

## KINERJA MODULUS RESILIEN DAN DEFORMASI PERMANEN DARI CAMPURAN LAPIS ANTARA (AC-BC) YANG MENGGUNAKAN MATERIAL HASIL DAUR ULANG (RAP)

**Suherman**

*Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau  
suher\_aje@yahoo.co.id*

### ABSTRAK

Penggunaan material hasil daur ulang (RAP) merupakan salah satu alternatif untuk mengatasi masalah dalam pembangunan dan perawatan jalan raya yang disebabkan oleh tingginya harga material baru. Teknologi daur ulang selain mempertahankan struktur perkerasan yang lama juga tetap menjaga geometri perkerasan. Pada penelitian ini dilakukan dua tipe campuran AC-BC dengan menggunakan 15% dan 25% RAP. Pengujian laboratorium untuk mengetahui karakteristik campuran adalah dengan pengujian Marshall, PRD, Immersion, Modulus dengan alat UMATTA dan Wheel Tracking. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa semakin banyak kandungan aspal RAP maka nilai penetrasi semakin turun dan nilai titik lembek semakin naik. Hasil pengujian Marshall dengan nilai stabilitas paling tinggi (1730,9 Kg) dihasilkan oleh campuran yang menggunakan 25% RAP. Nilai IRS terbesar (96,66%) juga dihasilkan oleh campuran yang menggunakan 25% RAP. Nilai UMATTA terbesar (3818 Mpa pada temperatur 30<sup>0</sup> C) juga dihasilkan oleh campuran yang menggunakan 25% RAP. Nilai total deformasi terkecil (0,55 mm pada temperatur 45<sup>0</sup> C) juga dihasilkan oleh campuran yang menggunakan 25% RAP. Maka secara keseluruhan dapat dilihat bahwa campuran yang menggunakan 25% RAP memberikan hasil kinerja yang baik.

**Kata Kunci:** AC-BC , RAP, Modulus Kekakuan, Deformasi Permanen.

### ABSTRACT

*The use of Recycled Asphalt Pavement (RAP) is one alternative to solve the problem of road construction and maintenance, duo to the lack and high cost of new materials. The recycling technology could also strengthen the pavement structure by keeping the old pavement geometry. In this research, 2 (two) type of AC-BC mix were prepared, that contain 15% and 25% RAP. Some laboratory test were conducted to measure the material and mix characteristics, that is Marshall test, PRD test, Immersion test, Modulus UMATTA test and Wheel Tracking test. The test result showed that the use of RAP bitumen decrease the penetration value and increase the softening temperature. The result of Marshall test give the highest value of stability (1730,9 Kg) for AC-BC mix using 25% RAP. The highest IRS (96,66%) value obtained for AC-BC mix with 25% RAP, while the biggest value of UMATTA Resilient Modulus (3818 MPa at 30<sup>0</sup> C) obtained for AC-BC mix with 25% RAP. The lowest value of Total Deformation (0,55 mm at 45<sup>0</sup> C) was obtained for AC-BC mix with 25% RAP. In general, all the test results showed that the AC-BC mix with 25% RAP give the best performance.*

**Key Words:** AC-BC, RAP, Modulus Resilient, Permanent Deformation.

### PENDAHULUAN

Sebagian daerah di Indonesia mempunyai keterbatasan material dan aspal, bahkan tidak jarang suatu daerah harus mendatangkan material dan aspal dari daerah lain, yang pada akhirnya akan menyebabkan tingginya biaya pembangunan maupun rehabilitas jalan. Salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan memanfaatkan hasil daur ulang perkerasan lama (Subagio, B.S., 2009).

Teknologi daur ulang juga dapat menghemat dan melestarikan sumber daya alam

khususnya agregat dan minyak bumi yang *notabone* nya merupakan sumber daya alam yang tidak dapat di perbaharui. Kelebihan lain dari teknologi daur ulang adalah mampu meningkatkan kekuatan struktural perkerasan dengan tetap mempertahankan geometri perkerasan yang lama.

Berdasarkan fenomena tersebut, penulis tertarik untuk mengukur kinerja material daur ulang (RAP) dan pada Penelitian ini penulis membandingkan kinerja Modulus Resilien ( $M_R$ ) dan Total Deformasi pada campuran Laston

Lapis Antara (AC-BC) yang menggunakan 15% dan 25% material RAP dari berat total campuran.

### Tinjauan Pustaka

#### Perkerasan Daur Ulang (*Recycling*)

Teknologi perkerasan daur ulang (*recycling*) yaitu teknologi yang memanfaatkan kembali material (agregat dan aspal) perkerasan lama untuk dijadikan kembali sebagai bahan perkerasan yang baru. Material daur ulang (aspal dan agregat) perlu diperbaiki terlebih dahulu sifat dan gradasinya sebelum digunakan kembali dan material daur ulang bisa digunakan kembali jika tidak terjadi penurunan sifat material yang terlalu signifikan, karena penurunan yang signifikan tersebut akan berpengaruh besar terhadap hasil campuran yang baru.

Perkerasan dengan menggunakan daur ulang memiliki kelebihan, antara lain:

- Apabila digunakan secara tepat, recycling dapat menghemat biaya yang berarti dibanding dengan penggunaan material baru.
- Membantu melakukan konservasi bahan alam dengan berkurangnya kebutuhan material baru.
- Dengan recycling maka dapat menjaga geometri perkerasan, karena tidak bertambahnya tebal perkerasan. Ketergangguan lalu lintas juga berkurang dibanding teknik rehabilitasi lainnya.

#### Lapis Beton Aspal

Lapis Beton Aspal adalah lapisan penutup konstruksi perkerasan jalan yang mempunyai nilai struktural yang pertama kali dikembangkan di Amerika oleh The Asphalt Institute dengan nama Asphalt Concrete (AC).

Kekuatan dari perkerasan beton aspal diperoleh melalui struktur agregat yang saling mengunci (*interlocking*). Struktur agregat yang saling mengunci (*interlocking*) ini menghasilkan geseran internal yang tinggi dan saling melekat bersama oleh lapis tipis aspal perekat diantara butiran agregat. Perkerasan beton aspal ini cukup peka terhadap variasi kadar aspal dan perubahan gradasi agregat, hal ini disebabkan karena beton aspal memiliki sifat stabilitas tinggi dan relatif kaku, yaitu tahan terhadap pelelehan plastis namun cukup peka terhadap retak.

Menurut spesifikasi baru campuran beraspal Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2010, Lapis Aspal Beton (Laston) yang selanjutnya disebut AC, terdiri dari tiga jenis campuran, AC Lapis Aus (AC-WC),

AC Lapis Antara (AC-Binder Course, AC-BC) dan AC Lapis Pondasi (AC-Base).

#### Perencanaan Campuran Beton Aspal

Suatu campuran beraspal sebagai lapis perkerasan harus memiliki karakteristik sebagai berikut (The Asphalt Institute, 1985):

1. Stabilitas (*stability*)  
Stabilitas perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menahan deformasi permanen pada saat menerima beban lalu lintas (baik beban statis maupun beban dinamis), tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun bleeding.
2. Keawetan (*durability*)  
Keawetan campuran beraspal menunjukkan kemampuan campuran untuk menahan pengaruh buruk dari lingkungan dan iklim, serta ketahanan terhadap beban lalu lintas. Pengaruh ini umumnya dikenal sebagai efek penuaan aspal, yaitu adanya proses oksidasi dan penguapan fraksi ringan dari aspal yang berakibat menurunnya daya lekat dan kekenyalan aspal.
3. Kelenturan (*flexibility*)  
Kelenturan atau fleksibilitas adalah kemampuan lapisan untuk dapat menahan lendutan (*defleksi*) dan momen yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak.
4. Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*)  
Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue*) adalah kemampuan lapisan beraspal untuk menahan lendutan balik beban berulang sehingga tidak terlalu cepat mengalami keretakan.
5. Kemudahan dalam proses pelaksanaan (*workability*)  
Kemudahan dalam proses pelaksanaan diartikan sebagai kemampuan campuran tersebut untuk dapat dihamparkan dan dipadatkan serta mencapai kepadatan yang diinginkan tanpa kesulitan. Perencanaan campuran yang menunjukkan stabilitas tinggi di laboratorium belum tentu mempunyai kemudahan pelaksanaan. Campuran akan mudah dikerjakan bila agregat cukup kering, mempunyai angularitas cukup dan bitumen yang digunakan mempunyai viskositas pencampuran yang dapat dicapai pada suhu yang wajar.

6. Kekesatan permukaan (skid resistance)  
Kekesatan permukaan atau ketahanan terhadap gelincir dapat diartikan campuran tersebut harus memiliki kekesatan yang cukup sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik di waktu hujan maupun kering. Hal ini berhubungan dengan keselamatan dan keamanan pemakai jalan terutama pada waktu jalan dalam kondisi basah karena hujan.
7. Kedap Air (*impermeability*)  
Campuran aspal harus kedap air untuk melindungi lapisan dibawahnya dari pengaruh air dan udara yang dapat. Mengakibatkan berkurangnya kekuatan dan daya dukung. Disamping itu air dapat menimbulkan efek pengelupasan film aspal dari permukaan agregat (*stripping*), dimana hal tersebut merupakan awal kerusakan dari perkerasan jalan

Perencanaan campuran beraspal panas yang umum dilakukan di Indonesia adalah dengan metode Marshall. Dari perencanaan tersebut diperoleh nilai stabilitas (*stability*) dan kelelahan (*flow*), yang selanjutnya akan dihitung rasio stabilitas dan kelelahan (*Marshall Quotient*) serta besaran-besaran volumetrik lainnya. Tujuan dari perencanaan campuran perkerasan beraspal adalah untuk mendapatkan campuran yang ekonomis. Sedangkan tujuan akhir dari perencanaan campuran adalah menyeleksi suatu desain dengan kandungan aspal tertentu dimana terdapat keseimbangan diantara seluruh kinerja yang diinginkan.

### Modulus Kekakuan Campuran Beraspal

Modulus kekakuan adalah salah satu parameter yang digunakan untuk perencanaan dan mengevaluasi kinerja campuran beraspal. Karena campuran beraspal merupakan material yang tidak bersifat elastis sempurna maka terminologi modulus elastis (*E*) tidak cocok digunakan dan sebagai gantinya digunakan istilah Modulus Resilien (*M<sub>R</sub>*), yaitu modulus elastisitas berdasarkan deformasi balik (*recoverable strain*). Sehingga modulus resilien didefinisikan sebagai:

$$M_R = \frac{\sigma_d}{\epsilon_r} \quad (1)$$

Dengan  $\sigma_d$  sebagai tegangan deviator, yakni tegangan axial yang diberikan sedangkan  $\epsilon_r$  merupakan deformasi yang dapat balik (*recoverable strain*).

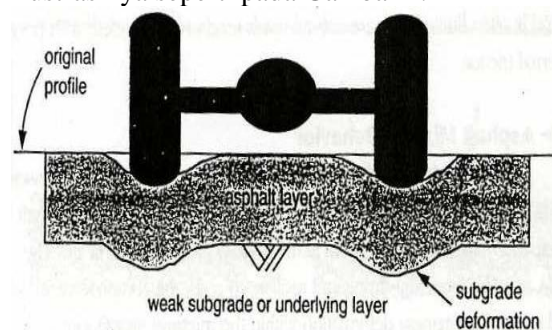
Metode untuk menghitung nilai modulus kekakuan lentur dari campuran beraspal tanpa pengujian dilaboratorium dikembangkan oleh Shell melalui penelitian selama lebih dari 20 tahun. Metode ini menggunakan solusi nomograph yang diperkenalkan oleh Van Der Poel (Shell Bitumen, 1990) untuk menghitung modulus resilien campuran beraspal berdasarkan propertis dari aspal dan konsentrasi volume agregat.

Sedangkan Pengujian Modulus Resilien dilaboratorium dilakukan dengan menggunakan alat “*Universal Material Testing Apparatus (UMATTA)*” dimana benda uji atau campuran pada Kadar Aspal Optimum Refusal (*KAO<sub>Ref</sub>*). Secara umum semakin besar nilai modulus resilien maka campuran beraspal akan semakin kaku.

### Deformasi Permanen

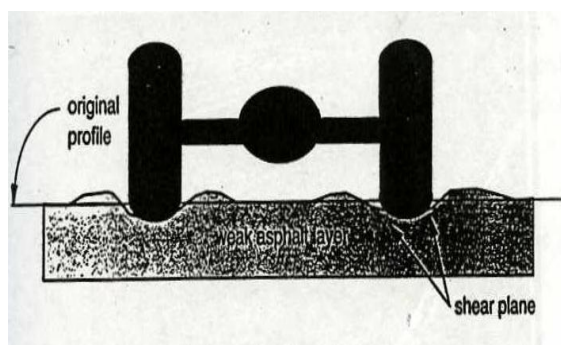
Deformasi permanen adalah peristiwa penurunan lapis struktur perkerasan secara permanen. Deformasi ini dikatakan permanen karena deformasi yang terjadi pada permukaan perkerasan tidak kembali lagi ke posisi awal (*unrecoverable*) setelah terjadi pembebanan. Deformasi permanen (dalam bentuk rutting) banyak terjadi pada jalur tapak roda kendaraan. Rutting mempunyai dua penyebab utama yaitu:

- a. Rutting yang disebabkan oleh terlalu banyaknya tekanan/ pembebanan berulang yang berdampak terhadap kerusakan pada lapis bawah (dikarenakan subgrade jelek). Ilustrasinya seperti pada Gambar 2.



Gambar 1: Ilustrasi Deformasi Permanen (Sumber : Asphalt Institute, SP-2, 1996)

- b. Rutting yang disebabkan terlalu banyaknya tekanan/ pembebanan berulang yang berdampak terhadap kerusakan pada lapis atas (struktur perkerasan). Ilustrasinya seperti Gambar 3.



Gambar 2: Ilustrasi Deformasi Permanen  
Sumber : Asphalt Institute, SP-2,1996

Penyelidikan di laboratorium untuk mengetahui deformasi permanen yang terjadi pada desain campuran dapat dilakukan dengan menggunakan alat Wheel Tracking Machine.

Pengujian Wheel Tracking merupakan suatu simulasi, dimana beban roda bergerak maju mundur melintas diatas benda uji. Ketahanan deformasi dari benda uji yang telah ditetapkan, dapat diukur dengan melihat hasil yang diperoleh dari kedalaman alur (*Rut Depth*) setelah dilalui sejumlah lintasan, atau Laju Deformasi (*RD*, *Rate of Deformation*) dalam mm/menit (Shell Bitumen, 1990). Disamping itu juga dapat diukur nilai Stabilitas Dinamis (*DS*, *Dynamic Stability*), yaitu jumlah lintasan yang diperlukan untuk membentuk alur sedalam 1 mm. Stabilitas Dinamis (*DS*) dan Laju deformasi (*RD*) dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$DS = 21 \times 2 \times \frac{(t_2 - t_1)}{(d_2 - d_1)} \quad (2)$$

$$RD = \frac{(d_2 - d_1)}{(t_2 - t_1)} \quad (3)$$

Dimana:

DS = Stabilitas Dinamis (lintasan/mm)

RD = Laju Deformasi (mm/menit)

d1 = Deformasi pada pengujian 45 menit (mm)

d2 = Deformasi pada pengujian 60 menit (mm)

t1 = 45 menit

t2 = 60 menit

Benda uji mempunyai dimensi 30 x 30 x 5 cm, yang dipadatkan dengan alat pemadat yang sesuai. Kepadatan benda uji harus memenuhi kepadatan yang diperoleh dari analisa Marshall, dengan toleransi  $\pm 2\%$ . Pengujian dilakukan dengan tekanan permukaan sebesar  $6,4 \pm 0,15$  kg/cm<sup>2</sup>, yang setara dengan beban sumbu tunggal roda ganda 8,16 ton. Masing-masing benda uji diuji dengan 1.260 siklus roda dalam satu jam, yaitu dengan 21 siklus (42 lintasan) per menit. Pengujian dilakukan pada temperatur 45°C dan 60°C yang dimaksudkan untuk lebih melihat pengaruh variasi temperatur terhadap kinerja campuran.

## BAHAN DAN METODE PENELITIAN

### Bahan

Material RAP yang digunakan berasal dari proyek peningkatan jalan Pantura Jatibarang - Cirebon km 25 dan aspal yang digunakan yaitu aspal Pen 60/70 Shell.

### Metode Penelitian

Pengujian didasarkan pada standar Spesifikasi Campuran Aspal Panas yang diterbitkan Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2010 dan jika prosedur pengujiannya belum terdapat pada SNI maka mengacu kepada ASTM (*American Society for Testing and Material*), AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), dan BS (*British Standart*). Perencanaan campuran beraspal panas menggunakan metode Marshall dan pendekatan kepadatan mutlak untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO). Pengujian laboratorium pada kondisi Kadar Aspal Optimum (KAO) terdiri atas pengujian Marshall Immersion, Modulus Resilien dengan alat UMATTA dan pengujian ketahanan Deformasi dengan alat *Wheel Tracking Machine* (WTM).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

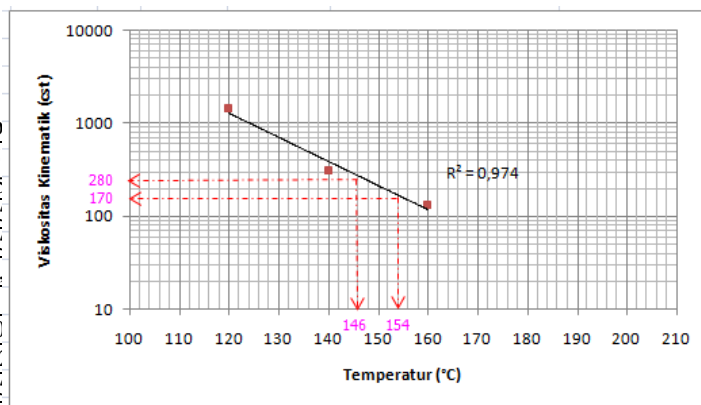
### Pengujian Material

Hasil pengujian ekstraksi material RAP didapat kadar aspal sebesar 4,98% dan kemudian dilakukan pengujian terhadap aspal RAP yang dicampur dengan aspal baru (Shell Pen 60/70).

Tabel 1: Hasil Pengujian Aspal RAP dicampur asp

No	Pengujian	25% RAP + 75% Shell	15% RAP + 85% Shell
1	Penetrasi, 25°C, 100 gr, 5 detik.	56,90	51,50
2	Titik Lembek, °C	51,50	55,50
3	Berat Jenis	1,03895	1,03895
Pengujian Residu hasil RTFOT			
4	Berat yang hilang (%)	0,0352	0,0352
5	Penetrasi	25,60	25,60
6	Titik Lembek, °C	55,50	55,50

Sumber: Hasil Pengujian



Gambar 3: : Hubungan Viskositas Kinematik dan Suhu

Pada dasarnya semua jenis aspal bersifat thermoplastic, yaitu dapat berubah sifat tergantung pada temperatur. Kepekaan terhadap temperatur dapat ditunjukkan dengan nilai Indeks Penetrasi (PI) yang diperoleh berdasarkan hasil pengujian Penetrasi dan titik lembek.

Tabel 2. Nilai Penetrasi Indeks

Nilai	25% RAP+75% Sheel	15% RAP+85% Shell
Sebelum RTFOT		
A	0.0433	0.0443
PI	-0.5243	-0.6668
Setelah RTFOT		
A	0.0490	0.0502
PI	-1.3058	-1.4535

Sumber: Hasil Pengujian

Selain pengujian-pengujian diatas juga dilakukan pengujian viskositas yang bertujuan untuk memeriksa kekentalan aspal, dimana pengujian viskositas ini akan digunakan dalam menentukan suhu pencampuran dan suhu pemadatan. Suhu pencampuran adalah suhu pada saat aspal mempunyai viskositas kinematis sebesar  $170 \pm 20$  centiStokes sedangkan suhu pemadatan adalah suhu yang mempunyai nilai viskositas kinematis sebesar  $280 \pm 30$  centiStokes. Gambar 1 merupakan hasil pengujian viskositas aspal Shell Pen 60/70 dengan alat Saybolt Furol pada berbagai suhu yang kemudian hasilnya diplotkan pada grafik semi logaritmik.

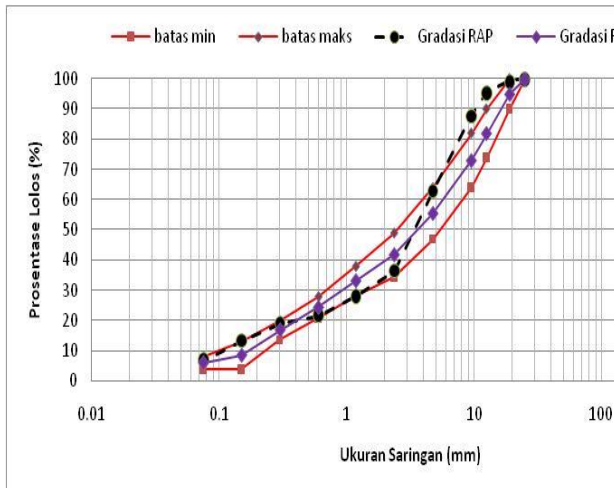
Agregat yang digunakan meliputi agregat baru dan agregat dari material lama (RAP), dilakukan pengujian untuk menentukan apakah agregat tersebut masih layak untuk digunakan dalam pengujian campuran.

Tabel 3. Hasil Pengujian Agregat.

No	Pengujian	Metode Uji	Persyaratan		Hasil Uji Agregat RAP	Hasil Uji Agregat Baru
			Min	Maks		
a. Agregat kasar						
1	Penyerapan (%)	SNI 03-1969-1990	-	3,00	1,74	1,703
	a. Berat jenis bulk		2,50	-	2,60	2,607
	b. Berat jenis SSD		2,50	-	2,65	2,651
	c. Berat jenis semu		2,50	-	2,72	2,727
	d. Berat Jenis Efektif		2,50	-	-	2,667
3	Kekekalan agregat terhadap Magnesium Sulfat, (%)	SNI 3407:2008	-	12	-	0,48
4	Kekuatan Agregat Terhadap Tumbukan (AIV)	SNI 03-1996-1990	-	30%	6,9%	-
5	Kekuatan Agregat Terhadap Tekanan (AIV)	BS 812:Part 3:1975	-	30%	20,4%	-
6	Abrasi dgn Mesin Los Angeles, (%)	SNI 241 7:2008	-	30	-	16,72
7	Angularitas kedalaman dan permukaan < 10 cm	SNI 03-6877-2002	-	95,90	-	95,91
8	Kekekalan agregat terhadap aspal, (%)	SNI 03-2439-1991	95	-	-	> 95
9	Partikel pipih, (%)	ASTM D4791	-	25	-	21,84
10	Partikel lonjong, (%)	Perbandingan 1:5	-	10	-	9,18
b. Agregat Halus						
1	Penyerapan (%)	SNI 03-1970-1990	-	3,00	0,54	0,575
	a. Berat jenis bulk		2,50	-	2,60	2,603
	b. Berat jenis SSD		2,50	-	2,61	2,618
	c. Berat jenis semu		2,50	-	-	2,642
	d. Berat Jenis Efektif		2,50	-	2,64	2,622
3	Nilai setara Pasir, (%)	SNI 03-4428-1997	50	-	-	68,42
c. Filler						
1	Berat Jenis	SNI 03-4142-1996	-	-	-	-
d. Agregat Gabungan						
1	a. Berat jenis bulk	SNI 03-1970-1990	2,50	-	-	2,612
	b. Berat jenis SSD		2,50	-	-	2,644
	c. Berat jenis semu		2,50	-	-	2,698
	d. Berat Jenis Efektif		2,50	-	-	2,655

Sumber: Hasil Pengujian

Agregat material RAP hasil analisis saringan tidak memenuhi persyaratan gradasi untuk campuran Laston Lapis Antara (AC-BC), sehingga diperlukan penambahan agregat baru. Adapun rancangan gradasi untuk campuran yang menggunakan 25% RAP dan 75% agregat baru.



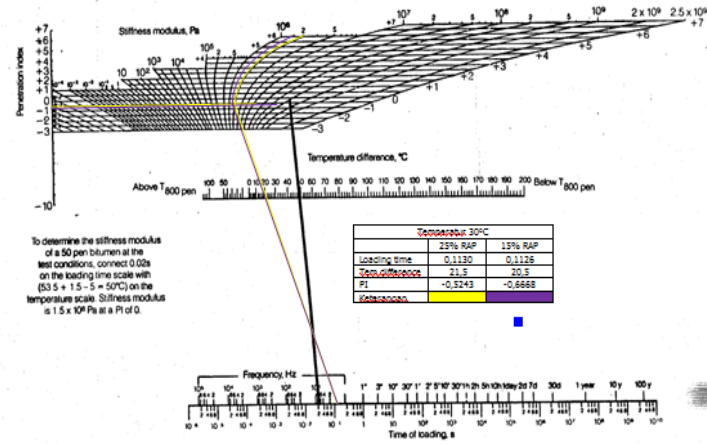
Gambar 4: Kurva Rancangan Gradasi Campuran.

Marshall Sisa (IKS) setelah perendaman selama 24 jam pada temperatur 60°C masih lebih besar dari 90%. Hal ini menunjukkan bahwa stabilitas campuran terhadap pengaruh air dan perubahan temperatur serta kekuatan ikatan antara aspal dan agregat masih baik.

**Hasil dan Analisis Pengujian UMATTA**

Hasil perhitungan nilai Modulus Resilien campuran dengan menggunakan Nomogram Van Dear Pool

Nomogram Van Der Pool Untuk Menentukan S<sub>res</sub>



Sumber: Shell Bitumen Handbook, 2003

Gambar 5: Nomogram Van Der Pool

**Analisis Pengujian Marshall**

Dari hasil pengujian didapat nilai stabilitas Marshall pada KAO untuk campuran I (15 % Material RAP) sebesar 1361,9 Kg dan 1415 untuk campuran II (25% Material RAP).

Hasil pengujian memperlihatkan bahwa nilai Stabilitas Marshall meningkat seiring dengan peningkatan kandungan RAP didalam campuran. Hal ini dipengaruhi oleh nilai Modulus Kekakuan Bitumen (Sbit), dimana kandungan RAP dapat meningkatkan nilai Modulus Kekakuan Bitumen dan yang pada akhirnya juga meningkatkan nilai Stabilitas Marshall.

**Hasil dan Analisis Kadar Aspal Optimum**

Dari hasil pengujian untuk kedua campuran didapat nilai KAORef 5,1% untuk campuran yang menggunakan 25% RAP dan 5,24% untuk campuran yang menggunakan 15% RAP. Hal ini disebabkan karena pada campuran yang menggunakan 15% RAP akan terdapat material baru yang lebih banyak dan akan membutuhkan aspal yang lebih banyak juga untuk menyelimuti agregat barunya, jika dibandingkan dengan campuran yang menggunakan 25% RAP

**Hasil dan Analisis Pengujian Marshall Immersion**

Nilai Stabilitas Marshall Sisa (IKS) hasil pengujian untuk campuran I (15% RAP) menghasilkan nilai 96,47 Kg dan 96,99 Kg untuk campuran II (25% RAP). Nilai Stabilitas

Hasil Pengujian Modulus Resilien campuran dengan Alat UMATTA dan Persamaan Shell sebagai berikut:

Tabel 4: Hasil Pengujian Modulus Resilien

Campuran	Suhu °C	Nilai Modulus Kekakuan Aspal (Sbit) MPa	Nilai Modulus Resilien (S <sub>mix</sub> ) MPa		Ratio UMATTA/Shell
			UMATTA	Shell	
Campuran II (25% RAP)	30	2,00	3150	1335,28	2,36
	45	0,16	840,4	243,03	3,46
Campuran I (15% RAP)	30	1,00	3114	774,44	4,02
	45	0,13	837,7	189,00	4,43

Sumber: Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian dapat dilihat bahwa nilai Modulus Resilien sangat dipengaruhi oleh faktor temperatur, dimana dengan meningkatnya temperatur maka akan menurunkan nilai Modulus Resilien. Hal ini disebabkan karena aspal adalah material yang bersifat viskoelastis dimana sifatnya dapat berubah dari viskos ke elastis ataupun sebaliknya yang disebabkan karena perubahan temperatur. Hasil pengujian

pada temperatur 45°C menunjukkan nilai Modulus Resilien yang lebih kecil dibandingkan hasil pengujian pada temperatur 30° C.

Nilai Modulus Resilien juga meningkat seiring dengan peningkatan kandungan RAP didalam campuran. Hal ini disebabkan karena semakin banyak kandungan RAP maka dapat meningkatkan nilai Modulus Kekakuan Bitumen (Sbit) yang pada akhirnya juga akan meningkatkan nilai Modulus Resilien.

Waktu (menit)	Jumlah Siklus	Deformasi, dmm	
		P25(0%)	P15(0%)
0	0	0.00	0.00
1	21	0.84	0.72
5	105	1.20	1.00
10	210	1.38	1.13
15	315	1.49	1.19
30	630	1.69	1.30
45	945	1.82	1.38
60	1260	1.91	1.43
Total Deformasi		1.55	1.23
Stabilitas Dinamis (Lintasan/mm)		7000	12600
Laju Deformasi (mm/m)		0.0060	0.0033

Sumber :

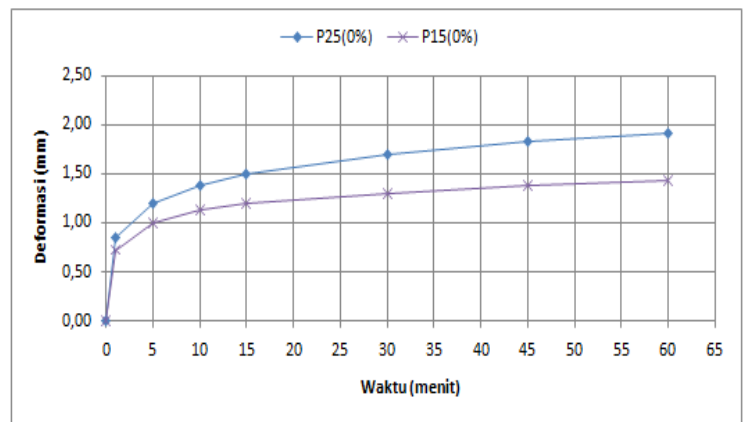
**Analisa Hasil Pengujian Wheel Tracking**

Pengujian Deformasi dengan Wheel Tracking ditujukan untuk mensimulasikan Deformasi yang terjadi pada perkerasan akibat lintasan kendaraan. Pengujian dilakukan pada temperatur 45° C dan 60° C.

Tabel 5. Hasil Pengujian Wheel Tracking pada suhu 45°C

Waktu (menit)	Jumlah Siklus	Deformasi, dmm	
		P25(0%)	P15(0%)
0	0	0.00	0.00
1	21	0.34	0.46
5	105	0.55	0.75
10	210	0.67	0.89
15	315	0.74	0.99
30	630	0.87	1.17
45	945	0.94	1.27
60	1260	0.99	1.33
Total Deformasi		0.79	1.21
Stabilitas Dinamis (Lintasan/mm)		12600	10500
Laju Deformasi (mm/m)		0.0033	0.0040

Sumber: Hasil Pengujian



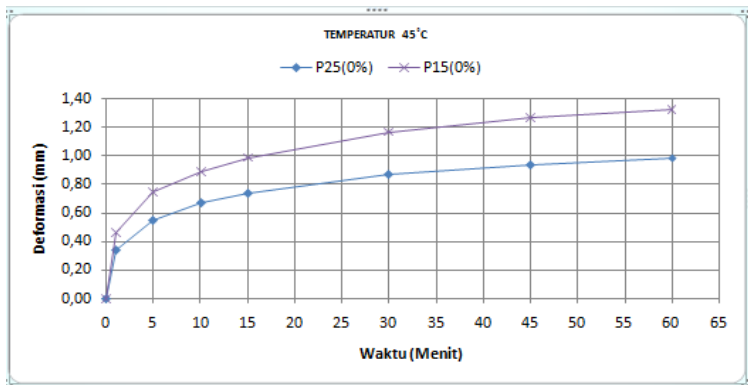
Gambar 5.: Hubungan Waktu dan Deformasi

Dari pengujian Wheel Tracking dapat dilihat bahwa total deformasi akan meningkat seiring dengan peningkatan temperature dan semakin kecil seiring dengan peningkatan kandungan RAP didalam campuran. Hal ini disebabkan karena semakin banyak kandungan RAP didalam campuran maka dapat meningkatkan nilai Stabilitas Marshall dan Modulus Resilien yang pada akhirnya juga akan menyebabkan sedikit terjadinya Deformasi

**KESIMPULAN DAN SARAN**

**Kesimpulan**

1. Pengujian sifat fisik agregat RAP dan agregat baru menunjukkan bahwa agregat RAP dan agregat baru, memenuhi persyaratan spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum 2010 dan dapat dimanfaatkan untuk pembuatan campuran.
2. Pada temperatur yang sama, semakin banyak kandungan material RAP didalam campuran, maka akan menghasilkan nilai Modulus Resilien yang semakin tinggi.



Gambar 6 : Hubungan Waktu dan Deformasi

Tabel 6. Hasil Pengujian Wheel Tracking pada suhu 60°C

3. Pada temperatur yang sama, nilai Modulus Resilien campuran (Smix) yang diukur dengan UMATTA semakin mendekati nilai Modulus Resilien hasil perhitungan persamaan Shell seiring dengan peningkatan nilai Modulus kekakuan bitumen (Sbit).
4. Total Deformasi akan menurun seiring dengan peningkatan kandungan RAP didalam campuran.
5. Dari semua pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa campuran I (25% RAP) memberikan nilai Stabilitas dan Modulus Resilien yang paling tinggi dan mengalami Total Deformasi yang paling kecil.

**The Asphalt Institute, (1996),** *Superpave Mix Design*, Superpave Series No.2 (Sp-2), Lexington, Kentucky Usa.

**Yoder, E. J., And Witczak, M.W., (1975),** *Principles Of Pavement Design*, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Inc, New York

### Saran

Kementerian Pekerjaan Umum perlu membuat ketentuan khusus didalam spesifikasi untuk persentase pencampuran aspal Pen dengan aspal RAP sehingga dari pengujian aspal dapat diketahui seberapa besar persentase RAP yang ideal digunakan dalam campuran.

Perlu dilakukan penelitian lanjut mengenai kinerja retak lelah campuran dengan alat DARTEC atau *Four Point Loading*.

### DAFTAR PUSTAKA

**Kementerian Pekerjaan Umum, (2010), Seksi 6.3 Spesifikasi Campuran Beraspal Panas.**

**De Vos, K. B., (1992),** *Reference and Operating Manual, Universal Materials Testing Apparatus for Asphalt and Unbound Specimens (UMATTA)*, Industrial Process Controls Ltd., Australia.

**Callister, Jr. William, D., (2003),** *Material Science and Engineering An Introduction*, sixth edition, John Wiley & Sons, Inc., USA.

**Huang, Yang. H, (2004),** *Pavement Analysis and Design*, 2nd Edition, Prentice-Hall, Inc, New Jersey

**Sugeng, B.S., (2009),** *Perkembangan Desain Dan Teknologi Foam Bitumen Untuk Material Daur Ulang*, disajikan dalam acara Asphalt Training Pertamina, Kelompok Keahlian Rekayasa Transportasi FTSL ITB.

**Shell Bitumen (2003),** *The Shell Bitumen Handbook*, Published By Shell Bitumen U.K