

PENGARUH PENAMBAHAN ASPAL PADA KARAKTERISTIK CAMPURAN BETON ASPAL AKIBAT PROSES PENUAAN ASPAL DALAM CAMPURAN

The influence of asphalt addition on the asphaltic concrete mixture characteristics due to asphalt ageing process in the mixture

Edward Ngii¹, Latif Budi Suparma²

Program Studi Magister Sistem dan Teknik Transportasi
Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

ABSTRACT

Ageing is one of the small parts that causes damages and decreases to the flexible pavement construction strength, especially the asphalt concrete mixture. It will cause the mixture to be harder and more brittle, hence causing disintegration and cracking failures. Adding asphalt to the mixture is one of several ways to anticipate the ageing process in the asphalt mixture (Asphalt Institute, 1997). The objective of this research is to study the influence of adding asphalt to the bitumen ageing characteristic to the asphaltic concrete mixture.

This research was performed by producing the STOA dan LTOA samples in accordance with the procedure of Strategic Highway Research Program (SHRP) at the project of A-003A. Variation of asphalt content were 0.25%, 0.50%, and 1.00% to the requirement from the optimum asphalt content (5.90%). The specification of asphaltic concrete mixture was based on Bina Marga 1987. The strength of the mixture was measured using the Marshall, Immersion, and Cantabro test method.

The results indicated that base on the Marshall characteristics, the maximum value of the addition of asphalt was 0.50% for the LTOA condition with the stability value of 1802.94 kg, flow value of 3.70 mm and MQ value of 487.77 kg/mm.

¹ Fakultas Teknik Universitas Haluoleo, Kendari

² Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

At the STOA condition it was indicated that the strength was decreasing at the addition of asphalt of 0.50%, but the stability value was 1371.82 kg, flow value of 3.50 mm, and MQ value of 391.70 kg/mm to satisfy the requirement. The Immersion Index value of the Immersion test of 48 hour was reached at the addition of asphalt of 0.50% and obtained 90.38% of the STOA condition and 69.10% of the LTOA condition. The percentage loss of mass value after 300 times of rotation showed that the addition of asphalt of 0.50% was obtained 4.64% for the STOA and 3.52% for the LTOA condition.

Key words : Ageing bitumen, Asphaltic Concrete, Marshall test, adding asphalt.

PENGANTAR

Proses penuaan aspal pada campuran beton aspal dapat terjadi selama masa konstruksi (*short-term*) atau pada masa pelayanan (*long-term*). Proses oksidasi dan hilangnya komponen dalam aspal saat pemanasan (*loss of volatile*) merupakan penyebab utama *ageing* selama masa konstruksi sedangkan pada masa pelayanan, penyebabnya adalah kadar pori dalam campuran padat. Faktor-faktor itu menyebabkan kadar aspal dalam campuran semakin berkurang dan penetrasinya semakin menurun, akibatnya sifat adhesi dan kohesi aspal dalam campuran semakin rendah. Pada campuran beton aspal, kondisi ini akan mempercepat terjadinya kerusakan yang berupa retak (*cracking*) atau pelepasan butiran (*stripping*). Penggunaan kadar aspal yang cukup tinggi dalam campuran dapat memperlambat proses penuaan aspal, tetapi penggunaan aspal yang berlebihan dapat mengubah fungsi aspal dari bahan perekat menjadi bahan pelicin yang dapat menurunkan kekuatan campuran beton aspal.

Brown dan Scholz (2000) telah menyempurnakan prosedur uji laboratorium untuk proses penuaan pada campuran aspal yang berupa metode *Sort Term Oven Ageing* (STOA) dan *Long Term Oven Ageing* (LTOA) yang pertama dikembangkan oleh *Strategic Highway Research Program* (SHRP) pada project A-003A. Metode STOA mensimulasikan proses penuaan aspal selama masa konstruksi dan LTOA mensimulasikan masa pelayanan selama 10 tahun. Penelitian penuaan aspal pada campuran beton aspal *plastiphalt* (Suparma, 2001) dan beton aspal *grading IV* (Fatahillah, 2002), memberikan hasil yang

signifikan terhadap penurunan kekuatan campuran beton aspal akibat proses penuaan aspal. Penambahan kadar aspal dalam campuran merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan durabilitas dan workabilitas campuran beraspal panas (Asphalt Institute, 1997). Tujuan penambahan aspal pada penelitian ini adalah untuk melihat pengaruh penambahan aspal itu terhadap kekuatan campuran akibat proses penuaan aspal serta ketahanannya terhadap kerusakan akibat pengaruh air dan gaya benturan.

Analisis terhadap sifat-sifat campuran beton aspal dilakukan terhadap nilai stabilitas, fleksibilitas (*flow*), *Marshall Quotient* (MQ), *density*, *Void in the Mineral Aggregate* (VMA), *Void In total Mix* (VIM), *Void Filled with Asphalt* (VFA) yang diperoleh dari pengujian *Marshall* (ASTM D 1559-62T). Ketahanan campuran beton aspal terhadap pengaruh kehadiran air, dianalisis terhadap nilai Indeks Perendaman (IP) yang dihasilkan dari pengujian *Immersion* (ASTM D 1075-94) sedangkan terhadap gaya *impact*, dianalisis terhadap nilai kehilangan berat pada 300 putaran dengan uji *Cantabro* (*European Standard Draft Test Method* PrEN 12697-17). Asphalt Institute (2001), memberikan rumus-rumus untuk dapat menentukan nilai parameter yang akan ditinjau sebagai berikut :

- a. Nilai *Density* merupakan berat suatu campuran yang diukur pada setiap satuan volume dan dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{Density } (G_{mb}) = \frac{\text{Berat sebelum direndam}}{\text{Berat kondisi SSD} - \text{Berat dalam air}} \quad (1)$$

- b. *VMA (Void in the Mineral Aggregate)* adalah persentase rongga antar butir agregat dan dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{VMA} = 100 - \frac{\text{Density} \times (100 - b)}{G_{sb}} \quad (2)$$

dengan G_{sb} = berat jenis curah (*bulk*) campuran fraksi agregat (g/cc)

b = kadar aspal terhadap campuran (%)

- c. *VIM (Void In total Mix)* adalah persentase rongga udara dalam campuran padat dan dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{VIM} = 100 \times \left(1 - \frac{\text{Density}}{G_{mm}} \right) \quad (3)$$

dengan G_{mm} = berat jenis maksimum teoritis (g/cc)

- d. **VFA (Voids Filled with Asphalt)** adalah persentase rongga dalam agregat padat yang terisi aspal dan dihitung dengan formula sebagai berikut :

$$\text{VFA} = 100 \times \left(\frac{\text{VMA} - \text{VIM}}{\text{VMA}} \right) \quad (4)$$

- e. **Nilai stabilitas** menunjukkan kekuatan campuran dalam menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk dan dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{Stabilitas} = (\text{stabilitas terkalibrasi}) \times (\text{koreksi volume benda uji}) \quad (5)$$

- f. **Nilai fleksibilitas** ditunjukkan dengan nilai *flow* yang menyatakan deformasi benda uji akibat pembebanan dan besarnya dapat langsung dibaca pada arloji *flow* saat pengujian *Marshall* dengan satuan mm.

- g. **Nilai Marshall Quotient (MQ)** menunjukkan kekakuan campuran yang merupakan hasil bagi antara stabilitas dan *flow*.

$$\text{Marshall Quotient} = \frac{\text{nilai stabilitas}}{\text{nilai flow}} \quad (6)$$

- h. **Indeks Perendaman**

$$\text{IP} = \frac{\text{Stabilitas sebelum perendaman 0,5 jam (Standar)}}{\text{Stabilitas setelah perendaman 48 jam}} \times 100\% \quad (7)$$

- i. **Kehilangan Berat**

$$\text{Kehilangan Berat} = \frac{(\text{Berat semula} - \text{Berat tertinggal})}{\text{Berat semula}} \times 100\% \quad (8)$$

Karakteristik campuran yang diperoleh dari pengujian *Marshall* dan *Immersion* akan dibandingkan dengan spesifikasi Bina Marga 1987, sedangkan persyaratan kehilangan berat yang diperkenankan mengacu pada *European Standard Draft Test Method PrEN 12697-17*.

CARA PENELITIAN

Bahan agregat yang dipakai adalah batu pecah hasil alat pemecah batu (*Stone Crusher*) yang berasal dari Clereng, Kulon Progo dengan gradasi menerus tipe IV sesuai dengan yang digunakan peneliti terdahulu (Fatahillah, 2002), sedangkan jenis aspal yang digunakan adalah aspal keras (AC 60/70), merk Esso.

Mula-mula bahan agregat dan aspal diperiksa kelayakannya berdasarkan prosedur Standar Nasional Indonesia (SNI). Untuk komposisi agregat digunakan hasil penelitian terdahulu (Fatahillah, 2002) yaitu 57,5% agregat kasar, 35,5% agregat halus dan 7% bahan pengisi (*filler*). Variasi penambahan kadar aspal yang digunakan, dimulai dari 0,25%, 0,50%, dan 1,00% dari kadar aspal optimum rancangan peneliti terdahulu (Fatahillah, 2002).

Untuk membuat benda uji STOA, diperlukan 1200 gram agregat (yang terdiri atas agregat kasar, halus, dan *filler*) dengan perbandingan sesuai dengan rancangan. Sebelum dicampur, agregat dipanaskan terlebih dahulu hingga mencapai suhu ± 165 °C, dan aspal dipanaskan sampai suhu ± 155 °C. Suhu pencampuran dikontrol agar berkisar 135 °C - 170 °C. Campuran aspal-agregat dalam kondisi lepas (*loose mixture*) itu dihampar pada pan dengan kisaran hamparan 21-22 kg/m² kemudian dioven selama 4 jam pada suhu 135 °C. Setelah selesai, segera dilakukan pemadatan dengan alat penumbuk *Marshall* sebanyak 75 kali tumbukan pada masing-masing sisi. Setelah benda uji dingin, dilakukan pengujian *Marshall*, *Immersion*, dan *Cantabro*.

Pembuatan benda uji LTOA, didahului dengan proses STOA sampai pada tahap pemadatan. Kemudian, benda uji dalam kondisi padat disiapkan untuk dilakukan proses pengovenan pada suhu 85 °C selama 120 jam (5 hari). Setelah selesai, didinginkan pada temperatur ruang paling sedikit 24 jam sebelum dilakukan pengujian *Marshall*, *Immersion* dan *Cantabro*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian tertera pada tabel 1, 2, dan 3.

Tabel 1. Karakteristik Campuran Beton Aspal Setelah Uji *Marshall*

Kondisi	Varisi Aspal	Kadar Aspal (%)	Karakteristik Campuran						
			Density (gr/cc)	Stability (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VMA (%)	VFA (%)	VIM (%)
STOA	KAO (Kontrol)	5,90	2,310	1654,61	3,37	491,20	16,82	63,27	6,18
	KAO + 0,25 %	6,15	2,352	1682,81	3,43	490,33	15,51	76,08	3,71
	KAO + 0,50 %	6,40	2,322	1371,82	3,50	391,70	16,83	72,58	4,62
	KAO + 1,00 %	6,90	2,374	1442,54	3,73	386,57	15,40	88,68	1,75
LTOA	KAO (Kontrol)	5,90	2,317	1768,19	3,50	505,20	16,55	64,95	5,81
	KAO + 0,25 %	6,15	2,333	1617,83	3,57	453,81	16,19	72,41	4,48
	KAO + 0,50 %	6,40	2,334	1802,94	3,70	487,77	16,38	75,06	4,10
	KAO + 1,00 %	6,90	2,369	1576,36	4,13	381,62	15,60	87,35	1,98

KAO = Kadar Aspal Optimum

Tabel 2. Nilai Indeks Perendaman Campuran Beton Aspal Setelah Perendaman 48 Jam pada Uji Immersion

Variasi Aspal	Kadar Aspal (%)	Waktu Perendaman	Kondisi STOA		Kondisi LTOA	
			Stabilitas (Kg)	Indeks Perendaman (%)	Stabilitas (Kg)	Indeks Perendaman (%)
KAO (Kontrol)	5,90	0,5 Jam	1654,61	100,00	1768,19	100,00
		48 Jam	1374,12	83,05	1484,59	83,96
KAO + 0,25%	6,15	0,5 Jam	1744,18	100,00	1841,26	100,00
		48 Jam	1655,98	94,94	1300,14	70,61
KAO + 0,50%	6,40	0,5 Jam	1638,91	100,00	1911,98	100,00
		48 Jam	1481,33	90,38	1321,23	69,10
KAO + 1,00%	6,90	0,5 Jam	1724,51	100,00	1724,35	100,00
		48 Jam	1518,07	88,03	1560,08	90,47

KAO = Kadar Aspal Optimum

Tabel 3. Kehilangan Berat Setelah 300 Putaran dengan Uji Cantabro

Variasi Aspal	Kadar Aspal (%)	Kehilangan Berat (%)	
		Kondisi STOA	Kondisi LTOA
KAO (Kontrol)	5,90	3,10	5,86
KAO + 0,25%	6,15	5,28	5,58
KAO + 0,50%	6,40	4,64	3,52
KAO + 1,00%	6,90	3,71	3,19

KAO = Kadar Aspal Optimum

Pengaruh penambahan aspal terhadap karakteristik campuran beton aspal

Karakteristik campuran beton aspal akibat penambahan aspal dalam campuran untuk mengantisipasi *ageing*, dapat ditinjau terhadap parameter berikut :

1. Nilai *density*

Berdasarkan Tabel 1, nilai *density* cenderung meningkat terhadap kontrol pada kondisi LTOA, sedangkan pada STOA, peningkatan nilai *density* terjadi pada penambahan aspal 0,25%, kemudian mengalami penurunan pada penambahan 0,50% dan selanjutnya kembali meningkat pada penambahan 1,00%. Penambahan kadar aspal dalam campuran menyebabkan jumlah rongga dalam campuran semakin berkurang sehingga campuran menjadi lebih rapat dan kedap terhadap air dan udara.

Menurunnya nilai *density* sebesar 2,322 g/cc pada penambahan aspal 0,50% untuk kondisi STOA, disebabkan oleh berkurangnya jumlah aspal dalam campuran akibat penimbangan aspal secara manual dengan *increment* 0,25% atau seberat 3,5 gram. Hal ini dapat pula diprediksi terhadap penambahan aspal 1,00%, dengan *increment* 0,50% atau seberat 6,8 gram aspal dalam campuran, dapat meningkatkan kembali nilai *density*.

2. *Void in the Mineral Agregat (VMA)*

Berdasarkan Tabel 1, nilai VMA mengalami penurunan terhadap kontrol setelah penambahan aspal 0,25% pada kondisi STOA dan juga LTOA, dan selanjutnya, mengalami kenaikan pada penambahan aspal 0,50% lalu kembali menurun pada penambahan aspal 1,00%. Penambahan kadar aspal dalam campuran menyebabkan sifat kohesi dan adhesi aspal menjadi lebih baik sehingga aspal dapat berperan sebagai bahan pelumas saat pemadatan dan membuat campuran menjadi lebih rapat.

Naiknya nilai VMA sebesar 16,83% pada penambahan aspal 0,50% untuk kondisi STOA, disebabkan oleh nilai *density* campuran menurun. Pada kondisi LTOA, kenaikan nilai VMA sebesar 16,38% disebabkan oleh nilai *density* yang semakin tinggi sehingga penambahan aspal menyebabkan *film* aspal pada agregat semakin tebal. Nilai minimum VMA diperoleh pada kondisi STOA pada penambahan aspal 1,00% sebesar 15,40%. Nilai itu masih memenuhi persyaratan yang ditetapkan Bina Marga 1987, yaitu minimum 15%.

3. *Void In total Mix (VIM)*

Berdasarkan Tabel 1, nilai VIM cenderung menurun terhadap kontrol pada kondisi LTOA, sedangkan pada STOA, penurunan nilai VIM terjadi pada penambahan aspal 0,25%, kemudian mengalami kenaikan pada penambahan 0,50% dan selanjutnya kembali menurun pada penambahan 1,00%. Penambahan kadar aspal dalam campuran menyebabkan semakin banyaknya rongga dalam campuran yang terisi aspal, sehingga volume rongga dalam campuran semakin menurun.

Naiknya nilai VIM sebesar 4,62% pada penambahan aspal 0,50% untuk kondisi STOA, disebabkan oleh menurunnya nilai *density* dan kandungan aspal dalam campuran. Kondisi ini mengakibatkan volume rongga terisi aspal menjadi lebih sedikit, akibatnya rongga udara dalam campuran (VIM) menjadi lebih banyak. Bina Marga 1987 mensyaratkan nilai VIM berada pada kisaran 3 - 5%.

4. *Void Filled with Asphalt* (VFA)

Berdasarkan Tabel 1, nilai VFA cenderung meningkat terhadap kontrol pada kondisi LTOA sedangkan pada STOA, peningkatan nilai VFA terjadi pada penambahan aspal 0,25%, kemudian mengalami penurunan pada penambahan 0,50% dan selanjutnya kembali meningkat pada penambahan 1,00%. Penambahan kadar aspal dalam campuran menyebabkan semakin banyaknya jumlah aspal yang berada dalam campuran.

Menurunnya nilai VFA sebesar 72,58% pada penambahan aspal 0,50% untuk kondisi STOA, disebabkan oleh berkurangnya jumlah aspal dalam campuran, sehingga rongga yang terisi aspal menjadi lebih kecil dibandingkan dengan penambahan aspal 0,25%. Kondisi ini menyebabkan pula *film* aspal agregatnya menjadi lebih tipis.

5. Stabilitas

Berdasarkan Tabel 1, peningkatan nilai stabilitas terjadi pada penambahan aspal 0,25% untuk kondisi STOA dan 0,50% pada kondisi LTOA. Penambahan aspal berikutnya pada tiap-tiap kondisi menyebabkan penurunan nilai stabilitas.

Peningkatan nilai stabilitas hingga mencapai maksimum sebesar 1682,81 kg pada kondisi STOA dan 1802,94 kg pada kondisi LTOA, disebabkan oleh jumlah aspal dalam campuran telah mencukupi sehingga sifat kohesi dan adhesi aspal dalam campuran menjadi lebih baik. Hal ini menyebabkan aspal dapat berfungsi sebagai bahan pelumas dan pengikat saat pemadatan sehingga campuran menjadi lebih rapat. Penurunan kembali nilai stabilitas sebesar 1371,82 kg pada penambahan aspal 0,50% pada kondisi STOA, karena menurunnya kerapatan campuran (*density*) sehingga rongga campuran (VMA) semakin besar. Pada kondisi LTOA, Penurunan nilai stabilitas menjadi 1576,36 kg pada penambahan aspal 1,00%, karena jumlah aspal dalam campuran semakin banyak sementara campuran tidak menyediakan cukup rongga, sehingga aspal berfungsi sebagai pelicin dan menyebabkan *internal friction* dan *interlocking* antara agregat menurun. Nilai minimum stabilitas diperoleh pada kondisi STOA pada penambahan aspal 0,50% sebesar 1371,82 kg. Nilai itu masih memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh Bina Marga 1987, yaitu minimum 500 kg.

6. Flow

Berdasarkan Tabel 1, nilai *flow* cenderung mengalami peningkatan terhadap kontrol setelah penambahan aspal pada kondisi STOA dan juga LTOA. Penambahan aspal dalam campuran menyebabkan fleksibilitas campuran semakin tinggi, sehingga campuran semakin mudah berubah bentuk jika menerima pembebanan.

Bina Marga 1987 mensyaratkan nilai *flow* berkisar 2 - 4 mm. Nilai *flow* yang diperoleh pada kondisi STOA pada masing-masing penambahan aspal masih memenuhi persyaratan, sedangkan pada kondisi LTOA, penambahan aspal 1,00% menghasilkan *flow* sebesar 4,13 mm sehingga tidak memenuhi persyaratan yang ditetapkan.

7. Marshall Quotient (MQ)

Berdasarkan Tabel 1, nilai MQ cenderung mengalami penurunan terhadap kontrol akibat penambahan aspal pada kondisi STOA sedangkan pada kondisi LTOA, terjadi peningkatan nilai MQ pada penambahan aspal 0,50% dibandingkan dengan penambahan 0,25%.

Meningkatnya kembali nilai MQ menjadi 487,77 kg/mm pada penambahan aspal 0,5% untuk kondisi LTOA, disebabkan oleh sifat adhesi dan kohesi semakin baik dan menyebabkan stabilitas campuran meningkat. Menurunnya nilai MQ sebesar 381,62 kg/mm pada penambahan aspal 1,00% karena aspal telah bersifat sebagai pelicin antar butiran agregat sehingga nilai stabilitas campuran menurun, sedangkan nilai *flow* masih mengalami kenaikan. Menurunnya stabilitas dan meningkatnya *flow*, mengakibatkan menurunnya nilai MQ. Bina Marga 1987 mensyaratkan nilai MQ berkisar 250 - 300 kg/mm dan dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa proses *ageing* mengakibatkan nilai kekakuan (MQ) campuran menjadi lebih besar.

Pengaruh penambahan aspal terhadap sifat daya tahan terhadap air

Berdasarkan Tabel 2, nilai indeks perendaman setelah 48 jam perendaman pada kondisi STOA masih memenuhi syarat yang ditetapkan Bina Marga 1987, yaitu minimum 75%, sedangkan untuk kondisi LTOA penambahan aspal 0,25% dan 0,50% belum dapat mengantisipasi pengaruh kerusakan akibat air, tetapi pada penambahan aspal 1,00%, nilai indeks perendaman telah berada di atas syarat minimum yang ditetapkan. Hal ini mengindikasikan

bahwa prosentase kerusakan akibat pengaruh air akan lebih besar terjadi pada kondisi LTOA.

Naiknya nilai indeks perendaman menjadi 90,47% pada penambahan aspal 1,00% untuk kondisi LTOA disebabkan karena jumlah aspal dalam campuran semakin banyak mengisi rongga udara dalam campuran, akibatnya campuran kedap terhadap pengaruh infiltrasi air. Kondisi ini mengakibatkan pengaruh kerusakan akibat air akan berjalan lebih lambat.

Pengaruh penambahan aspal terhadap ketahanan akibat gaya benturan (*impact*)

Berdasarkan Tabel 3, persentase kehilangan berat cenderung menurun terhadap kontrol pada kondisi LTOA. Hal ini disebabkan oleh penambahan aspal pada campuran akan meningkatkan volume aspal sehingga *film* aspal akan semakin tebal. Pada kondisi STOA, penambahan aspal 0,25%, menyebabkan persentase kehilangan berat meningkat, tetapi pada penambahan berikutnya mengalami penurunan walaupun nilainya masih berada di atas kontrol.

Naiknya persentase kehilangan berat terhadap kontrol menjadi 5,28% pada penambahan aspal 0,25% untuk kondisi STOA, sebab diduga penyebabnya adalah perbedaan waktu dan tingkat ketelitian hasil penelitian terdahulu (Fatahillah, 2002), sehingga hasil itu sulit dibandingkan dengan kontrol. Pengaruh penambahan kadar aspal dapat terlihat pada penambahan 0,50% dan 1,00%, dan persentase kehilangan berat semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh *film* aspal yang menyelimuti agregat menjadi semakin tebal sehingga dapat memperlambat pecahnya agregat akibat gaya tumbukan. Tetapi secara umum persentase kehilangan berat pada kondisi STOA dan LTOA tidak mencapai 25% kehilangan berat setelah 300 putaran drum sesuai dengan persyaratan *European Standard PrEN 12697-17*.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

1. Penambahan kadar aspal yang diperlukan dalam meningkatkan kekuatan campuran terhadap pengaruh *ageing* diperoleh pada penambahan aspal 0,50% dari kadar aspal optimum.

2. Peningkatan kekuatan campuran beton aspal pada penambahan aspal 0,50%, diperoleh pada kondisi LTOA (simulasi masa pelayanan) dengan kenaikan nilai stabilitas campuran dari

1768,19 kg menjadi 1802,94 kg. Pada kondisi STOA (simulasi masa konstruksi), terjadi penurunan kekuatan campuran dari 1654,61 kg menjadi 1371,82 kg.

3. Setelah uji perendaman selama 48 jam, penambahan kadar aspal 0,50% dalam campuran, memberikan indeks perendaman 90,38% untuk kondisi STOA dan 69,10% untuk kondisi LTOA.

4. Kehilangan berat setelah 300 putaran dengan uji *Cantabro* pada penambahan aspal 0,50%, memberikan hasil kehilangan berat 4,64% untuk kondisi STOA dan 3,52 % untuk kondisi LTOA.

B. SARAN

1. Penimbangan kadar aspal dan benda uji pada di dalam air untuk mendapatkan berat benda uji dalam kondisi SSD yang akan digunakan untuk menghitung nilai *density*, disarankan menggunakan alat timbang digital.

2. Sebaiknya penelitian dilakukan dengan satu kesatuan penelitian tanpa ada rentang waktu untuk menghindari penggunaan kalibrasi alat yang berbeda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami disampaikan kepada Pimpinan Proyek TPSDP Batch I Program D-3 Teknik Universitas Haluoleo Kendari yang telah memberikan kesempatan tugas belajar pada program studi Magister Sistem dan Teknik Transportasi (MSTT) dan kepada Ir. H. Wardhani Sartono, M.Sc. serta Ir. Djoko Murwono, M.Sc. yang telah banyak membantu penyempurnaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM, 1974, *Road and Paving Materials, Paving Management Technology*, Annual Book of ASTM Standart, Washington
- Asphalt Institute, 1997, *Mix Design Methods of Asphalt Concrete and Other Hot Mix Types*, Manual Series No. 2 (MS-2), Sixth Edition, pp. 43-112, Asphalt Institute, Lexington, Kentucky.
- Asphalt Institute, 2001, *Construction of Hot Mix Asphalt Pavements*, Manual Series No. 22 (MS-22), Second Edition, pp. 3-12, Asphalt Institute, Lexington, Kentucky.
- Bina Marga, SKBI-2.4.26.1987, Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) untuk Jalan Raya, Badan Penerbit Dept. PU., Jakarta.

- Brown, S.F. and Scholz, T.V., 2000, *Development of Laboratory Protocols for the Ageing of Asphalt Mixtures*, 2nd Eurasphalt and Eurobitume Congress Barcelona, Proc. 0053 UK, University of Nottingham, UK.
- Fatahillah F., 2002, *Pengaruh Proses Penuaan Aspal pada Kekuatan Campuran Beton Aspal*, Tesis MSTT-UGM, Yogyakarta. (tidak dipublikasikan)
- Suparma, L.B., 2001, *The Use of Recycled Waste Plastics in Bituminous Composite*, PhD. Thesis, Unpublished, The University of Leeds.