

PENGARUH PENGGUNAAN AGREGAT PASIR ALAM TERHADAP KINERJA LAPISAN PERMUKAAN ASPHALT TREATED BASE

Alfian Malik

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau
ALFmalik@gmail.com

ABSTRAK

Asphalt treated base (ATB) adalah beton aspal campuran panas (*hot mix*) yang berfungsi sebagai lapis pondasi. ATB tersusun dari fraksi-fraksi material berbutir (agregat) dan aspal sebagai bahan pengikat sesuai dengan spesifikasi campuran yang telah ditentukan. Sebagai komponen utama dalam campuran, kandungan agregat mencapai 90-95% terhadap satuan berat atau 70-85% terhadap satuan volume campuran. Untuk pekerjaan lapisan permukaan jalan dengan spesifikasi tertentu, seringkali harus menggunakan agregat olahan yang didatangkan dari luar daerah sehingga akan menambah waktu dan biaya konstruksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan pasir alam terhadap kinerja campuran beton aspal (*asphalt concrete*) jenis ATB. Penggunaan pasir alam dimaksudkan sebagai salah satu alternatif untuk mengatasi kelangkaan material agregat olahan serta mereduksi biaya konstruksi lapis permukaan, khususnya lapis pondasi aspal. Jumlah pasir alam yang digunakan dalam campuran adalah 15% dari volume total agregat sesuai dengan batas yang ditentukan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2010. Kinerja campuran beraspal dengan menggunakan pasir alam ditentukan melalui pengujian material, penentuan kadar aspal optimum, pembuatan *jobmix design* ATB, dan pengujian campuran beraspal dengan alat Marshall. Berdasarkan hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan pasir alam sebagai fraksi IV dalam campuran ATB menghasilkan nilai stabilitas sebesar 2154,85 kg, nilai *flow* sebesar 4,31 mm, nilai *Marshall Quotient* sebesar 370,86 kg/mm, dan kadar aspal optimum 5,58%. Nilai karakteristik Marshall menunjukkan bahwa penggunaan pasir alam asal Sungai Kampar sampai batas maksimum dapat digunakan dalam campuran beton aspal jenis ATB, dan menghasilkan campuran beraspal yang stabil, lentur, tahan dan kuat terhadap *ruting* (alur) dan retak.

Kata kunci: agregat, *asphalt treated base*, fraksi, Marshall, pasir alam.

1. PENDAHULUAN

Salah satu jenis lapis permukaan beraspal yang umum digunakan adalah lapis perkerasan beton aspal (*asphalt concrete*) yang juga dikenal sebagai lapis aspal beton (Laston). Laston terdiri dari lapisan aus (AC-WC), lapisan antara (AC-BC), dan lapisan pondasi (AC-Base). Dalam praktiknya, AC-Base dikenal pula dengan nama ATB (*asphalt treated base*). Material utama pembentuk lapis perkerasan beton aspal adalah bahan berbutir (agregat dan filler) serta aspal sebagai material pengikat. Kandungan agregat mencapai 90-95% terhadap satuan berat campuran atau 70-85% terhadap satuan volume campuran. Untuk pekerjaan lapisan permukaan jalan dengan spesifikasi tertentu, seringkali harus mendatangkan agregat dari luar provinsi, seperti dari Provinsi Banten, Sumatera Barat, dan Kepulauan Riau. Hal ini akan menyebabkan biaya konstruksi menjadi lebih mahal dan memerlukan waktu pengadaan material yang relatif lebih lama. Salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan ini adalah dengan menggunakan agregat pasir alam asal Sungai Kampar yang akan dicampur dengan agregat batu pecah asal Pangkalan, Sumatera Barat. Penggunaan pasir alam di satu sisi dapat mereduksi biaya konstruksi karena memiliki harga yang lebih murah dibandingkan dengan pasir olahan. Akan tetapi, di sisi lain, Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 membatasi penggunaan pasir alam dalam campuran *asphalt concrete* maksimum 15% dari total berat campura. Berdasarkan latar belakang sebagaimana diuraikan di atas, dapat dirumuskan permasalahan penelitian ini yaitu bagaimanakah pengaruh penggunaan maksimum agregat alam asal Sungai Kampar dalam campuran beraspal jenis ATB (*asphalt treated base*) terhadap kinerja lapisan permukaan jalan.

Bersasarkan hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pasir alam asal Kalimantan Tengah (Nono, 2009), pasir alam asal Gorontalo (Achmad, 2010), dan pasir alam asal Sungai Kampar (Sentosa dan Alwinda, 2013) memenuhi persyaratan untuk digunakan dalam campuran beton aspal, khususnya AC-WC (lapisan

aus). Oleh sebab itu, peneliti melakukan kajian tentang kemungkinan penggunaan pasir alam untuk digunakan dalam campuran beraspal jenis AC-Base (lapisan pondasi). Tujuannya untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan pasir alam asal Sungai Kampar dalam campuran beraspal jenis ATB terhadap kinerja lapisan permukaan jalan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu sumber informasi bagi pihak pemangku kepentingan di bidang pembangunan jalan di Provinsi Riau, khususnya dalam hal penggunaan agregat alam dalam campuran beraspal, serta menjadi referensi dalam membuat *jobmix design* lapisan permukaan ATB dengan menggunakan agregat halus (pasir) alam asal Sungai Kampar.

Menurut fungsinya, campuran beton aspal terdiri dari tiga jenis, yaitu campuran beton aspal sebagai lapis aus, campuran beton aspal sebagai lapis pengikat, dan campuran beton aspal sebagai lapis pondasi. Tebal minimum lapisan pondasi (*AC-Base*) adalah 7,5 cm dengan ukuran agregat maksimum 37,5 mm (Bina Marga, 2010). Menurut Shell Bitumen (2003), agar memenuhi kriteria untuk kondisi lalu lintas tertentu maka campuran beraspal panas harus pula memenuhi kondisi: mampu menahan deformasi permanen, mampu menahan kelelahan retak, mudah dilaksanakan, material dapat dipadatkan secara memuaskan, kedap air, tahan abrasi akibat lalu lintas dan efek dari udara dan air, berkontribusi pada kekuatan struktur perkerasan, mudah dipelihara, dan yang paling penting biaya efektif. Menurut Majidzadra et al dalam Siegfried et al (2014), kinerja campuran beraspal sangat tergantung kepada karakteristik agregat yang digunakan, seperti porositas, distribusi gradasi dan ukuran, penyerapan, bentuk dan tekstur permukaan, kekuatan pecah, modulus elastisitas, dan keberadaan zat-zat yang dapat merusak campuran.

Material campuran beton aspal terdiri dari agregat, filler dan aspal. Menurut Susilorini dan Sambowo (2011), agregat dapat dikategorikan menurut berat volume, asal, dan berat jenisnya. Agregat diklasifikasikan sebagai pasir dan kerikil ($1.520-1.680 \text{ kg/m}^3$), agregat ringan ($<1.120 \text{ kg/m}^3$), dan agregat berat ($>2.080 \text{ kg/m}^3$). Bina Marga (2010) membagi agregat ke dalam: agregat kasar (tertahan saringan nomor 4), agregat halus (lolos saringan nomor 4), dan bahan pengisi ($\geq 75\%$ dari beratnya lolos saringan nomor 200). Fraksi agregat kasar untuk campuran beraspal memiliki butir yang tertahan pada saringan nomor 8 (2,36 mm) melalui analisa saringan basah, bersih, keras, awet, dan bebas dari lempung. *Filler* biasanya terdiri dari abu batu, berfungsi sebagai bahan pengisi celah dan rongga udara dalam campuran sehingga meningkatkan kerapatan massa campuran. Jumlah pemakaian *filler* dalam campuran beraspal minimal 1% dari berat total agregat. Gradasi agregat gabungan untuk campuran lapisan beton aspal harus memenuhi batas-batas dan berada di luar daerah larangan (*restriction zone*) sesuai dengan ketentuan Bina Marga (2010) seperti pada tabel berikut :

Tabel 1. Gradasi Agregat Gabungan Untuk Laston

Ukuran Ayakan		% berat yang lolos		
ASTM	mm	WC	BC	Base
1½"	37,5	-	-	100
1"	25	-	100	90-100
¾"	19	100	90-100	maks. 90
½"	12,5	90-100	maks. 90	-
⅜"	9,5	maks. 90	-	-
Nomor 4	4,75	-	-	-
Nomor 8	2,36	28-58	23-49	19-45
Nomor 16	1,18	-	-	-
Nomor 30	0,60	-	-	-
Nomor 200	0,075	4-10	4-8	3-7
DAERAH LARANGAN				
Nomor 4	4,75	-	-	39,5
Nomor 8	2,36	39,1	34,6	26,8-30,8
Nomor 16	1,18	25,6-31,6	22,3-28,3	18,1-24,1
Nomor 30	0,600	19,1-23,1	16,7-20,7	13,6-17,6
Nomor 50	0,300	15,5	13,7	11,4

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga, 2010

Pemilihan jenis aspal tergantung pada jenis konstruksi dan iklim suatu wilayah. Aspal akan keras dan rapuh pada temperatur rendah dan menjadi lembut pada suhu tinggi (Yeni dan Widayat, 2014). Menurut Sukirman (2003), banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4–10% terhadap berat campuran, atau 10–15% terhadap volume campuran. Penggolongan aspal dilakukan berdasarkan nilai penetrasi pada temperatur 25°C, yaitu antara 40-300. Untuk karakteristik wilayah Indonesia biasanya menggunakan aspal

keras sampai sedang dengan penetrasi 60/70 dan 80/100. Kinerja campuran aspal beton dapat diketahui melalui pengujian Marshall (karakteristik Marshall), yang terdiri dari pengujian: stabilitas dan kelelahan (*flow*), kadar rongga dalam campuran (*voids in the mixture*, VIM), kadar rongga terisi aspal (*voids filled asphalt*, VFA), rongga dalam agregat (*voids in mineral aggregate*, VMA), nilai perbandingan Marshall (*Marshall quotient*, MQ), dan kepadatan agregat dipadatkan (*compacted aggregate density*, CAD). Pengujian Marshall meliputi kegiatan: a) persiapan benda uji, b) penentuan berat jenis *bulk* benda uji, c) pemeriksaan nilai stabilitas dan *flow*, dan d) perhitungan sifat volumetrik campuran. Persyaratan karakteristik campuran lapis aspal beton (*laston*) untuk *AC-Base* seperti pada tabel berikut :

Tabel 2. Nilai Karakteristik Campuran Laston (*Asphalt Concrete*)

Sifat-sifat Campuran	Laston	
	Lapis Pondasi	
	halus	kasar
Kadar aspal efektif (%)		4,0 3,5
Penyerapan aspal (%)	maks	1,2
Jumlah tumbukan per bidang		112
Rongga dalam campuran (VIM)(%)	min	3,5
Rongga dalam agregat (VMA)(%)	maks	5,0
Rongga terisi aspal (VFA)(%)	min	13
Stabilitas Marshall (kg)	min	60
	maks	1800
Pelelehan (mm)	min	-
<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	min	4,5
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	min	300
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (<i>refusal</i>)	min	90
		2,5

Sumber: Diolah dari Spesifikasi Umum Bina Marga, 2010

Rumus-rumus yang digunakan dalam menentukan hasil uji Marshall adalah (Santosa, 2014):

a. Berat jenis bulk (*bulk specific gravity*, G_{sb}) dari total agregat :

$$G_{sb} = \frac{100}{\frac{P_1}{G_{sb1}} + \frac{P_2}{G_{sb2}} + \frac{P_3}{G_{sb3}} + \frac{P_4}{G_{sb4}}} \quad (1)$$

dengan :

$P_{1,2,3}$: persen (%) berat agregat kasar, sedang, dan halus

P_4 : persen (%) berat filler

$G_{sb1,2,3}$: berturut-turut berat jenis bulk dari agregat kasar, sedang, halus

G_{sb4} : berat jenis bulk dari filler.

b. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*, G_{sa}) dari total agregat :

$$G_{sa} = \frac{100}{\frac{P_1}{G_{sa1}} + \frac{P_2}{G_{sa2}} + \frac{P_3}{G_{sa3}} + \frac{P_4}{G_{sa4}}} \quad (2)$$

dengan :

$P_{1,2,3}$: persen (%) berat agregat kasar, sedang, dan halus

P_4 : persen (%) berat filler

$G_{sa1,2,3}$: berturut-turut berat jenis apparent agregat kasar, sedang, halus

G_{sa4} : berat jenis apparent dari filler.

c. Berat jenis efektif (*effective specific gravity*, G_{se}) dari total agregat :

$$G_{se} = \left[\frac{G_{sb} + G_{ss}}{2} \right] \quad (3)$$

d. Berat jenis teoretis maksimum (G_{mm}), (gr/ml)

$$G_{mm} = \frac{100}{\frac{P_g}{G_{sg}} + \frac{P_a}{G_{sa}}} \quad (4)$$

dengan :

P_g : persen agregat dalam campuran
 P_a : persen aspal dalam campuran
 G_{sa} : berat jenis aspal.

e. Rongga dalam mineral agregat (*void in mineral aggregate*, VMA) dalam persen terhadap total agregat

$$VMA = 100 - \frac{(100 \cdot V_a) \cdot B_{ib}}{G_{sb}} \quad (5)$$

P_a : persen aspal dalam campuran
 B_{ib} : berat isi benda uji

f. Rongga dalam campuran (*void in mixture*, VIM)

$$VIM = 100 - \frac{100 \cdot B_{ib}}{G_{sm}} \quad (6)$$

g. Rongga terisi aspal (*void filled with asphalt*, VFA) dalam persen terhadap total volume

$$VFA = \frac{100 \cdot (VMA - VIM)}{VMA} \quad (7)$$

h. Hasil bagi Marshall (*Marshall quotient*, MQ)

$$MQ = \frac{MS}{MF} \quad (8)$$

MS : stabilitas Marshall
MF : Marshall *flow* (kelelehan), (mm).

2. METODOLOGI

Penelitian ini diawali dengan melakukan kajian terhadap sejumlah referensi berupa dokumen spesifikasi umum dan teknis, jurnal ilmiah yang dipublikasikan, dan referensi pada website yang diakses melalui internet. Penelitian ini didesain agar dapat menjelaskan secara formal bagaimana urutan dan tata cara penelitian ini dilakukan, pengolahan data dan pembahasan, serta kesimpulan, sehingga dapat menjelaskan secara ilmiah tentang karakteristik campuran jenis ATB, serta pengaruh properties bahan-bahan dalam campuran terhadap kinerja dan mutu campuran yang dihasilkan. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal penetrasi 60/70 merek ESSO (*Standard Oil*) yang umum digunakan untuk karakteristik iklim dan cuaca Indonesia, agregat kasar dan abu batu berasal dari Pangkalan (Sumatera Barat), serta agregat halus (pasir) alam asal Sungai Kampar. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya, FT-UR.

Pengujian dilakukan berdasarkan SNI, ASTM, dan AASHTO. Hasil pengujian dari masing-masing material digunakan untuk membuat rancangan campuran (*job mix design*) sesuai dengan ketentuan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 untuk pekerjaan campuran lapis aspal beton (Laston), khususnya untuk pekerjaan *AC-Base*. Tes Marshall (SNI-06-2489-1991) terdiri dari: pembuatan benda uji, pengukuran berat jenis campuran, pengukuran stabilitas dan *flow* untuk Marshall standar, dan tes rendaman Marshall (*Marshall immersion test*). Prosedur pengujian meliputi: a) Pemeriksaan awal untuk melihat keterpenuhan persyaratan material, b) Pengujian terhadap material, c) Membuat rancangan komposisi agregat dalam campuran dengan cara coba-coba, d) Penentuan kadar aspal berdasarkan komposisi agregat, e) Mencari berat jenis maksimum campuran secara teoretis, f) Menghitung karakteristik Marshall, dan penentuan kadar aspal optimum

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Agregat yang digunakan terdiri dari agregat ukuran 2-3 cm dan ukuran 1-2 cm, agregat medium, abu batu dan pasir alam. Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70 merek ESSO (*Standard Oil*). Hasil pengujian terhadap material berbutir dirangkum dalam tabel-tabel berikut ini.

Tabel 3. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pengujian	Hasil Uji	Nilai Standar	Keterangan
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat	5,00%	$\leq 12\%$	memenuhi
Abrasi dengan mesin Los Angeles	15,66%	$\leq 30\%$ $\leq 40\%$	memenuhi
Kelekatan agregat terhadap aspal	98,00%	$\geq 95\%$	memenuhi
Partikel pipih dan lonjong	7,30	$\leq 10\%$	memenuhi
Material lolos ayakan nomor 200	0,94%	$\leq 1\%$	memenuhi

Hasil pengujian pada Tabel 3 menunjukkan bahwa agregat asal Pengkalan Sumatera Barat memiliki propertis yang memenuhi standar dan spesifikasi umum Bina Marga 2010 sebagai campuran beton aspal.

Tabel 4. Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian	Hasil Uji	Nilai Standar	Keterangan
Nilai setara pasir (<i>sand equivalent</i>)	98,00%	$\geq 60\%$	memenuhi
Material lolos ayakan nomor 200	0,51%	$\leq 8\%$	memenuhi
Kadar lempung	0,64%	$\leq 1\%$	memenuhi
Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)	45,90	≥ 45	memenuhi
Angularitas (kedalaman dari permukaan ≥ 10 cm)		≥ 40	

Data hasil pemeriksaan pada Tabel 4 menunjukkan bahwa agregat halus (pasir) asal Sungai Kampar memenuhi standar dan spesifikasi umum Bina Marga 2010 sebagai campuran beton aspal.

Tabel 5. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Penyusun ATB

Jenis Material	Berat Jenis (gram/cm^3)			Penyerapan (%)
	Kering (Bulk)	Semu (Apparent)	Jenuh Permukaan	
Agregat 2-3	2,53	2,60	2,55	1,15
Agregat 1-2	2,52	2,61	2,55	1,46

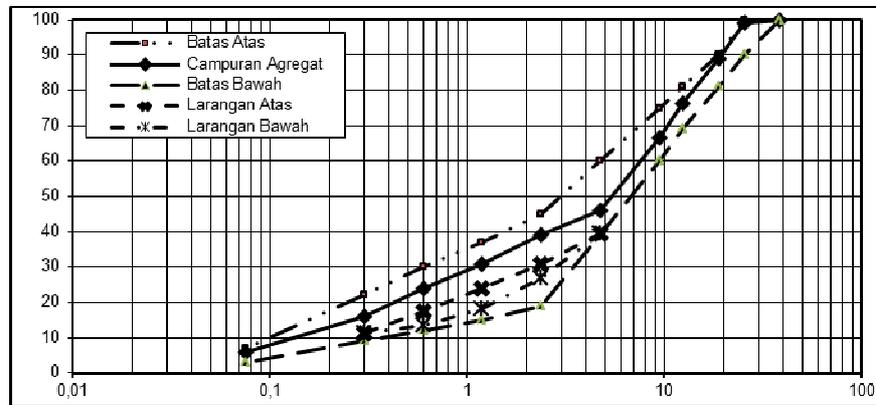
Tabel 5. Lanjutan

Jenis Material	Berat Jenis (gram/cm^3)			Penyerapan (%)
	Kering (Bulk)	Semu (Apparent)	Jenuh Permukaan	
Agregat Medium	2,51	2,76	2,59	3,24
Pasir Alam	2,60	2,64	2,62	0,63
Abu Batu	2,53	2,70	2,59	2,39

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat penyusun ATB menunjukkan bahwa selisih berat jenis antara agregat kasar dan halus lebih kecil dari 0,2, sesuai dengan ketentuan dalam spesifikasi umum Bina Marga (2010). Proporsi campuran agregat dilakukan dengan cara coba-coba (*trial and error*) sampai didapatkan distribusi campuran yang memenuhi ketentuan spesifikasi umum Bina Marga 2010, seperti tabel dan gambar berikut.

Tabel 6. Proporsi Campuran Agregat Dengan Pasir Alam

Nomor Saringan	Gradasi Masing-masing Fraksi (Persentasi Lolos Saringan)	Perkiraan Proporsi Masing-masing Fraksi										Spesifikasi Lolos Saringan	Daerah Larangan			
		Fraksi (%)					Fraksi (%)									
		1	2	3	4	5	15	20	25	15	25				Jml	Batas Atas
mm	inch	Fraksi (%)										Batas Atas	Batas Bawah	Batas Atas	Batas Bawah	
38,10	1½"	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	15,00	20,00	25,00	15,00	25,00	100,00	100	100		
25,40	1"	94,03	100,00	100,00	100,00	100,00	14,11	20,00	25,00	15,00	25,00	99,11	90	100		
19,00	¾"	28,07	99,17	100,00	100,00	100,00	4,21	19,83	25,00	15,00	25,00	89,04	81	90		
12,50	½"	1,53	62,97	94,32	100,00	100,00	0,23	12,59	23,58	15,00	25,00	76,40	69	81		
9,52	¾"	1,46	24,40	86,71	99,91	100,00	0,22	4,88	21,68	14,99	25,00	66,76	60	75		
4,76	#4	1,46	1,95	23,40	96,72	99,83	0,22	0,39	5,85	14,51	24,96	45,92	39	60	39,5	39,5
2,36	#8	1,41	1,80	11,98	89,08	88,34	0,21	0,36	2,99	13,36	22,09	39,01	19	45	26,8	30,8
1,18	#16	1,35	1,69	8,48	76,87	66,54	0,20	0,34	2,12	11,53	16,64	30,83	15	37	18,1	24,1
0,60	#30	1,30	1,58	6,65	61,74	49,69	0,20	0,32	1,66	9,26	12,42	23,86	12	30	13,6	17,6
0,30	#50	1,25	1,44	4,78	33,28	37,39	0,19	0,29	1,19	4,99	9,35	16,01	9	22	11,4	11,4
0,075	#200	1,02	0,87	1,07	0,55	20,45	0,15	0,17	0,27	0,08	5,11	5,79	3	7		



Gambar 1. Proporsi Agregat Dalam Campuran Dengan Pasir Alam

Berdasarkan hasil analisa saringan dan penentuan proporsi campuran diperoleh perbandingan agregat untuk campuran dengan menggunakan pasir alam berturut-turut adalah: fraksi I (agregat 2-3) = 15%, fraksi II (agregat 1-2) = 20%, fraksi III (agregat medium) = 25%, fraksi IV (agregat pasir alam) = 15%, dan fraksi V (abu batu) = 25%. Gambar 1 menunjukkan bahwa agregat berada dalam area batas atas dan batas bawah, serta di luar daerah larangan (*restriction zone*). Hasil pengujian aspal ditampilkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 7. Hasil Pengujian Aspal

Pengujian	Satuan	Hasil Uji	Spesifikasi	Keterangan
Penetrasi, 25° C, 100 gr, 5 detik	0,1 mm	64,73	60-70	memenuhi
Titik Lembek	°C	53,55	>48	memenuhi

Tabel 7. Lanjutan

Pengujian	Satuan	Hasil Uji	Spesifikasi	Keterangan
Titik Nyala (COC)	°C	250	≥ 232	memenuhi
Daktalitas pada 25° C	cm	155,2	≥ 100	memenuhi
Viskositas 135°C (cSt)	cSt	385	385	memenuhi
Berat Jenis	gr/ml	1,013	≥ 1	memenuhi
Pengujian Residu Hasil				
Kehilangan Berat	%	0,0074	≤ 0,8	memenuhi
Penetrasi Setelah Kehilangan Berat awal	%	59,60	≥ 54	memenuhi
Daktalitas Setelah Kehilangan Berat	cm	118,9	≥ 100	memenuhi

Berdasarkan data-data pada Tabel 7 menunjukkan bahwa aspal Penetrasi 60/70 memenuhi persyaratan dan spesifikasi untuk digunakan dalam campuran ATB. Nilai viskositas sama dengan nilai minimal yang disyaratkan yaitu 385 centistokes, suhu pencampuran minimum adalah 150° C, dan suhu pemadatan minimum adalah 140° C. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai kadar aspal optimum untuk campuran ATB dengan menggunakan pasir alam adalah 5,58%, Berdasarkan kadar aspal optimum dibuat benda uji dengan proporsi campuran agregat sebagaimana hasil pengujian agregat di atas.

Tabel 8. Proporsi Agregat dan Pencampuran Aspal

Sifat-sifat dan Karakteristik Material Diuji	Hasil Uji	Keterangan
Proporsi Fraksi Material Penyusun AC-Base :		
Agregat Fraksi I 2-3 (%)	15,00	
Agregat Fraksi II 1-2 (%)	20,00	
Agregat Fraksi III Medium (%)	25,00	
Agregat Fraksi IV Pasir (%)	15,00	
Agregat Fraksi V Abu Batu (%)	25,00	
Kadar Aspal Optimum (%)	5,58	
Stabilitas Non Rendaman (Kg)	2154,85	Min : 1.800
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam 60°C	74,18	Min : 30
Flow (mm)	4,51	Min : 4,5
VMA (%)	15,26	Min : 13
VFA (%)	69,83	Min : 60
VIM (%)	4,60	3,5 – 5,0
MQ (Kg/mm)	477,8	Min : 300

Data-data hasil pengujian pada Tabel 8 menunjukkan bahwa proporsi campuran agregat dengan kadar aspal 5,58% menghasilkan karakteristik campuran yang memenuhi spesifikasi campuran beton aspal khususnya lapisan *asphalt treated base* (ATB). Nilai MQ campuran adalah sebesar 477,8 kg/mm. Campuran dengan nilai MQ terlalu tinggi akan menyebabkan perkerasan menjadi kaku dan kurang lentur. Nilai MQ yang terlalu rendah menyebabkan perkerasan menjadi sangat plastis sehingga sangat lentur dan mudah mengalami perubahan bentuk terutama pada saat pembebanan maksimum.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Agregat batu pecah asal Pangkalan Sumatera Barat dan pasir alam asal Sungai Kampar memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 untuk digunakan sebagai material dalam campuran beton aspal (*asphalt concrete*).
- Proporsi campuran pembentuk perkerasan *asphalt treated base* (ATB) untuk campuran dengan menggunakan pasir alam adalah fraksi I: 15%, fraksi II: 20%, fraksi III: 25%, fraksi IV: 15%, dan fraksi V: 25% (penggunaan pasir alam maksimum 15% sesuai spesifikasi umum Bina Marga 2010)
- Kadar aspal optimum dalam campuran ATB (*asphalt treated base*) jika menggunakan agregat batu pecah asal Pangkalan dan pasir alam asal Sungai Kampar adalah 5,58%
- Berdasarkan nilai karakteristik Marshall menunjukkan bahwa penggunaan pasir alam asal Sungai Kampar dalam campuran beton aspal menghasilkan lapisan ATB yang bersifat stabil terhadap perubahan bentuk (gelombang dan alur), memiliki daya tahan (durabilitas) terhadap pengaruh repetisi beban lalu lintas tanpa mengalami leleh (*bleeding*), dan bersifat lentur sehingga tidak mudah retak.

Berdasarkan hasil penelitian ini disarankan: dalam hal penggunaan pasir alam asal Sungai Kampar untuk lapisan perkerasan ATB atau jenis perkerasan jalan lainnya pada beban lalu lintas >20 ton dan beban lalu lintas khusus seperti pada *apron*, *taxiway* dan *runway* bandar udara atau jalan di pelabuhan harus melalui penelitian lebih lanjut sesuai dengan spesifikasi tertentu yang disyaratkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada LPPM-UR yang telah memfasilitasi pembiayaan penelitian ini melalui dana Hibah Pendidikan Tinggi Tahun 2015, serta kepada Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil atas kesempatan penggunaan fasilitas pengujian yang telah diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Fadly, 2010. Tinjauan Sifat-Sifat Agregat Untuk Campuran Aspal Panas (Studi Kasus Beberapa Quarry Di Gorontalo), *Jurnal Saintek*, Volume 5 (1).
- Leksminingsih, 2001. Penggunaan Agregat Sub Standar dan Agregat Lokal Untuk Campuran Beraspal, *Laporan Penelitian Pustrans*, Bandung.
- Nono, 2009. Penggunaan Pasir Alam Kalimantan Tengah Untuk Campuran Beton Aspal Lapis Permukaan, *Pusat Litbang Jalan dan Jembatan*, Volume 26 (1).
- Read, J., dan Whiteoak, D., 2003. *The Sheel Bitumen Handbook*, 5th Edition, Thomas Telford Publishing, London.
- Santosa, L., dan Alwinda, Y., 2013. Penggunaan Pasir Alam Dalam Campuran Beraspal Jenis AC-WC Dengan Pengujian Marshall Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010, *Laporan Hasil penelitian Dosen Fakultas Teknik*, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Siegfried, Yamin, HRA., dan Fransisko, S., 2014. Optimalisasi Pemanfaatan Agregat Lokal Kabupaten Talaut Sebagai Bahan Perkerasan Jalan, disajikan pada *Kolokium Jalan dan Jembatan Ke-7*, 7 Mei 2014, ISBN : 978-602-264-038-7, Pusjatan, Bandung.
- SK SNI M 58-1990-03, 1990. *Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall*, Direktorat Jenderal Bina Marga.
- SNI 8198:2015 Spesifikasi Campuran Beraspal Panas Bergradasi Menerus (Laston), Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Spesifikasi Umum Bina Marga, 2010. Direktorat Jenederal Bina Marga, Jakarta.
- Sudarsono, D. U., 1993. *Rancangan Campuran (Mix Design)*, Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Sukirman, S., 2007. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung.
- Sukirman, S., 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*, Granit, Jakarta.
- Susilorini, R.S., dan Sambowo, K.A, 2011. *Teknologi Beton Lanjutan, Durabilitas Beton Edisi Ke-2*, Penerbit Surya Perdana Semesta (SPS), Semarang.
- Toruan, A.L., Kaseke, O.H., Kereh, L.F., dan Sendow, T.K., 2013. Pengaruh Porositas Agregat Terhadap Berat Jenis Maksimum Campuran, *Jurnal Sipil Statik*, Volume 1 (3) 190-195.
- Yeni, S. M, dan Widayat, D., 2014. Penentuan Kelas Kinerja Aspal Determination of Bitumen Performance Grade, disampaikan pada *Kolokium Jalan dan Jembatan Ke-7*, 7 Mei 2014, ISBN : 978-602-264-038-7, Pusjatan, Bandung.