

Pengaruh Penuaan Aspal Pada Karakteristik Campuran Beton Aspal Lapis Aus AC - WC

Mashuri^a dan R. Rahman^{a*}

^aJurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

* Corresponding author's e-mail: mashuri_70mt@yahoo.co.id

Received: 3 August 2020; revised: 18 August 2020; accepted: 19 August 2020

Abstract: The aging process of asphalt in the pavement layers of asphalt concrete road occurs when mixing in the Asphalt Mixing Plant and during the road service period. The asphalt aging process when mixing is called short-term aging and aging during the road service period is called long-term aging. AC - WC mixture is a wear layer and it is on the top layer of the surface which allows characteristics change that are influenced by several environmental factors (air, temperature and sunlight). This study aims to know the effect of asphalt aging on the characteristics of AC - WC mixture with Marshall method on some asphalt content that are 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0%, 6, 5% and 7.0%. For testing on short-term aging (Short - Term Oven Aging, STOA) is by testing the mixture specimen AC - WC at 135o C before solidified for 4 hours and for long-term aging (Long - Term Oven Aging, LTOA) was carried out by testing the mixture specimen AC - WC at 85o C for 2 - 5 days. The results of this study found that asphalt aging had an effect on the characteristics of AC - WC mixture. Values of density, VFB, stability, flow tend to decrease with age. While VIM and VMA values tend to increase with age. Aging caused the mixture to became more rigid.

Keywords: *aging, STOA, LTOA, AC - WC, Marshall.*

Abstrak: Proses penuaan aspal pada lapis perkerasan jalan beton aspal terjadi saat pencampuran di AMP dan saat masa pelayanan jalan. Proses penuaan aspal saat pencampuran disebut penuaan jangka pendek dan penuaan saat masa pelayanan jalan disebut penuaan jangka panjang. Campuran AC - WC merupakan lapis aus dan berada di lapis permukaan yang paling atas yang memungkinkan terjadinya perubahan karakteristik yang dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan (udara, temperatur dan sinar matahari). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penuaan aspal pada karakteristik campuran AC - WC dengan metode Marshall pada beberapa kadar aspal yaitu 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5% dan 7,0%. Untuk pengujian pada penuaan jangka pendek (*Short - Term Oven Aging, STOA*) adalah dengan pengovenan benda uji campuran AC - WC pada suhu 135 °C sebelum dipadatkan selama 4 jam dan untuk penuaan jangka panjang (*Long - Term Oven Aging, LTOA*) dilakukan pengovenan benda uji campuran AC - WC pada suhu 85 °C selama 2 - 5 hari. Hasil penelitian ini mendapatkan bahwa penuaan aspal memberi pengaruh pada karakteristik campuran AC - WC. Nilai kepadatan, VFB, stabilitas, flow cenderung turun seiring lamanya umur penuaan. Sementara nilai VIM dan VMA cenderung meningkat seiring lamanya umur penuaan. penuaan mengakibatkan campuran menjadi lebih kaku.

Kata kunci: *penuaan, STOA, LTOA, AC - WC, Marshall.*

1. Pendahuluan

Pada perkerasan jalan, campuran AC - WC digunakan untuk lapis permukaan paling atas (lapis aus) sehingga sering kali mengalami kerusakan atau penurunan kekuatan. Salah satu penyebab kerusakan dan penurunan kekuatan pada perkerasan lentur adalah terjadinya proses penuaan (*aging*) aspal serta pengaruh yang diakibatkan oleh perubahan temperatur. Penuaan aspal yang dipengaruhi oleh temperatur disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu penguapan fraksi minyak ringan yang terkandung dalam aspal dan oksidasi penuaan jangka pendek, *Short-Term Oven Aging* (STOA) dan oksidasi yang progresif penuaan jangka panjang, *Long-Term Oven Aging* (LTOA) [1-7]. Proses terjadinya penuaan (*aging*) pada campuran beton aspal sangat tergantung kepada hasil pencampuran dan pemadatan yang dilakukan. Proses pengujian penuaan jangka pendek (*Short Term Oven Aging, STOA*), dilakukan pengovenan pada suhu 135°C selama 4 jam sebelum dilakukan pemadatan. Simulasi *STOA* dilakukan untuk mengetahui penuaan campuran aspal pada saat proses

pembuatan campuran aspal di unit pencampuran aspal (AMP), selama pengangkutan dan penghamparan di lapangan. Sedangkan prosedur pengujian penuaan jangka panjang (*Long Term Oven Aging, LTOA*) dilakukan pengovenan pada suhu 85°C selama 48 jam dan 120 jam setelah dilakukan pemadatan. Simulasi *LTOA* ini dilakukan untuk mengetahui penuaan campuran aspal selama masa pelayanan. Pengujian pada suhu 85°C selama 48 jam mewakili umur campuran selama 5 tahun di lapangan dan pengujian pada suhu 85°C selama 120 jam mewakili umur campuran selama 10 tahun di lapangan [8-11].

1.1. Lapis Aspal Beton (AC-WC)

Laston (Lapisan Aspal Beton), adalah beton aspal bergradasi menerus yang umum digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat. Laston sebagai lapis aus (*Asphalt Concrete Wearing Course, AC-WC*) merupakan lapisan paling atas dari laston yang mengalami kontak langsung dengan kendaraan yang melintas di atasnya. AC - WC mempunyai tekstur yang lebih halus dibandingkan dengan laston lapis antara (AC-BC).

Disamping sebagai pendukung beban lalu lintas, lapisan ini mempunyai fungsi utama sebagai pelindung konstruksi di bawahnya dari kerusakan akibat pengaruh air dan cuaca, sebagai lapisan aus dan menyediakan permukaan jalan yang rata dan tidak licin.

1.2. *Persyaratan Material Campuran AC – WC*

a) Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No.8 (2,36 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet, dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan (Tabel 1) [12-13].

Tabel 1. Ketentuan agregat kasar

Pengujian		Metode Pengujian	Spesifikasi
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium Sulfat	SNI 3407:2008	Maks 12%
	Magnesium Sulfat		Maks 18%
Abrasi dengan Mesin Los Aggeles	Camp. AC modifikasi	SNI 2417:2008	Maks 6%
	Campuran aspal gradasi lainnya		Maks 8%
Kelekatan agregat terhadap aspal	100 putaran	SNI 2439:2011	Maks 95%
	500 putaran		Maks 95/90*)
Partikel pipih dan lonjong	100 putaran	ASTM D4791 P1:5	Maks 10%
	500 putaran		Maks 40%
Material lolos ayakan No. 200		SNI 08-41-42-1996	Maks 2%

*) 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.

b) Agregat Halus

Agregat halus dari sumber mana pun, harus terdiri dari pasir atau hasil ayakan batu pecah yang terdiri dari bahan yang lolos ayakan No.8 (4,75 mm). Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya (Tabel 2).

Tabel 2. Ketentuan agregat halus

Pengujian	Metode Pengujian	Spesifikasi
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Maks 60%
Angularitas dengan uji kadar rongga	SNI 03-6877-2002	Min 45%
Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah	SNI 03-4141-1996	Maks 1%
Agregat lolos ayakan No. 200	SNI ASTM C1 17-2013	Maks 10%

c) Bahan Pengisi

Bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*) terdiri atas debu batu kapur (*limestone dust, Calcium Carbonate CaCO₃*), atau debu kapur padam yang sesuai dengan AASHTO M303-89 (2006), semen atau mineral yang berasal dari asbuton. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila di uji dengapengayakan harus mengandung bahan yang lolos ayakan No.200 (75 micron) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya kecuali untuk mineral asbuton (Tabel 3) [12-13].

Tabel 3. Persyaratan mineral *filler*

Sifat Umum	Kadar Air	Max 1%
	Gumpalan Partikel	Tidak Ada
	Bukaan Saringan (mm)	% Lolos Saringan
Gradasi	0,6	100
	0,13	90-100
	0,074	70-100

Tabel 4. Ketentuan-ketentuan aspal kasar

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Tipe I Aspal Pen. 60-70	Tipe II Aspal yang dimodifikasi	
				A	B
				Asbuton diproses	Elastomer Sintetis
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60-70	Min. 50	Min. 40
2	Viskositas dinamis 60°C (Pa.s)	SNI 06-6441-2000	160-240	240-360	320-480
3	Viskositas kinematis 60°C (cSt)	SNI 06-6441-2000	≥300	385-480	≤3000
4	Titik lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥48	≥53	≥54
5	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2434:2011	≥100	≥100	≥100
6	Titik nyala (°C)	SNI 2434:2011	≥232	≥232	≥232
7	Kelarutan (%)	AASHTO T44-03	≥99	≥99 ⁽¹⁾	≥99
8	Berat jenis	SNI 2434:2011	≥1.0	≥1.0	≥1.0
9	Stabilitas penyimpanan (°C)	ASTM D5976	-	≤2.2	≤2.2
10	Partkel lebih halus 150 micron (%)			Min 95 ⁽¹⁾	-
Pengujian Residu Hasil TFOT (SNI 06-2441-1991) atau RTFOT (SNI 06-6835-2002)					
11	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2441-2000	≤0.8	≤0.8	≤0.8
12	Viskositas dinamis 60°C (Pa.s)	SNI 06-2441-2000	≤800	≤1200	≤1600
13	Penetrasi pada 25°C (%)	SNI 06-2456-1991	≥54	≥54	≥54
14	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥100	≥50	≥25
15	Elastisitas setelah pengembalian	AASHTO T301-98	-	-	≥60

d) Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan pada suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk ke dalam pori-pori yang pada penyemprotan /penyiraman pada perkerasan macadam atau peleburan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis). Sebagai salah satu konstruksi perkerasan lentur, aspal merupakan komponen kecil, umumnya kadar aspal yang digunakan 4%-10% berdasarkan berat atau 5%-10% berdasarkan volume (Tabel 4) [12-13].

Catatan :

- 1) Hasil pengujian adalah untuk bahan pengikat (bitumen) yang diekstraksi dengan menggunakan metoda SNI 2490:2008. Sedangkan untuk pengujian kelarutan dan gradasi mineral dilaksanakan pada seluruh bahan pengikat termasuk kandungan meneralnya.
- 2) Pabrik pembuat bahan pengikat Tipe II dapat mengajukan metoda pengujian alternatif untuk pengujian penetrasi, titik lembek atau standar lainnya,
- 3) Viskositas diuji juga pada temperatur 100°C atau 160°C untuk tipe I, untuk tipe II, pada temperatur 100°C dan 170°C
- 4) Jika untuk pengujian viskositas tidak dilakukan sesuai dengan AASHTO T201-03 maka hasil pengujian harus dikonversikan ke cSt.

1.3. Karakteristik Campuran

Menurut Sukirman (2003) lapis aspal beton (laston) digunakan untuk jalan – jalan dengan beban lalu lintas berat, laston juga dikenal dengan nama AC (*Asphalt Concrete*). Ada tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh aspal beton sebagai berikut [12-13] :

- 1) Stabilitas
- 2) *Durabilitas* (keawetan)
- 3) *Fleksibilitas* (kelenturan)
- 4) *Fatigueresistance* (ketahanan kelelahan)
- 5) *Skid Resistance* (kekesatan terhadap slip)
- 6) *Impermeable* (kedap air)
- 7) *Workability* (kemudahan pelaksanaan)

1.4. Rancangan Campuran AC – WC

Tujuan dari perencanaan campuran (*mix design*) untuk memperoleh nilai kadar aspal optimum (KAO) untuk suatu gradasi agregat sehingga menghasilkan suatu campuran beton aspal yang memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan. Bahan – bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini dipilih agar dapat memenuhi spesifikasi campuran AC–WC. Penentuan komposisi campuran antar agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi dimaksudkan untuk mendapatkan suatu komposisi campuran yang memenuhi syarat gradasi sehingga diperoleh suatu lapis permukaan dimana ikatan antar butir – butir agregat baik atau saling mengunci.

Pada rancangan campuran AC–WC, gradasi agregat gabungan merupakan hal yang paling penting. Gradasi agregat gabungan harus mempunyai jarak terhadap batas – batas toleransi (Tabel 5).

Tabel 5. Gradasi agregat gabungan untuk campuran laston

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat dalam Campuran		
	Laston (AC)		
	WC	BC	Base
37,5			100
25			90-100
19	100	90-100	76-90
12,5	90-100	75-90	60-78
9,5	77-90	66-82	52-71
4,75	53-69	46-64	35-54
2,36	33-53	30-49	23-41
1,18	21-40	18-38	13-30
0,600	14-30	12-28	10-22
0,300	9-22	7-20	6-15
0,150	6-15	5-13	4-10
0,075	4-9	4-8	3-7

1.5. Komposisi Umum Campuran

Campuran untuk lapis beton terdiri atas kombinasi agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (bila diperlukan) dan aspal. Bahan – bahan campuran ini terlebih dahulu harus direncanakan sehingga setelah dikerjakan dapat diperoleh perkerasan aspal yang memenuhi kriteria karakteristik campuran beton aspal.

Penentuan proporsi masing – masing fraksi agregat dilakukan dengan gradasi by *sieve*. Metode ini dilakukan dengan cara penimbangan berdasarkan komposisi untuk masing – masing ukuran saringan.

Tabel 6. Ketentuan Sifat-sifat campuran lapis aspal beton (LASTON)

Sifat-Sifat Campuran	LASTON	
	AC-WC	
	Halus	Kasar
Kadar aspal afektif (%)	Min 5,1	4,3
Penyerapan aspal (%)	Maks 1,2	
Jumlah tumbukan perbidang	75	
Rongga dalam campuran (%)	Min 3,5	
	Maks 5,0	
Rongga dalam agregat (%)	Min 15	
Rongga terisi aspal (%)	Min 65	
Stabilitas Marshall (kg)	Min 800	
Pelelehan (mm)	Min 3,0	
Marshall Quotient	Min 250	
Stabilitas Marshall sisa setelah perendaman 24 jam, 60 C(5)	Min 90	
Rongga dalam campuran pada kepadatan membal (%)	Min 2,5	

1.6. Spesifikasi Campuran AC–WC

Agar dapat memenuhi kualitas dan keseragaman jenis lapisan yang telah dipilih dalam perencanaan, perlu ditentukan spesifikasi campuran yang menjadi dasar

pelaksanaan dilapangan (Tabel 6). Spesifikasi campuran berbeda-beda dipengaruhi oleh :

- 1) Perencanaan tebal perkerasan, yang dipengaruhi oleh pemilihan metode penentuan tebal perkerasan.
- 2) Ekspresi gradasi agregat, yang dinyatakan dengan nomor saringan yang umumnya digunakan dalam spesifikasi.
- 3) Kadar aspal, yang umumnya dinyatakan dalam persen terhadap berat campuran seluruhnya.
- 4) Komposisi dari campuran yang diinginkan, dinyatakan dalam nilai stabilitas, flow, VIM, VMA, VFB dan tebal film aspal.
- 5) Metode rencana campuran yang digunakan.

1.7. Proses Penuaan Aspal

Menurut Belt (1994, dalam Supriadi, 2018), penuaan aspal adalah suatu parameter yang baik untuk mengetahui durabilitas campuran beraspal. Penuaan aspal tersebut disebabkan oleh 2 faktor utama, yaitu penguapan fraksi minyak ringan yang terkandung dalam aspal dan oksidasi (penuaan jangka pendek, *Short-Term Aging*), serta oksidasi yang progresif (penuaan jangka panjang, *Long-Term Aging*) [14].

Oksidasi merupakan suatu faktor penting yang menentukan kecepatan penuaan. Kecepatan penuaan jangka panjang semata – mata disebabkan oleh oksidasi kecepatan oksidasi yang terjadi sangat dipengaruhi oleh rongga udara yang terkandung dalam campuran dan lingkungan dimana campuran ini dihamparkan. Dari kedua hal tersebut, Glenn *et al.* (1981, dalam Damraeni, 2009) mengatakan bahwa lingkungan lebih memberikan pengaruh pada penuaan aspal dibandingkan dengan rongga udara dalam campuran atau porositas agregat yang digunakan [8]. Pendapat yang sama juga dinyatakan oleh Yau *et al.* (1985, dalam Irfan, 2012) yang mengatakan bahwa oksidasi adalah penyebab utama pengerasan aspal yang merupakan hasil interaksi antara aspal dengan lingkungan [9].

a. *Short-Term Oven Aging* (STOA)

Short – Term Oven Aging (STOA) merupakan metode pengujian yang dikembangkan oleh *strategic highway research program* (SHRP) project A-003 A. Pada metode pengujian STOA dilakukan proses pemanasan oven di laboratorium selama 4 jam pada campuran lepas (*loose mixture*) panas dengan temperatur 135°C. pengovenan ini dimaksudkan untuk mensimulasi proses penuaan pada campuran aspal selama proses konstruksi, pencampuran, pengangkutan, penghamparan dan pemadatan.

b. *Long – Term Oven Aging* (LTOA)

Long – Term Oven Aging (LTOA) merupakan metode pengujian yang dikembangkan oleh *strategic highway research program* (SHRP) project A – 003 A. Pada metode pengujian LTOA dilakukan proses pemanasan oven di Laboratorium selama 2 hari dan 5 hari pada temperatur 85°C, pada spesimen padat. Untuk proses pemanasan oven selama 2 hari dimaksudkan untuk mensimulasikan keadaan proses penuaan pada campuran aspal selama 5 tahun umur pelayanan, sedangkan pada proses pemanasan oven selama 5 hari

dimaksudkan untuk mensimulasikan keadaan proses penuaan pada campuran aspal selama 10 tahun layanan.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan digunakan untuk mengarahkan penelitian agar mencapai tujuan yang diinginkan, yakni mengetahui pengaruh penuaan aspal pada karakteristik campuran aspal beton lapis aus (AC-WC). Metode penelitian akan memberikan informasi seputar objek penelitian, serta langkah – langkah terarah dalam perencanaan dan pelaksanaan penelitian untuk mencapai tujuan. Sehingga dengan tercapainya tujuan maka akan menjawab rumusan masalah yang ada

2.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian experimental, karena penelitian bersifat laboratories. Penelitian eksperimen adalah suatu jenis penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan (Sugiyono, 2017). Penelitian ini juga menggunakan pendekatan kuantitatif yang berdasarkan pada filsafat positivisme, digunakan untuk meneliti pada sampel tertentu, pengumpulan data menggunakan instrument penelitian, analisis data bersifat kuantitatif/statistik sehingga penelitian eksperimen kuantitatif adalah penelitian dengan menggumpulkan data yang diperoleh dari benda uji yang dibuat oleh peneliti di laboratorium, kemudian nilai yang diperoleh dari seluruh benda uji dianalisis sesuai dengan metode statistik yang digunakan [11, 15].

2.2. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian menggunakan langkah-langkah yang disusun untuk memberikan kemudahan dalam melaksanakan penelitian sehingga lebih efisien dan efektif dalam mencapai tujuan penelitian yang ingin dicapai.

a. Bahan Penelitian

Bahan Penelitian terdiri dari agregat yang berasal dari *stone crusher* Sungai Bahomante yang terletak di Kecamatan Bungku Tengah Kabupaten Morowali Provinsi Sulawesi Tengah dan aspal Pen 60/70 produksi Pertamina.

b. Pemeriksaan Material

Pemeriksaan agregat kasar meliputi berat jenis dan abrasi, pemeriksaan agregat halus dan filler meliputi berat jenis. Sedangkan pemeriksaan aspal meliputi uji penetrasi, berat jenis, titik lembek, kehilangan berat minyak dan aspal, daktilitas dan viskositas.

c. Desain Gradasi Campuran

Pada Penelitian ini dalam menentukan komposisi gradasi campuran menggunakan gradasi *by sieve*.

d. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji campuran AC – WC menggunakan perkiraan kadar aspal optimum (PKAO) pada kondisi standar dan kondisi penuaan (STOA, LTOA 5 tahun dan LTOA 10 tahun). Seperti yang telah dilakukan oleh Irfan, (2012).

e. Pengujian Benda Uji

Pengujian benda uji menggunakan alat *Marshall* dan Uji Volumetrik.

f. Analisa dan Pembahasan
 Penuaan aspal seperti STOA, LTOA 5 tahun dan LTOA 10 tahun sebagai variabel bebas sementara data karakteristik *Marshall* seperti Stabilitas, *flow* dan MQ serta uji volumetrik seperti kepadatan, VIM, VMA dan VFB sebagai variabel terikat

2.2. Lokasi Pengambilan Material

Penelitian ini diawali dengan penyeleksian data hujan dan debit harian maksimum yang mewakili masing-masing tahun. Analisis frekuensi diterapkan untuk terhadap kedua jenis data tersebut menggunakan empat metode Pengambilan material penelitian ini yang terdiri dari fraksi 3/4", fraksi 5/8", fraksi 1/2", agregat halus dan *filler* (abu batu) diambil dari lokasi *stone crusher* di Bahomante. Aspal yang akan digunakan merupakan aspal yang tersedia di lokasi penelitian di Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya Fakultas Teknik Univ. Tadulako.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu agregat kasar dengan fraksi 1/2", fraksi 5/8", dan abu batu diambil dari *stone crusher* Sungai Bahomante yang terletak di Kecamatan Bungku Tengah Kabupaten Morowali Provinsi Sulawesi Tengah (Gambar 1).



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan agregat.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pemeriksaan Material

Hasil pemeriksaan material adalah seperti pada Tabel 7, Tabel 8, Tabel 9 dan Tabel 10.

Tabel 7. Hasil pemeriksaan karakteristik *filler* (abu batu)

No.	Pengujian	Hasil Pengujian	Spek.	Satuan
1	Analisa saringan	-	-	-
2	Berat jenis	2,68	2,25-2,7	-

Tabel 8. Hasil pemeriksaan karakteristik agregat kasar fraksi 1/2"

No.	Pengujian	Hasil Pengujian	Spek.	Sat.
1	Analisa saringan	-	-	-
2	Berat jenis			
	a. Bj. bulk	2,54		
	b. Bj. SSD	2,60	Min. 2,5	
	c. Bj. apparent	2,71		
	Penyerapan agregat	2,43	Maks. 3	%
3	Abrasi	29,86	Maks. 40	%

Tabel 9. Hasil pemeriksaan karakteristik agregat halus fraksi 5/8"

No.	Pengujian	Hasil Pengujian	Spek.	Sat.
1	Analisa saringan	-	-	-
2	Berat jenis			
	d. Bj. bulk	2,54		
	e. Bj. SSD	2,601	Min. 2,5	
	f. Bj. apparent	2,73		
	Penyerapan agregat	2,67	Maks. 3	%

Tabel 10. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Pen 60/70

No.	Pengujian	Hasil Pengujian	Spek.	Sat.
1	Penetrasi aspal (25°C, 5 dtk)	67,6	60-70	mm
2	Titik lembek	51,5	<48	°C
3	Viskositas 135°C	499,33	>3000	Cst
4	BJ aspal (25°C)	1040	Min. 1,0	-
5	Daktilitas aspal (25°C)	107,5	Min. 100	cm
5	Kehilangan berat	0,163	Max. 1,0	%

3.2. Penentuan Komposisi Agregat Dalam Campuran

Penentuan komposisi agregat menggunakan metode *by sieve*. Metode ini dilakukan dengan cara penimbangan berdasarkan komposisi untuk masing-masing ukuran saringan. Hasil penentuan komposisi agregat dengan metode gradasi *by sieve* dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Penentuan Komposisi Agregat pada Campuran Hot Rolled Sheet (HRS)

Sar. No	Bukaan (mm)	Spek. Gradasi		% Lolos	% Tertahan	Berat Tertahan (gram)
		Min	Max			
3/4	19	100	100	100	0	0
1/2	12,5	90	100	95	5	60
3/8	9,5	77	90	83,5	11,5	138
#4	4,75	53	69	61	22,5	270
#8	2,36	33	53	43	18	216
#16	1,18	21	40	30,5	12,5	150
#30	0,6	14	30	22	8,5	102
#50	0,3	9	22	15,5	6,5	78
#100	0,15	6	15	10,5	5	60
#200	0,075	4	9	6,5	4	48
PAN	-	0	0	0	6,5	78
Total					100	1200

Cara menentukan komposisi agregat pada Campuran HRS adalah sebagai berikut :

No. ¾' = 0,00% = (0,00/100) x 1200 = 0,00 gram

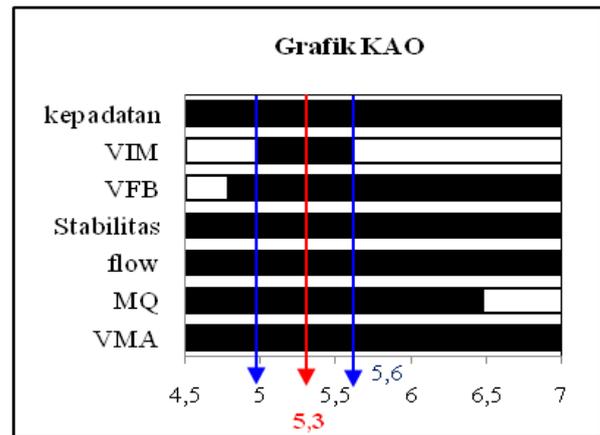
No. ½' = 5,00% = (5,00/100) x 1200 = 60,00 gram

No. 3/8' = 11,50% = (11,50/100) x 1200 = 180,00 gram

Hasil perhitungan lainnya dapat dilihat pada Tabel 11.

3.3. Perencanaan Campuran Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC)

Dari hasil hitungan (Tabel 12, Tabel 13 dan Gambar 3) perkiraan kadar aspal optimum (PKAO) diperoleh nilai PKAO 5,5%. Pada penelitian ini dibuat 6 variasi kadar aspal, kadar aspal yang digunakan berkisar antara 4,5% - 7,0% dengan interval 0,5% maka diperoleh kadar aspal 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5%, 7,0%.



Gambar 3. Penentuan kadar aspal optimum

Tabel 12. Hasil Pengujian Marshall Pada Kondisi PKAO – Kondisi Standar

Karakteristik Campuran	Satuan	Kadar Aspal (%)						Spek.
		4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	
Kepadatan	gr/cm ³	2,232	2,253	2,253	2,270	2,284	2,274	-
VIM	%	6,422	4,902	3,850	2,877	1,648	1,423	3,5-5
VMA	%	16,066	15,721	15,802	15,961	15,909	16,715	Min. 15
VFB	%	60,113	68,825	75,645	81,992	89,650	91,538	Min. 65
Stabilitas	%	1310,272	1525,878	1681,111	1325,776	1124,370	959,334	Min. 800
Flow	mm	4,777	4,260	4,363	4,673	5,433	5,997	Min. 3
MQ	kg/mm	273,527	358,658	388,506	286,724	208,716	160,219	Min. 250

Tabel 13. Rekapitulasi hasil pengujian Marshall kondisi STOA, LTOA (5 Tahun) dan LTOA (10 Tahun)

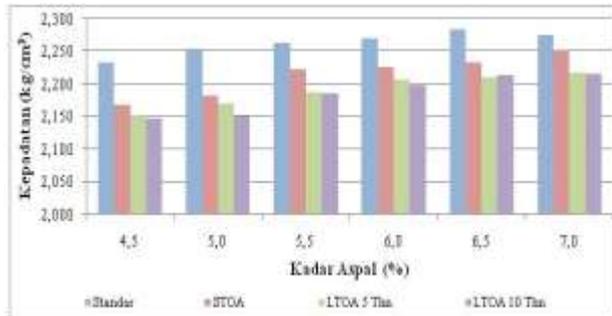
Karakteristik Campuran	Penuaan	Kadar Aspal (%)					
		4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
Kepadatan	Kondisi STOA	2,168	2,183	2,222	2,225	2,233	2,252
	LTOA (5 tahun)	2,152	2,170	2,187	2,206	2,210	2,217
	LTOA (10 tahun)	2,146	2,151	2,185	2,198	2,213	2,216
VIM	Kondisi STOA	9,123	7,873	5,572	4,820	3,864	2,390
	LTOA (5 tahun)	9,780	8,404	7,056	5,620	4,846	3,912
	LTOA (10 tahun)	10,018	9,203	7,133	5,996	4,699	3,959
VMA	Kondisi STOA	18,489	18,353	17,311	17,643	17,803	17,533
	LTOA (5 tahun)	19,079	18,824	18,610	18,335	18,643	18,818
	LTOA (10 tahun)	10,292	19,532	18,677	18,660	18,517	18,859
VFB	Kondisi STOA	50,659	57,143	67,884	72,690	78,444	86,405
	LTOA (5 tahun)	48,741	55,421	62,088	69,350	74,057	79,240
	LTOA (10 tahun)	48,072	52,894	61,810	67,870	74,624	79,041
Stabilitas	Kondisi STOA	1134,098	1362,997	1295,229	1139,181	1081,843	984,777
	LTOA (5 tahun)	1055,392	1145,556	1238,474	1039,925	966,952	960,815
	LTOA (10 tahun)	1019,083	1130,880	1178,226	1210,663	989,484	933,503
Flow	Kondisi STOA	4,413	3,960	4,637	4,593	4,864	5,893
	LTOA (5 tahun)	3,980	3,157	3,347	3,943	4,397	4,167
	LTOA (10 tahun)	3,393	3,203	3,120	3,340	3,687	4,667
MQ	Kondisi STOA	258,729	346,338	281,798	249,709	228,912	167,257
	LTOA (5 tahun)	271,901	373,274	380,738	268,516	229,309	235,332
	LTOA (10 tahun)	303,749	367,725	381,891	363,519	269,618	200,692

3.4. Pengaruh Proses Penuaan Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC – WC)

a. Kepadatan – Penuaan Aspal

Berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui nilai kepadatan maksimum pada kondisi standar terjadi pada kadar aspal 6,5%. Sedangkan pada kondisi penuaan baik penuaan

STOA maupun LTOA 5 tahun dan LTOA 10 tahun nilai kepadatan mengalami kenaikan seiring bertambahnya kadar aspal dan belum terjadi kepadatan maksimum. Sehingga untuk memperoleh nilai kepadatan maksimum pada kondisi penuaan diperlukan kadar aspal yang lebih besar.

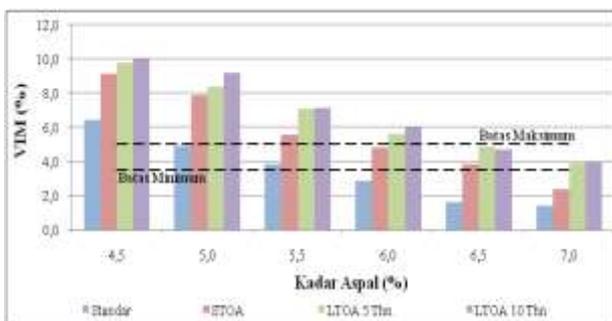


Gambar 4. Hubungan kepadatan terhadap kadar aspal pada kondisi standar dan kondisi penuaan.

Semakin lama proses penuaan mengakibatkan kepadatan campuran cenderung menurun. Hal ini dikarenakan penuaan mengakibatkan aspal menjadi keras sehingga aspal sebagai bahan pengisi rongga tidak mampu lagi untuk mengisi rongga dalam campuran. Untuk mendapat nilai kepadatan yang sama pada kondisi standar kadar aspal 4,5% dengan jumlah tumbukan dan energi pemadatan yang sama, untuk aspal yang mengalami penuaan STOA dibutuhkan kadar aspal 6,5%. Dalam hal ini penuaan dapat diperlambat dengan menambahkan kadar aspal.

b. Void In Mixture (VIM) – Penuaan Aspal

Berdasarkan Gambar 5 dapat diketahui nilai VIM akan semakin kecil bila kadar aspal semakin besar. Pada kondisi standar nilai VIM yang memenuhi spesifikasi yaitu pada kadar aspal 5,0% - 5,5%, pada penuaan STOA yaitu pada kadar aspal 6,0% - 6,5% sedangkan pada penuaan LTOA yaitu pada kadar aspal 6,5% - 7,0%.

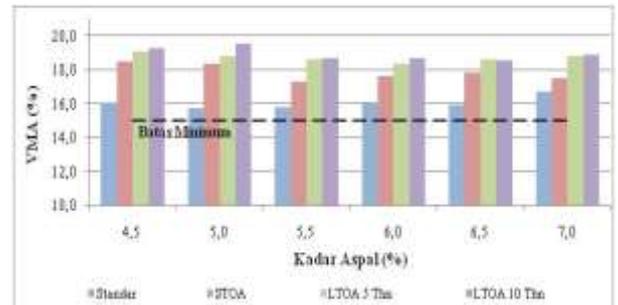


Gambar 5. Hubungan VIM terhadap kadar aspal pada kondisi standar dan kondisi penuaan.

Nilai VIM cenderung meningkat bila terjadi penuaan pada aspal yaitu penuaan STOA, LTOA 5 tahun dan LTOA 10 tahun. Karena aspal yang sudah mengalami penuaan akan bersifat lebih keras (flownya menjadi kecil) sehingga kemampuan aspal untuk mengisi rongga menjadi berkurang.

c. Void in Mineral Agregat (VMA) – Penuaan Aspal

Berdasarkan Gambar 6 dapat diketahui nilai VMA akan cenderung semakin besar bila aspal mengalami penuaan karena aspal yang mengalami penuaan akan menjadi keras dan getas sehingga kemampuan aspal mengisi rongga antara agregat menjadi berkurang yang mengakibatkan campuran mengalami penurunan durabilitas hal ini sejalan dengan menurunnya nilai VFB dan nilai VIM yang semakin naik.

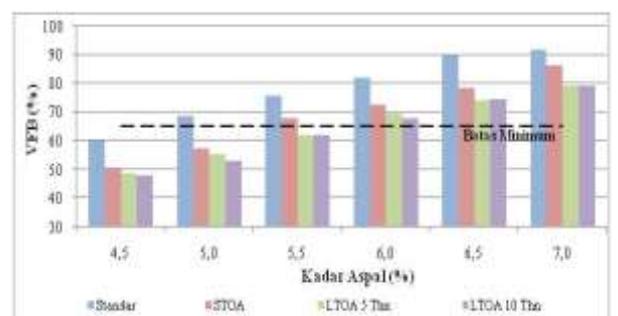


Gambar 6. Hubungan VMA terhadap kadar aspal pada kondisi standar dan kondisi penuaan.

Semakin bertambah kadar aspal kenaikan nilai VMA akibat penuaan semakin kecil. Hal ini membuktikan penuaan dapat diperlambat dengan penambahan kadar aspal.

d. Void Filled With Bitumen (VFB) – Penuaan Aspal

Berdasarkan Gambar 7 dapat diketahui nilai VFB akan semakin besar jika kadar aspal semakin bertambah. Nilai VFB yang memenuhi spesifikasi pada kondisi standar yaitu pada kadar aspal 5,5% - 7,0%, pada penuaan STOA yaitu pada kadar aspal 5,5% - 7,0% dan pada penuaan LTOA yaitu pada kadar aspal 6,0% - 7,0%.



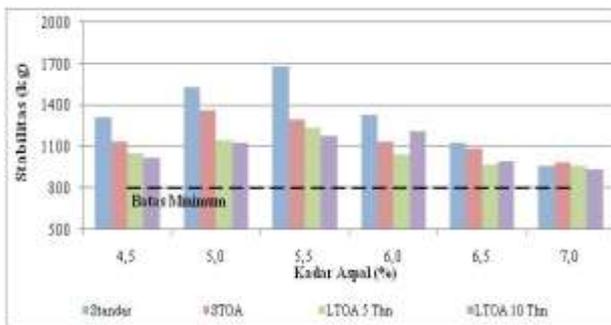
Gambar 7. Hubungan VFB terhadap kadar aspal pada kondisi standar dan kondisi penuaan.

Aspal yang mengalami penuaan membuat nilai VFB cenderung menurun karena penuaan mengakibatkan aspal menjadi keras sehingga kemampuan aspal untuk mengisi rongga menjadi berkurang selain itu fungsi aspal sebagai bahan pengikat antar agregat juga menjadi berkurang.

e. Stabilitas – Penuaan Aspal

Berdasarkan Gambar 8 dapat diketahui terjadi penurunan nilai stabilitas seiring lamanya penuaan tetapi masih sesuai dengan persyaratan spesifikasi yaitu

minimum 800 kg. Hal ini dipengaruhi oleh proses *aging* yang menyebabkan agregat dan aspal mengalami penguapan yang tinggi. Penguapan yang terjadi pada aspal mengakibatkan aspal menjadi lebih keras dan getas. Bila pemadatan campuran aspal dilakukan dengan kondisi campuran dalam keadaan getas maka pemadatan yang diberikan akan merusak bahkan menghancurkan campuran tersebut. Hal ini disebabkan karena pada campuran beraspal yang sudah cukup kaku, agregat pembentuknya sudah terikat kuat oleh aspal dan aspalnya tidak lagi berfungsi sebagai pelumas, sehingga energi pemadatan yang diberikan sudah tidak mampu lagi memaksa partikel agregat untuk bergerak mendekati satu dengan yang lainnya tetapi energi ini justru akan menghancurkan ikatan antara agregat dengan aspal yang sudah dibentuk sebelumnya.

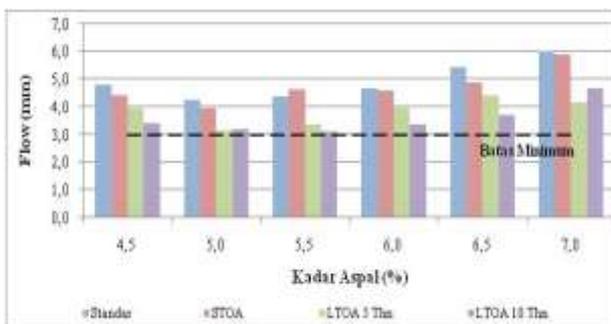


Gambar 8. Hubungan stabilitas terhadap kadar aspal pada kondisi standar dan kondisi penuaan.

Penurunan nilai stabilitas akibat penuaan begitu besar pada kadar aspal 4,5% - 6,0% tetapi pada kadar aspal 6,5% - 7,0% penurunan nilai stabilitas akibat penuaan cenderung kecil. Sehingga dapat disimpulkan penuaan dapat diperlambat dengan penambahan kadar aspal.

f. *Flow* – Penuaan Aspal

Berdasarkan Gambar 9 dapat diketahui kelelahan campuran semakin menurun seiring lamanya waktu penuaan. Hal ini dikarenakan aspal yang mengalami penuaan akan menjadi keras sehingga kemampuan aspal sebagai bahan pengisi rongga tidak berfungsi dengan baik yang mengakibatkan rongga dalam campuran semakin besar dan kepadatan menjadi menurun.



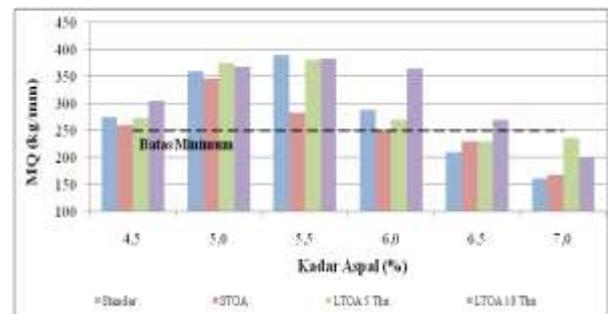
Gambar 9. Hubungan *flow* terhadap kadar aspal pada kondisi standar dan kondisi penuaan.

Nilai *flow* mengalami penurunan pada kadar aspal 4,5% - 5,0% dan terjadi kenaikan pada kadar aspal 5,5% -

7,0%. Berdasarkan spesifikasi nilai *flow* pada kondisi standar dan kondisi penuaan memenuhi spesifikasi minimum 3 mm.

g. *Marshall Quotient* (MQ) – Penuaan Aspal

Berdasarkan Gambar 10 dapat diketahui bahwa nilai MQ pada kondisi standar, kondisi penuaan STOA dan penuaan LTOA 5 tahun yang memenuhi spesifikasi berada pada kadar aspal 4,5% - 6,0%, sedangkan pada penuaan LTOA masa layanan 10 tahun nilai MQ yang memenuhi spesifikasi berada pada kadar aspal 4,5% - 6,5%.



Gambar 10. Hubungan MQ terhadap kadar aspal pada kondisi standar dan kondisi penuaan.

Dengan adanya penuaan maka perkerasan akan cenderung lebih kaku dilihat pada penuaan LTOA nilai MQ mengalami kenaikan dari kondisi standar, hal ini dikarenakan proses pengovenan selama 2 - 5 hari yang menyebabkan penguapan / oksidasi pada campuran aspal sehingga daya lekat aspal dengan agregat menurun yang mengakibatkan campuran mengalami penurunan fleksibilitas yang dibuktikan dengan menurunnya nilai stabilitas dan *flow*.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan, dapat ditarik kesimpulan bahwa penuaan aspal baik kondisi STOA, LTOA 5 tahun dan LTOA 10 tahun telah mempengaruhi karakteristik campuran beton aspal lapis aus (*AC - WC*). Penuaan aspal yang terjadi mengakibatkan nilai kepadatan, VFB, stabilitas dan *flow* mengalami penurunan. Penurunan yang terjadi akan semakin besar seiring lamanya umur penuaan. Sedangkan pada nilai VIM, VMA dan MQ, terjadi kenaikan seiring lama proses penuaan. Kenaikan dan penurunan nilai karakteristik campuran tersebut mengalami perubahan yang kecil seiring bertambahnya kadar aspal.

Berdasarkan hasil dari penelitian dan pengalaman yang didapatkan selama proses penelitian, maka untuk penelitian yang selanjutnya dapat diberikan saran - saran sebagai berikut :

- 1) Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pengaruh penuaan aspal pada karakteristik campuran beton aspal lapis aus (*AC - WC*) dengan menggunakan kadar aspal yang lebih tinggi dari 7,0%.
- 2) Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pengaruh penuaan aspal pada karakteristik campuran beton aspal yang lain.
- 3) Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pengaruh penuaan aspal pada karakteristik aspal itu sendiri.

Daftar Pustaka

- [1] Anonim, *Spesifikasi Umum Edisi 2010*. Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta. <http://binamarga2010.blogspot.co.id/2016/09/spesifikasi-umum2010.html> (diakses pada 23 Maret 2018).
- [2] R. Anwar Yamin, and Herman, "Pengaruh Lingkungan Tropis Indonesia Pada Penuaan Aspal dan Modulus Kekakuan Resilien Campuran Beraspal", *Jurnal Transportasi*, vol. 5, no. 2, p. 99, 2005.
- [3] E. Ngii, "Meningkatkan Durabilitas Campuran Beton Aspal Yang Mengalami Proses Penuaan Aspal Saat Konstruksi (*Short Term*) Dengan Teknik Penambahan Kadar Aspal", *Stabilita: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, vol. 1, no. 2, p. 101, 2013.
- [4] Mashuri, F. Astuti, and J.F. Batti, "Penuaan Dini dan Durabilitas Perkerasan Lapis Tipis Beton Aspal Lapis Aus (Hrs-Wc) Yang Menggunakan ROADCEL-50", *Jurnal Teknik Sipil Infrastruktur*, vol. 4, no. 2, p. 103 -, 2014.
- [5] I. Haryanto, "Pengaruh Penuaan Terhadap Kuat Geser Langsung Campuran Beraspal", *Jurnal Transportasi*, vol. 4, no. 2, p. 131, 2004.
- [6] Mashuri, R. Rahman, and H. Basri, "Studi Pengaruh Penambahan ROADCEL-50 Terhadap Karakteristik Campuran Lapis Tipis Beton Aspal (HRS-WC)", *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Transportasi*, vol.1, no.1, p. 1, 2011.
- [7] T.D. Septiawan, "Pengaruh Penggunaan Bahan Tambah Serbuk Karet Ban Pada Campuran Lapis Aspal Beton", *Jurnal Rekayasa Sipil*, vol.1, no.1, p. 9, 2013.
- [8] Damraeni, *Pengaruh Proses Penuaan Bahan Pengikat Mengandung Aspal Alam Terhadap Karakteristik Campuran Bergradasi Senjang (Tugas Akhir)* Palu: Universitas Tadulako, 2009.
- [9] Irfan, *Pengaruh Penggunaan Bahan Tambah Sulfur Terhadap Penuaan Campuran Asphaltic Concrete – wearing Course (AC-WC) (Tugas Akhir)*. Palu: Universitas Tadulako, 2012.
- [10] H. Saodang, *Konstruksi Jalan Raya*, Bandung: Nova, 2010.
- [11] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2017.
- [12] S. Sukirman, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Bandung: Nova, 1999.
- [13] S. Sukirman, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Bandung: Nova, 2003.
- [14] T. Supriadi, Syarifudin, dan H. Azwansyah, "Perkerasaan Campuran Aspal AC – WC Terhadap Sifat Penuaan Aspal", *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil*, vol. 5 no. 2, p. 1, 2018.
- [15] S. Widodo, S.R. Harnaeni, and E. Wijayanti, "Pengaruh Penuaan Aspal Terhadap Karakteristik Asphalt Concrete Wearing Course", *Seminar Nasional Teknik Sipil UMS*, p. 50, 2012.

This page is intentionally left blank