

DURABILITAS LAPISAN ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE (AC-WC) DENGAN MENGGUNAKAN ABU TERBANG SEBAGAI BAHAN PENGISI DI LINGKUNGAN AIR GAMBUT

Muhammad Akbar¹⁾, Alfian Malik²⁾, Mardani Sebayang²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email : muhammad.akbar@student.unri.ac.id

ABSTRACT

In the road pavement mixture, filler has a significant effect because it functions as a cavity filler. One of the filler that is commonly used is fly ash. Fly ash is a coal combustion waste that can be utilized and has a high silica content so as to improve the quality of the road pavement mixture. The purpose of this study is to determine the durability of the AC-WC layer using fly ash fillers in peat water environments. The proportion of fly ash used was 0%, 2%, 4%, 6% and 8%, each variation of fly ash was immersed for 0.5 hours, 24 hours, 48 hours, 72 hours, and 96 hours in peat water. The specification used follows the 2018 Bina Marga standard using the Marshall method. The results show that the AC-WC mixture submerged in peat water would experience a decrease in the value of stability and durability of the mixture. The highest stability value is 1308.08 kg at 0.5 hour immersion, while the lowest stability value at 96 hours immersion is 927.42 kg. However, the use of fly ash as filler will increase the stability and mixture values. The highest stability value for the AC-WC mixture is 1308.80 kg at 6% fly ash variation. This is caused by fly ash being able to maintain stability and durability when submerged in peat water. The optimum variation of fly ash filler which can be added to the AC-WC mixture is 6% of the total weight of the aggregate. This value is based on a high stability value compared to other variations of 1308.80 kg. As for the RSI value, the AC-WC mixture is able to withstand damage up to 48 hours which is equal to 90.07%

Keywords: Fly ash, Filler, AC-WC, durability

A. PENDAHULUAN

Air (genangan) merupakan salah satu penyebab kerusakan dan mengurangi keawetan yang mengakibatkan kerusakan pada konstruksi jalan termasuk pada kawasan gambut di Provinsi Riau. Tanah gambut umumnya memiliki karakteristik yang khas dengan memiliki sifat bahan induknya berasal dari materi organik, terbentuk dalam keadaan tergenang, mengalami penyusutan, *subsidence*, dekomposisi, dan pH yang rendah (Dikas, 2010).

Derajat keasaman yang tinggi pada air bersifat asam dapat mempengaruhi ikatan antara aspal dan agregat. Hal ini dapat mempercepat terjadinya oksidasi sehingga menyebabkan terjadinya kerusakan dini pada

lapisan permukaan jalan. Kondisi ini dapat diperparah apabila jalan terendam dalam waktu lebih dari 24 jam (standar kekuatan sisa *Marshall*) dan terbebani oleh beban kendaraan yang melebihi batas yang telah ditentukan.

Salah satu alternatif yang dapat dilakukan dengan cara mengganti bahan dasar *filler* yang memiliki fungsi sama dan kualitas yang lebih baik serta ekonomis yaitu menggunakan *fly ash* (abu terbang). *Fly ash* merupakan limbah dari sisa pembakaran batu bara. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 85 tahun 1999, *fly ash* termasuk ke dalam kategori limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Sebagian besar industri hanya menyimpan limbah di lapangan penumpukan tanpa adanya pemanfaatan sehingga dapat

menyebabkan permasalahan lingkungan. Penanganan limbah *fly ash* dengan memanfaatkannya sebagai bahan pengganti *filler* dalam campuran perkerasan jalan merupakan salah satu upaya untuk mengurangi penumpukannya. *Fly ash* memiliki potensi yang tinggi sebagai *filler* pada campuran perkerasan karena memiliki ukuran partikel yang halus dan mengandung unsur pozzolan.

Penggunaan *fly ash* sebagai *filler* pada campuran AC-WC adalah untuk mengisi rongga dalam campuran, meningkatkan daya ikat aspal beton, sebagai media untuk pelumasan aspal terhadap permukaan agregat, serta dapat meningkatkan stabilitas dari campuran aspal beton (Purnomo, Supiyan, & Desriantomy, 2017).

Durabilitas adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim seperti udara, air, atau perubahan temperatur. Beberapa parameter yang digunakan untuk melihat tingkat durabilitas campuran beraspal adalah Indeks Kekuatan Sisa yang mengacu kepada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

B. TINJAUAN PUSTAKA

B.1 Lapis Aspal Beton (AC - WC)

Lapis Aspal Beton (AC - WC) merupakan lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan roda kendaraan. Lapisan ini kedap air, tahan terhadap cuaca, dan memiliki kekesatan yang baik. Lapisan AC-WC berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya. Oleh karena itu, material yang digunakan pada lapisan AC-WC harus memiliki kualitas yang baik, karena lapisan yang berada paling atas lebih berat menahan beban. Untuk ketentuan sifat-sifat campuran aspal beton dapat dilihat pada Tabel 1.

Untuk mendapatkan jenis campuran yang baik, Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 telah menentukan batasan ukuran butiran atau gradasi agregat yang dapat digunakan. Gradasi agregat untuk campuran Laston dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Ketentuan Sifat – Sifat Campuran Laston

Sifat-Sifat Campuran	AC-WC	
Jumlah tumbukan per bidang	Kali	75
Rongga dalam campuran, <i>VIM</i> (%)	Min	3,0
	Maks	5,0
Rongga dalam agregat, <i>VMA</i> (%)	Min	15
Rongga terisi aspal, <i>VFA</i> (%)	Min	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800
	Maks	2
Pelelehan, <i>flow</i> (mm)	Min	2
	Maks	3
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min	90

Sumber: (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

Tabel 2. Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Beraspal

Ukuran Ayakan	(mm)	% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat dalam Campuran Laston (AC-WC)		
		WC	BC	Base
1 1/2"	37,5			100
1"	25,0		100	90 – 100
3/4"	19,0	100	90 - 100	76 – 90
1/2"	12,5	90 - 100	75 – 90	60 – 78
3/8"	9,5	77 - 90	66 – 82	52 – 71
No. 4	4,75	53 - 69	46 – 64	35 – 54
No. 8	2,36	33 - 53	30 – 49	23 – 41
No. 16	1,18	21 - 40	18 – 38	13 – 30
No. 30	0,6	14 - 30	12 – 28	10 – 22
No. 50	0,3	9 - 22	7 – 20	6 – 15
No. 100	0,15	6 - 15	5 – 13	4 – 10
No. 200	0,075	4 – 9	4 – 8	3 – 7

Sumber: (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

B.2 Bahan Penyusun AC - WC

B.2.1 Aspal

Material berwarna hitam atau coklat tua yang bersifat viskoelastis. Pada temperatur ruangan aspal berwujud padat atau agak padat. Jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, aspal dapat mencair sehingga dapat menyelimuti agregat pada saat pencampuran aspal beton. Saat temperatur mulai turun, aspal akan mulai mengeras dan mengikat agregat selama masa layan.

Bahan dasar utama dari aspal adalah hidrokarbon yang umumnya disebut bitumen. Sifat aspal akan berubah akibat panas dan umur. Aspal akan menjadi kaku dan rapuh yang mengakibatkan daya *adhesi* terhadap partikel agregat akan berkurang persentase pada campuran umumnya berkisar antara 4% - 7% dari berat campuran. Aspal haruslah memiliki sifat adhesi dan kohesi yang baik, serta pada saat dilaksanakan mempunyai tingkat kekentalan tertentu.

Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 menyatakan persyaratan aspal keras harus memenuhi ketentuan seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi Untuk Aspal Keras

No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen. 60-70	
			Min	Max
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456-2011	60 – 70	
2	Viskositas Kinematis 135°C (cSt)	SNI 06-6441-2000	≥ 300	
3	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48	
4	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100	
5	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232	
6	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0	
Pengujian Residu Hasil TFOT (SNI 06-2440-1991)				
7	Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2440-1991	≤ 0,8	
8	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456-2011	≥ 54	
9	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100	

Sumber: (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

B.2.2 Agregat

Agregat merupakan butir batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lain baik dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90–95 % agregat berdasarkan persentase berat atau 75–85 % agregat berdasarkan persentase volume. Agregat yang digunakan harus memenuhi persyaratan pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

Ketentuan-ketentuan dalam penggunaan agregat kasar dan halus dapat dilihat pada Tabel 4. dan Tabel 5.

Tabel 4. Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian	Metoda Pengujian	Spesifikasi	
		Min	Max
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan (%)	natrium sulfat	12	
	magnesium sulfat	18	
Abrasi dengan mesin	Campuran AC	100 putaran	6
	Modifikasi Semua jenis	500 putaran	30
Los Angeles (%)	Semua jenis campuran aspal	100 putaran	8
	bergradasi lainnya	500 putaran	40
Kelekatan agregat terhadap aspal (%)		95	
Butir pecah pada agregat kasar (%)		95/90	

Pengujian	Spesifikasi	
	Min	Max
Partikel pipih dan lonjong (%)	10	
Material lolos saringan ayakan No. 200 (%)	2	

Sumber: (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

Tabel 5. Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Spesifikasi	
		Min	Max
Nilai setara pasir (%)	SNI 03-4428-1997	60	
Angularitas dengan uji kadar rongga (%)	SNI 03-6877-2002	45	
Gumpalan lempung dan butir - butir mudah pecah dalam agregat (%)	SNI 03-4141-1996	1	

Sumber: (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

B.2.3 Fly Ash

Fly ash merupakan residu dari sisa hasil pembakaran batu bara pada pembangkit listrik yang selama ini digunakan sebagai sumber energi oleh Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). PLTU adalah salah satu sumber energi utama di Indonesia, oleh sebab itu volume *fly ash* selalu bertambah. Keberadaan *fly ash* selama ini dianggap sebagai limbah yang dapat mencemari lingkungan dan mengganggu masyarakat sekitar. Untuk mengatasi hal tersebut maka dilakukan penelitian untuk memanfaatkan material sisa tersebut. *Fly ash* memiliki ukuran butiran yang halus, berwarna keabu-abuan. *Fly ash* mempunyai kerapatan massa (densitas), antara 2,0 – 2,5 g/cm³.

Abu terbang batu bara dapat dijadikan sebagai mineral *filler* karena ukuran partikelnya yang sangat halus, dan dari beberapa literatur penelitian yang dilakukan sebelumnya, abu terbang batu bara mengandung unsur pozzolan, sehingga dapat berfungsi sebagai bahan pengisi rongga dan pengikat aspal beton. Pozzolan adalah bahan mengandung silika dan alumina yang dalam bentuk halus yang terpisah dan dihadapan air bereaksi dengan kalsium hidroksida pada suhu biasa menghasilkan senyawa semen yang mengikat (Daniyanto, 2015).

B.3 Durabilitas

Durabilitas atau keawetan adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan

jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti air atau perubahan temperatur (Sukirman, 2003).

Tujuan pengujian durabilitas campuran ini adalah untuk mengetahui daya rekat aspal terhadap agregat dengan cara merendam beton aspal dalam air. Durabilitas campuran beton aspal dapat ditinjau dari besaran nilai stabilitas pada uji *marshall* setelah dilakukan rendaman.

Prosedur pengujian durabilitas standar menurut Bina Marga 2018 yaitu dilakukan dengan perendaman benda uji pada temperatur tetap $\pm 60^{\circ}\text{C}$ selama 30 menit dan 24 jam. Perbandingan stabilitas yang direndam dengan stabilitas standar, dinyatakan sebagai persen dan disebut Indeks Kekuatan Sisa dengan nilai minimal 90%. Dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut.

$$IKS = \frac{MS_i}{MS_s} \times 100 \quad (I)$$

dengan :

IKS : Indeks Kekuatan Sisa

MS_i : *Marshall Stability*, setelah rendaman 24 jam suhu $\pm 60^{\circ}\text{C}$

MS_s : *Marshall Stability* kondisi standar

Dengan menggunakan rumus yang sama dihitung nilai indeks kekuatan sisa saat perendaman menggunakan air gambut pada lama perendaman 48 jam, 72 jam, dan 96 jam. Nilai indeks kekuatan sisa menunjukkan kekuatan yang tersisa pada perkerasan jalan setelah direndam pada pada jangka waktu tertentu.

C. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Riau. Dalam penelitian ini digunakan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 sebagai acuan untuk menentukan campuran Lapis aspal beton (AC-WC) dengan menggunakan metode pengujian *Marshall Test*. Sedangkan untuk standar pelaksanaan pengujiannya digunakan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berkaitan dengan pengujian Laston.

C.1 Bahan dan Peralatan

C.1.1 Bahan

Bahan yang digunakan adalah:

1. Aspal PEN 60/70 merek Esso yang telah tersedia di Laboratorium Jalan Raya Universitas Riau.
2. Agregat kasar dan halus hasil produksi quari batu pecah daerah Pangkalan, Sumatera Barat.
3. *Fly Ash*, diperoleh dari PT. Indah Kiat, Perawang, Provinsi Riau.
4. Air gambut diperoleh dari saluran air di daerah Rimbo Panjang KM 21, Kabupaten Kampar.

C.1.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan adalah:

1. Alat uji pemeriksaan *properties* agregat.
2. Alat uji pemeriksaan *properties* aspal.
3. Cetakan benda uji dengan diameter 10,16 cm dan tinggi 7,62 cm, lengkap dengan pelat alas dan leher sambung.
4. *Extruder*
5. Alat Uji *Marshall*
6. Mesin penumbuk dengan permukaan yang rata berbentuk silinder dengan berat 4,54 kg dan tinggi jatuh bebas 45,7 cm.
7. Oven dengan suhu mencapai 200°C
8. *Water batch* atau bak rendaman dengan suhu mulai $10-100^{\circ}\text{C}$
9. *Thermometer*
10. Timbangan
11. Perlengkapan lainnya

C.2 Pengujian Bahan Penyusun

Semua bahan yang akan digunakan diperiksa karakteristiknya agar sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

C.2.1 Pengujian Aspal

Pengujian aspal PEN 60/70 yang dilakukan antara lain:

Tabel 6. Jenis Pengujian Aspal

Jenis Pengujian	Standar
Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal	SNI 2433:2011
Penetrasi Aspal	SNI 06-2456-1991
Titik Lembek Aspal	SNI 2434:2011
Kehilangan Berat Aspal	SNI 06-2441-1991
Berat Jenis Aspal	SNI 2441:2011
Viskositas Aspal	SNI 06-6441-2000

Sumber: (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

C.2.2 Pengujian Agregat

Pengujian yang akan dilakukan untuk melihat karakteristik agregat adalah sebagai berikut:

Tabel 7. Jenis Pengujian Agregat

Jenis Pengujian	Standar
Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990
Material Lolos Ayakan Nomor 200	SNI 03-4142-1996 dan ASTM C117:2002
<i>Sand Equivalent</i>	SNI 03-4428-1997
Berat Jenis dan Penyerapan Agregat	SNI 03-1969-1990 dan SNI 03-1970-1990
Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi <i>Los Angeles</i>	SNI 2417 :2008
Kekekalan Bentuk Agregat terhadap Larutan Natrium Sulfat Atau Magnesium Sulfat	SNI 3407:2008
Kelekatan Agregat terhadap Aspal	SNI 2439:2011
Penentuan Persentase Butir Pecah pada Agregat Kasar Pipih dan Lonjong	SNI 7619:2012
Angularitas dan Kadar Rongga	ASTM D4791
Gumpalan Lempung dan Butir Mudah Pecah	SNI 03-4141-1996

Sumber: (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

C.2.3 Pengujian *Fly Ash*

Fly ash yang akan digunakan adalah yang lolos saringan nomor 200. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian berat jenis, sedangkan untuk pengujian sifat kimia tidak dilakukan dalam penelitian ini, karena mengacu kepada penelitian terdahulu.

C.2.4 Pengujian Air Gambut

Pengujian yang dilakukan pada air gambut yaitu pengujian untuk menentukan nilai pH. Tujuannya adalah untuk menentukan seberapa besar nilai pH pada air gambut yang digunakan untuk menentukan kategori air gambut adalah asam atau tidak.

C.3 Rancangan Campuran AC - WC

Berdasarkan variasi kadar aspal dan kadar *fly ash* dan jenis pengujian yang akan dilakukan untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum, maka jumlah benda uji yang dibutuhkan adalah sebanyak 75 buah yang dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Jumlah Benda Uji untuk Menentukan KAO

Kadar Aspal	Persentase <i>Fly Ash</i>					Jumlah
	0 %	2 %	4 %	6 %	8 %	
(P+1)	3	3	3	3	3	15
(P+0,5)	3	3	3	3	3	15
P	3	3	3	3	3	15
(P-0,5)	3	3	3	3	3	15
(P-1)	3	3	3	3	3	15
Total						75

Setelah didapatkan kadar aspal optimum untuk masing masing variasi campuran, pengujian dilanjutkan dengan uji rendaman *Marshall*. Pengujian ini membandingkan nilai stabilitas pada keadaan standar dengan nilai stabilitas pada kondisi rendaman 24 jam, 48 jam, 72 jam, dan 96 jam.

Dari data perbandingan tersebut bisa diambil nilai durabilitas terhadap waktu perendaman. Jumlah benda uji masing-masing adalah 3 benda uji. Berdasarkan variasi campuran dan jenis pengujian yang dilakukan maka jumlah benda uji yang diperlukan dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Jumlah Benda Uji Pada Kondisi KAO

Persentase <i>Fly Ash</i>	Lama Rendaman					Jumlah
	0,5 jam	24 jam	48 jam	72 jam	96 jam	
0 %	3	3	3	3	3	15
2 %	3	3	3	3	3	15
4 %	3	3	3	3	3	15
6 %	3	3	3	3	3	15
8 %	3	3	3	3	3	15
Total						75

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

D.1 Hasil Pengujian Bahan Penyusun AC – WC

Material bahan penyusun Laston diuji karakteristiknya terlebih dahulu. Pengujian bertujuan untuk menguji kelayakan material sebagai bahan penyusun Laston apakah telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

D.1.1 Hasil Pengujian Aspal

Hasil pengujian aspal sebagaimana pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Pengujian Aspal PEN 60/70

Sifat-sifat Material Yang Diuji	Satuan	Hasil Uji	Spesifikasi	
			Min	Maks
Penetrasi, 25 °C, 100 gram, 5 detik	dmm	63,60	60	70
Penetrasi, (Setelah Kehilangan Berat)	%	93,40	54	
Titik Lembek (<i>Softening Point</i>)	°C	56,25	48	
Titik Nyala degan	°C	282,00	232	
Berat Jenis		1,014	1	

Tabel 11. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pengujian	Standar	Hasil Pengujian	Spesifikasi	
			Min	Maks
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan (%)	natrium sulfat SNI 3407:2008	-		12
		3,119		18
		-		6
Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i> (%)	Campuran AC Modifikasi SNI 2417:2008	-		30
		-		8
Kelekatkan agregat terhadap aspal (%)	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya	21,10		40
		96,42	95	
Butir pecah pada agregat kasar (%)	SNI 2439:2011	96,42	95	
Partikel pipih dan lonjong (%)	SNI 7619:2012	100,00	95/90	
	ASTM D4791 Perbandingan 1 : 5	8,78		10

Tabel 12. Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian	Standar	Hasil Pengujian Agregat Halus	Spesifikasi	
			Min	Maks
Nilai setara pasir (%)	SNI 03-4428-1997	53,98	60	
Angularitas dengan uji kadar rongga (%)	SNI 03-6877-2002	48,06	45	
Gumpalan lempung dan butir - butir mudah pecah dalam agregat (%)	SNI 03-4141-1996	0,169		1

Hasil Pengujian agregat kasar dan halus dapat dilihat pada Tabel 11 dan Tabel 12 bahwa hasil pengujian telah memenuhi

Sifat-sifat Material Yang Diuji	Satuan	Hasil Uji	Spesifikasi	
			Min	Maks
Kehilangan Berat (TFOT)	% berat	0,1173		0,8
Viskositas Kinematis 135°C (cSt)	°C	550,00	300	

Dari hasil pengujian aspal PEN 60/70 yang dapat dilihat pada Tabel 10, menunjukkan karakteristik aspal telah memenuhi spesifikasi yang ditentukan. Maka aspal tersebut bisa digunakan sebagai bahan penyusun Laston dalam penelitian ini.

D.1.2 Hasil Pengujian Agregat

Agregat yang diuji dalam penelitian ini adalah agregat 1-2, sedang, dan halus, yaitu agregat 1-2 lolos saringan 3/4” sampai tertahan saringan no.8, agregat sedang lolos saringan no. 8 sampai tertahan saringan no. 200 dan agregat halus adalah agregat yang lolos saringan no. 200.

spesifikasi umum Bina Marga 2018 yang telah ditentukan dan dapat digunakan sebagai bahan campuran beraspal jenis Laston.

D.1.3 Hasil Pengujian *Fly Ash*

Hasil pengujian *fly ash* sebagaimana pada Tabel 13.

Tabel 13. Hasil Pengujian *Fly Ash*

Jenis Pemeriksaan	Standar	Syarat	Hasil <i>Fly Ash</i>
Lolos saringan no. 200	SNI ASTM C136:2012	75	85,72
Berat jenis	SNI 15-2531-1991	-	2,5

Hasil pengujian menunjukkan bahwa *fly ash* yang digunakan sudah memenuhi standar atau ketentuan pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Dengan demikian *fly ash* layak digunakan sebagai *filler* pada campuran aspal AC-WC.

D.1.4 Hasil Pengujian Air Gambut

Hasil Pengujian pH pada air gambut yang digunakan adalah 3,9, ini menunjukkan bahwa air gambut tersebut tergolong asam. Derajat keasaman dari air gambut tidaklah tetap, tetapi dapat berubah sesuai dengan

kondisi cuaca dan faktor lain yang mempengaruhinya. Pengujian pH ini mengacu pada SNI 06-6989 11-2004.

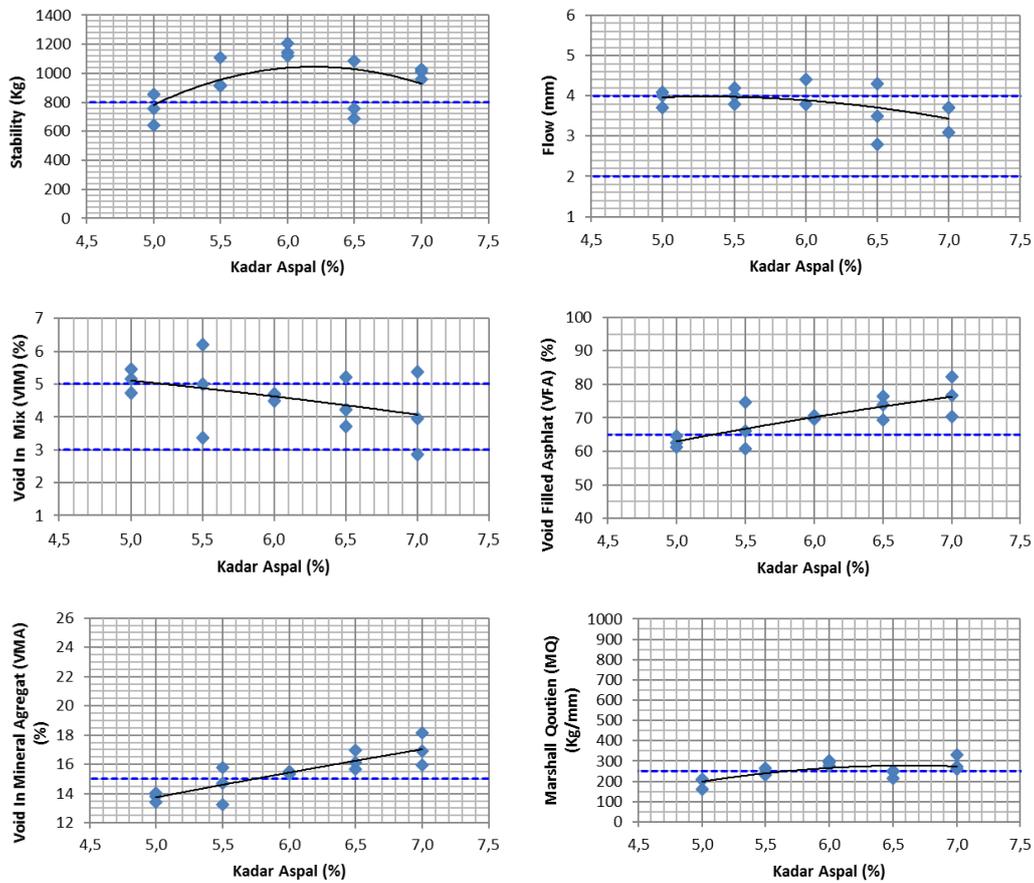
D.2 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Penentuan KAO menggunakan metode pita berdasarkan SNI 06-2489-1991 dengan menganalisis lima karakteristik *Marshall*.

Setiap proporsi campuran dihitung nilai *VIM*, *VMA*, *VFA*, stabilitas, *flow* dan *MQ*. Nilai-nilai tersebut diuraikan dalam grafik yang dibatasi oleh Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, lalu dipindahkan ke dalam tabel *Marshall*. KAO diperoleh dari nilai yang memenuhi semua kriteria *Marshall* tersebut. Berikut contoh penentuan KAO sebagaimana pada Tabel 14. Tabel 14 menunjukkan 3 buah benda uji untuk masing-masing variasi kadar aspal. Kemudian dari data di atas dibuatkan dalam bentuk grafik karakteristik *Marshall* yang dapat dilihat pada Gambar 1 dan Tabel 15.

Tabel 14. Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* Dengan Kadar *Fly Ash* 2%

Kadar Aspal (%)	No. Sampel	VMA (%)	VIM (%)	VFA (%)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)
5,0	1	13.743	5.108	62.8	755.7	3.70	204.24
	2	13.994	5.384	61.5	856.5	4.10	208.89
	3	13.351	4.676	65.0	640.9	4.00	160.21
5,5	1	15.753	6.158	60.9	1111.6	4.20	264.67
	2	13.189	3.302	75.0	911.2	3.80	239.80
	3	14.659	4.939	66.3	918.8	4.00	229.69
6,0	1	15.456	4.649	69.9	1144.8	3.80	301.26
	2	15.435	4.625	70.0	1119.7	3.80	294.67
	3	15.261	4.429	71.0	1208.7	4.40	274.71
6,5	1	15.623	3.649	76.6	690.0	2.80	246.43
	2	16.064	4.152	74.2	756.3	3.50	216.10
	3	16.940	5.152	69.6	1084.9	4.30	252.30
7,0	1	15.917	2.788	82.5	959.9	3.70	259.42
	2	16.886	3.908	76.9	1010.2	3.70	273.03
	3	18.104	5.315	70.6	1029.8	3.10	332.21



Gambar 1. Grafik Hasil Uji Karakteristik Marshall

Tabel 15. Penentuan Kadar Aspal Optimum

No.	Kriteria	Spesifikasi	Kadar Aspal (%)				
			5	5,5	6	6,5	7
1	Stabilitas (Kg)	800					
2	Flow (mm)	2-4					
3	VIM (%)	3-5					
4	VFA (%)	Min 65					
5	VMA (%)	Min 15					
6	MQ (Kg/mm)	Min 250					
KAO (%)			$\frac{5,7 + 7}{2} = 6,35 \%$				

Dari Gambar 1 dan Tabel 15 diperoleh nilai KAO untuk campuran beraspal dengan variasi fly ash 2% adalah 6,35%. Rekapitulasi kadar

aspal optimum campuran aspal untuk variasi fly ash 0%, 2%, 4%, 6%, 8% sebagaimana pada Tabel 16.

Tabel 16. Rekapitulasi Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal

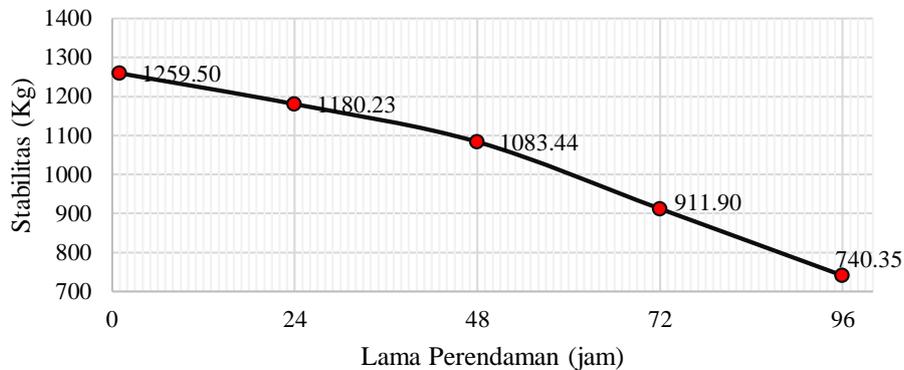
Sifat - Sifat Material Yang Diuji (Nilai Rata - Rata)	Kadar Aspal (%)	Hasil Pengujian Campuran Aspal Dengan Variasi Fly Ash				
		0	2	4	6	8

Kadar Aspal Optimum (%)	6,05	6,35	6,50	6,58	-
-------------------------	------	------	------	------	---

D.3 Analisa Tes Rendaman Marshall

Analisa *test* rendaman *Marshall* membandingkan nilai stabilitas pada keadaan standar dengan nilai stabilitas pada kondisi rendaman 24 jam, 48 jam, 72 jam, dan 96 jam pada kondisi Kadar Aspal Optimum (KAO).

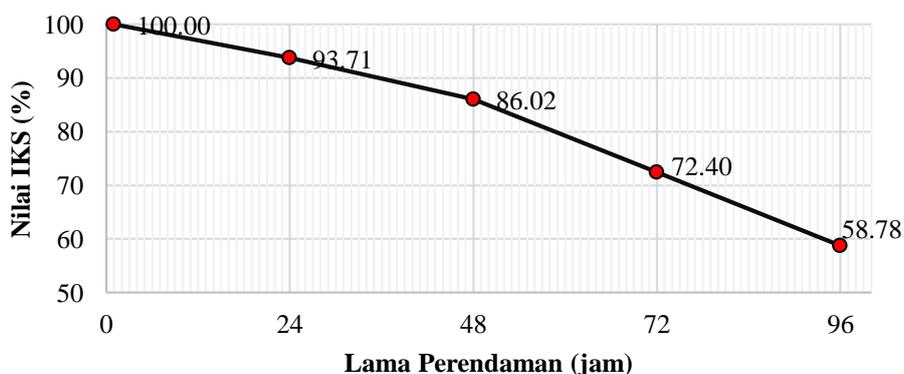
Dari data perbandingan tersebut bisa diambil nilai durabilitas terhadap waktu perendaman. Berikut merupakan contoh hasil perendaman *marshall* pada variasi *fly ash* 2%.



Gambar 2. Grafik Hubungan Nilai Stabilitas KAO dengan Waktu Rendaman untuk Variasi Kadar *Fly Ash* 2%

Campuran beraspal dengan variasi kadar *fly ash* kondisi kadar aspal optimum 6,35% dengan bertambahnya lama perendaman menghasilkan nilai stabilitas yang cenderung mengalami penurunan. Penurunan nilai stabilitas ini dikarenakan campuran Laston tersebut mengalami infiltrasi air selama proses perendaman menggunakan air gambut yang mengakibatkan melemahnya ikatan antara aspal dan agregat. Sehingga mengakibatkan menurunnya nilai stabilitas.

Nilai IKS yang disyaratkan oleh Bina Marga 2018 minimal 90%. Nilai IKS pada waktu rendam 24 jam mampu melewati batas spesifikasi sehingga campuran tersebut dapat menahan kerusakan yang diakibatkan oleh air selama 24 jam, sedangkan untuk lama perendaman 48 jam, 72 jam, dan 96 jam nilai IKS tidak mampu melewati batas nilai yang ditentukan.



Gambar 3. Grafik Hubungan Nilai IKS KAO dengan Waktu Rendaman untuk Variasi Kadar *Fly Ash* 2%

D.3.1 Hubungan Stabilitas dengan Waktu Perendaman

Stabilitas adalah kemampuan maksimum suatu campuran aspal menahan beban hingga

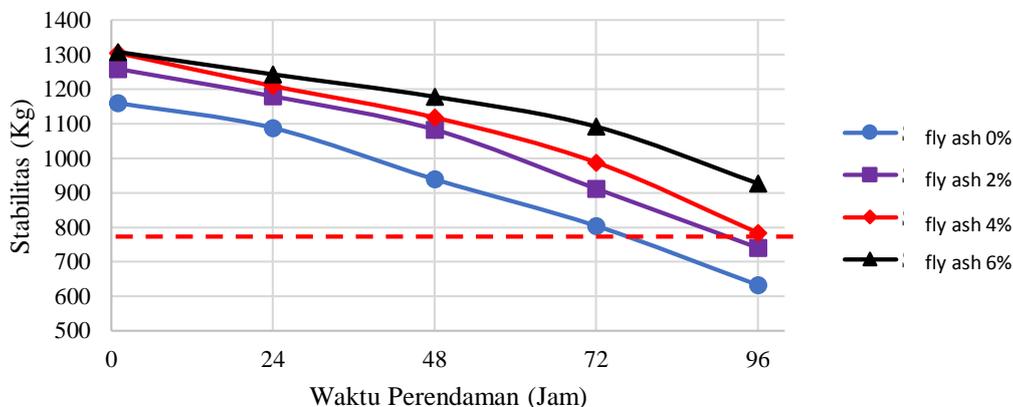
terjadi kelelahan plastis. Hubungan nilai stabilitas KAO dengan waktu perendaman dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 17. Nilai Stabilitas KAO Rendaman (Kg)

Lama Rendaman (Jam)	Variasi Fly Ash				
	0%	2%	4%	6%	8%
0,5	1160,18	1259,50	1304,46	1308,80	-
24	1087,95	1180,23	1209,12	1243,79	-
48	938,98	1083,44	1118,11	1178,78	-
72	803,55	911,9	988,10	1092,11	-
96	632,01	740,35	784,41	927,42	-

Dari Tabel 17 menunjukkan nilai stabilitas campuran variasi *filler fly ash* pada setiap waktu rendaman menggunakan air gambut mengalami penurunan nilai stabilitas. Pengaruh ini dikarenakan perendaman menggunakan air gambut yang bersifat asam dan suhu benda uji saat perendaman yaitu $60 \pm 1^\circ \text{C}$. Perendaman dengan air gambut

mengakibatkan *oksidasi* pada aspal mengakibatkan lepasnya ikatan agregat dengan aspal dan dapat menurunkan nilai stabilitas. Hubungan nilai stabilitas KAO dengan waktu rendaman masing-masing variasi kadar *fly ash* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik hubungan nilai stabilitas KAO dengan waktu perendaman

Dari Gambar 4 nilai stabilitas campuran variasi *filler fly ash* pada setiap waktu rendaman menggunakan air gambut mengalami penurunan nilai stabilitas. Namun, Nilai stabilitas terus naik seiring dengan penambahan *filler fly ash*. Nilai tertinggi stabilitas berada pada campuran *filler* 6% pada perendaman 0,5 jam yaitu sebesar 1308,80 kg. Sedangkan nilai stabilitas yang terendah berada pada variasi *filler fly ash* 0% pada perendaman 96 jam yaitu sebesar 632,01 kg.

Penambahan *fly ash* secara terus menerus membuat nilai stabilitas menjadi semakin naik. Berdasarkan Spesifikasi Umum

Bina Marga 2018 nilai minimum stabilitas yaitu 800 kg. Pada tabel 16 dapat dilihat variasi *filler* menggunakan *fly ash* saat direndam dengan air gambut bahwa *filler* 6% saat direndam sampai 96 jam masih mampu menahan beban dan nilai stabilitas masih memenuhi ketentuan dari Bina Marga 2018.

D.3.2 Hubungan Indeks Kekuatan Sisa dengan Waktu Perendaman

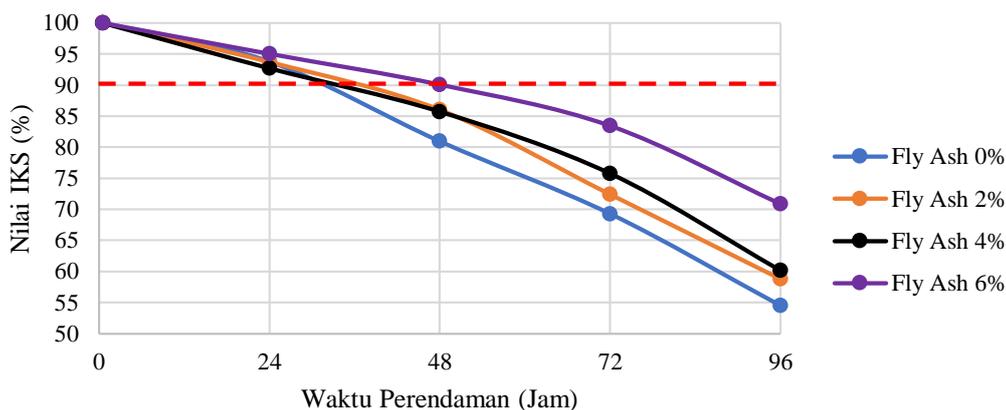
Metode ini mengambil acuan untuk nilai S_0 dalam penentuan nilai IKS berdasarkan nilai stabilitas masing-masing variasi campuran pada pengujian standar dengan rendaman 30 – 40 menit. Nilai IKS berhubungan dengan

kemampuan perkerasan aspal untuk menahan kerusakan yang diakibatkan oleh air. Bina Marga 2018 memberi batasan untuk stabilitas setelah rendaman selama 24 jam dengan suhu $60\pm 1^\circ\text{C}$ adalah minimum 90% dari stabilitas semula. Nilai-nilai indeks kekuatan sisa (IKS) campuran untuk keseluruhan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 18.

Berdasarkan Tabel 18 memperlihatkan secara umum terjadinya penurunan kekuatan yang signifikan pada campuran beraspal seiring bertambahnya lama perendaman menggunakan air gambut. Perendaman menyebabkan air terserap ke dalam campuran, air menembus kebagian antar permukaan aspal dengan agregat dan pori-porinya. Adanya air pada bagian antar permukaan dan pori-pori pada akhirnya mengarah pada pengelupasan aspal dari permukaan agregat dan menyebabkan berkurangnya kekuatan campuran.

Tabel 18. Nilai IKS KAO Rendaman (%)

Lama Rendaman (Jam)	Variasi Kadar Fly Ash				
	0%	2%	4%	6%	8%
0,5	100,00	100,00	100,00	100,00	-



Gambar 5. Grafik hubungan antara Nilai IKS KAO dan Waktu Perendaman

E. KESIMPULAN DAN SARAN

E.1 Kesimpulan

Hasil penelitian dan pembahasan sebelumnya didapat kesimpulan, sebagai berikut:

1. Semakin lama campuran beraspal terendam air gambut maka semakin menurun nilai stabilitas dan tingkat durabilitas campuran, yaitu hasil yang

24	93,77	93,71	92,69	95,03	-
48	80,93	86,02	85,71	90,07	-
72	69,26	72,40	75,75	83,44	-
96	54,47	58,78	60,13	70,86	-

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai IKS variasi *filler fly ash* 0%, 2%, 4%, 6%, memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk 24 jam yaitu minimum 90%. Perendaman selama 48 jam pada filler fly ash 6% dapat dilihat nilai IKS memenuhi ketentuan. Untuk rendaman 72 jam dan 96 jam seluruh campuran tidak memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan oleh Bina Marga yaitu 90%.

Hasil penelitian ini apabila dibandingkan dengan penelitian Surya (2019), nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) seiring bertambahnya kadar *fly ash* sampai 6% mampu mempertahankan perkerasan jalan sampai 48 jam yaitu sebesar 90,07% apabila direndam oleh air gambut, sedangkan pada penelitian Surya (2019) hanya mampu mempertahankan jalan dari kerusakan sampai 24 jam yaitu sebesar 97,18% ketika direndam oleh air gambut. Oleh karena itu, *fly ash* mampu mempertahankan stabilitas dan keawetannya saat direndam air gambut sampai 48 jam.

tertinggi pada perendaman 0,5 jam sebesar 1308,80 kg dan yang terendah pada perendaman 96 jam sebesar 927,42 kg. Namun, seiring bertambahnya *filler fly ash* akan meningkatkan nilai stabilitas dan durabilitas campuran, yaitu pada variasi *fly ash* 0% sebesar 1160,18 kg dan pada variasi *fly ash* 6% sebesar 1308,80 kg. Hal ini disebabkan oleh *fly*

ash mampu mempertahankan stabilitas dan keawetannya saat direndam air gambut.

2. Variasi *filler fly ash* optimum yang dapat ditambahkan dalam campuran AC-WC adalah 6% dari berat total agregat. Nilai tersebut berdasarkan nilai stabilitas yang tinggi dibanding variasi lainnya yaitu sebesar 1308,80 kg. Kemudian untuk nilai IKS mampu menahan kerusakan direndam sampai 48 jam yaitu sebesar 90,07%.

E.2 Saran

Penelitian lanjutan mengenai kelayakan campuran terhadap dampak yang ditimbulkan akibat kandungan kimia *fly ash* terhadap lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bapedal.** (1999). *Peraturan Pemerintah Nomor 18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Beracun*. Jakarta : Sekretariat Bapedal.
- Bina Marga.** (1991). SNI 06-2456-1991. *Metode Pengujian Penetrasi Bahan-bahan Bitumen*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga.** (1991). SNI 2441:1991. *Metode Pengujian Pemeriksaan Berat Jenis Aspal Padat*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga.** (1991). SNI 2456:1991. *Metode Pengujian Penetrasi Bahan-bahan Bitumen*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga.** (1996). SNI 03-4141-1996. *Metode Pengujian Gumpalan Lempung dan Butir-Butir Mudah Pecah dalam Agregat*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga.** (1996). SNI 03-4142-1996. *Metode Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos Saringan No.200 (0,075 mm)*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga.** (1997). SNI 03-4428-1997. *Metode Pengujian Agregat halus atau Pasir yang Mengandung bahan Plastik dengan Cara Setara Pasir*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga.** (2000). SNI 06-6441-2000. *Metode Pengujian Viskositas*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga.** (2002). SNI 03-6977-2002. *Metode Pengujian Kadar Rongga Agregat Halus yang tidak dipadatkan*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga.** (2003). RSNI-M-01-2003. *Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas dengan Alat Marshall*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga.** (2005). RSNI T-01-2005. *Cara Uji Uji Butiran Agregat Kasar Berbentuk Pipih, Lonjong, atau Pipih dan Lonjong*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga.** (2008). SNI 1969:2008. *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga.** (2008). SNI 1970:2008. *Cara Uji Berat Jenis dan penyerapan Air Agregat Halus*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga.** (2008). SNI 2417:2008. *Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga.** (2008). SNI 3407:2008. *Cara Uji Sifat Kekekalan Agregat dengan Cara Perendaman menggunakan Larutan Natruim Sulfat atau Magnesium*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga.** (2011). SNI 2432:2011. *Metode Pengujian Daktilitas Aspal*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga.** (2011). SNI 2433:2011. *Metode Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga.** (2011). SNI 2434:2011. *Metode Pengujian Titik Lembek Aspal*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga.** (2011). SNI 2439:2011. *Cara Uji Penyelimutan dan Pengelupasan pada Campuran Agregat-Aspal*.

- Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga.** (2012). ASTM C117:2012. *Pengujian Material Lolos Ayakan No.200*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga.** (2012). SNI 7619:2012. *Pengujian Butir Pecah pada Agregat Kasar*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga.** (2018). *Spesifikasi Umum Bina Marga 2018*. Jakarta : Direktorat Jendral Bina Marga.
- Daniyanto, E.** (2015). *Pengaruh Campuran Fly Ash Terhadap Laston Pengerasan Jalan*. Jurnal Teknik Sipil, 48–57.
- Dikas, T. M.** (2010). *Karakteristik Fisik Gambut di Riau pada Ekosistem*. Institut Pertanian Bogor, (1989), 1–2.
- Fadil, C. A. F.** (2014). *Perbandingan Lama Rendaman Campuran Aspal AC-WC dengan Memakai Air Laut dan Air Tawar Terhadap Karakteristik Marshall*. Universitas Sumatera Utara.
- Fauziah, M., & Handaka, A.** (2017). *Pemanfaatan Aspal Starbit E-55 Untuk Menahan Penurunan Kinerja Akibat rendaman Air hujan Pada Campuran Split Mastic Asphalt*. Jurnal Transportasi Vol. 17
- Hendarsin, S.L.** (2000). *Perencanaan Teknik Jalan Raya*. Bandung : Poltek Negeri.
- Kusnaedi.** (2006). *Mengolah Air Gambut dan Air Kotor untuk Air Minum*. Cetakan ke-15. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Maulana, A.** (2010). *Karakteristik Campuran Beraspal Akibat Air Laut*. Jurnal Teknik Sipil.
- N. M. Dando, A.** (2016). *Analisis Pengaruh Perendaman Air Hujan Terhadap Kinerja Campuran Aspal Berongga Berbasis Asbuton Butir*. Universitas Hasanuddin.
- Pamungkas, H. S. R., & Irianto, S.** (2014). *Karakteristik Hidrologi Kawasan Gambut Sungai Kampar dan Sekitarnya, Provinsi Riau*. Seminar Nasional Ke 3 Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjajaran.
- Putrowijoyo, R.** (2006). *Kajian Laboratorium Sifat Marshall dan Durabilitas Aspal concrete Wearing Course (AC-WC) dengan Membandingkan Penggunaan Antara Semen Portland dan Abu Batu Sebagai Filler*. Universitas Diponegoro Semarang.
- Purnomo, D., Supiyan, & Desriantomy.** (2017). *Pemanfaatan Fly Ash (Limbah Batu Bara) Sebagai Tambahan Filler Pada Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (Ac-Bc), 3(1), 198–205.*
- Sukirman, S.** (2007). *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta : Edisi ke-2, Yayasan Obor Indonesia.
- Surya, H.** (2019). *Perbandingan Pengaruh Air Gambut dan Air Hujan terhadap Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC)*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil FT. Pekanbaru : Universitas Riau.
- Tahir, A.** (2015). *Karakteristik campuran beton aspal (ac-wc) dengan menggunakan variasi kadar filler abu terbang batu bara*. Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako.
- Yolanda, H.** (2011). *Durabilitas Retona Blend 55 menggunakan Bahan Tambah Serat Goni dengan Tes Perendaman Modifikasi Marshall Spesifikasi Pengujian Bina Marga 2008*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil FT. Pekanbaru : Universitas Riau.