

Kinerja Campuran Beton Aspal Lapis Aus dengan Menggunakan Bahan Pengikat Aspal Supracoad

Bambang S.Subagio¹⁾
Bambang Ismanto S²⁾
Mukhlis³⁾

Abstrak

Penelitian laboratorium dilakukan untuk menguji sifat-sifat aspal Supracoad dan dibandingkan dengan sifat-sifat aspal Pen 60/70. Juga dilakukan pengujian sifat-sifat dari campuran beton aspal (AC-WC) menggunakan kedua type aspal tersebut. Pengujian pendukung lain yaitu pengujian kelelahan lentur dan pengujian UMATTA, dilakukan untuk menyelidiki karakteristik kelelahan dan besaran modulus resilien dari campuran.

Hasil uji karakteristik aspal menunjukkan bahwa aspal Supracoad mempunyai penetrasi yang lebih rendah (56,2 mm) dari pada aspal Pen 60/70 (65,8 mm), viskositas yang lebih tinggi (155⁰C) dari pada aspal Pen 60/70 (152⁰C) dan titik lembek yang lebih tinggi (51,5⁰C) dari pada Pen 60/70 (48,5⁰C). Perubahan kenaikan nilai titik lembek setelah RTFOT menunjukkan aspal Supracoad memiliki ketahanan terhadap penuaan aspal yang lebih baik dari pada aspal Pen 60/70. Karakteristik Marshall dari campuran beton aspal (AC-WC) menggunakan aspal Supracoad memberikan hasil yang paling baik dari pada campuran menggunakan aspal Pen 60/70. Ditunjukkan oleh beberapa nilai yaitu Stabilitas pada kondisi KAO (1431,12 Kg terhadap 1413,89 Kg) dan IKS (93,3% terhadap 90,16%). Hasil pengujian yang lain diperjelas dengan karakteristik modulus resilien yang lebih besar (2996 MPa terhadap 2417 Mpa) dan umur kelelahan yang lebih panjang (6331 siklus terhadap 4450 siklus).

Kata-kata Kunci : *Lapis Aus (AC-WC), supracoad, umur kelelahan, modulus resilien.*

Abstract

The Laboratory work was conducted to examine the properties of Supracoad asphalt and compare it with the properties of Asphalt Pen 60/70. The properties of Asphaltic Concrete mix (AC- WC) was examined also, using those two types of asphalt. Another complimentary test, i.e. Flexure Fatigue test and UMATTA test were conducted to investigate the fatigue characteristic and to measure Resilient Modulus of mix, respectively.

The result of test on asphalt characteristics showed that Supracoad has a lower penetration (56,2 mm) than Pen 60/70 (65,8 mm), has higher Viscosity (155⁰C) than the Pen 60/70 (152⁰C) and has higher softening point (51,5⁰C) than the Pen 60/70 (48,5⁰C). The change of Softening Point value after RTFOT showed that the Supracoad has a resistance of ageing better than the Pen 60/70. The marshall characteristic test of Asphalt Concrete mix (AC-WC) using Supracoad gave better result than the mix using asphalt Pen 60/70, shown by these values i.e. stability of OBC (1431,12 kg to 1413,89 kg) and IKS (93,3% to 90,16%). Another test result confirmed those characteristic i.e. Higher Resilient Modulus (2996 MPa to 2417 MPa) and higher fatigue life (6331 cycles to 4450 cycles).

Keywords : *Asphaltic concrete wearing coarse, supracoad, fatigue life, resilient modulus.*

1. Pendahuluan

Beton Aspal adalah campuran yang memiliki susunan agregat dengan gradasi menerus mengandalkan ikatan saling mengunci diantara butir-butir agregat. Laston memiliki tingkat kekakuan yang tinggi oleh sebab itu penempatannya langsung diatas lapisan fleksibel

seperti lapisan aus (AC-Wearing Course) membuat lapisan ini rentan terhadap kerusakan akibat temperatur yang tinggi dan beban lalu lintas berat. Jenis kerusakan yang sering terjadi pada Laston adalah pelepasan butiran dan retak (*surface cracking*). Retak disebabkan oleh banyak faktor dimana secara teoritik retak terjadi akibat adanya regangan tarik yang

1. Staf Pengajar Prodi Teknik Sipil - Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan ITB.
2. Staf Pengajar Prodi Teknik Sipil - Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan ITB.
3. Staf Pengajar Departemen Teknik Sipil - Politeknik Universitas Andalas.

Catatan : Usulan makalah dikirimkan pada 19 April 2007 dan dinilai oleh peer reviewer pada tanggal 30 April 2007 - 03 Juli 2007. Revisi penulisan dilakukan antara tanggal 7 Mei 2007 hingga 5 Juli 2007.

melebihi kemampuan tarik dari material tersebut dimana regangan tarik tersebut disebabkan oleh beban berulang akibat lalu lintas.

Dari hasil penelitian campuran beton aspal disarankan campuran ini perlu diperbaiki dalam hal kelenturan dan keawetannya. Untuk itu, dengan pemanfaatan aspal multigrade (SUPRACOAT) dalam campuran beton aspal diharapkan kendala rentannya Laston terhadap retak akibat beban tinggi dari kendaraan pada saat cuaca panas dan cuaca dingin (hujan) mampu diatasi.

Aspal Supracoa termasuk ke dalam aspal multigrade. Aspal Multigrade merupakan aspal dengan proses terbentuknya dengan menambahkan bahan aditif ke dalam aspal sehingga mampu meningkatkan kandungan asphalten. Peningkatan kandungan asphalten dalam aspal akan menghasilkan aspal yang keras dengan penetrasi yang rendah, titik lembek yang tinggi dan tingkat kekentalan aspal yang tinggi pula.

Parameter yang digunakan untuk mengevaluasi karakteristik kelelahan campuran beton aspal adalah jumlah siklus keruntuhan atau umur kelelahan, Tegangan awal, Kekakuan awal, siklus penjalaran retak, tingkat penjalaran retak dan mekanisme retak yang terjadi.

Penelitian ini, dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Prodi.Teknik Sipil ITB dan Pusat Penelitian Jalan dan Jembatan, Departemen Pekerjaan Umum. Penelitian ini meliputi uji Marshall Standar, Pengujian Perendaman Marshall, Pengujian Kelelahan (*fatigue*) dan Uji Modulus Resilen.

Tabel 1. Hasil pengujian sifat-sifat fisik Aspal Pen 60/70

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil Uji	Persyaratan	
			Min	Max
1	Penetrasi , 25 ⁰ C;100 gr;5 detik; 0,1 mm	65,8	60	79
2	Titik lembek, ⁰ C	48,5	48	58
3	Titik Nyala, ⁰ C	342	200	
4	Berat Jenis	1,04	1	
5	Daktilitas;25 ⁰ C;cm	100	100	
6	Kelarutan dalam Trichlor Etylen; % berat	99,06	99	
7	Penurunan Berat dengan RTFOT; % berat	0,03		0,8
8	Penetrasi setelah penurunan berat; % asli	55,6 (84,5 %)	54	
9	Daktilitas setelah penurunan berat; % asli	>50	50	

2. Sifat Fisik Material

2.1 Sifat fisik aspal

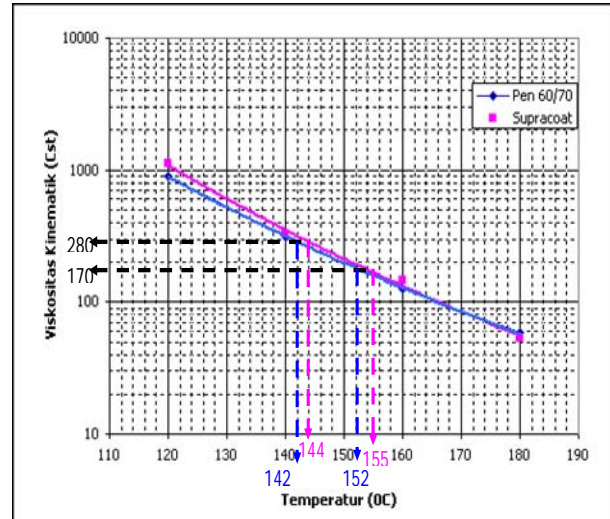
Aspal yang digunakan sebagai bahan campuran perkerasan adalah aspal minyak dengan pen 60/70, hasil produksi Pertamina. Aspal Multigrade yang digunakan adalah aspal dengan nama SUPRACOAT 51. Aspal multigrade merupakan aspal dengan proses terbentuknya dengan menambahkan bahan aditif ke dalam aspal sehingga mampu mengaktifasi asphalten yang berakibat titik lembek aspal menjadi lebih tinggi dan nilai penetrasi sedikit turun. Untuk mengevaluasi sifat-sifat aspal, pengujian laboratorium yang dilakukan adalah Penetrasi, Titik lembek, Berat jenis, Titik Nyala, Daktilitas, Kelarutan dan Viskositas. **Tabel 1** dan **Tabel 2** merupakan hasil pengujian karakteristik aspal pen 60/70 dan aspal Supracoa. Pengujian sifat-sifat fisik kedua jenis aspal yang digunakan dalam campuran hampir memenuhi keseluruhan persyaratan spesifikasi Departemen Pekerjaan Umum 2005. Pengujian viskositas dilakukan untuk mendapatkan suhu pencampuran dan pematangan campuran beton aspal. Pada **Gambar 1** terlihat Viskositas aspal Supracoa sedikit lebih kental dibanding dengan viskositas aspal Pen 60/70 dalam rentang suhu yang diselidiki.

Tabel 2. Hasil pengujian sifat-sifat fisik Aspal Supracoa

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil Uji	Persyaratan	
			Min	Max
1	Penetrasi , 25 ⁰ C;100 gr;5 detik; 0,1 mm	56,2	50	70
2	Titik lembek, ⁰ C	51,5	55	
3	Titik Nyala, ⁰ C	348	225	
4	Berat Jenis	1,05	1	
5	Daktilitas;25 ⁰ C;cm	100	100	
6	Kelarutan dalam Trichlor Etylen; % berat	99,41	99	
7	Penurunan Berat dengan RTFOT; % berat	0,06		0,8
8	Penetrasi setelah penurunan berat; % asli	51,90 (92,4%)	60	
9	Daktilitas setelah penurunan berat; % asli	>50	50	
10	Perbedaan Titik Lembek Setelah RTFOT.% Asli Penurunan titik lembek	52,5 (1,9%)		2

2.2 Sifat fisik agregat

Agregat kasar, agregat halus dan filler yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari mesin pemecah batu, dengan sumber material dari Sungai Batang Muar Ipuh, Kabupaten Mukomuko, Propinsi Bengkulu. Pengujian agregat yang dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat fisik atau karakteristik agregat kasar adalah Berat jenis, Penyerapan, kekekalan agregat, abrasi, angularitas, kelekatan aspal terhadap aspal, partikel pipih, partikel lonjong, kekuatan agregat terhadap tumbukan dan kekuatan agregat terhadap tekanan. Pengujian untuk agregat halus adalah Penyerapan, Berat Jenis dan Nilai setara pasir, untuk filler hanya dilakukan pengujian berat jenis. **Tabel 3** merupakan hasil pengujian agregat kasar, halus dan filler, dimana agregat yang digunakan memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam spesifikasi Departemen pekerjaan Umum 2005 dan British Standard (BS 812: part3 : 1985).



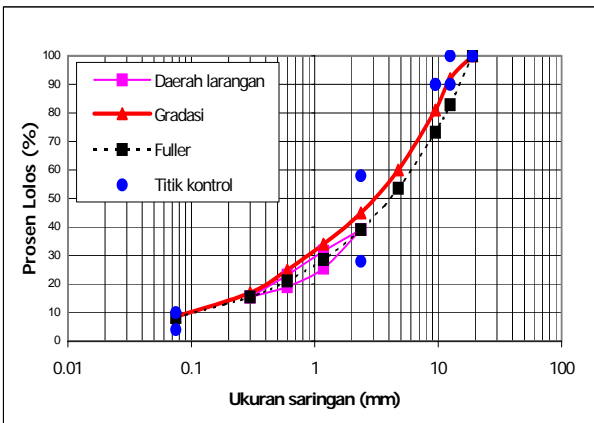
Gambar 1. Hubungan antara Viskositas Kinematik dan Temperatur Aspal Pen 60/70 dan aspal Supracoad

Tabel 3. Hasil pengujian sifat-sifat fisik agregat

No	Pengujian	Hasil Uji	Persyaratan	
			Min	Maks
Agregat Kasar				
1	Penyerapan (%)	1,22	-	3
2	a. Berat jenis bulk	2,64	2,5	-
	b. Berat jenis SSD	2,67	2,5	-
	c. Berat jenis semu	2,73	2,5	-
	d. Berat Jenis Efektif	2,68	2,5	-
3	Kekekalan agregat terhadap Magnesium Sulfat, (%)	0,55	-	12
4	Abrasi dengan Mesin Los Angeles, (%)	13,93	-	40
5	Angularitas	92/81	80/75	-
6	Kelekatan agregat terhadap aspal, (%)	96	>95	-
7	Partikel pipih, (%)	23,99	-	25
8	Partikel lonjong, (%)	3,31	-	10
9	Kekuatan agregat terhadap Tumbukan,(%)	2,62	-	30
10	Kekuatan agregat terhadap Tekanan,(%)	11,67	-	30
Agregat Halus				
1	Penyerapan (%)	0,64	-	3
2	a. Berat jenis bulk	2,66	2,5	-
	b. Berat jenis SSD	2,68	2,5	-
	c. Berat jenis semu	2,70	2,5	-
	d. Berat Jenis Efektif	2,68	2,5	-
3	Nilai setara Pasir, (%)	67,45	50	-
Filler				
1	Berat Jenis	2,62	2,5	

Tabel 4. Rancangan gradasi agregat laston lapis Aus (AC-WC)

Ukuran ayakan		% Berat yang Lolos			% Berat yang tertahan		Berat tertahan (grm/b.u)	
ASTM	(mm)	SPESIFI KASI	FULLER	Gradasi Uji Campuran	Tertahan	Kumulatif		
¾"	19	100	100	100	8	8	88	
½"	12,50	90 - 100	82,8	92	11	19	121	
3/8"	9,50	Maks.90	73,2	81	21	40	231	
No.4	4,75		53,6	60	15	55	165	
No.8	2,36	28 - 58	39,1	45	11	66	121	
No.16	1,18		28,6	34	9	75	99	
No.30	0,60		21,1	25	8	83	88	
No.50	0,30		15,5	17	8,5	91,5	93,5	
No.200	0.075	4 - 10	8,3	8,5	8,5	100	93,5	
PAN	0	0	0	0				
Total								1100



Gambar 2. Gradasi uji campuran laston lapis Aus (AC-WC)

3. Metode pengujian

3.1 Pengujian Marshall

Campuran dibuat dengan dua jenis aspal yaitu menggunakan aspal Pen 60/70 dan aspal Supracoat. Temperatur pencampuran pada viskositas 170 ± 20 cSt dicapai pada temperatur 152°C untuk campuran menggunakan pen 60/70 dan untuk campuran menggunakan aspal supracoat pada temperatur 155°C . Sedangkan temperatur pemadatan pada viskositas 280 ± 30 cSt dicapai pada temperatur 142°C untuk campuran menggunakan aspal pen 60/70 dan untuk campuran menggunakan aspal supracoat pada temperatur 144°C .

Pengujian dengan metode Marshall dalam rancangan campuran beraspal untuk memperoleh kadar aspal optimum yang memenuhi semua kriteria rancangan campuran yang disyaratkan. Benda uji Marshall disiapkan pada lima variasi kadar aspal yaitu dimulai 4,5 % sampai 6,5% dengan kenaikan 0,5%. Pemadatan untuk kondisi lalu lintas berat, dilakukan penumbukan sebanyak 2×75 kali, dengan menggunakan penumbuk Marshall. Banyaknya benda uji untuk mengetahui sifat-sifat campuran dan penentuan kadar aspal untuk kedua campuran $3 \times 5 \times 2 = 30$ benda uji.

Hasil pengujian dari Marshall yaitu Kepadatan/Berat Isi (*density*), Rongga Dalam Campuran (VIM), Rongga Dalam Mineral Agregat (VMA), Rongga Terisi Aspal (VFB), stabilitas, kelelahan (*flow*) dan Hasil Bagi Marshall (MQ), Kadar Aspal Optimum ditentukan dengan metode skala balok (*bar-chart*). Barchart merupakan rentang kadar aspal yang memenuhi spesifikasi campuran beraspal dari Departemen Pekerjaan Umum 2005. Penentuan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) ditentukan sebagai nilai tengah dari rentang kadar aspal maksimum dan minimum yang memenuhi semua persyaratan spesifikasi. Dari hasil perhitungan didapat Kadar Aspal Optimum untuk campuran menggunakan aspal Pen 60/70 sebesar 4,98% dan 5,4% untuk campuran menggunakan aspal Supracoat. **Tabel 5** merupakan hasil pengujian marshall kedua jenis campuran dengan Kadar Aspal Optimum.

Tabel 5. Hasil Analisis Marshall dari kedua jenis campuran aspal pada KAO

Sifat-Sifat Campuran	Pen 60/70		Supracoat	
	AC-WC	Spesifikasi	AC-WC	Spesifikasi
Kadar Aspal; %	4,98	-	5,40	-
Berat Isi; t/m ³	2,35	-	2,37	-
V I M; %	5,37	3,5 - 5,5	4,18	3,5 - 5,5
V M A; %	15,58	> 15	15,28	> 15
V F A; %	65,51	> 65	72,69	> 65
Stabilitas; Kg	1413,89	> 800	1431,12	> 1000
Kelelahan; mm	3,58	> 3	3,52	> 3
Marshall Quotient; Kg/mm	396,78	> 250	407,58	> 300

3.2 Pengujian Perendaman Marshall

Pengujian perendaman Marshall dilakukan terhadap empat benda uji yang disiapkan untuk setiap tipe campuran beraspal pada kadar aspal optimum (KAO). Dua benda uji pertama akan dilakukan perendaman dalam air pada suhu 60°C selama 24 jam kemudian dilakukan uji Marshall. Dua benda uji sisanya dilakukan uji Marshall standar yaitu benda uji direndam selama 30 menit, kemudian dilakukan uji Marshall. Total benda uji untuk rendaman marshall adalah $2 \times 2 \times 2 = 8$ benda uji

Nilai IKS campuran didapat dari hasil perbandingan nilai stabilitas benda uji hasil rendaman 1 x 24 jam pada suhu 60°C dengan nilai stabilitas benda uji standar. Perbandingan nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) pada masing-masing campuran disajikan dalam Tabel 6, terlihat bahwa IKS campuran aspal Supracoat menghasilkan nilai IKS lebih besar dari pada campuran aspal Pen 60/70. Kedua campuran ini memenuhi persyaratan nilai IKS minimal 75 % dari Departemen Pekerjaan Umum 2005. Data ini menunjukkan bahwa campuran aspal Supracoat lebih awet dari campuran aspal Pen 60/70.

Tabel 6. Hasil analisis Perendaman Marshall dari kedua jenis campuran aspal pada kadar aspal Optimum Marshall

Sifat-Sifat Campuran	Pen 60/70		Supracoat	
	AC-WC	Spesifikasi	AC-WC	Spesifikasi
Kadar Aspal; %	4,98	-	5,40	-
Stabilitas awal (S1); Kg	413,89	> 800	1431,12	> 1000
Stabilitas Perendaman 24 jam (S2); Kg	1274,75	-	1335,23	-
IKS (S2/S1); %	90,16	> 75	93,30	> 75

3.3 Pengujian modulus resilien

Pengujian Modulus Resilien dilakukan dengan menggunakan alat UMATTA, yaitu menggunakan benda uji diametral seperti benda uji Marshall dan dibuat pada Kadar Aspal Optimum. Pengujian mengacu kepada ASTM D 4123-82 (1987), temperatur yang dipakai pada pengujian yaitu 30°C, 45°C dan 60°C. Persiapan benda uji campuran terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan filler. Gradasi campuran pada kadar aspal optimum berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan sebelumnya dan kemudian dilakukan pencampuran dan pemadatan secara mekanis. Campuran pada cetakan disimpan pada temperatur selama 1 hari atau 24 jam. Sebelum dilakukan pengujian, benda uji harus dikondisikan terlebih dahulu dengan cara memanaskannya dalam ruang dengan temperatur terkendali. Disamping itu dimensi benda uji yaitu tinggi dan diameternya harus terlebih dahulu diukur sebelum pengujian dilakukan. Banyaknya benda uji untuk kebutuhan pengujian UMATTA adalah $2 \times 3 \times 2 = 12$ benda uji.

Hasil pengujian Modulus Resilien dengan alat UMATTA ditunjukkan pada Tabel 7. untuk kedua jenis campuran. Pada tabel terlihat nilai Modulus Resilien pada suhu 30°C dan 60°C campuran menggunakan aspal Supracoat lebih besar dari pada campuran menggunakan aspal pen 60/70. Kondisi ini terbalik pada suhu 45°C. dari hasil perhitungan Modulus Resilien dengan metode Shell juga menunjukkan campuran menggunakan aspal Supracoat mempunyai Modulus Resilien lebih besar seperti ditunjukkan pada Tabel 7.

3.3 Pengujian kelelahan

Benda uji yang digunakan adalah campuran pada kondisi KAO. Benda uji dicetak pada cetakan besi dengan pemadatan benda uji dilakukan dengan pemadat roda. Tekanan kontak sebesar 5,6 kg/cm² sebanyak 112 lintasan disesuaikan dengan jumlah tumbukan pada pemadatan Marshall. Benda uji berupa balok dengan ukuran, yaitu panjang 35 cm, lebar 7 cm, dan tinggi 5 cm. Pengujian dilakukan pada kondisi suhu ruang dan pada tiga tingkat beban yang disesuaikan. Pembebanan dilakukan dengan cara *three point loading* pada 4 beban yaitu 0,10 kN, 0,15 kN, 0,2 kN dan 0,25 kN. Pembebanan dilakukan

Tabel 7. Nilai modulus Resilien MATTa dan Metode Shell

Campuran	Suhu (°C)	Modulus Resilien		
		Umatta (Mpa)	Shell (Mpa)	Rasio
Pen 60/70	30	2417,00	799,27	3,0
	45	569,65	321,47	1,8
	60	225,15	96,61	2,3
Supracoat	30	2996,00	857,59	3,5
	45	504,20	383,43	1,3
	60	247,10	127,73	1,9

menggunakan kontrol tegangan pada frekuensi 10 Hz (10 siklus per detik) dan berpola sinusoidal. Pengujian akan dihentikan jika benda uji hancur total atau jika actuator tidak lagi memberikan respon. Umur kelelahan ditentukan pada titik dimana terjadi perubahan yang besar pada kemiringan dari grafik hubungan antara lendutan kumulatif ($\sum \delta_i$) dan jumlah siklus pembebanan (N).

3.3.1 Umur kelelahan (Nf)

Analisa dari data kelelahan menunjukkan campuran menggunakan aspal Supracoad mempunyai jumlah siklus keruntuhan yang berbeda dengan campuran menggunakan aspal Pen 60/70 (Mukhlis, 2007). Pada setiap tingkat tegangan yang diberikan campuran yang menggunakan aspal Supracoad memberikan jumlah siklus keruntuhan lebih besar dari pada campuran yang menggunakan aspal Pen 60/70 (6331 siklus terhadap 4450 siklus) dapat terlihat pada **Tabel 8a** dan **8b**. Dari perhitungan umur kelelahan dengan metode *The Asphalt Institute* juga didapat umur kelelahan campuran menggunakan aspal Supracoad lebih besar disbanding campuran menggunakan aspal Pen 60/70 seperti ditunjukkan pada **Tabel 9**.

3.3.2 Regangan Awal (ϵ_i) dan Kekakuan Awal (Ei)

Regangan awal dan kekakuan awal dihitung dengan menggunakan nilai lendutan yang diambil pada lendutan ke-200 karena pada kondisi ini campuran dianggap *recoverable*. Untuk menghitung Kekakuan awal (E_i) dengan memasukan nilai tegangan awal (σ_i) dan regangan awal (ϵ_i) ke dalam persamaan $\sigma = E \cdot \epsilon$. **Tabel 8a** dan **8b** menunjukkan setiap tingkat tegangan yang diberikan campuran menggunakan aspal Supracoad mempunyai nilai kekakuan awal yang lebih besar dari pada campuran menggunakan aspal Pen 60/70 (92,22 MPa terhadap 88,84 MPa).

3.3.3 Siklus penjalaran retak (Np)

Siklus penjalaran retak didapat dari selisih siklus pada saat terjadinya keruntuhan (*failure*) dengan siklus pada saat terjadinya retak awal (*initial cracking*). Untuk campuran menggunakan aspal Supracoad mempunyai yang memiliki kekakuan yang lebih tinggi membutuhkan waktu siklus yang lebih panjang dari saat terjadinya retak awal (N_i) sampai terjadinya keruntuhan (N_f) (5906 siklus terhadap 3922 siklus).

3.3.4 Tingkat penjalaran retak (rp)

Dari uji kelelahan dapat diperkirakan tingkat penjalaran retak, yaitu jumlah siklus pembebanan yang dibutuhkan untuk setiap milimeter lendutan yang dialami, dari saat terjadinya retak awal sampai terjadinya keruntuhan, dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Tabel 8a. Hasil pengujian kelelahan campuran menggunakan aspal Pen 60/70

Tegangan Σ (Mpa)	Regangan Awal (ϵ_i) (m/m)	Kekakuan Awal (Ei) (Mpa)	Retak Awal N_i (Siklus)	Umur kelelahan N_f (Siklus)	Penjalaran retak N_p (Siklus)
0.30	0,003	88,84	528	4450	3922
0.45	0,006	65,00	484	1636	1152
0.60	0,014	46,87	238	462	224
0.75	0,016	46,38	146	393	247

Tabel 8b. Hasil pengujian kelelahan campuran menggunakan aspal Supracoad

Tegangan σ (Mpa)	Regangan Awal (ϵ_i) (m/m)	Kekakuan Awal (Ei) (Mpa)	Retak Awal N_i (Siklus)	Umur kelelahan N_f (Siklus)	Penjalaran retak N_p (Siklus)
0.30	0,003	92,22	425	6331	5906
0.45	0,006	85,87	493	1977	1484
0.60	0,011	57,97	312	771	459
0.75	0,017	48,04	119	431	312

Tabel 9. Perbandingan umur kelelahan hasil percobaan dengan Rumus TAI

Campuran	Tegangan (MPa)	Umur Kelelahan		
		DARTEC (Siklus)	TAI (Siklus)	Rasio
Pen 60/70	0,30	4450	2874	1,5
	0,45	1636	268	6,1
	0,60	462	70	6,6
	0,75	393	27	14,3
Supracoad	0,30	6331	3442	1,8
	0,45	1977	1057	1,9
	0,60	771	219	3,5
	0,75	431	77	5,6

$$r_p = \frac{N_p}{d_f - d_i}$$

dimana:

N_p = jumlah siklus penjalaran retak

d_f = lendutan kumulatif pada saat terjadinya keruntuhan (mm)

d_r = lendutan kumulatif pada saat terjadinya retak awal (mm)

r_p = tingkat penjalaran retak (siklus/mm)

Dengan menggunakan rumus didapat tingkat penjalaran retak campuran menggunakan aspal Supracoad retak lebih lama dibandingkan dengan campuran menggunakan aspal Pen 60/70 (117,90 siklus/mm terhadap 99,74 siklus/mm), ini menunjukkan campuran menggunakan aspal Supracoad mempunyai nilai modulus lebih tinggi.

3.3.5 Mekanisme retak

Umumnya retak awal terjadi pada bagian tengah bawah benda uji dan terus menjalar ke bagian atas sampai benda uji mengalami keruntuhan. Hal ini menunjukkan bahwa retak awal terjadi di titik momen maksimum dari bentang dimana pada titik tersebut juga terjadi regangan tarik terbesar. Sebagian besar retak dimulai dan menjalar pada rongga antara butiran, dimana rongga tersebut paling banyak terdapat diantara butiran agregat kasar. Oleh karena itu, retak pada umumnya dimulai dan menjalar diantara agregat kasar. Namun hal ini juga dipengaruhi oleh distribusi agregat kasarnya, kadangkala retak terbesar tidak terjadi dibagian tengah benda uji tetapi pada rongga antar butir agregat. Mekanisme retak terlihat pada **Gambar 3** dan **Gambar 4** dilampiran.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Aspal Supracoad mempunyai nilai Titik Lembek aspal lebih tinggi ($51,5^{\circ}\text{C}$) dibanding aspal Pen 60/70 ($48,5^{\circ}\text{C}$). Nilai Penetrasi aspal Supracoad lebih rendah (56,2 mm) dibanding aspal Pen 60/70 (65,8 mm). Viskositas aspal supracoad lebih tinggi (155°C pada 170 cst) dibanding aspal Pen 60/70 (152°C pada 170 cst). Karakteristik ini menunjukkan aspal Supracoad 51 sudah termasuk di dalam aspal Multigrade walaupun titik lembek belum mencapai syarat minimal 55°C dari peraturan Dep.PU 2005 karena di didalam penelitian ini menggunakan supracoad 51 yang artinya titik lembek minimal pada temperatur 51°C .
2. Karakteristik Marshall dari campuran beton aspal (AC-WC) menggunakan aspal Supracoad memberikan hasil yang paling baik dari pada campuran menggunakan aspal Pen 60/70. Ditunjukkan campuran menggunakan aspal Supracoad mempunyai nilai stabilitas yang paling tinggi (1431,12 kg) dibanding campuran menggunakan aspal Pen 60/70 (1413 kg) pada kondisi KAO.
3. Pada hasil uji Perendaman Marshall menunjukkan kinerja campuran menggunakan aspal Supracoad terhadap pengaruh air dan temperatur adalah paling baik dibanding campuran menggunakan aspal Pen 60/70, dengan indikator nilai IKS campuran menggunakan aspal Supracoad (93,3%) lebih besar dibanding campuran menggunakan aspal Pen 60/70 (90,16%).
4. Pengujian UMATTA menghasilkan nilai Modulus Resilien campuran yang menggunakan aspal Supracoad (2996 Mpa) yang lebih tinggi dibanding campuran menggunakan aspal Pen 60/70 (2417

Mpa). Hasil ini juga didukung dari perhitungan analitis metode Shell, menunjukkan campuran menggunakan aspal Supracoad mempunyai modulus resilien rata-rata 1,2 kali lebih tinggi dibanding campuran menggunakan aspal Pen 60/70.

5. Penggunaan aspal Supracoad di dalam campuran aspal beton (AC-WC) memberikan umur kelelahan (6331 siklus), modulus kekakuan awal (92,222 MPa), retak awal (493 siklus), Siklus penjalaran retak (5906 siklus), tingkat penjalaran retak (117,90 siklus/mm) yang lebih besar dibandingkan campuran menggunakan aspal Pen 60/70 (4450 siklus; 88,84 Mpa; 425 siklus; 3922 siklus; 99,74 siklus/mm).
6. Hasil perhitungan teoritis metode *The Asphalt Institute* menunjukkan campuran menggunakan aspal Supracoad rata-rata 1,35 lebih tinggi dibanding campuran menggunakan aspal Pen 60/70.

Daftar Pustaka

- Adwang, 2004, "*Kajian Laboratorium Campuran Asbuton dengan Gradasi Superpave terhadap Fluxure Fatigue Test*", Tesis Magister, Program Magister Sistem dan Teknik Jalan Raya, Institut Teknologi Bandung.
- Cooper, K.E., and Peel, P.S., 1974, "*The Effect of Mix Variables on the Fatigue Strength of Bituminous Material*", TRRL Laboratory Report 633.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 1987, "*Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) untuk Jalan Raya SKBI-2.4.26.1987*", Departemen Pekerjaan Umum, 1 – 11.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 1999, "*Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Panas dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak, Pedoman Teknis No. 025/T/BM/1999*", Departemen Pekerjaan Umum, 1 – 57.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2005, "*Devisi 6 Perkerasan Aspal Spesifikasi Umum Bidang Jalan Jembatan*
- Irwin, L.H., and Gallaway, B.M., 1974, "*Influence of Laboratory Test Method on Fatigue Test Results for Asphalt Concrete*", The Symposium of 76th Annual Meeting of the ASTM in Philadelphia.
- Mukhlis, 2007, "*Kinerja Modulus Resilien dan Kelelahan Dari Campuran Beton Aspal Lapis Aus (Ac-Wc) yang Mengandung Aspal Supracoad*", Tesis Magister, Program Magister Teknik Sipil Pengutamaan Reakayasa Transportasi, Institut Teknologi Bandung.

Shell Bitumen, 1990, *The Shell Bitumen Handbook*, Shell Bitumen, U.K, 223 – 263.

Subagio, B.S., et al., 2003, “*Laboratory Performance of Porous Asphalt Mixture Using Tappak Super*”, Journal of the Easten Asia Society for Transportation Studies, Vol. 5, Oktober.

Subagio, B.S., et al., 2005, “*Fatigue Performance of HRA and Superpave Mixes Using Indonesian Rock Asphalt (Asbuton) as Fne Aggregates and Filler*”, Journal of the Easten Asia Society for Transportation Studies, Vol.6,pp.1207-1216.

The Asphalt Institute, 1993, “*Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot-Mix Types*”, Manual Series No.2, Sixth Edition, The Asphalt Institute, 1 – 78.

Lampiran

Campuran Menggunakan Aspal Pen 60/70



Gambar 3a. Pembebanan 0,10 kN



Gambar 3b. Pembebanan 0,15 kN



Gambar 3c. Pembebanan 0,20 kN



Gambar 3d. Pembebanan 0,20 kN

Campuran Menggunakan Aspal Supracoad



Gambar 4a. Pembebanan 0,10 kN



Gambar 4b. Pembebanan 0,15 kN



Gambar 4c. Pembebanan 0,20 kN



Gambar 4d. Pembebanan 0,20 kN

