

# PENGARUH PENGKONDISIAN CAMPURAN BERASPAL PANAS TERHADAP KETAHANAN ALUR DAN FATIK (THE CONDITIONING INFLUENCE OF HOT MIX ASPHALT TO RUTTING AND FATIGUE RESISTANCES)

Dani Hamdani <sup>1)</sup>, Nono <sup>2)</sup>

<sup>1), 2)</sup>Pusat Litbang Jalan dan Jembatan

<sup>1), 2)</sup>Jl. A.H. Nasution No.264, Bandung, 40294

e-mail: <sup>1)</sup>dani.hamdani@pusjatan.go.id, <sup>2)</sup>nono.bbpj@pusjatan.go.id

Diterima : 8 September 2017; direvisi: 29 November 2017; disetujui: 8 Desember 2017

## ABSTRAK

Benda uji campuran beraspal panas yang disiapkan di laboratorium memiliki kinerja campuran yang berbeda dengan yang diproduksi di unit produksi campuran beraspal. Salah satu perbedaannya adalah beda waktu pencampuran dan pemadatan. Hal ini berpengaruh terhadap tingkat penuaan aspal dari campuran di laboratorium dan yang diproduksi di AMP. AASHTO R30-02 merekomendasikan untuk dilakukan pengkondisian. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji pengaruh pengkondisian campuran beraspal panas terhadap ketahanan alur dan fatik. Percobaan campuran beraspal panas lapis aus dibuat dua tipe, yaitu yang dikondisikan dan yang tidak dikondisikan. Kesimpulan dari percobaan ini adalah bahwa campuran beraspal panas ACWC Pen-60 yang mengalami pengkondisian di laboratorium mempunyai ketahanan terhadap alur yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang tidak dikondisikan. Hal ini ditunjukkan oleh nilai stabilitas dinamis masing-masing sebesar 2.045 lintasan/mm untuk yang dikondisikan, dan 1.252 lintasan/mm untuk yang tidak dikondisikan. Untuk ACWC-Polimer yang dikondisikan, nilai stabilitas dinamisnya adalah 5.385 lintasan/mm, sedangkan yang tidak dikondisikan 4.895 lintasan/mm. Ketahanan terhadap fatik dari campuran beraspal panas ACWC Pen-60 yang mengalami pengkondisian di laboratorium lebih rendah dibandingkan dengan yang tidak dikondisikan. Hal ini ditunjukkan oleh nilai siklus pengulangan beban masing-masing sebesar 32.770 siklus untuk yang dikondisikan dan 75.140 siklus untuk yang tidak dikondisikan pada regangan tarik sebesar 398 $\mu\epsilon$ . Untuk ACWC-Polimer yang dikondisikan, nilai ketahanan fatik adalah 149.510 siklus, sedangkan yang tidak dikondisikan 192.130 siklus pada regangan 398 $\mu\epsilon$ .

**Kata kunci:** campuran beraspal panas, pengkondisian, penuaan, stabilitas dinamis, alur, fatik.

## ABSTRACT

Hot mix asphalt specimen prepared in laboratory has different mix performance than the one produced in Asphalt Mixing Plant. One of the differences is that the length of time span of mixing and compacting asphalt mixture. It affects the rate of asphalt aging or hot mix asphalt oxidation process prepared in the laboratory and produced in the Asphalt Mixing Plant. AASHTO R 30-02 recommended for conditioning in performing specimen laboratory tests. The research aims to study conditioning influence of hot mix asphalt on rutting and fatigue resistance. The mixture of hot mix asphalt was made in two types, i.e. conditioned and unconditioned mixture. The experiments conclude that hot mix asphalt ACWC Pen-60 which conditioned in the laboratory has greater rutting resistance compared to the unconditioned one. It is indicated by each dynamic stability values by 2.045 passes /mm and 1.252 passes /mm for conditioned and unconditioned mixtures respectively. The dynamic stability values of conditioned and unconditioned ACWC- Polymer mixtures are 5,385 passes /mm and 4.895 passes /mm respectively. Fatigue resistance of conditioned ACWC Pen-60 is lower than the unconditioned one. It is indicated by the cycle number of repetitive load by 32.770 and 75.140 cycles for conditioned and unconditioned mixtures respectively in tensile strain of 398  $\mu\epsilon$ . The fatigue resistance value of conditioned and unconditioned ACWC- Polymer are 149.510 cycles and 192.130 cycles respectively in tensile strain of 398  $\mu\epsilon$ .

**Keywords:** hot mix asphalt, conditioning, aging, dynamic stability, rutting, fatigue.

## PENDAHULUAN

Banyak ditemui kerusakan dini (kurang dari 1 tahun) seperti retak pada perkerasan jalan. Seperti yang dijelaskan oleh Suroso (2008) aspal pada perkerasan jalan akan mengeras dari waktu ke waktu yang secara otomatis akan menaikkan stiffness modulus (kekakuan) perkerasan yang pada akhirnya perkerasan jalan akan menjadi cepat retak.

Oksidasi dari bahan pengikat aspal adalah salah satu penyebab utama dari penurunan kondisi pada perkerasan beraspal (Zora et al. 2007). Oksidasi yang terjadi akan merubah struktur dan komposisi molekul yang terkandung dalam aspal sehingga aspal menjadi keras dan getas, proses selanjutnya akan meningkatkan kekakuan campuran beraspal sehingga akan mempengaruhi ketahanan terhadap alur dan fatik campuran beraspal panas tersebut.

Penuaan aspal adalah suatu parameter yang baik untuk mengetahui durabilitas campuran beraspal. Penuaan aspal ini dibagi menjadi dua, yaitu penuaan dari campuran beraspal panas selama proses pencampuran di *Asphalt Mixing Plant (AMP)*, transportasi menuju lokasi pekerjaan dan selama pelaksanaan pemadatan di lokasi pekerjaan (penuaan jangka pendek), dan penuaan selama umur layan perkerasan beraspal (penuaan jangka panjang). Kedua macam proses penuaan ini menyebabkan terjadinya pengerasan pada aspal dan selanjutnya akan meningkatkan kekakuan campuran beraspal, peningkatan kekakuan ini akan meningkatkan ketahanan campuran terhadap deformasi permanen dan kemampuan untuk menyebarkan beban yang diterima, tetapi dilain pihak akan menyebabkan campuran menjadi lebih getas sehingga akan cepat retak dan akan menurunkan ketahanannya terhadap ketahanan fatik (Hofford 2015).

Menurut Huber and Decker (1995), metode pengujian penuaan jangka pendek di laboratorium dapat disimulasikan dengan pengovenan campuran desain perkerasan yang selanjutnya disebut pengkondisian sebelum dilakukan pemadatan pada temperatur yang setara temperatur pemadatan (135 °C) selama 4 jam.

Penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Hamdani dan Nono (2014) mengkaji tentang pengaruh pengkondisian benda uji terhadap sifat volumetrik campuran beraspal

panas lapis aus, menyimpulkan bahwa campuran beraspal panas yang dikondisikan akan mengalami perubahan volumetrik dan penurunan nilai penetrasi aspal hasil *recovery* dari pelarutnya setelah ekstraksi dari campuran beraspal panas dibandingkan dengan yang tidak dikondisikan. Campuran beraspal panas Laston Lapis Aus dengan gradasi halus dan gradasi kasar yang dikondisikan memiliki kekuatan sangat baik, yaitu ditunjukkan dengan nilai stabilitas yang lebih besar dari campuran beraspal panas yang tidak dikondisikan. Untuk mengatasi penuaan dan penyerapan aspal yang lebih tinggi, campuran beraspal panas laston lapis aus dengan gradasi halus dan gradasi kasar yang dikondisikan memerlukan kadar aspal optimum dan tebal film aspal yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang tidak dikondisikan.

Azari dan Mohseni (2013) melakukan penelitian tentang penuaan jangka pendek dan penuaan jangka panjang pada pengkondisian campuran beraspal terhadap terhadap deformasi permanen pada campuran beraspal. Pengujian efek penuaan jangka pendek dan penuaan jangka panjang terhadap deformasi permanen campuran aspal penting untuk estimasi terjadinya kerusakan alur yang akan terjadi di lapangan. Seiring industri aspal terus berkembang, mengukur pengaruh pengkondisian pada penuaan jangka pendek dan penuaan jangka panjang terhadap kinerja perkerasan jalan akan menjadi semakin penting. Dalam penelitian Azari dan Mohseni tersebut, ditunjukkan bahwa campuran aspal yang dilakukan pengkondisian mempengaruhi kinerja campuran beraspal yang diuji terhadap ketahanan alur secara signifikan.

Tujuan penelitian ini adalah mengkaji pengaruh pengkondisian campuran beraspal panas terhadap ketahanan alur dan fatik. Pengkondisian yang dilakukan adalah pengkondisian di dalam oven selama 4 jam pada temperatur  $135 \pm 3$  °C, sebagai simulasi penuaan jangka pendek. Prosedur pengujian pengkondisian campuran beraspal panas dilaksanakan sesuai dengan prosedur yang dijelaskan pada AASHTO R 30-02 (2010).

## KAJIAN PUSTAKA

### Penuaan campuran beraspal panas

Penuaan campuran beraspal disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu penguapan fraksi minyak ringan yang terkandung dalam aspal dan oksidasi penuaan jangka pendek, dan oksidasi selama umur layan perkerasan beraspal penuaan jangka panjang. Kedua macam proses penuaan ini menyebabkan terjadinya pengerasan pada aspal dan selanjutnya akan meningkatkan kekakuan campuran beraspal sehingga akan mempengaruhi ketahanan terhadap alur dan fatik campuran tersebut.

Penuaan jangka pendek terjadi pada saat proses pembuatan campuran beraspal di *AMP*, selama pengangkutan, penghamparan dan saat pemadatan di lapangan. Pada saat pencampuran aspal dengan agregat dipanaskan di *AMP*, akan mengubah komposisi aspal, dimana komponen cair dari aspal akan menguap atau aspal teroksidasi, sehingga kekakuan campuran beraspal akan meningkat dan sudut fase akan berkurang (Alavi 2015).

Brown dan Scholz (2000) menemukan bahwa pengujian penuaan jangka pendek akan meningkatkan kekakuan sebesar 9-24 % dari campuran beraspal yang langsung dipadatkan tanpa proses penyimpanan. Penuaan jangka panjang terjadi selama umur masa pelayanan perkerasan jalan. Penuaan ini diakibatkan oleh oksidasi pada perkerasan aspal secara progresif atau pemanasan terus menerus akibat terkena cahaya matahari. Oksidasi yang terjadi akan merubah struktur dan komposisi molekul yang terkandung dalam aspal sehingga aspal menjadi lebih keras dan getas.

Menurut Brown & Scholz (2000), metode dasar untuk mengevaluasi penuaan jangka panjang dilakukan dengan mengambil contoh perkerasan lentur di lapangan yang memiliki kinerja baik kira-kira setelah 15 tahun. Selama umur pelayanan tersebut, campuran aspal telah mengalami penuaan jangka panjang terutama yang diakibatkan oleh faktor lingkungan, yang kemudian benda uji tersebut diukur nilai kekakuannya. Ternyata interval nilai modulusnya hampir sama dengan campuran beraspal sejenis yang baru dibuat namun disimpan terlebih dahulu di dalam oven selama 120 jam atau sekitar 4 hari pada temperatur 85 °C.

### Simulasi penuaan aspal berdasarkan pengujian *Rolling Thin Film Oven Test*

Pengujian *Rolling Thin Film Oven Test* (*RTFOT*) sebagaimana dijelaskan dalam standar pengujian metode ASTM D2872 telah diterima sebagai prosedur yang dapat dipercaya untuk mensimulasikan penuaan aspal jangka pendek atau *short term aging* yang terjadi selama pencampuran aspal di unit pencampur aspal, penghamparan serta pemadatan campuran beraspal panas di lapangan (Hofford 2015). Pengujian *RTFOT* digunakan untuk mengukur kombinasi antara pengaruh panas dan udara lapis tipis aspal yang diputar didalam oven selama 85 menit pada temperatur 163 °C seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alat pengujian *RTFOT*

### Pengujian ketahanan terhadap alur menggunakan alat *Wheel Tracking Machine*

Pengujian *Wheel Tracking Machine* (*WTM*) merupakan simulasi dari pembebanan roda kendaraan pada lapisan perkerasan beraspal, dimana beban roda bergerak maju mundur melintas di atas benda uji berupa lapisan perkerasan beraspal, seperti terlihat pada Gambar 2. Ketahanan suatu campuran perkerasan beraspal panas terhadap deformasi permanen berupa alur, dapat dievaluasi setelah benda uji dilalui sejumlah lintasan atau kecepatan deformasi.

Pengujian *WTM* dilakukan berdasarkan prosedur *Manual For Design and Construction of Asphalt Pavement* yang dikeluarkan oleh Japan Road Association (JRA) pada tahun 1980.

Rumus perhitungan stabilitas dinamis dan kecepatan deformasi disajikan pada persamaan (1) dan persamaan (2) (JRA 1980):

$$SD = 42 \times (t_2 - t_1) / (d_2 - d_1) \dots\dots\dots (1)$$

$$KD = (d_2 - d_1) / (t_2 - t_1) \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

SD = Stabilitas Dinamis (lintasan/mm )

KD = Kecepatan Deformasi (mm/menit)

d<sub>1</sub> = Kedalaman alur pada waktu 45 menit

d<sub>2</sub> = Kedalaman alur pada waktu 60 menit

t<sub>1</sub> = waktu pengujian 45 menit

t<sub>2</sub> = waktu pengujian 60 menit



**Gambar 2.** Alat pengujian ketahanan deformasi permanen menggunakan WTM

**Pengujian fatik pada campuran perkerasan beraspal panas menggunakan alat BFA**

Fatik merupakan suatu fenomena timbulnya retak akibat beban berulang yang terjadi karena pengulangan tegangan atau regangan yang batasnya masih dibawah batas kekuatan campuran perkerasan beraspal (Yoder and Witzack 1975). Besarnya tegangan dan regangan tergantung pada beban roda, kekakuan, dan sifat dasar perkerasan secara keseluruhan.

Pengujian fatik dilakukan untuk mendapatkan hubungan antara tegangan dan regangan dengan umur fatik. Pada kondisi dimana temperatur dan kecepatan pembebanan tetap, sedangkan tegangan merupakan variable bebas, apabila data tegangan dan umur fatik (jumlah pengulangan beban) digambarkan dalam skala logaritma diperoleh suatu hubungan yang linier (Cooper and Pell 1974).

Pengujian fatik pada campuran perkerasan beraspal panas berdasarkan AASHTO T 321-14, *Standard Method of Test Determining the Fatigue Life of Compacted Asphalt Mixtures Subjected to Repeated Flexural Bending* menggunakan alat *Beam Fatigue Apparatus (BFA)*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Konsep pengujian fatik dengan pembebanan 4 titik ini, menggunakan kontrol regangan. Dimana besarnya regangan ditentukan terlebih dahulu, kemudian regangan tersebut berusaha dipertahankan dengan menyesuaikan nilai

tegangannya. Kondisi dimana nilai modulus kekakuan lentur telah berkurang sebesar 50 % dari nilai awal, maka kondisi ini dianggap sebagai kondisi runtuh. Siklus pembebanan sampai kondisi runtuh disebut sebagai umur fatik.



**Gambar 3.** Alat pengujian fatik campuran beraspal menggunakan BFA.

Pengujian fatik dilakukan pada temperatur rendah kritis, yaitu (20±1) °C. Tiap variasi campuran diuji pada tingkat regangan yang berbeda, yaitu sesuai AASHTO T 321-14 dengan regangan yang direkomendasikan antara (250–750) µε. Tingkatan regangan ini berusaha dipertahankan dengan menyesuaikan nilai tegangan. Makin besar regangan yang berusaha dipertahankan maka makin besar pula tegangan yang terjadi.

**HIPOTESIS**

Campuran beraspal panas yang mengalami pengkondisian di laboratorium akan meningkatkan ketahanan campuran terhadap alur, tetapi dilain pihak akan menyebabkan ketahanan fatik menurun, sehingga campuran menjadi lebih getas dan cepat retak.

**METODOLOGI**

Untuk mencapai tujuan penelitian, pada tahap awal dilakukan kajian pustaka untuk berbagai tipe pengkondisian bahan campuran beraspal panas. Selanjutnya dilakukan kegiatan di laboratorium dengan tahapan sesuai bagan alir pada Gambar 4, yang meliputi persiapan bahan dan peralatan pengujian, pengujian bahan

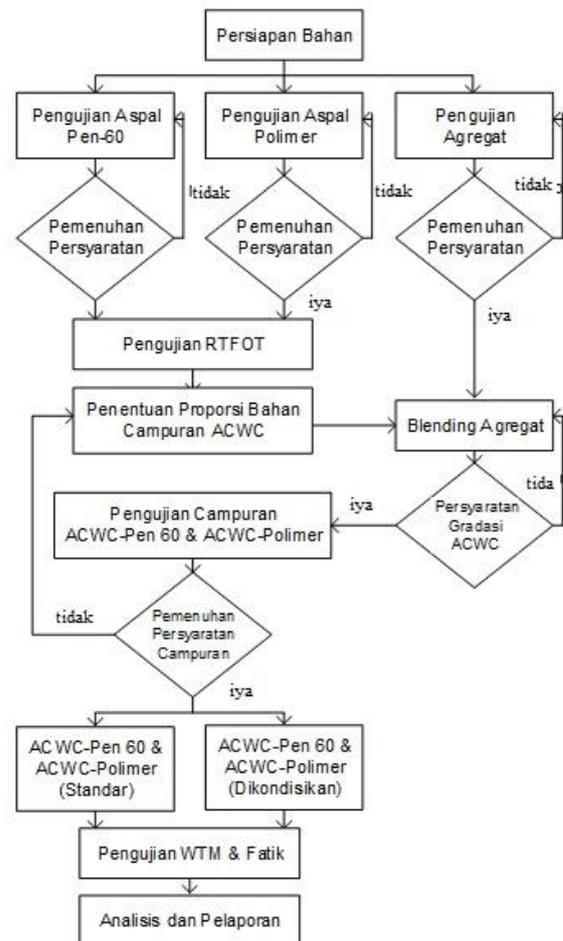
termasuk pengujian *RTFOT* aspal, pengujian campuran karakteristik Marshall untuk campuran beraspal panas standar / tidak dikondisikan.

Pengujian selanjutnya adalah pengujian ketahanan terhadap alur dan fatik campuran beraspal dengan bahan campuran beraspal panas yang dibuat 2 tipe, yaitu telah dikondisikan selama 4 jam ± 5 menit pada temperatur yang setara dengan temperatur 135±3°C di dalam oven pemanas dan yang tidak dikondisikan/standar. Persiapan bahan mencakup penyediaan aspal dan agregat. Selanjutnya dilaksanakan pencampuran dan pemadatan bahan campuran beraspal panas (benda uji yang tidak dikondisikan). pencampuran, pengkondisian dan pemadatan bahan campuran beraspal panas (benda uji dikondisikan). Selanjutnya dilakukan pengujian ketahanan terhadap alur menggunakan alat *WTM*, dan pengujian fatik pada campuran perkerasan beraspal panas menggunakan alat *BFA*.

Pembuatan benda uji campuran beraspal panas untuk pengujian ketahanan terhadap alur menggunakan alat *WTM* adalah dengan memadatkan campuran beraspal dalam cetakan ukuran 30x30x5 cm. Campuran beraspal panas yang telah dipadatkan, dikondisikan terlebih dahulu dalam ruang pengkondisian selama 6 jam pada temperatur tinggi kritis, yaitu pada 60°C. Pada saat pengujian dilakukan selama 60 menit atau 1.260 lintasan dengan kecepatan roda adalah 42 lintasan/menit dan tekanan ban sebesar 6,4±0,15 kg/cm<sup>2</sup>.

Pembuatan benda uji campuran beraspal panas untuk pengujian fatik pada campuran perkerasan beraspal panas menggunakan alat *BFA* adalah dengan memadatkan campuran beraspal dalam cetakan yang berukuran 50x30x6 cm yang merupakan modifikasi dari cetakan benda uji *wheel tracking*. Setiap contoh uji yang telah dipadatkan, selanjutnya dilakukan pemotongan untuk dijadikan benda uji fatik campuran beraspal yang berukuran panjang 38 cm, lebar 6,3 cm dan tebal 5 cm. Kemudian benda uji dikondisikan dalam ruang pengkondisian pada temperatur yang ditentukan selama 4 jam ± 5 menit sampai temperatur yang direncanakan tercapai. Temperatur pengujian tercapai, apabila temperatur pada permukaan dan inti benda uji telah mencapai temperatur yang direncanakan. Pengujian dilakukan pada

temperatur rendah kritis, yaitu (20±1)°C, dengan enam tingkat regangan dengan cara pembebanan kontrol regangan (*Control Strain*). Semua pengujian direncanakan pada 8 Hz dengan pola pembebanan sinusoidal.

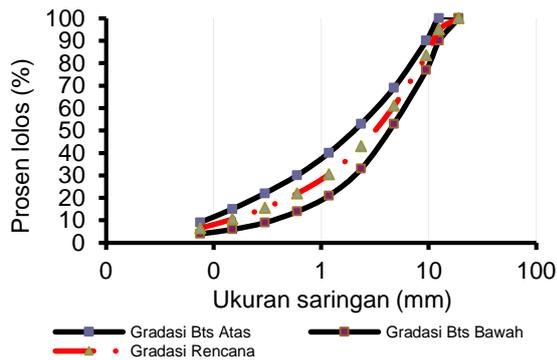


**Gambar 4.** Tahapan kegiatan pengujian di laboratorium

## HASIL DAN ANALISIS

### Hasil pengujian bahan

Sifat agregat yang digunakan telah memenuhi persyaratan sesuai Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2010 Revisi 3 (Indonesia 2014). Jenis aspal yang digunakan adalah aspal Pen-60 dan aspal modifikasi polimer. Sifat aspal Pen-60 dan aspal modifikasi polimer tersebut memenuhi persyaratan sesuai Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2010 Revisi 3 (Indonesia 2014). Garadasi agregat gabungan disajikan pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Gradasi rencana agregat campuran beraspal panas jenis Laston Lapis Aus.

### Hasil pengujian karakteristik Marshall campuran beraspal panas

Dalam pembuatan campuran beraspal panas Laston Lapis Aus yang dikondisikan dan yang tidak dikondisikan/standar dibuat dua jenis campuran, yaitu Laston Lapis Aus menggunakan bahan pengikat aspal Pen-60 (ACWC-Pen-60) dan Laston Lapis Aus menggunakan bahan pengikat aspal modifikasi polimer (ACWC-Polimer).

Pembuatan benda uji campuran beraspal panas dilakukan dengan penumbuk Marshall sebanyak 2x75 tumbukan dan dilakukan juga pengujian kepadatan membal/kepadatan mutlak, yaitu kepadatan maksimum yang dicapai sehingga campuran tersebut praktis tidak dapat menjadi lebih padat lagi. Pengujian karakteristik Marshall campuran beraspal panas ini dilakukan untuk memastikan bahwa campuran beraspal panas yang akan digunakan pada pengujian lanjutan berupa pengujian ketahanan terhadap deformasi tetap menggunakan alat *WTM* dan pengujian fatik campuran beraspal menggunakan alat *BFA* memenuhi persyaratan spesifikasi. Adapun sifat campuran beraspal panas ACWC-Pen-60 dan ACWC-Polimer disajikan pada Tabel 1.

Penurunan nilai penetrasi aspal sebagai simulasi penuaan aspal dengan pengujian *RTFOT* dan simulasi penuaan aspal jangka pendek akibat pengaruh pengkondisian campuran beraspal pada aspal setelah ekstraksi sesuai dengan ASTM D2172-11 dengan cara pemulihan aspal dari pelarutnya sesuai dengan ASTM D5404-12 dapat terlihat pada Tabel 2.

**Tabel 1.** Sifat campuran beraspal panas Laston Lapis Aus (ACWC-Pen 60 dan ACWC Modifikasi polimer)

No	Karakteristik Campuran	ACWC-Pen60	Spek ACWC*	ACWC-Polimer	Spek AC-Mod*
1.	Kadar aspal optimum, (%)	6,03	-	6,08	-
2.	Kepadatan, (ton/m <sup>3</sup> )	2,35	-	2,35	-
3.	Void in Mineral Aggregate (VMA), (%)	18,04	Min. 15	18,1	Min. 15
4.	Void in Mix (VIM), (%)	4,8	3,0 -5,0	4,59	3,0 -5,0
5.	Percentage Refusal Dencity (PRD), (%)	2,2	Min. 2,0	2,3	Min. 2,0
6.	Void Filled Bitumen (VFB), (%)	76,3	Min. 65	73,6	Min. 65
7.	Stabilitas, (kg)	986	Min. 800	1049	Min. 1000
8.	Pelelehan, (mm)	3,8	2,0 – 4,0	3,8	2,0 – 4,0
9.	Stabilitas sisa, (%)	88,4	Min. 90	91,0	Min. 90
10.	Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	1,11	1,0 – 1,4	1,09	1,0 – 1,4

Keterangan:\* Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2010 Revisi 3 (Indonesia 2014)

**Tabel 2.** Sifat penetrasi aspal segar (*fresh*) dan setelah ekstraksi pada 25°C (0,1 mm)

Uraian	Penetrasi aspal segar			Penetrasi aspal hasil ekstraksi		
	Tidak dikondisikan	<i>RTFOT</i>	Penurunan nilai penetrasi (%)	Tidak dikondisikan	Dikondisikan	Penurunan nilai penetrasi (%)
(1)	(2)	(3)	(4) = {(2-3) / 2} x 100	(5)	(6)	(7) = {(5-6) / 5} x 100
Aspal Pen-60	63	51	19	63	49	22
Aspal-Polimer	53	47	11	53	44	17

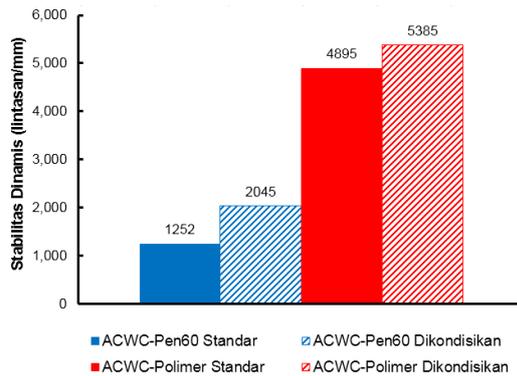
### Hasil pengujian ketahanan alur dan fatik

Dalam pembuatan campuran beraspal panas Laston Lapis Aus yang dikondisikan dan yang tidak dikondisikan dibuat untuk dua jenis pengujian, yaitu pengujian ketahanan terhadap alur dan pengujian fatik campuran beraspal panas.

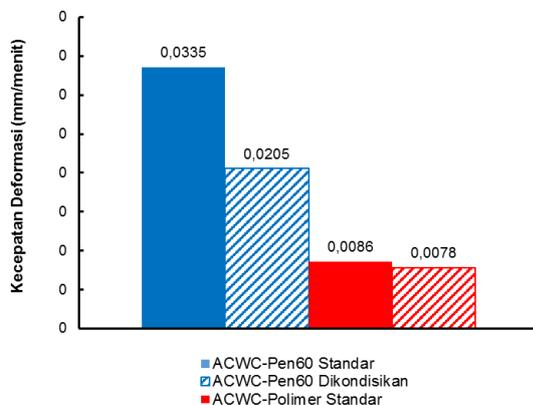
Hasil pengujian ketahanan terhadap alur menggunakan alat *WTM* dinilai dari hasil stabilitas dinamis serta pengukuran kedalaman alur pada jejak roda dan laju deformasi yang terjadi disajikan pada Tabel 3, Gambar 6 dan Gambar 7. Hasil pengujian ketahanan fatik campuran beraspal panas disajikan pada Tabel 4 dan Gambar 8.

**Tabel 3.** Ketahanan deformasi campuran ACWC dengan bahan pengikat aspal Pen-60 dan campuran ACWC dengan bahan pengikat aspal Polimer

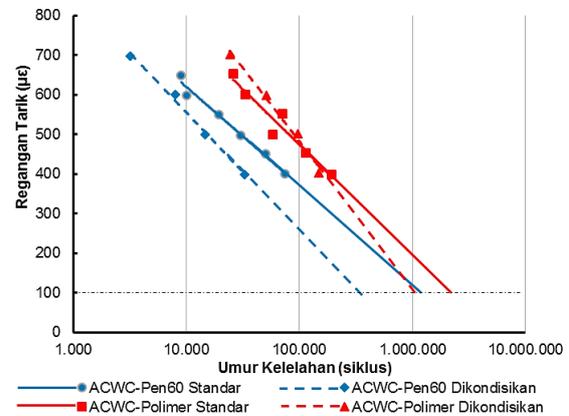
Waktu (menit)	Jumlah Lintasan	ACWC-Pen60		ACWC-Polimer		Satuan
		Tidak Dikondisikan	Dikondisikan	Tidak Dikondisikan	Dikondisikan	
0	0	0	0	0	0	mm
1	21	0.4914	0.3042	0.3315	0.3471	mm
5	105	0.897	0.585	0.5499	0.6201	mm
10	210	1.1856	0.7722	0.702	0.7761	mm
15	315	1.4118	0.9282	0.8034	0.8775	mm
30	630	1.9968	1.2792	1.0413	1.0686	mm
45	945	2.5428	1.5678	1.2285	1.209	mm
60	1260	3.0459	1.8759	1.3572	1.326	mm
Kecepatan deformasi		0.0335	0.0205	0.0086	0.0078	mm/menit
Stabilitas Dinamis		1252	2045	4895	5385	lintasan/mm



**Gambar 6.** Stabilitas Dinamis campuran ACWC dengan bahan pengikat aspal Pen-60 dan aspal Polimer menggunakan alat *WTM*



**Gambar 7.** Kecepatan Deformasi campuran ACWC dengan bahan pengikat aspal Pen-60 dan aspal Polimer menggunakan alat *WTM*.



**Gambar 8.** Hubungan antara nilai regangan tarik dan umur fatik untuk campuran beraspal panas dikondisikan dan tidak dikondisikan

**Tabel 4.** Hasil pengujian fatik pada campuran ACWC dengan bahan pengikat aspal Pen-60 dan campuran ACWC dengan bahan pengikat aspal Polimer menggunakan alat *BFA*

No	Tipe campuran	Regangan tarik ( $\mu\epsilon$ )	<i>Flexural stiffness</i> (Runtuh) (MPa)	Jumlah siklus sampai runtuh
1		400	5.135	75.140
2		450	4.286	50.270
3	ACWC- Pen-60 (Tidak dikondisikan)	497	4.313	30.250
4		550	4.168	19.450
5		599	4.388	10.110
6		649	4.502	9.030
Rata-rata <i>Flexural Stiffness</i> =			4.465	
1		398	5.961	32.770
2	ACWC- Pen-60 (Dikondisikan)	499	5.862	14.800
3		600	5.326	8.010
4		697	5.234	3.200
Rata-rata <i>Flexural Stiffness</i> =			5.596	
1		398	3.038	192.130
2	ACWC- Polimer (Tidak dikondisikan)	452	2.728	114.590
3		499	2.887	57.920
4		551	2.821	71.300
5		600	2.956	33.670
6		652	2.964	26.100
Rata-rata <i>Flexural Stiffness</i> =			2.899	
1	ACWC- Polimer (Dikondisikan)	402	3.799	149.510
2		502	3.806	97.720
3		599	3.903	51.410
4		701	3.882	24.350
Rata-rata <i>Flexural Stiffness</i> =			3.848	

## PEMBAHASAN

Campuran beraspal panas Laston Lapis Aus dibuat dengan dua jenis campuran, yaitu campuran ACWC dengan bahan pengikat aspal Pen-60 dan campuran ACWC dengan bahan pengikat aspal Polimer. Selanjutnya campuran beraspal diuji di laboratorium dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 1 dimana campuran tersebut memenuhi persyaratan sesuai yang ditetapkan oleh Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2010 Revisi 3 (Indonesia 2014).

Pada Tabel 2 terlihat nilai penetrasi aspal Pen-60 segar setelah *RTFOT* mengalami penurunan nilai penetrasi sebesar 19 % terhadap penetrasi aspal Pen-60 yang tidak dikondisikan. Pada aspal polimer, penurunan nilai penetrasi setelah *RTFOT* sebesar 11 %.

Jika dibandingkan, penurunan nilai penetrasi aspal akibat pengaruh pengkondisian pada campuran ACWC-Pen 60 dan ACWC-Polimer yang dikondisikan lebih besar daripada penurunan penetrasi pada ACWC-Pen 60 dan ACWC-Polimer dengan nilai sebesar 22 % dan 17 %.

Berdasarkan penurunan nilai penetrasi aspal di atas dapat terlihat bahwa simulasi penuaan aspal jangka pendek akibat pengaruh pengkondisian campuran beraspal lebih besar daripada akibat simulasi penuaan aspal dengan pengujian *RTFOT*. Masih ada penurunan nilai penetrasi berturut turut sebesar 3 % dan 6 % pada aspal Pen-60 dan aspal polimer yang dikondisikan dibandingkan pada pengujian *RTFOT*. Berdasarkan nilai penurunan penetrasi di atas, penuaan aspal akan lebih berpengaruh kepada campuran beraspal dengan pengikat aspal Pen-60.

Simulasi penuaan aspal berdasarkan pengujian *RTFOT* aspal dan pengkondisian campuran beraspal menunjukkan bahwa semakin lama proses pencampuran di *AMP*, penghamparan dan pemadatan campuran di lapangan akan berakibat pada semakin tingginya penuaan pada campuran beraspal.

Jadi apabila terjadi penundaan waktu penghamparan dan pemadatan campuran beraspal di lapangan, misalnya yang disebabkan oleh jauhnya lokasi *AMP* dan lokasi pekerjaan, atau penundaan akibat cuaca hujan, atau penurunan temperatur campuran beraspal pada saat akan dilakukan penghamparan, maka tingkat penuaan akan semakin meningkat. Penundaan waktu ini akan membuat kekakuan campuran beraspal semakin besar yang berakibat pada sulitnya atau besarnya usaha pemadatan yang harus dilaksanakan untuk mendapatkan kepadatan lapangan agar bisa memenuhi persyaratan.

Berdasarkan pengujian ketahanan alur seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3 dan Gambar 6, campuran beraspal panas yang mengalami pengkondisian memiliki ketahanan terhadap alur atau kemampuan untuk menyebarkan beban yang diterima lebih besar apabila dibandingkan dengan campuran beraspal panas yang tidak dikondisikan. Hal ini terlihat dari nilai stabilitas dinamis sebesar 2.045 lintasan/mm untuk campuran beraspal panas dengan bahan pengikat aspal Pen-60 yang mengalami pengkondisian dan 1.252

lintasan/mm untuk campuran beraspal panas dengan bahan pengikat aspal Pen-60 yang tidak dikondisikan. Keadaan ini berlaku pula untuk nilai stabilitas dinamis campuran beraspal panas dengan bahan pengikat aspal polimer, dimana nilai stabilitas dinamis sebesar 5.385 lintasan/mm untuk campuran beraspal panas yang dikondisikan dan 4.895 lintasan/mm untuk campuran beraspal panas yang tidak dikondisikan.

Berdasarkan kecepatan deformasi yang ditunjukkan pada Gambar 7, untuk campuran beraspal panas Laston Lapis Aus yang tidak dikondisikan akan mengalami kerusakan alur yang lebih cepat dibandingkan dengan yang dikondisikan. Kecepatan deformasi ACWC-Pen 60 yang tidak dikondisikan adalah 0,0335 mm/menit, sedangkan yang dikondisikan adalah 0,0205 mm/menit. Kecepatan deformasi ACWC-Polimer yang tidak dikondisikan adalah 0,0086 mm/menit, sedangkan yang dikondisikan adalah 0,0078 mm/menit.

Pada Gambar 6 dan Gambar 7 terlihat bahwa campuran beraspal panas yang dikondisikan memiliki ketahanan terhadap alur yang lebih besar atau lebih baik yang ditunjukkan dengan nilai stabilitas dinamis yang lebih besar dibandingkan pada campuran beraspal panas standar. Hal ini dikarenakan nilai modulus kekakuan lentur campuran beraspal panas yang dikondisikan lebih besar daripada modulus kekakuan lentur campuran beraspal panas standar, seperti terlihat pada Tabel 4. Berdasarkan Gambar 6 dan Gambar 7 ketahanan alur campuran ACWC-Polimer lebih baik dibandingkan dengan campuran ACWC-Pen 60.

Ini membuktikan bahwa campuran beraspal panas ACWC-Pen 60 dan campuran beraspal panas ACWC-Polimer yang mengalami pengondisian di laboratorium akan mengalami penuaan dan selanjutnya akan meningkatkan kekakuan campuran beraspal sehingga akan mempengaruhi ketahanan terhadap alur campuran tersebut.

Gambar 8 memperlihatkan bahwa nilai regangan tarik berbanding terbalik dengan nilai umur fatik, dimana semakin besar nilai regangan tarik yang diberikan maka jumlah siklus umur fatik akan semakin kecil. Hal ini disebabkan karena untuk mempertahankan nilai regangan tersebut maka semakin besar regangan yang diberikan akan menghasilkan tegangan yang semakin besar pula. Akibatnya beban yang

diterima campuran beraspal panas akan semakin besar dan berdampak kepada semakin kecilnya umur fatik atau makin cepatnya campuran beraspal panas mengalami keruntuhan.

Campuran beraspal panas ACWC-Pen 60 yang dikondisikan memiliki umur fatik lebih kecil sebesar 32.770 siklus pada regangan tarik  $398 \mu\epsilon$  dibandingkan dengan umur fatik campuran beraspal panas yang tidak dikondisikan sebesar 75.140 siklus pada  $400 \mu\epsilon$ . Campuran beraspal panas ACWC-Polimer yang dikondisikan memiliki umur fatik lebih kecil sebesar 149.510 siklus pada regangan tarik  $402 \mu\epsilon$  dibandingkan dengan umur fatik campuran beraspal panas yang tidak dikondisikan sebesar 192.130 siklus pada  $398 \mu\epsilon$ .

Berdasarkan Gambar 8 apabila regangan tarik izin adalah sebesar  $100 \mu\epsilon$  untuk campuran beraspal maka campuran beraspal panas dengan bahan pengikat aspal Pen-60 yang tidak dikondisikan memiliki ketahanan terhadap lelah yang lebih baik dibandingkan campuran beraspal panas dengan bahan pengikat aspal polimer yang dikondisikan.

Pada penelitian ini ditunjukkan alasan digunakannya cara pengondisian karena dengan ditundanya semakin lama (dikondisikan) campuran beraspal panas akan mengalami penuaan yang semakin besar dimana campuran beraspal panas yang dikondisikan akan semakin kaku. Berdasarkan nilai modulus kekakuan lentur yang semakin besar seperti ditunjukkan pada Tabel 4, maka nilai umur fatik pada campuran beraspal panas yang dikondisikan akan semakin kecil dan akan mengakibatkan durabilitas campuran beraspal semakin rendah dan semakin rentan retak. Berdasarkan Gambar 6 dan Gambar 7, dengan ditundanya semakin lama, maka campuran beraspal panas yang dikondisikan akan semakin tahan terhadap alur. Berdasarkan data di atas, untuk tipe campuran beraspal panas yang dikondisikan akan mengalami proses penuaan yang lebih tinggi dari tipe campuran beraspal panas yang tidak dikondisikan.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Pada percobaan ini, nilai penetrasi aspal Pen-60 segar setelah *RTFOT* mengalami penurunan nilai penetrasi nilai 19 % terhadap nilai penetrasi aspal Pen-60 keadaan yang tidak

dikondisikan. Pada aspal polimer penurunan nilai penetrasi setelah *RTFOT* adalah 11 %. Penurunan nilai penetrasi aspal akibat pengaruh pengkondisian pada campuran ACWC Pen-60 dan ACWC-Polimer yang dikondisikan lebih besar dengan nilai penurunan penetrasi berturut turut sebesar 22 % dan 17 % dari penurunan penetrasi setelah pengujian *RTFOT*. Penurunan nilai penetrasi merupakan salah satu bukti terjadinya penuaan aspal.

Campuran beraspal panas yang mengalami pengkondisian memiliki ketahanan campuran terhadap alur yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran beraspal panas yang tidak dikondisikan.

Hal ini terlihat dari nilai stabilitas dinamis sebesar 2.045 lintasan/mm dengan kecepatan deformasi sebesar 0,0205 mm/menit untuk campuran ACWC Pen-60 yang mengalami pengkondisian dan 1.252 lintasan/mm dengan kecepatan deformasi sebesar 0,0335 mm/menit untuk yang tidak dikondisikan. Hal ini berlaku pula untuk campuran ACWC-Polimer, dimana nilai stabilitas dinamis sebesar 5.385 lintasan/mm dengan kecepatan deformasi sebesar 0,0078 mm/menit untuk campuran ACWC-Polimer yang mengalami pengkondisian dan 4.895 lintasan/mm dengan kecepatan deformasi sebesar 0,0086 mm/menit untuk yang tidak dikondisikan.

Nilai umur fatik pada campuran beraspal panas yang dikondisikan akan semakin kecil dan akan mengakibatkan durabilitas campuran beraspal semakin rendah serta semakin rentan retak. Hal ini terlihat pada umur fatik campuran ACWC-Pen 60 yang dikondisikan sebesar 32.770 siklus pada regangan tarik 398  $\mu\epsilon$  lebih kecil dibandingkan dengan umur fatik ACWC-Pen 60 standar sebesar 75.140 siklus pada 400  $\mu\epsilon$ . Umur fatik campuran beraspal panas ACWC-Polimer yang dikondisikan sebesar 149.510 siklus pada regangan tarik 402  $\mu\epsilon$  lebih kecil dibandingkan dengan umur fatik ACWC-Polimer standar sebesar 192.130 siklus pada 398  $\mu\epsilon$ .

### Saran

Pengkondisian jangka pendek berpengaruh pada ketahanan alur dan fatik campuran beraspal panas, sehingga hasil penelitian ini disarankan dipakai sebagai bahan penyempurnaan pedoman perancangan campuran beraspal panas.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada, Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Kepala Balai Litbang Perkerasan Jalan yang telah mendukung sehingga makalah ini dapat terwujud.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alavi, M.Z. 2015. *Modification of the Rolling Thin Film Oven (RTFO) Test for Realistic Short-term Aging of Asphalt Rubber Binders*. 52<sup>nd</sup> Petersen Asphalt Research Conference. Wyoming: Western Research Institute.
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). 2012. "Standard Method of Test Determining the Fatigue Life of Compacted Asphalt Mixtures Subjected to Repeated Flexural Bending". AASHTO T 321-07 (2011). *Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing 32<sup>nd</sup> Edition*. Part 2B Tests. Washington, D.C.: AASHTO.
- , 2014. "Standar Practice for Mixture Conditioning of Hot Mix Asphalt (HMA)". AASHTO R 30-02 (2010). *Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing 34<sup>th</sup> Edition*. Part 1B Specification. Washington, D.C.: AASHTO.
- American Society for Testing and Material. 2014a. "Standard Test Methods for Quantitative Extraction of Bitumen From Bituminous Paving Mixture". ASTM D2172-2011. *Annual Book of ASTM Standards, section 04, volume 04.03. Road and Paving Materials; Vehicle-Pavement System*. West Conshohocken: ASTM International.
- , 2014b. "Standard Practice for Recovery of Asphalt from Solution Using the Rotary Evaporator". ASTM D5404-2012. *Annual Book of ASTM Standards, section 04, volume 04.03. Road and Paving Materials; Vehicle-Pavement System*. West Conshohocken: ASTM International.
- Azari, H and A. Mohseni. 2013. Effect of short-term conditioning and long-term ageing on permanent deformation characteristics of asphalt mixtures. *Journal Road Materials and Pavement Design*, 14(4): 79-91.
- Brown, S F and T. V. Scholz. 2000. "Development of Laboratory Protocols for The Ageing of

- Asphalt Mixtures". 2<sup>nd</sup> *Eurasphalt & Eurobitume Congress*.
- Cooper, KE and P.S. Pell. 1974. The effect of mix variables on the fatigue strength of bituminous materials. *Transport and Road Research Laboratory Report 633*. Crownthone: TRRL.
- Hamdani, D dan Nono. 2014. Pengaruh pengkondisian benda uji terhadap sifat volumetrik campuran beraspal panas lapis aus. *Jurnal Jalan-Jembatan* 31(1): 1-11.
- Hofford, S. 2015. Survey of fatigue resistance quantification of asphalt mixture. *International Journal of Advanced and Applied Sciences* 2(1): 42-49.
- Huber, G.A. and D.S. Decker. 1995. *Engineering Properties of Asphalt Mixture and The Relationship to Their Performance*. Philadelphia: ASTM.
- Indonesia. 2014. *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2010 Revisi 3*. Jakarta: Ditjen Bina Marga Kementerian PU.
- Japan Road Association (JRA). 1980. *Manual For Design and Construction of Asphalt Pavement*. JRA: Tokyo.
- Suroso, T.W. 2008. Faktor-Faktor Penyebab Kerusakan Dini Pada Perkerasan Jalan. *Jurnal Jalan-Jembatan* 25(3): 272-290.
- Yoder, E.J and M.W. Witzak. 1975. *Principles of Pavement Design Second Edition*. Dallas: Willey.
- Zora, V., W. Chaminda, S. Jiri and Z. Ludo. 2007. "Creep characteristics of asphalt modified by radial styrene-butadiene-styrene copolymer". *Construction and Building Materials* 21(3): 567-577.