurry seal asphalt* sebagai CAED. Teknologi campuran aspal dingin sangat efisien energi hingga 40% dan tidak memerlukan pemanasan. (Wikarga, 2017).

Tiga kelemahan utama CAED adalah porositas tinggi, kekuatan lemah pada umur awal dan waktu *curing* yang lama (penguapan kandungan air untuk meningkatkan kekuatan). Karena butiran aspal emulsi semakin berikatan menyebabkan campuran menjadi semakin kaku saat dipadatkan pada suhu ruang, maka CAED memerlukan energi pemadatan yang tinggi untuk mencapai porositas yang diisyaratkan (Thanaya, 2012).

Penggunaan *slurry seal* dapat menutup retakan sedang, memberikan ketahanan selip, menutup perkerasan

terhadap intrusi kelembapan, melindungi struktur dari oksidasi dan *raveling* lebih lanjut dan memulihkan penampilan hitam yang seragam. Perawatan permukaan jalan raya dengan menggunakan *slurry seal asphalt* dapat memperpanjang umur perkerasan dalam kondisi sedang hingga baik (Departemen Pekerjaan Umum, 1999).

C. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan penggunaan *mastic asbuton* dan limbah *fly ash* untuk campuran *slurry seal*, dilaksanakan di Laboratorium Transportasi dan Rekayasa Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram.

Penelitian diawali dengan melakukan persiapan bahan dan alat. Persiapan bahan yaitu agregat kasar dan halus, aspal emulsi CSS-1h, *mastic asbuton* dan *fly ash* sebagai *filler* dan air (gambar 1). Sebelum digunakan seluruh material diuji sehingga memenuhi spesifikasi untuk digunakan sebagai bahan campuran *slurry seal asphalt*. Alat yang digunakan adalah peralatan untuk pengujian konsistensi dan *setting time*.



Gambar 1. Bahan campuran *slurry seal asphalt asbuton*

Setiap sampel menggunakan agregat 500 gram, dengan *filler* 37,5 gram (7,5% berat agregat) dan air (berdasarkan uji konsistensi). Sedangkan aspal emulsi optimum didapatkan dengan persamaan (1), bersumber dari *Asphalt Institute*, MS 14, 1989 (Fernandus Manurung et al., 2016).

$$P = (0,05A + 0,1B + 0,5C) \times 0,7 \quad (1)$$

Keterangan :

- P = Persentase kadar aspal residu awal
 A = Persentase agregat kasar
 B = Persentase agregat halus
 C = Persentase *filler*

Kadar *filler* dan aspal emulsi yang digunakan sesuai dengan berat kering agregat. Setelah mendapat kadar aspal residu awal maka dihitung estimasi kadar emulsinya dengan menggunakan persamaan (2), berdasarkan persentase kadar aspal residu dari aspal emulsi (X).

$$\text{KAE awal} = \frac{P}{x} \% \quad (2)$$

Sampel dibuat dalam 5 variasi campuran berdasarkan komposisi *filler*, yaitu *mastic asbuton* (MA) dan *fly ash* (FA), sehingga didapatkan kinerja terbaik campuran berdasarkan 2 jenis *filler* yang digunakan. Keseluruhan diperlukan 15 benda uji (masing-masing 3 untuk setiap variasi) yaitu variasi 1 (0%MA : 100%FA), variasi 2 (25%MA : 75%FA), variasi 3 (50%MA : 50%FA), variasi 4 (75%MA : 25%FA) dan variasi 5, (100%MA : 0%FA).

Perencanaan gradasi campuran *slurry seal* menggunakan spesifikasi tipe III. Tipe ini cocok untuk perbaikan dan peningkatan kekesatan permukaan jalan. Rencana gradasi yang digunakan disajikan pada tabel 1 (Nono & Hamdani, 2015). Seluruh sampel dilakukan pengujian konsistensi dan *setting time*. Pelaksanaan pengujian mengacu pada Pedoman Perencanaan Bubur Aspal Emulsi (*slurry seal*) tahun 1999 (Nono & Hamdani, 2015).

Tabel 1. Gradasi *slurry seal* tipe III yang digunakan

Ukuran Saringan (mm)	Batas Bawah (%)	Batas Atas (%)	Rencana Gradasi (%)
3/8" (9,5)	100	100	100
No.4 (4,75)	70	90	82,5
No.8 (2,36)	45	70	51,5
No.16 (1,18)	28	50	35
No.30 (0,60)	18	33	26
No.50 (0,33)	12	25	17,5
No.100 (0,15)	7	17	10
No.200 (0,075)	5	10	7,5

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengujian Material yang Digunakan

a. Aspal Emulsi

Aspal emulsi yang digunakan adalah aspal emulsi tipe *Cationic Slow Setting 1-h* (CSS-1H). Hasil

pemeriksaan pada tabel 2, menunjukkan bahwa aspal emulsi memenuhi standar (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2018) dan dapat digunakan sebagai bahan campuran aspal bubuk (*slurry seal seal*).

- b. Agregat
 Agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar dan agregat halus dengan hasil pemeriksaan seperti pada tabel 3.
- c. Bahan Pengisi (*Filler*)
Filler yang digunakan terdiri dari *filler mastic* dan *filler fly ash*. Pemeriksaan bahan pengisi (*filler*) meliputi menyaring material yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm) dan berat jenis. Hasil pemeriksaan *filler* ditunjukkan dalam tabel 4.
- d. Penentuan Kadar Aspal Emulsi
 Perhitungan kadar aspal residu dilakukan setelah mengetahui proporsi masing-masing agregat. Pada penelitian ini kadar aspal optimum didapatkan dengan perkiraan tanpa melakukan variasi kadar aspal menggunakan persamaan (1) (Fernandus Manurung et al., 2016).

Tabel 2. Hasil pemeriksaan aspal emulsi CSS-1h

No	Pemeriksaan	Unit	Metode	Hasil ^{*)}	Spesifikasi ^{**)}
1	Kadar Residu	%	SNI 03-33642-1996	57	Min 57
2	Muatan Partikel Listrik	-	SNI 03-3644	Positif	Positif
3	Pengendapan Per 24jam	%	SNI 6828:2012	0,77	-
4	Viskositas	Detik	SNI 06-6721-2002	55,43	20-100
5	Analisa Saringan	%	SNI 03-3643-1994	0	Maks 0.1
6	Berat Jenis	-		1,022	≥1,0

Sumber: *) Cv.Tofa Jaya Mandiri (2023); **)Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020)

Tabel 3. Hasil pemeriksaan agregat

No	Pemeriksaan	Agregat Kasar			Agregat Halus		
		Syarat	Metode	Hasil	Syarat	Metode	Hasil
1	Kearifan Dengan Alat <i>Impact</i>	Maks 30	SNI 03-4426-1997	19,00			
2	Berat Jenis Semu (Gsa)	>2,5	SNI 1969-2008	3,00	>2,5	SNI 1970-2008	2,98
3	Berat Jenis Kering (Gsb)	>2,5	SNI 1969-2009	2,83	>2,5		2,73
4	Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan (Gss)	>2,5	SNI 1969-2010	2,88	>2,5		2,82
5	Berat Jenis Efektif (Gse)	>2,5	SNI 1969-2011	2,91	>2,5		2,86
6	Penyerapan Air (Gsw)	<3%	SNI 1969-2012	0,02	<3%		0,03

Tabel 4. Hasil pemeriksaan *filler*

No	Pengujian	Hasil Pemeriksaan	
		<i>Filler Mastic Asbuton</i>	<i>Filler Fly Ash</i>
1	Berat Jenis <i>Bulk</i>	2,50	2,156
2	Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh	2,51	2,178
3	Berat Jenis Semu	2,51	2,178
4	Berat Jenis Efektif	2,50	2,167
5	Penyerapan air (%)	0,15	0,47

$$\begin{aligned} P &= (0,05A + 0,1B + 0,5C) \times 0,7 \\ &= (0,05 \times 48,5 + 0,1 \times 44 + 0,5 \times 7,5) \times 0,7 \\ &= (2,425 + 4,4 + 3,75) \times 0,7 \\ &= 7,4025\% \end{aligned}$$

Aspal emulsi yang digunakan adalah aspal emulsi CSS1-1h dengan kadar aspal residunya 57%. Dengan demikian kadar aspal emulsi (KAE) dalam campuran dengan persamaan (2) adalah:

$$\begin{aligned} \text{KAE awal} &= \frac{P}{x} \% \\ &= \frac{7,4025}{0,57} \% \\ &= 12,986\% \approx 13 \% \text{ terhadap} \\ &\quad \text{berat total agregat} \end{aligned}$$

2. Hasil dan Analisis Uji Konsistensi

Uji konsistensi bertujuan untuk mengetahui kesesuaian kadar air pada campuran. Jika hasil pengujian tidak sesuai dengan yang disyaratkan, maka kadar air dalam campuran *slurry seal* dapat disesuaikan yaitu dapat dikurangi maupun ditambahkan. Pengujian menggunakan alat kerucut konsistensi hingga mendapatkan hasil penyebaran *slurry seal* antara 2-3 cm. Diawali dengan tes *pre-wetting* yang dicoba dengan kadar air 1%, 2%, 3%, 4%, 5% terhadap berat agregat kering. *Pre-wetting* dihitung berdasarkan berat agregat hingga agregat cukup basah tapi air tidak sampai mengalir. Kadar air yang digunakan untuk *pre-wetting* adalah 5%, karena

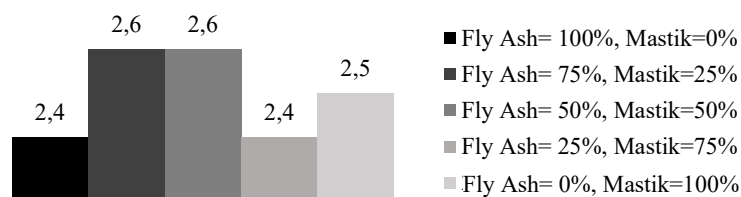
secara visual menunjukkan agregat cukup basah namun air tidak mengalir. Selanjutnya dilakukan uji konsistensi untuk menentukan kadar air yang memberikan nilai konsistensi optimum campuran. Pengujian konsistensi ditunjukkan pada gambar 2.

Hasil pengujian konsistensi pada tabel 5 menunjukkan bahwa untuk setiap variasi didapatkan kadar air optimum 9% dengan kadar air *pre-wetting* 5%. Penyebaran antara 2-3 cm sehingga memenuhi persyaratan dari Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Hasil tersebut dijadikan acuan dalam penentuan kadar air untuk pengujian *setting time*.

Dari hasil pengujian yang tertera pada tabel 5, didapatkan grafik yang menunjukkan hubungan antara variasi *filler* dengan nilai penyebaran konsistensi (gambar 3). Gambar 3 menunjukkan bahwa dengan kadar air optimum 9% campuran *slurry seal* dengan kadar aspal emulsi 13% dan semua variasi kadar *filler* dengan *mastic asbuton* dapat memberikan konsistensi penyebaran 2-3 cm. Hal ini disebabkan faktor kadar air memegang peranan penting dalam uji konsistensi sedangkan komposisi variasi *filler* tidak berpengaruh signifikan hal ini disebabkan jika konsistensi tidak sesuai yang disyaratkan maka dapat menambahkan atau mengurangi kadar air dalam *slurry seal* agar memperoleh konsistensi sesuai dengan persyaratan.



Gambar 2. Proses pengujian konsistensi



Gambar 3. Hubungan variasi *filler* dengan penyebaran

Tabel 5. Hasil pengujian konsistensi

Uji	Komposisi Bahan Campuran (%)				Hasil <i>Pre-wetting</i> (%)	Penambahan Air (%)	Hasil Uji (cm)	Syarat ^{***} (cm)
	Agregat	Bahan Pengisi		Aspal Emulsi ^{*)}				
		<i>(Filler)^{**}</i>						
		<i>Fly Ash</i>	<i>Mastic</i>					
1	100	100	0	13	5	9	2,4	2-3.
2	100	75	25	13	5	9	2,6	
3	100	50	50	13	5	9	2,6	
4	100	25	75	13	5	9	2,4	
5	100	0	100	13	5	9	2,5	

Keterangan: ^{*)}Dihitung terhadap berat kering agregat; ^{**)}Dihitung terhadap hasil ayakan lolos saringan no.200; ^{***)}Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020)

3. Hasil dan Analisis Uji *Setting Time*

Pengujian *setting time* yaitu dengan cara menuangkan campuran *slurry seal* dengan konsistensi optimum kedalam cetakan papan multiplek dengan ukuran 152mm × 152mm. Gambar 4 menunjukkan proses pengujian *setting time*. Hasil rerata *setting time* dengan suhu ruang dapat dilihat pada tabel 6.

Berdasarkan hasil pada tabel 6, didapatkan grafik yang menunjukkan hubungan antara variasi *filler* dengan nilai *setting time* pada gambar 5. Gambar

5 menunjukkan bahwa campuran *slurry seal* dengan 100% *filler fly ash* didapat *setting time* paling cepat dibandingkan komposisi *filler* yang lainnya dan ketika berkurangnya kadar *filler fly ash* atau bertambahnya *filler mastic asbuton* akan memperlambat kondisi *setting*, hal ini disebabkan karena *filler fly ash* memiliki sifat penyerapan air yang lebih besar dibandingkan dengan *filler mastic asbuton*. *Filler fly ash* memiliki nilai penyerapan air sebesar 0,47% sedangkan *filler mastic asbuton* hanya memiliki nilai penyerapan air sebesar 0,15%.

Tabel 6. Hasil pengujian *setting time*

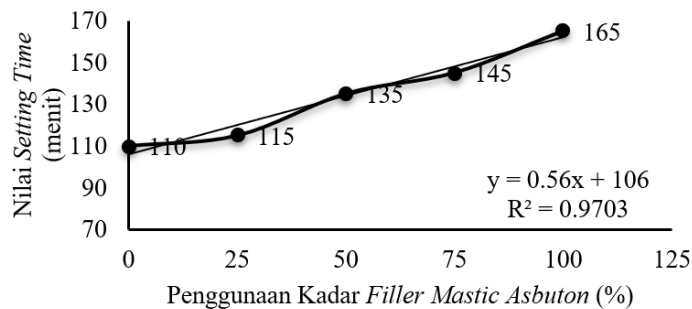
Uji	Komposisi Bahan Campuran (%)				Hasil Uji (menit)	Syarat***) (menit)
	Agregat	Bahan Pengisi (<i>Filler</i>)**)		Aspal Emulsi*)		
		<i>Fly Ash</i>	<i>Mastic Asbuton</i>			
1	100	100	0	13	110	15-720
2	100	75	25	13	115	
3	100	50	50	13	135	
4	100	25	75	13	145	
5	100	0	100	13	165	

^{*)}Dihitung terhadap berat kering agregat; ^{**)}Dihitung terhadap hasil ayakan lolos saringan no.200;

^{***)}Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020)



Gambar 4. Proses pengujian *setting time*



Gambar 5. Hubungan hasil pengujian *setting time* dengan variasi *filler*

E. KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian berdasarkan pembahasan terhadap hasil analisis data pengujian sampel campuran aspal bubuk (*slurry seal seal*) dengan variasi penggunaan *filler fly ash* dan *mastic asbuton* dengan penyebaran campuran *slurry seal* pada alas plat uji kerucut konsistensi untuk seluruh variasi sesuai dengan persyaratan (2-3 cm). Konsistensi optimum campuran *slurry seal* adalah pada kadar aspal emulsi 13% dengan *pre-wetting* 5% dan penambahan air 10% terhadap total berat kering agregat. Nilai *setting time* semakin meningkat, sesuai dengan peningkatan kadar *filler mastic asbuton* (penurunan *filler fly ash*).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) sebagai pemberi dana yang bersumber dari PNBP-Universitas Mataram Tahun 2023, dengan skema Penelitian Pascasarjana.

Terima kasih juga disampaikan kepada mahasiswa (Arya Firmansyah dan Arlin Febriana) yang ikut membantu pengumpulan data pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, H., Karyawan, I. D. M. A., & Ahyudanari, E. (2021). Pengaruh Lama Pemeraman Terhadap Karakteristik Marshall Campuran Aspal Beton dengan Asbuton dan Bio Aditif Gondorukem. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 19(3), 369. <https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v19i3.9348>
- Atmaja, H. K., & Mahalli, K. (2015). Pengaruh Peningkatan Infrastruktur Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Di Kota Sibolga. *Jurnal Ekonomi Dan Keuangan*, 3(4), 1–18.
- Baskara, G. M. B. (2019). *Analisis Modulus Kekakuan Campuran Aspal Beton dengan Penggunaan Agregat Buatan Berbahan Geopolimer*. Institut Teknologi Sepuluh November.

- Departemen Pekerjaan Umum. (1999). *Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak (Guidelines for Mixed Paved Planning with the Absolute Density Approach)*. Lampiran No. 3 Keputusan Direktur Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum (Issue 025).
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (1993). *Pengkajian Mutu Aspal Emulsi Dalam Negeri*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2017). *Spesifikasi Khusus Pemeliharaan Preventif Perkerasan Jalan Beraspal dengan Lapis Penutup Bubur Aspal Emulsi (Emulsified Asphalt Slurry Seal)-SKh-1.6.12*. Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Republik Indonesia.
<https://binamarga.pu.go.id/uploads/files/568/spesifikasi-khusus-seksi-614-pemeliharaan-preventif-lapis-tipis-beton-aspal-ltba-sk-1614.pdf>
- Fahmi, A. K. A., Qomariah, Q., & Yunaefi, Y. (2021). Karakteristik Campuran Beton Aspal (AC-WC) Dengan Menggunakan Variasi Kadar Filler Limbah Abu Terbang Batubara. *Jurnal JOS-MRK*, 2(1), 51–57.
<https://doi.org/10.55404/jos-mrk.2021.02.01.51-57>
- Farosi, F., Riyanto, A., Sunarjono, S., & Harnaeni, S. R. (2019). Pengaruh Material Asbuton Terhadap Campuran Beraspal Dingin (Coldmix) Ditinjau Dari Perspektif Stabilitas, Kepadatan dan Volumetrik Campuran. *Simposium Nasional RAPI XVIII – 2019 FT UMS*, 25, 242–247.
- Hamdani, D. (2014). *Kinerja Perkerasan Jalan Cape Buton Seal Dan Asbuton Campuran Panas Hampar Dingin*. Penerbit Informatika. Bandung.
- Hidayatulloh, R., Karyawan, I. D. M. A., & Ahyudanari, E. (2021). Effect of Incorporating Super Bond Additives on Volumetric and Mechanical Characteristics of Cold Mix Asphalt Concrete using Asbuton. *Jurnal Teknik*, 15(2), 130–136.
<https://doi.org/10.31849/teknik.v15i2.7616>
- Karyawan, I. D. M. A., Ahyudanari, E., & Ekaputri, J. J. (2017). Potential Use of Fly Ash Base-Geopolymer as Aggregate Substitution in Asphalt Concrete Mixtures. *International Journal of Engineering and Technology*, 9(5), 3744–3752.
<https://doi.org/10.21817/ijet/2017/v9i5/170905005>
- Karyawan, I. D. M. A., Ekaputri, J. J., Widyatmoko, I., & Ahyudanari, E. (2020). The Effect of Various Na₂SiO₃/NaOH Ratios on The Physical Properties and Microstructure of Artificial Aggregates. *Journal of Engineering Science and Technology*, 15(2), 1139–1154.
- Karyawan, I. D. M. A., Widyatmoko, I., Ekaputri, J. J., & Ahyudanari, E. (2022). Texture and Skid Resistance of Asphalt Concrete Surface Course Incorporating Geopolymer Artificial Aggregates. *Road and Airfield Pavement Technology*, 269–280.
<https://doi.org/10.1007/978-3-030-87379-0>
- Karyawan, I. D. M. A., Yuniarti, R., Widiyanti, D., Hasyim, H., & Wahyudi, M. (2021). Performance of Asphalt Mixture with Asbuton Based on Marshall Characteristics Compacted at Hot and Cold Temperatures. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 7(4), 549–555.
<https://doi.org/10.29303/jppipa.v7i4.884>

- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018). *General Specifications of Bina Marga 2018 for Road and Bridge Construction Works (in Indonesian)*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Direktorat Jenderal Bina Marga.
https://simk.bpjpt.pu.go.id/file_upload/ketentuan/spesifikasi-umum-bina-marga-2018-untuk-pekerjaan-konstruksi-jalan-dan-jembatan-revisi-2-no-161sedb2020_pdf_22-02-2022_06-46-35.pdf
- Kurniawan, S., Sunarjono, S., Riyanto, A., & Hernaeni, S. R. (2019). Durabilitas Campuran Aspal Emulsi Dingin dan Hangat. *Prosiding Simposium Nasional Rekayasa Aplikasi Perancangan dan Industri*. 260–266. Surakarta, Indonesia.
- Manurung, R. F., Thanaya, I. N. A., & Tjerita, A. A. K. N. (2016). Karakteristik Campuran Aspal Emulsi Dingin Dengan Penggunaan Plastik Bekas Sebagai Pengganti Sebagian Agregat. *Jurnal Ilmiah Elektronik Teknik Sipil, July*, 1–23.
- Mardiansah, M., Haris, V. T., & Lubis, F. (2018). Analisis Kehilangan Kadar Aspal pada Aspal Buton untuk Campuran Laston Lapis Antara (AC-BC). *Jurnal Teknik, Universitas Lancang Kuning*, 12(2), 97-104.
<http://dx.doi.org/10.31849/teknik.v12i2.1889>
- Nono, & Hamdani, D. (2021). *Pemanfaatan Teknologi Campuran Beraspal Panas Daur Ulang untuk Pemeliharaan Jalan*. 1–14.
- Nono, N., & Hamdani, D. (2015). Surat Edaran Nomor: 18 /SE/M/2015 Tentang Pedoman Perancangan dan Pelaksanaan Lapis Penutup Dengan Bubur Aspal Emulsi (Emulsified Asphalt Slurry Seal). In *Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat*.
- Putri, I. R. B., Hariyadi, H., Karyawan, I. D. M. A., & Ahyudanari, E. (2019). Pengaruh Variasi Penambahan Agregat Buatan Terhadap Kadar Aspal Optimum untuk Perkerasan Aspal Lapis Aus. *Jurnal Teknik ITS*, 7(2), 2–6.
<https://doi.org/10.12962/j23373539.v7i2.37874>
- Sinaga, H. P. (2011). Manajemen Preservasi Jalan untuk Pengelolaan Jaringan Jalan Wilayah. *Pusat Penelitian Dan Pengembangan Jalan Dan*
https://binamarga.pu.go.id/bintekjatan/repositori/system/files/022-halaman_depan_manajemen_preservasi.pdf
- Sukirman, S. (2016). *Beton Aspal Campuran Panas*. Institut Teknologi Nasional.
- Sumiati, S., Mahmuda, M., & Puryanto, P. (2019). Keunggulan Asbuton Pracampuran Dan Aspal Shell Pada Campuran Aspal Beton (Ac-Bc). *Jurnal Poli-Teknologi*, 18(1), 53–64.
<https://doi.org/10.32722/pt.v18i1.1289>
- Thanaya, I. N. A. (2012). *Teknologi Perkerasan dan Pemeliharaan Jalan*. Universitas Udayana.
- Wikarga, I. G. (2017). Analisis Karakteristik Campuran Aspal Emulsi Dingin (Caed) Dengan Epoxy Sebagai Bahan Tambah. *Jurnal Sipil*, 5(2), 163–172.

- Yamin, H. R. A., & Faizal, N. (2012). Perkiraan Sumber Daya Asbuton dengan Pendekatan Interploasi Kernel pada Nilai Tahanan Jenis. *Jurnal Jalan dan Jembatan. Direktorat Bina Teknik Jalan Dan Jembatan, Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.*, 29(3).
- Yunita, E., & Fitriyanti, (2017). Analisis Potensi Dan Karakteristik Limbah Padat Fly Ash Dan Bottom Ash Hasil Dari Pembakaran Batubara Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) PT. Semen Tonasa. *JFT. No.1*, 4(1), 93–106.
- Yusup, M. C., Tahadjudin, & Kartika, N. (2019). Analisis Biaya Pemeliharaan Terhadap Tingkat Kerusakan Jalan Menggunakan Metode Surface Distress Index (SDI) (Studi Kasus : Ruas Jalan Cisaat-Situgunung Sta. 0+400-5+400 Kabupaten Sukabumi). *Jurnal Ilmiah Santika*, 9(2), 943–951.
- Zulfhazli, Wesli, W., & Akbar, S. J. (2016). Penggunaan Abu Batu Bara Sebagai Filler Pada. *Teras Jurnal*, 6(2), 121–130.
<http://dx.doi.org/10.29103/tj.v6i2.95>



© 2023 Siklus Jurnal Teknik Sipil All rights reserved. This is an open access article distributed under the terms of the CC BY License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)