

STUDI KARAKTERISTIK CAMPURAN BETON ASPAL MENGUNAKAN BAHAN TAMBAH RETONA

Lukman M.H. Marpaung Alumni Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan Jln. Ciumbuleuit 94, Bandung 40141 Tlp. (022) 2033691 Fax. (022) 2033692 lmhmpaung@yahoo.com	Tri Basuki Joewono Staf Pengajar Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan Jln. Ciumbuleuit 94, Bandung 40141 Tlp. (022) 2033691 Fax. (022) 2033692 vftribas@home.unpar.ac.id	Santoso Urip Gunawan Staf Pengajar Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan Jln. Ciumbuleuit 94, Bandung 40141 Tlp. (022) 2033691 Fax. (022) 2033692 santosou@home.unpar.ac.id
---	--	--

Abstrak

Perkerasan lentur suatu jalan harus mempunyai kinerja yang baik sehingga dapat melayani beban kendaraan selama umur rencana. Oleh sebab itu dibutuhkan suatu bahan tambah yang dapat meningkatkan kinerja suatu perkerasan. Salah satunya adalah Retona (*Refined Buton Asphalt*). Kinerja suatu perkerasan dapat ditentukan dari pengujian dengan metode Marshall yang menghasilkan parameter stabilitas, pelelehan, kerapatan, rongga dalam campuran, rongga di dalam agregat, dan Marshall Quotient.

Penelitian ini bertujuan mempelajari karakteristik campuran beton aspal menggunakan bahan tambah Retona. Campuran beton aspal menggunakan kadar Retona 0% hingga 2% dengan interval penambahan 0,5% terhadap berat agregat kering pada kadar aspal desain. Setelah itu dilakukan analisis data dari parameter Marshall yang diperoleh dengan menggunakan pengujian statistik. Material yang digunakan adalah agregat dengan gradasi yang terdapat pada laporan PUSLITBANG Prasarana Transportasi mengenai Retona, dan bahan pengisinya adalah abu batu. Bahan pengikat yang digunakan adalah aspal minyak yang memenuhi spesifikasi penetrasi 80.

Kadar penambahan Retona pada campuran beton aspal yang memenuhi persyaratan Bina Marga adalah 0,5%. Seluruh nilai parameter Marshall pada campuran dengan kadar Retona 0% dan 0,5% secara statistik tidak berbeda. Berdasarkan hasil tersebut, maka Retona sebagai bahan tambah yang kadar penambahannya berdasarkan berat agregat kering tidak direkomendasikan untuk digunakan pada campuran beton aspal.

Kata-kata kunci: retona, parameter Marshall, berat agregat kering.

PENDAHULUAN

Jalan raya merupakan salah satu prasarana transportasi yang sangat penting pada sistem transportasi di darat. Jalan raya harus memiliki perkerasan yang kuat dan tahan lama agar dapat melayani beban kendaraan selama umur rencana. Untuk mendapatkan kinerja perkerasan yang memenuhi kebutuhan, maka perkerasan harus didukung oleh material penyusun perkerasan yang memenuhi spesifikasi tertentu. Material pembentuk penyusun tersebut adalah agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*), dan bahan pengikat. Bahan pengikat dapat berupa bahan berbitumen atau semen portland.

Aspal adalah bahan pengikat berupa bahan berbitumen dan merupakan material penting dalam pembuatan konstruksi jalan raya. Aspal dapat diklasifikasikan menurut penetrasi dan viskositasnya. Karakteristik aspal merupakan material yang penting dalam menentukan kualitas campuran beton aspal, walaupun jumlah atau berat dalam campuran adalah sedikit. Material lain yang menyusun perkerasan lentur adalah agregat dan bahan pengikat.

Sebagian besar perkerasan jalan yang ada di Indonesia merupakan perkerasan lentur. Perkerasan ini memiliki beberapa keuntungan di antaranya adalah memiliki stabilitas yang tinggi,

kedap air, dan dapat memikul beban yang besar. Akan tetapi hal ini tidak selalu dapat dipenuhi karena pengaruh beberapa hal, misalnya cuaca, beban yang melebihi beban rencana, atau kualitas aspal dan agregat yang tidak bagus.

Oleh karena itu, diperlukan suatu bahan tambah yang dapat meningkatkan daya tahan dan stabilitas lapis perkerasan jalan dengan biaya yang terjangkau dan tanpa pemakaian peralatan khusus. Bahan tambah (*aditif*) yang dimaksud adalah Refined Buton Asphalt (Retona). Bahan ini berupa bubuk yang ditambahkan pada campuran berbitumen biasa. Retona merupakan bahan aditif dari pengolahan Buton Rock Asphalt yang telah mengalami berbagai proses sehingga dapat meningkatkan kinerja suatu perkerasan. Penambahan Retona pada campuran perkerasan jalan juga dapat menahan kelelahan (*fatigue*) dan menahan keretakan akibat panas.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis karakteristik campuran beton aspal dengan menggunakan aspal keras penetrasi 80 dan bahan tambah Retona. Bahan tambah Retona ditambahkan pada campuran berbitumen dengan kadar penambahannya mulai dari 0% hingga 2% dengan interval penambahan 0,5%. Karakteristik yang dianalisis pada penelitian ini adalah parameter Marshall yang meliputi stabilitas, pelelehan, kerapatan, persen rongga di dalam agregat (VMA), persen rongga dalam campuran (VIM), dan Marshall Quotient.

Permasalahan yang menyangkut bahan pengujian dalam penelitian memiliki pembatasan sebagai berikut.

- (1) Aspal yang digunakan adalah aspal Pen. 80.
- (2) Gradasi agregat sesuai dengan gradasi yang digunakan oleh PUSLITBANG Prasarana Transportasi (Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2002).
- (3) Bahan pengisi yang digunakan adalah abu batu.
- (4) Retona sebagai bahan tambah dengan kode produk P-6014, produksi PT Olah Bumi Mandiri, Jakarta.
- (5) Kadar Retona yang digunakan dibatasi 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2% terhadap berat agregat kering oven.
- (6) Campuran beton aspal dan Retona dibuat dengan karakteristik lalu-lintas berat.
- (7) Campuran beton aspal dan Retona diuji dengan Uji Marshall.

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- (1) Gradasi agregat yang digunakan oleh PUSLITBANG (Pusat Penelitian dan Pengembangan) Prasarana Transportasi.
- (2) Aspal penetrasi 80 sesuai spesifikasi Standar Nasional Indonesia (SNI).
- (3) Bahan tambah Retona (*Refined Buton Asphalt*) dengan kode produk P-6014 yang berbentuk bubuk (*powder*).

Kegiatan pada penelitian ini dibagi dalam tiga kegiatan besar, yaitu:

- (1) Studi pustaka; dilakukan untuk memperoleh dasar teori mengenai sifat dan karakteristik material serta campuran beton aspal dan prosedur pengujian.
- (2) Studi ekperimental; dilakukan di Laboratorium Bahan Jalan Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan. Percobaan di laboratorium meliputi pengujian agregat kasar, pengujian agregat halus, pengujian bahan pengisi, pengujian aspal, dan pengujian Marshall.
- (3) Analisis data; dilakukan terhadap hasil uji laboratorium untuk menghasilkan hubungan antara parameter Marshall dan kadar Retona. Analisis data menggunakan analisis statistik.

STUDI PUSTAKA

Refined Buton Asphalt (Retona)

Retona adalah suatu modifier yang berasal dari proses ekstraksi batuan aspal buton. Proses ekstraksi yaitu suatu proses yang menggunakan pelarut pada batu aspal kemudian pelarut tadi diuapkan. Retona mengandung 55%–60% aspal alam dan 40%–45% agregat (PT Olah Bumi Mandiri, 2001). Retona harus dicampur terlebih dahulu dengan aspal murni sebelum digunakan.

Beberapa keuntungan penggunaan Retona sebagai modifier aspal adalah sebagai berikut (PT Olah Bumi Mandiri, 2001).

- (1) Memperbaiki nilai stabilitas, ketahanan kelelahan, dan keretakan campuran beton aspal.
- (2) Memperbaiki sifat adhesi dan kohesi campuran beton aspal.
- (3) Menambah umur pelayanan, durabilitas, dan biaya pemeliharaan menjadi lebih murah.
- (4) Mempermudah proses pekerjaan pencampuran dan penghamparan beton aspal di lapangan.

Walaupun harga Retona lebih mahal dari harga aspal, akan tetapi lebih murah dibandingkan dengan harga modifier yang lain seperti petrosin atau gilsonite. Hal ini disebabkan karena harga Retona bubuk pada saat ini adalah Rp6.000,00/kg. Produk Retona tersedia dalam dua macam, yaitu P6014 dan B6060. Kedua jenis ini pada dasarnya memiliki karakteristik yang sama, sedangkan perbedaannya hanya pada wujud fisik serta penggunaannya.

Retona P6014 berwujud bubuk, sehingga konsumen dapat mengatur komposisi Retona dalam campuran antara Retona dan aspal. Sedangkan Retona B6060 berwujud curah (*bulk*), dimana antara Retona dan aspal telah dicampur dengan komposisi tertentu dan dikemas dalam tangki, sehingga dapat langsung digunakan di lapangan. Perbedaan karakteristik keduanya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Karakteristik Retona (PT Olah Bumi Mandiri, 2001)

No.	Karakteristik	Retona P6014	Retona B6060
1	Bentuk	Bubuk	Curah
2	Kerapatan, kg/liter	1,45	1,132
3	Ukuran butir (lolos saringan No.)	No. 20	-
4	Kandungan aspal, %	55–56	min. 95
5	Kandungan agregat, %	40–45	maks. 5
6	Agregat lolos saringan No.200, % berat	93	93
7	Penetrasi, 0,1 mm	0–10	40–50
8	Titik Lembek <i>Ring & Ball</i> , °C	min. 13	56
9	Daktilitas, cm	-	105
10	Kemasan	kertas semen/zak	truk tangki

Uji Marshall

Konsep uji Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall dan dikembangkan di *Mississippi State Highway Department* sekitar tahun 1939. Kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh *U.S Army Corps of Engineering* sehingga kini telah menjadi uji standar pada American Society for Testing and Materials (ASTM), yaitu ASTM D1559, *Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus*. Metode ini digunakan hanya untuk menguji campuran beton

aspal panas yang menggunakan aspal keras dengan penetrasi tertentu dan agregat yang memiliki ukuran maksimum 1 inci (The Asphalt Institute, 1993).

Percobaan ini menggunakan benda uji standar berupa sebuah cetakan (mold) yang berdiameter 101,6 mm (4 inci) dan tinggi ± 75 mm (3 inci). Benda uji didapatkan dengan menggunakan alat pemadat Marshall (*Marshall Compaction Hammer*) dengan berat 4,54 kg (10 lbs), diameter $3\frac{7}{8}$ inci, dan tinggi jatuh 457 mm (18 inci) (The Asphalt Institute, 1993). Parameter-parameter yang dihasilkan dari pengujian dengan metode Marshall diatas harus memenuhi semua kriteria yang terdapat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2 Persyaratan Campuran Lapis Beton Aspal (Departemen Pekerjaan Umum, 1987)

Sifat Campuran	L.L Berat (2x75 tumbukan)		L.L Sedang (2x50 tumbukan)		L.L Ringan (2x35 tumbukan)	
	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.
Stabilitas Marshall (kg)	550	-	450	-	350	-
Pelelehan (mm)	2,0	4,0	2,0	4,5	2,0	5,0
Stabilitas/Pelelehan (kg/mm)	200	350	200	350	200	350
Rongga dalam campuran (%)	3	5	3	5	3	5
Rongga dalam agregat (%)	Lihat Tabel 3.					
Indeks perendaman (%)	75	-	75	-	75	-

Catatan:

- (1) Rongga dalam campuran aspal dihitung berdasarkan berat jenis maksimum teoritis campuran (berdasarkan berat jenis efektif agregat) atau berdasarkan berat jenis maksimum campuran menurut AASHTO T209-82.
- (2) Rongga dalam agregat ditetapkan berdasarkan berat jenis curah (bulk specific gravity) dari agregat.
- (3) Indeks perendaman ditetapkan berdasarkan rumus:

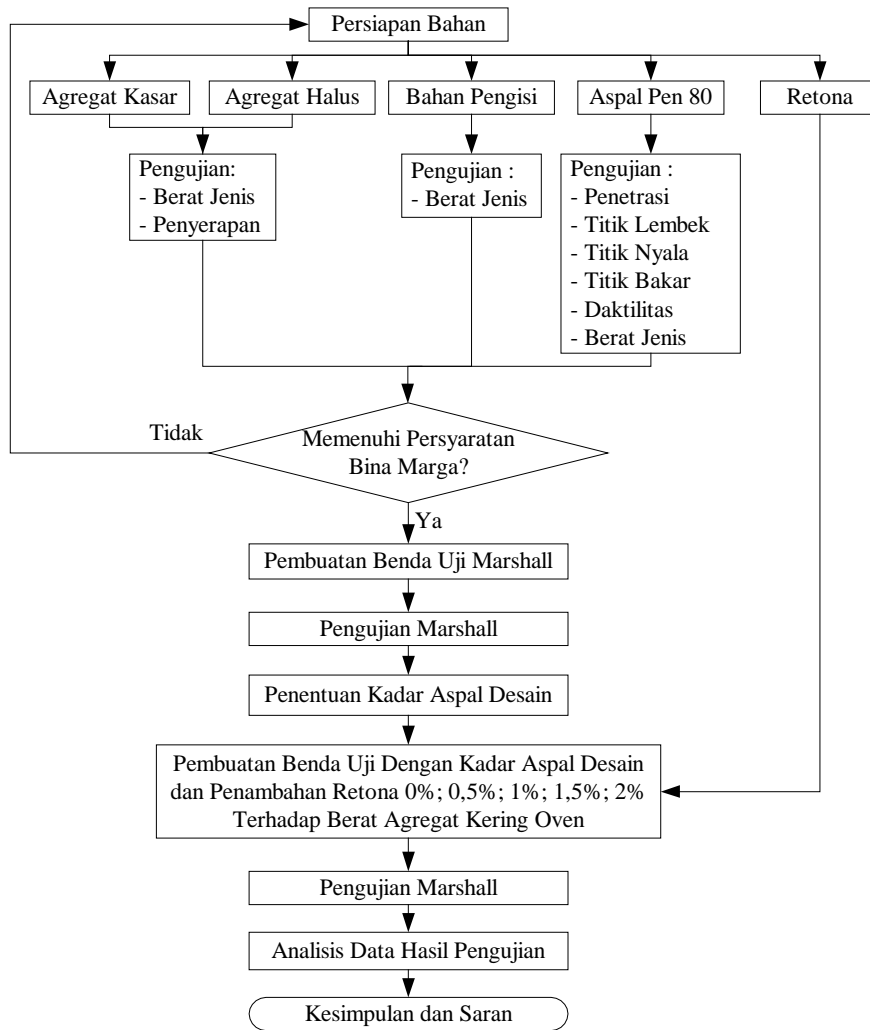
$$\frac{\text{Stabilitas Marshall setelah direndam dalam air selama 48 jam pada temperatur } 60^{\circ}\text{C (kg)}}{\text{Stabilitas Marshall (kg)}} \times 100\%$$
- (4) Kecepatan Lalu Lintas; Berat : lebih besar 500 UE 18 KSAL/hari/lajur
Sedang : 50 sampai 500 UE 18 KSAL/hari/lajur
Ringan : lebih kecil 50 UE 18 KSAL/hari/lajur

Tabel 3 Persentase Minimum Rongga dalam Agregat (Departemen Pekerjaan Umum, 1987)

Ukuran Maksimum Nominal Agregat		Persentase Minimum Rongga Dalam Agregat
mm	inci	
1,18	No. 16	23,5
2,36	No. 8	21
4,75	No. 4	18
9,5	3/8	16
12,5	1/2	15
19	3/4	14
25	1	13
37,5	1,5	12
50	2	11,5
63	2,5	11

PROGRAM KERJA LABORATORIUM

Semua persiapan dan pengujian material dilakukan di Laboratorium Bahan Jalan Universitas Katolik Parahyangan, Bandung. Langkah-langkah pengujian yang dilakukan di laboratorium selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Kerja Laboratorium

DATA DAN ANALISIS

Hasil Pengujian Agregat

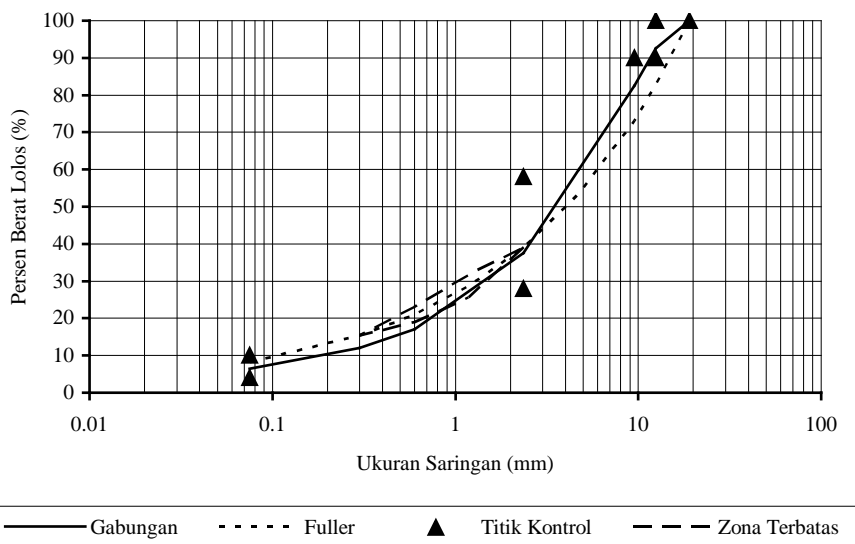
Gradasi agregat yang digunakan pada penelitian ini adalah mengikuti syarat gradasi yang terdapat pada laporan PUSLITBANG Prasarana Transportasi mengenai Retona. Distribusi ukuran agregat yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 4, sedangkan kurva gradasi agregat dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil pengujian agregat yang meliputi hasil pengujian *Bulk Specific Gravity* (Gsb), *Apparent Specific Gravity* (Gap), dan penyerapan agregat tiap-tiap fraksi dapat dilihat pada Tabel 5.

Hasil pengujian agregat dan bahan pengisi menunjukkan bahwa nilai penyerapan agregat kasar yang didapat memenuhi spesifikasi Bina Marga, yaitu penyerapan air maksimum 3%. Hasil yang didapat dari pengujian berat jenis agregat kasar juga memenuhi spesifikasi Bina Marga, yaitu berat jenis curah (*bulk*) minimum 2,5. Pada penelitian ini digunakan analisis komposisi agregat

(*Volumetric Analysis*). Setelah ditentukan persen lolos masing-masing saringan maka dilakukan penimbangan agregat yang tertahan pada tiap ukuran saringan. Untuk satu buah benda uji dengan tinggi 63,5 mm diperlukan ± 1100 gram campuran agregat.

Tabel 4 Gradasi Agregat

Ukuran Saringan		% Lolos yang Dipakai	% Tertahan	% Tertahan Kumulatif	Berat Tertahan (gr)
¾"	(19,1 mm)	100	-	-	-
½"	(12,7 mm)	92,5	7,5	7,5	82,5
⅜"	(9,52 mm)	82,5	10	17,5	110
No. 4	(4,76 mm)	60	22,5	40,0	247,5
No. 8	(2,38 mm)	37,5	22,5	62,5	247,5
No. 30	(0,59 mm)	17	20,5	83	225,5
No. 50	(0,279 mm)	12	5,0	88	55
No. 200	(0,074 mm)	6,5	5,5	93,5	60,5
Bahan Pengisi		-	6,5	100	71,5
		Σ	100	Σ	1100



Gambar 2 Kurva Gradasi Agregat yang Dipakai

Hasil Pengujian Aspal

Pengujian aspal yang dilakukan meliputi pengujian penetrasi, titik lembek, titik nyala dan titik bakar, serta berat jenis. Hasil pemeriksaan aspal yang terdapat pada Tabel 6 menunjukkan bahwa aspal yang akan digunakan dalam pembuatan campuran beraspal memenuhi spesifikasi Standar Nasional Indonesia yaitu aspal penetrasi 80.

Tabel 5 Hasil Pengujian Agregat

Ukuran Saringan		Cara Pemeriksaan	Specific Gravity			Penyerapan (%)
			Bulk	SSD	Apparent	
½ inci	(12,7 mm)	SNI 03-1969-1990	2,640	2,685	2,765	1,712
¾ inci	(9,52 mm)	SNI 03-1969-1990	2,596	2,645	2,730	1,880
No. 4	(4,76 mm)	SNI 03-1969-1990	2,552	2,628	2,760	2,956
No. 8	(2,38 mm)	SNI 03-1969-1990	2,522	2,593	2,714	2,817
No.30	(0,59 mm)	SNI 03-1970-1990	2,548	2,592	2,664	1,711
No. 50	(0,279 mm)	SNI 03-1970-1990	2,514	2,564	2,645	1,978
No. 200	(0,074 mm)	SNI 03-1970-1990	2,469	2,505	2,561	1,440
Bahan Pengisi		AASHTO T133-82	2,409			-

Tabel 6 Hasil Pengujian Aspal

No.	Jenis Pengujian	Cara Pemeriksaan	Hasil	Persyaratan Aspal Pen. 80		Satuan
				Min.	Maks.	
1.	Penetrasi	SNI 06-2456-1991	86	80	99	0,1 mm
2.	Titik Lembek	SNI 06-2434-1991	51	46	54	°C
3.	Titik Nyala	SNI 06-2433-1991	346	225	-	°C
4.	Titik Bakar	SNI 06-2433-1991	351	-	-	°C
5.	Kehilangan Berat	SNI 06-2441-1991	0,054	-	0,1	% berat
6.	Daktilitas	SNI 06-2432-1991	148	100	-	cm
7.	Penetrasi setelah kehilangan berat	SNI 06-2456-1991	54,65	50	-	% semula
8.	Daktilitas setelah kehilangan berat	SNI 06-2434-1991	148	75	-	cm
9.	Berat Jenis	SNI 06-2488-1991	1,000	1	-	-

Setelah didapatkan kadar aspal desain kemudian dibuat 15 buah benda uji yang masing-masing tiga buah benda uji untuk tiap kadar penambahan Retona 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% terhadap berat agregat kering. Pembuatan benda uji campuran beraspal dengan menggunakan Retona memakai cara penambahan langsung. Cara penambahan langsung yang dimaksud adalah memasukkan Retona dengan kadar tertentu pada saat pencampuran antara agregat dan aspal, tanpa mengurangi kadar filler maupun kadar aspal. Benda uji campuran beraspal dengan kadar Retona yang berbeda-beda pada kadar aspal desain, diuji dengan metode Marshall. Pengujian ini menghasilkan beberapa parameter Marshall yang ditampilkan pada Tabel 7. Nilai rata-rata stabilitas, pelelehan, kerapatan, VIM, VMA, dan Marshall Quotient pada Tabel 7, dibedakan antara yang memenuhi dan yang tidak memenuhi spesifikasi menurut persyaratan Bina Marga. Hasilnya ditampilkan pada Gambar 3.

Pada Gambar 3 terlihat bahwa penggunaan Retona pada kadar 0% dan 0,5% terhadap berat agregat kering campuran menghasilkan benda uji dengan stabilitas, pelelehan, kerapatan, VIM, VMA, dan Marshall Quotient yang memenuhi seluruh spesifikasi Bina Marga. Oleh sebab itu analisis data hanya dilakukan pada campuran tanpa Retona dan dengan kadar Retona 0,5%.

Parameter Marshall	Kadar Retona				
	0 %	0,5 %	1 %	1,5 %	2 %
Stabilitas					
Pelelehan					
Kerapatan					
VIM					
VMA					
Marshall Quotient					

■ Memenuhi Persyaratan

□ Tidak Memenuhi Persyaratan

Gambar 3 Kadar Penambahan Retona yang Memenuhi Syarat Bina Marga

Tabel 7 Hasil Uji Marshall dengan Penambahan Retona pada Kadar Aspal Desain 5,9 %

Kadar Retona	Nomor Sampel	Stabilitas Marshall (kg)	Kerapatan (gr/ml)	VIM (%)	VMA (%)	Pelelehan (mm)	Marshall Quotient (kg/mm)
0 %	1	934,4	2,279	4,3	15,6	3,58	261,0
	2	824,4	2,273	4,6	15,8	3,21	256,8
	3	879,4	2,273	4,5	15,8	3,03	290,2
Rata-rata		879,4	2,275	4,5	15,8	3,27	269,3
0,5 %	1	864,1	2,284	4,1	15,4	3,60	240,0
	2	1031,3	2,263	5,0	16,2	3,09	333,7
	3	972,8	2,284	4,1	15,4	3,71	262,2
Rata-rata		956,0	2,277	4,4	15,7	3,47	278,7
1 %	1	1592,7	2,321	2,6	14,1	3,90	408,4
	2	1527,8	2,330	2,2	13,7	3,15	485,0
	3	1618,8	2,328	2,2	13,8	4,77	339,4
Rata-rata		1579,7	2,326	2,3	13,9	3,94	410,9
1,5 %	1	1584,0	2,340	1,7	13,4	4,29	369,2
	2	1354,1	2,328	2,2	13,8	4,62	293,1
	3	1491,9	2,347	1,4	13,1	4,06	367,5
Rata-rata		1476,7	2,338	1,8	13,4	4,32	343,3
2 %	1	1365,1	2,357	1,0	12,7	4,98	274,1
	2	1525,0	2,354	1,1	12,8	3,74	407,8
	3	1307,3	2,357	1,0	12,7	4,69	278,7
Rata-rata		1399,1	2,356	1,1	12,8	4,47	320,2

Analisis Data

Untuk mengetahui apakah ada perbedaan yang nyata antara parameter Marshall campuran yang menggunakan 0% Retona dengan campuran yang menggunakan 0,5% Retona maka dilakukan uji hipotesis. Metode yang digunakan adalah Uji-t dengan tingkat keterandalan (*level of significance*) $\alpha = 0,05$. Uji hipotesis yang dilakukan adalah sebagai berikut.

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a : \mu_1 > \mu_2$$

atau

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a : \mu_1 < \mu_2$$

dengan:

μ_0 = nilai rata-rata parameter Marshall campuran dengan kadar Retona 0%

μ_1 = nilai rata-rata parameter Marshall campuran dengan kadar Retona 0,5%

H_0 ditolak apabila harga t terletak di daerah penolakan yaitu $t > t_\alpha$ atau $t < -t_\alpha$. Hasil pengujian stabilitas, pelelehan, kerapatan, VIM, VMA, dan Marshall Quotient yang ditampilkan pada Tabel 8 menunjukkan bahwa $-t_\alpha < t < t_\alpha$, sehingga H_0 diterima. Ini berarti bahwa nilai parameter Marshall dari kedua campuran dengan kadar Retona 0% dan 0,5% secara statistik tidak berbeda.

Tabel 8 Hasil Uji-t Terhadap Parameter Marshall

Parameter Marshall	Hipotesis		t	$t_{\alpha=0,05}$	Hasil	Kesimpulan
	H_0	H_a				
Stabilitas	$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	-1,3121	-2,132	$t > -t_\alpha$	H_0 diterima
Pelelehan	$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	-0,7987	-2,132	$t > -t_\alpha$	H_0 diterima
Kerapatan	$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	-0,2747	-2,132	$t > -t_\alpha$	H_0 diterima
VIM	$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 > \mu_2$	0,3189	2,132	$t < t_\alpha$	H_0 diterima
VMA	$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 > \mu_2$	0,2183	2,132	$t < t_\alpha$	H_0 diterima
MQ	$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	-0,3084	-2,132	$t > -t_\alpha$	H_0 diterima

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari analisis data hasil pengujian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

- (1) Pengujian Marshall pada campuran beton aspal yang menggunakan bahan tambah Retona dengan kadar penambahan 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% terhadap berat agregat kering, menghasilkan benda uji yang memenuhi persyaratan Bina Marga untuk seluruh parameter Marshall pada kadar penambahan Retona 0% dan 0,5%.
- (2) Hasil pengujian statistik menunjukkan bahwa campuran beton aspal dengan kadar penambahan Retona 0,5% terhadap berat agregat kering tidak berbeda nyata bila dibandingkan dengan campuran tanpa bahan tambah Retona.
- (3) Hasil analisis menunjukkan bahwa Retona sebagai bahan tambah tidak direkomendasikan untuk digunakan bila penentuan kadar penambahannya didasarkan pada berat agregat kering.

Saran yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

- (1) Dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui pengaruh Retona pada campuran beton aspal terhadap parameter lainnya, misalnya wheel tracking machine atau skid resistance.
- (2) Melakukan penelitian mengenai pengaruh Retona terhadap campuran beton aspal menggunakan berbagai jenis gradasi, misalnya gradasi agregat senjang.

DAFTAR PUSTAKA

- American Association of State Highway and Transportation Officials. 1982. *Standard Specification for Transportation Materials and Method of Sampling and Testing (Part II)*. Washington, D.C.
- Cabrera, J.G., and J.R. Dixon. 1996. *Performance and Durability of Bituminous Material*. London: E & F Spon.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi. 2002. *Laporan Hasil Pengujian Campuran Beraspal Menggunakan Bahan Pengikat Aspal Retona*. Bandung: Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1987. *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) Untuk Jalan Raya, SKBI-2.4.26.1987*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Derucher, K.N., G.P Korfiatis, and A.S Ezeldin. 1998. *Materials for Civil and Highway Engineers*, (4th ed.). New Jersey: Prentice Hall, Upper Saddle River.
- Krebs, R.D. and R.D. Walker. 1971. *Highway Materials*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Ott, R. Lyman. 1993. *An Introduction to Statistical Methods and Data Analysis* (4th ed.). Belmont, California: Duxbury Press.
- PT Olah Bumi Mandiri. 2001. *An Extraordinary Asphalt Binder Retona*. Jakarta.
- Sukirman, Silvia. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova.
- The Asphalt Institute. 1993. *Mix Design Method for Asphalt Concrete and Other Hot Mix Types*, (6th ed.). Manual Series No. 2 (MS-2). Lexington, K.Y.
- The Asphalt Institute. 1989. *The Asphalt Handbook*. Manual Series No.4 (MS-4). Maryland: College Park.
- Yoder, E.J. and M.W. Witczak. 1975. *Principles of Pavement Design* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons, Inc.