

Evaluasi Volumetrik Marshall Campuran AC-BC (Studi Kasus Material Agregat di Manado dan Minahasa)

Joice Elfrida Waani

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Jl. Kampus Bahu, Manado 95115

E-mail: joicewaani@yahoo.com.

Abstrak

Kondisi lapis perkerasan jalan yang ada di Manado dan Minahasa, pada umumnya mengalami kerusakan sebelum mencapai umur rencana. Ada beberapa faktor yang bisa mempengaruhi kinerja perkerasan jalan, antara lain: proses pengerjaan, mutu material, beban lalu lintas dan kondisi lingkungan. Evaluasi terhadap mutu material agregat yang umum digunakan dalam campuran konstruksi perkerasan jalan yang ada di Manado dan Minahasa perlu dilakukan karena besarnya pengaruh sifat-sifat fisik agregat terhadap kinerja campuran lapis perkerasan jalan. Penelitian ini dilakukan untuk melihat sifat-sifat fisik agregat yang membentuk campuran perkerasan jalan yaitu agregat yang berasal dari daerah Sawangan, Kakaskasen, dan Tateli yaitu material agregat yang umumnya digunakan pada jalan di Manado dan Minahasa. Untuk mengevaluasi kinerja agregat dalam campuran lapisan Aspal Beton (Laston) digunakan analisa Volumetrik. Penelitian ini dilakukan di laboratorium dengan melakukan pemeriksaan awal terhadap agregat, kemudian melakukan rekayasa gradasi berdasarkan spesifikasi yang dikeluarkan oleh Departemen Kimpraswil tahun 2003, sedangkan variasi kandungan aspal dalam campuran bervariasi antara 4,5% hingga 6,5%. Sifat-sifat fisik dan mekanik campuran diperoleh dengan pengujian Marshall. Hasil evaluasi volumetrik campuran AC-BC dengan menggunakan agregat asal ketiga daerah tersebut menunjukkan agregat asal Sawangan adalah yang terbaik untuk digunakan dalam campuran perkerasan jalan dibandingkan dengan agregat yang berasal dari Kakaskasen dan Tateli.

Kata-kata Kunci: Campuran perkerasan (AC-BC), pengujian volumetrik marshall, agregat.

Abstract

Condition of existing pavement layers in Manado and Minahasa, in general experience damage before reaching the design life. There are several factors that can affect the performance of pavement systems, among others: the workmanship, materials quality, traffic load and environmental conditions. Evaluation of the quality of aggregate materials commonly used in the mixture of existing pavement construction in Manado and Minahasa needs to be carried out because of the large effect of aggregate physical properties on the performance of pavement mixtures. This research was conducted to examine the physical properties of aggregates derived from Sawangan, Kakaskasen and Tateli. Volumetric analysis was used to evaluate the performance of these aggregates in asphalt concrete mixtures. The experiments were conducted in a laboratory by performing initial inspection on the aggregates and asphalt, then artificial grading based on engineering specification issued by Department of Settlement and Regional Infrastructure in 2003. Asphalt content varied between 4.5% and 6.5%. Physical property and mechanical testing of mixtures were obtained by Marshall. Evaluation on AC-BC' volumetric results using the aggregates from the 3 locations indicated that aggregates from Sawangan is the best material for pavement mixtures compared with that derived from Tateli and Kakaskasen

Keywords: Pavement mixture (AC-BC), marshall volumetric test, aggregates.

1. Pendahuluan

Kondisi lapis perkerasan jalan di Sulawesi Utara khususnya di daerah Manado dan Minahasa, baik jalan nasional maupun jalan propinsi sebagian besar mengalami kerusakan sebelum mencapai umur rencana. Kondisi ini dapat diakibatkan oleh berbagai faktor, antara lain: proses pengerjaan, mutu material, beban lalu-lintas dan kondisi lingkungan (AASHTO,

1993). Faktor-faktor ini bisa secara sendiri-sendiri mempengaruhi kinerja konstruksi perkerasan jalan, tetapi bisa juga mempengaruhi perkerasan jalan secara bersama-sama dan pada akhirnya menyebabkan kerusakan permanen. Mutu material pembentuk lapisan perkerasan jalan dalam hal ini campuran beton aspal lapis pengikat (Laston) atau *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC) adalah salah satu faktor penentu kinerja lapis perkerasan jalan (AASHTO, 1993).

Terutama agregat, mengingat persentase agregat dalam campuran perkerasan dapat mencapai 75-85% dari total volume campuran atau berkisar 90% dari total berat campuran (Shen, et al., 2004). Besarnya persentase ini tentunya akan memberikan pengaruh yang besar pula pada kinerja konstruksi lapis perkerasan yang dibentuknya. Sifat-sifat fisik agregat seperti penyebaran ukuran butir (gradasi) sangat mempengaruhi kinerja campuran perkerasan seperti: kekuatan, stabilitas, daya tahan, permeabilitas, daya dukung, ketahanan terhadap kelelahan dan kesanggupan untuk menahan pengaruh kelembaban. Di waktu yang lalu, ketika perhatian utama banyak diberikan pada lapisan perkerasan beraspal, meskipun sifat dari masing-masing lapisan beraspal dapat memberikan pengaruh yang besar terhadap kinerja lapis perkerasan, namun peranan dari gradasi agregat terhadap kelelahan tidak dapat disangkal. Namun demikian gradasi agregat dapat direkayasa sedemikian rupa sehingga memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan, tetapi sifat-sifat fisik dan mekanik yang lainnya dari agregat seperti abrasi, berat jenis dan penyerapan aspal adalah sifat-sifat yang tidak dapat direkayasa karena sudah melekat sebagaimana keberadaan agregat itu, dan sifat-sifat ini akan sangat menentukan kinerja campuran konstruksi perkerasan jalan, mengingat jumlah aspal yang akan diserap oleh agregat dalam suatu campuran sangat ditentukan oleh berat jenis agregat dan penyerapannya.

Ditinjau dari jumlah anggaran yang dialokasikan untuk setiap proyek pembangunan prasarana jalan baik jalan nasional maupun jalan propinsi, lebih dari sepertiga dana pembangunan jalan dihabiskan untuk kebutuhan pengadaan agregat. Tingginya biaya yang harus dikeluarkan untuk kebutuhan agregat dalam suatu campuran lapis perkerasan dan mengingat besarnya pengaruh agregat dalam menentukan kualitas campuran lapis perkerasan jalan, maka perlu adanya penelitian yang komprehensif dan mendalam tentang sifat-sifat fisik agregat yang digunakan dalam campuran lapis perkerasan dan pengujian lanjutan tentang sifat-sifat mekanis dari campuran perkerasan, sehingga kinerja campuran dapat memenuhi tugas utama dari suatu lapis perkerasan (lapis permukaan) yakni sebagai lapisan yang memikul beban dan sebagai lapis tahan aus, sehingga umur rencana jalan dapat dicapai sesuai dengan yang direncanakan.

Untuk mengetahui tingkat kelayakan dari agregat yang digunakan dalam campuran konstruksi perkerasan jalan, pada penelitian ini akan dilakukan pemeriksaan sifat-sifat fisik dari material agregat dan menghubungkannya dengan analisa Volumetric Marshall dari campuran aspal panas jenis AC-BC. Dalam penelitian ini material agregat yang digunakan adalah yang berasal dari daerah Sawangan, Kakaskasen dan Tateli.

2. Landasan Teoritis

2.1. Agregat

Agregat adalah material batuan yang didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan kenyal (solid). (ASTM, 1995) mendefinisikan batuan sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar atau berupa fragmen-fragmen. Agregat, berdasarkan proses pembentukannya terdiri dari 2 jenis yaitu agregat alam dan agregat buatan. Agregat alam, berdasarkan proses pembentukannya, terbagi lagi atas batuan endapan, batuan beku dan batuan metamorph. Berdasarkan proses pengolahannya agregat dibedakan atas agregat alam yang mengalami proses pengolahan terlebih dahulu dan agregat buatan. Selain itu agregat juga dibagi berdasarkan ukuran butirannya, yaitu:

- a. Agregat kasar, yakni yang tertahan saringan no.4 atau berukuran $> 4,75\text{mm}$ menurut ASTM atau $> 2\text{mm}$ menurut AASHTO.
- b. Agregat halus, yakni yang lolos saringan no.4 atau berukuran $< 4,75\text{mm}$ menurut ASTM atau $< 2\text{mm}$ dan $> 0,075\text{mm}$ menurut AASHTO.
- c. Bahan pengisi atau filler, termasuk agregat halus yang sebagian besar lolos saringan no.200

Agregat merupakan komponen utama dari konstruksi perkerasan jalan yang berfungsi sebagai kerangka atau tulangan yang memikul beban yakni beban kendaraan yang melewati jalan tersebut. Jumlah agregat dalam suatu campuran lapis perkerasan jalan adalah berkisar 90% dari total berat campuran atau sebesar 75-85% dari total volume campuran (Shen et. al, 2004) sisanya adalah aspal dan mineral pengisi (filler). Ada dua tugas pokok yang harus dipenuhi oleh suatu campuran perkerasan jalan yaitu (Puslitbang Prasarana transportasi, 2002) :

1. Kemampuan memikul beban (struktural):
 - a. Tahan terhadap perubahan akibat pembebanan
 - b. Tahan terhadap gesekan
 - c. Mendistribusikan beban kepada lapisan di bawahnya
2. Kemampuan terhadap keausan (non struktural)
 - a. Karena adanya beban lalu-lintas
 - b. Karena adanya pelapukan
 - c. Karena adanya erosi

Untuk memenuhi tugas pokok di atas, kualitas dari campuran perkerasan jalan sangat tergantung pada :

- a. Kualitas bahan pokok pembentuk campuran perkerasan yakni agregat dan aspal
- b. Gradasi, bentuk butiran dan keadaan permukaan butiran agregat

- c. Perbandingan jumlah aspal dan agregat dalam campuran
- d. Homogenitas dan kesempurnaan adukan dari campuran
- e. Kepadatan campuran

Kualitas bahan pokok pembentuk campuran perkerasan ditentukan oleh sifat-sifat fisik dari material tersebut. Sifat-sifat fisik dan kimia material agregat meliputi (www.wsdot.wa/pavementresearch.htm):

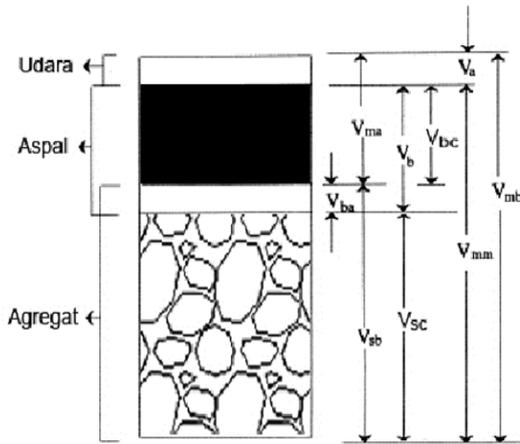
- a. *Ukuran butir atau gradasi* adalah distribusi ukuran butir agregat. Distribusi ukuran butir agregat akan menentukan besarnya rongga diantara agregat (VIM) dan Besarnya rongga diantara agregat akan mempengaruhi besarnya penggunaan aspal dalam campuran yang secara langsung akan mempengaruhi besarnya biaya pekerjaan konstruksi. Disamping itu distribusi ukuran butir agregat juga mempengaruhi daya ikat antar agregat yang pada akhirnya akan menentukan kinerja dari campuran perkerasan.
- b. *Kebersihan dari partikel halus yang melekat*. Kondisi agregat yang kurang bersih karena adanya partikel-partikel halus berupa lumpur yang melekat pada permukaan agregat akan mempengaruhi kelekatan aspal terhadap agregat, hal ini perlu dihindari agar supaya penyelimutan aspal terhadap agregat dapat terjadi dengan sempurna, sehingga kekuatan (stabilitas) campuran dapat dicapai.
- c. *Daya tahan agregat* adalah kesanggupan agregat untuk menahan pengaruh pembebanan berupa beban lalu-lintas dan pematatan. Tingkat kekerasan agregat sangat berpengaruh pada kesanggupan konstruksi perkerasan jalan dalam memikul beban lalu-lintas, karena fungsi utama agregat dalam campuran perkerasan adalah sebagai kerangka penopang struktur perkerasan.
- d. *Bentuk dan tekstur agregat*, stabilitas lapis perkerasan jalan sangat dipengaruhi oleh bentuk dan tekstur agregat yang membentuk campuran perkerasan. Bentuk yang bulat dengan tekstur permukaan yang licin akan mengakibatkan kurangnya ikatan antara butiran agregat sedangkan bentuk persegi dengan permukaan yang kasar akan menghasilkan campuran yang saling mengikat dan kuat. Bentuk agregat yang pipih mengakibatkan campuran kurang kuat memikul beban, karena agregat dengan bentuk demikian cenderung mudah patah.

- e. *Penyerapan agregat*, porositas agregat umumnya ditandai dengan jumlah air yang diserap ketika agregat direndam dalam air. Besarnya volume pori dalam partikel agregat akan menentukan besarnya penyerapan agregat terhadap aspal sehingga membuat campuran aspal menjadi kering. Aspal yang menyelimuti agregat akan lebih tipis dan mengakibatkan ikatan antar agregat mudah terlepas.
- f. *Daya lekat terhadap aspal*, agregat yang digunakan dalam campuran lapis perkerasan haruslah memiliki daya lekat terhadap aspal, kelekatan aspal pada agregat akan mengakibatkan agregat dengan mudah terselimuti oleh aspal dan dengan demikian akan tercipta campuran yang homogen dan kuat.

2.2 Campuran beton aspal sebagai lapis perkerasan

Sebagai salah satu jenis konstruksi lapis perkerasan, campuran beton aspal (AC-BC) yang merupakan campuran antara agregat, aspal dan abu batu sebagai material pengisi yang dicampur pada suhu yang panas, haruslah memiliki karakteristik sbb (Asphalt Institute, 1993) :

- a. *Stabilitas*, lapis perkerasan jalan harus memiliki kemampuan menerima beban lalu-lintas tanpa terjadi perubahan bentuk yang tetap, seperti alur ataupun *bleeding*. Stabilitas lapis perkerasan haruslah seimbang dengan besarnya beban lalu-lintas yang menggunakan jalan tersebut.
- b. *Durabilitas*, lapis perkerasan jalan harus tahan terhadap keausan yang diakibatkan oleh pengaruh cuaca, adanya air, perubahan suhu ataupun keausan karena adanya gesekan antara permukaan lapis perkerasan dengan roda kendaraan.
- c. *Fleksibilitas*, lapis perkerasan jalan harus bersifat lentur dalam menerima beban, dalam arti perkerasan dapat menerima beban dan mengikuti deformasi akibat adanya pembebanan tanpa berakibat retak atau perubahan volume.
- d. *Kekesatan*, lapis perkerasan jalan harus memiliki permukaan yang tidak licin, sehingga kendaraan tidak mudah selip terutama diwaktu basah.
- e. *Ketahanan leleh*, campuran lapis perkerasan jalan diharapkan memiliki ketahanan terhadap pembebanan berulang-ulang tanpa mengalami alur atau retak.
- f. *Kemudahan dalam pelaksanaan*, suatu campuran lapis perkerasan haruslah mudah untuk dicampur, dihampar dan dipadatkan, sehingga kualitas campuran dapat dipertahankan mulai saat dicampur hingga dihamparkan di lapangan.



Gambar 1. Campuran aspal + agregat yang sudah dipadatkan

Sumber: Sukirman, S., 2003.

Keterangan :

- Va : Volume pori dalam campuran yang dipadatkan
- Vb : Volume aspal dalam campuran yang dipadatkan
- Vba : Volume aspal yang terabsorpsi
- Vbc : Volume aspal efektif = $V_b - V_{ba}$
- Vmb : Volume bulk campuran yang telah dipadatkan
- Vmm : Volume campuran tanpa volume udara
- Vsb : Volume agregat (*Bulk*)
- Vsc : Volume agregat (efektif)
- Vma : Volume pori antara butiran agregat.

Untuk melihat apakah suatu campuran perkerasan memenuhi semua kriteria di atas, maka dilakukan pengujian Marshall yaitu untuk melihat sifat-sifat mekanik dari campuran yang meliputi: Stabilitas, kelelahan dan rongga udara dalam campuran.

Analisa Volumetrik Marshall terhadap suatu campuran perkerasan adalah untuk melihat sifat-sifat fisik dan mekanik campuran perkerasan dan menghubungkannya dengan sifat-sifat fisik dari agregat yang membentuk campuran tersebut. Sifat fisik agregat yang akan ditinjau dalam analisa ini terutama adalah Gradasi, Berat jenis dan Penyerapan agregat terhadap aspal, Index kepipihan dan kebersihan agregat (Puslitbang Prasarana Transportasi, 2002).

3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium, dimana material agregat yang akan diteliti adalah agregat yang banyak digunakan pada campuran perkerasan jalan di Manado dan Minahasa, yakni berasal dari daerah Sawangan, Kakaskasen dan Tateli. Material aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal penetrasi 60/70. Perencanaan komposisi campuran mengikuti

prosedur metode Bina Marga untuk Beton Aspal lapis pengikat (AC-BC).

Adapun prosedur penelitian yang dilakukan pada studi ini adalah sebagai berikut:

Agregat diuji untuk melihat sifat-sifat fisiknya melalui analisa saringan, keausan (abrasi), pengujian *sand equivalen*. Dan terhadap aspal dilakukan pengujian penetrasi, titik nyala dan titik bakar, titik lembek serta daktilitas.

1. Pengujian lanjutan dilakukan terhadap agregat yaitu meliputi analisa saringan, berat jenis dan penyerapan.
2. Gradasi agregat adalah gradasi menerus menggunakan spesifikasi Bina Marga yang diterbitkan tahun 2003.
3. Pembuatan benda uji berdasarkan gradasi agregat yang sudah direkayasa dengan variasi kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5%.
4. Pematatan benda uji dan pengujian Marshall campuran (AC-BC) dilakukan dengan metode kepadatan standar 2 x 75 tumbukan dan pematatan 2 x 400 tumbukan yaitu pada kadar aspal dengan VIM 6% untuk kepadatan mutlak, masing-masing menggunakan penumbuk Marshall konvensional. Jumlah sampel untuk tiap variasi kadar aspal adalah 3 buah, masing-masing 15 buah untuk setiap agregat asal Sawangan, Kakaskasen dan Tateli.
5. Hasil pengujian Marshall campuran menunjukkan sifat-sifat mekanik dari campuran yaitu Stabilitas, Kelelahan, Hasil bagi Marshall, VMA, VIM dan VFB.
6. Analisa dan pembahasan hasil pengujian.

4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

4.1. Hasil penelitian

Hasil pengujian terhadap agregat asal Sawangan, Kakaskasen dan Tateli dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi hasil pemeriksaan material

Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan			Persyaratan (Bsn, 2004)
	Sawangan	Tateli	Kakaskasen	
Agregat kasar				
Keausan (abrasi)	21.74%	34.79%	33.30%	Maks 40%
B.J. Bulk	2.655	2.315	2.355	-
B.J SSD	2.68	2.385	2.375	-
B.J apparent	2.74	2.37	2.37	Min. 2.5
Penyerapan	1.02%	1.69%	1.06%	Maks. 3.0%
Indeks kepipihan	23,98%	24.94%	24.84%	Maks. 25%
Agregat Sedang				
B.J Bulk	2.645	2.355	2.375	-
B.J SSD	2.685	2.390	2.405	Min. 2.5
B.J apparent	2.755	2.440	2.45	Maks. 3.0%
Penyerapan	1.53%	1.49%	1.2%	-
Agregat Halus				
Abu Batu				
B.J Bulk	2.62	2.495	2.47	-
B.J SSD	2.665	2.52	2.49	-
B.J apparent	2.76	2.55	2.515	Min. 2.5%
Penyerapan	1.91%	0.75%	0.8%	Maks. 3.0 %
Sand Equivalent	88.695%	96.385%	87.495%	Min. 50%
Pasir				
B.J Bulk		2,701		-
B.J SSD		2,765		-
B.J apparent		2,875		Min. 2.5
Penyerapan		2,185%		Maks. 3.0%
Sand equivalent		98,77%		Min. 50%
Aspal penetrasi				
Penetrasi		61.88		60-79
Daktilitas		>100cm		Min. 100cm
Titik nyala		341 C		Min. 200 C
Titik Bakar		346 C		-
Titik lembek		48 C		(46-54) C
Berat jenis		1.03		Min. 1.0

BSN, 2004.

Tabel 2. Rekapitulasi hasil pengujian Marshall pada campuran AC-BC dengan penggunaan agregat asal Sawangan

No. Benda uji	Kadar aspal (%)	Stabilitas (Kg)	Kelelehan (mm)	Marshall			
				Quotient (Kg/mm)	VMA(%)	VIM(%)	VFB(%)
	Spesifikasi	Min. 800	Min.3	Min. 250	Min.14	3.5-5.5	Min.63
I	4.5	961.667	2.950	314.448	15.448	5.783	62.567
II	5	1058.333	3.100	328.454	15.317	4.442	71.003
III	5.5	1123.333	3.233	333.361	15.319	3.237	78.868
IV	6	1161.667	3.292	341.487	15.386	2.092	86.386
V	6.5	1133.333	3.533	310.573	15.672	1.144	92.677

BSN, 2004.

Tabel 3. Rekapitulasi hasil pengujian Marshall pada campuran AC-BC dengan penggunaan agregat asal Kakaskasen

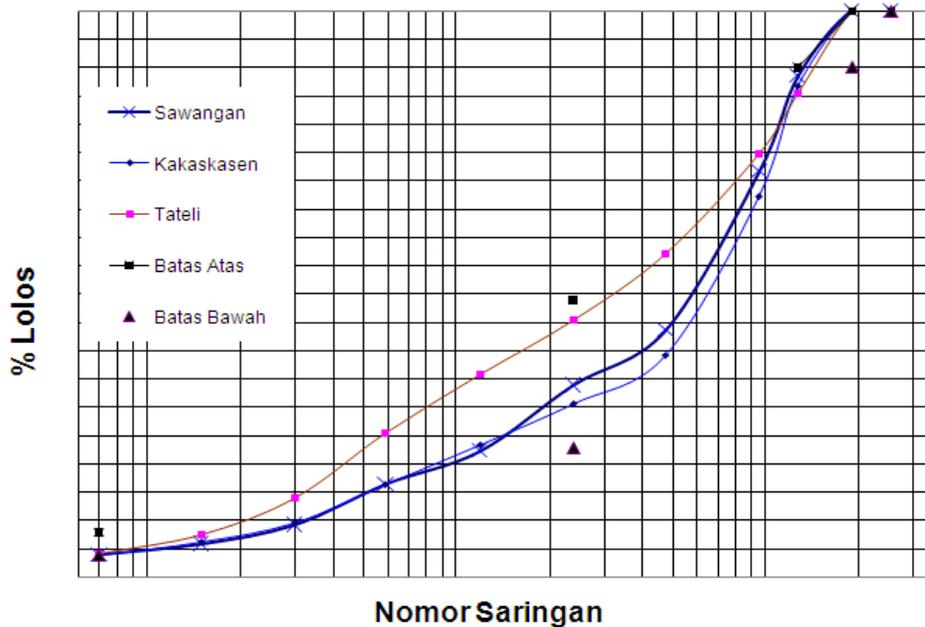
No. Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Kelelahan (mm)	Marshall Quotient (Kg/mm)	VMA(%)	VIM (%)	VFB (%)
Spesifikasi		Min. 800	Min. 3	Min. 250	Min. 14	3.5 – 5.5	Min. 63
I	4.5	846.667	2.942	309.287	17.602	9.949	43.483
II	5	866.667	2.675	298.779	17.335	8.585	50.481
III	5.5	901.667	2.692	310.173	17.402	7.575	56.471
IV	6	928.333	2.925	288.403	17.530	6.624	62.211
V	6.5	956.667	3.083	287.101	18.038	6.101	66.177

BSN, 2004.

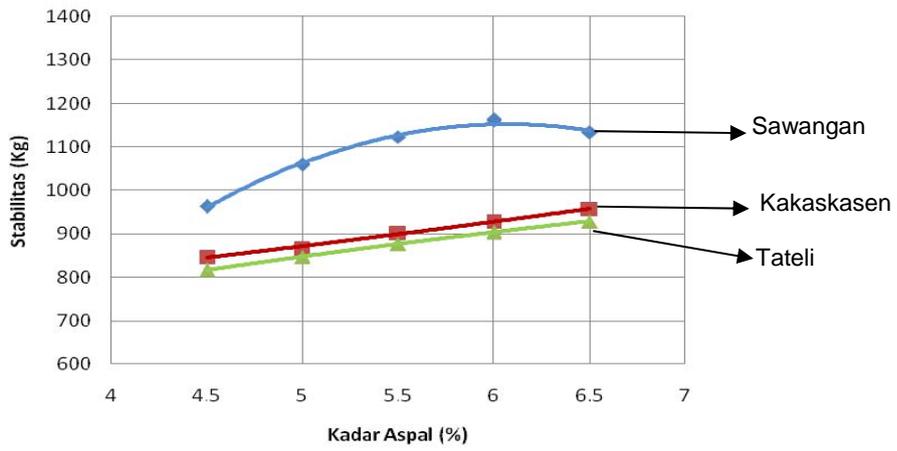
Tabel 4. Rekapitulasi hasil pengujian Marshall pada campuran AC-BC dengan penggunaan agregat asal Tateli

No. Benda uji	Kadar aspal (%)	Stabilitas (Kg)	Kelelahan (mm)	Marshall Quotient (Kg/mm)	VMA (%)	VIM (%)	VFB (%)
Spesifikasi		Min. 800	Min. 3	Min. 250	Min. 14	3.5 – 5.5	Min. 63
I	4.5	816.667	2.500	301.662	19.179	12.501	34.821
II	5	846.667	2.642	283.418	18.991	11.250	40.774
III	5.5	876.667	2.658	302.933	19.116	10.330	45.958
IV	6	903.333	2.875	288.958	19.230	9.391	51.165
V	6.5	928.333	3.042	282.173	19.372	8.473	56.259

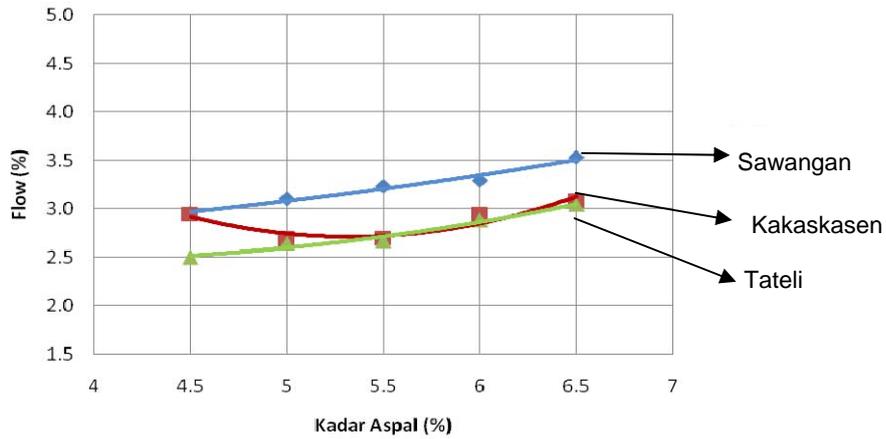
BSN, 2004.



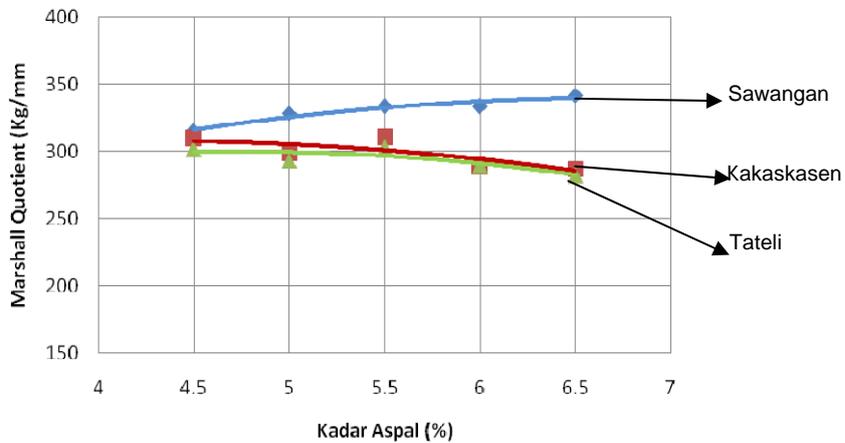
Gambar 2. Analisis saringan



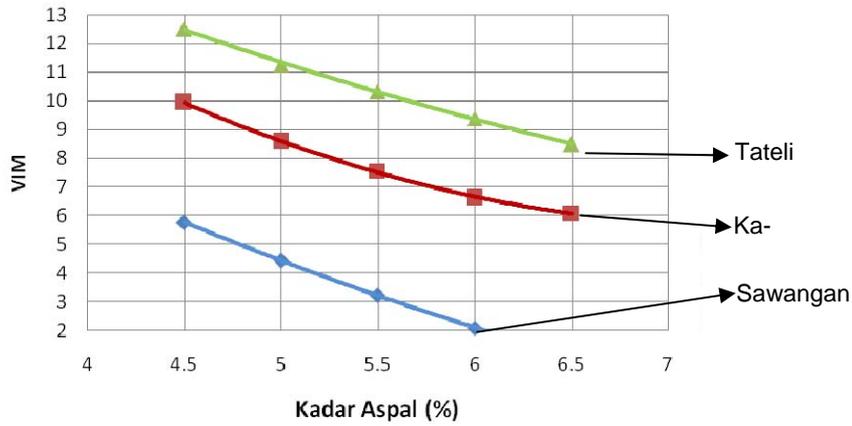
Gambar 3. Hubungan kadar aspal dengan stabilitas



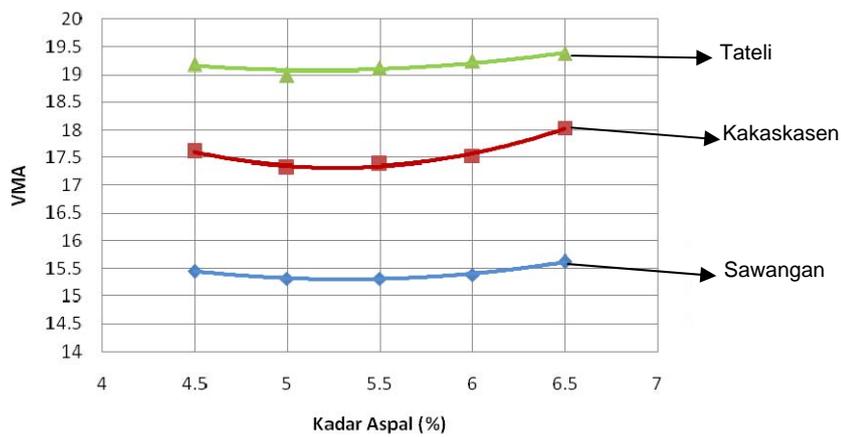
Gambar 4. Hubungan kadar aspal dengan kelelehan (*Flow*)



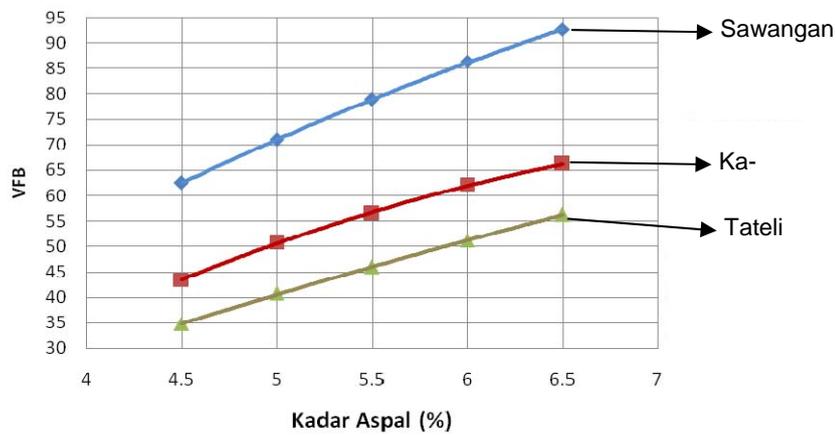
Gambar 5. Hubungan kadar aspal dengan hasil bagi marshall (*Marshall quotient*)



Gambar 6. Hubungan kadar aspal dengan VIM



Gambar 7. Hubungan kadar aspal dengan VMA



Gambar 8. Hubungan kadar aspal dengan VFB

4.2 Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sekalipun gradasi dari ketiga agregat dibuat mengikuti spesifikasi yang sama, namun karakteristik dari masing-masing campuran berbeda-beda. Sebagaimana yang terlihat dari nilai-nilai Stabilitas, Kelelahan, Marshall Quotient, VMA, VIM dan VFB. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh dari sifat-sifat fisik agregat yang digunakan dalam campuran terhadap karakteristik campuran perkerasan.

4.2.1 Terhadap stabilitas

Stabilitas adalah maksimum beban yang dapat ditahan oleh campuran beraspal sampai terjadi runtuh. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas antara lain jumlah aspal dalam campuran, gradasi agregat, nilai abrasi dan kepipihan agregat. Hasil penelitian ditunjukkan (lihat **Gambar 3**) bahwa campuran yang menggunakan agregat asal Sawangan, Kakaskasen dan Tateli memiliki nilai stabilitas yang memenuhi spesifikasi yang disyaratkan untuk seluruh rentang kadar aspal. Stabilitas dari ketiga campuran juga menunjukkan kenaikan dengan bertambahnya persentase kadar aspal dan mencapai puncaknya pada suatu kadar aspal tertentu (kadar aspal optimum), setelah itu penambahan persentase kadar aspal mengakibatkan penurunan nilai stabilitas. Hal ini menunjukkan suatu hubungan yang rasional antara stabilitas dengan persentase kadar aspal. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa campuran yang menggunakan agregat asal Sawangan memiliki stabilitas yang lebih tinggi dibandingkan campuran yang menggunakan agregat asal Kakaskasen dan tateli. Jika dihubungkan dengan sifat-sifat fisik dari masing-masing agregat, agregat asal Sawangan memiliki keausan yang lebih rendah dibandingkan dengan agregat asal Kakaskasen maupun Tateli, hal ini berarti agregat asal Sawangan lebih kuat memikul beban dan tidak mudah hancur, apalagi index kepipihannya lebih kecil dibandingkan dengan agregat yang lain.

4.2.2. Terhadap flow

Flow atau kelelahan plastis merupakan besaran deformasi yang terjadi sebelum terjadi keruntuhan. Faktor-faktor yang menentukan tinggi rendahnya nilai kelelahan (*flow*) antar lain komposisi agregat, Berat jenis dan penyerapan agregat serta kadar aspal dalam campuran.

Hasil penelitian menunjukkan (lihat **Gambar 4**) bahwa untuk campuran yang menggunakan agregat asal Sawangan, nilai kelelehannya (*flow*) memenuhi spesifikasi yang disyaratkan yaitu di atas 3 mm, untuk semua rentang kadar aspal. Dari grafik hubungan antara kadar aspal dan kelelahan (*flow*)

terlihat adanya hubungan yang rasional antara persentase kadar aspal dengan kelelahan. Sedangkan untuk campuran yang menggunakan agregat asal Kakaskasen dan tateli mencapai nilai kelelahan yang disyaratkan, yaitu 3 mm, setelah persentase kadar aspal mencapai 6,2%. Hal ini berhubungan dengan sifat-sifat fisik agregat yang digunakan dalam campuran. Agregat asal Sawangan memiliki berat jenis dan penyerapan yang kurang dibandingkan agregat asal Kakaskasen dan Tateli, berarti aspal yang diserap oleh agregat Sawangan sedikit sehingga penyalutan aspal terhadap agregat dapat terjadi dengan sempurna dan campuran menjadi solid dan kuat. Sedangkan campuran yang menggunakan agregat asal Kakaskasen dan Tateli sekalipun stabilitasnya rendah dan seharusnya memiliki kelelahan yang tinggi, namun karena agregat-agregat ini memiliki penyerapan yang tinggi (rongga pada butiran agregat besar), mengakibatkan campuran memiliki kelelahan yang rendah (tidak mencapai spesifikasi yang disyaratkan).

4.2.3 Terhadap marshall quotient

Marshall quotient (MQ) merupakan perbandingan antara nilai stabilitas dan *flow*, artinya nilai MQ sangat ditentukan oleh besarnya stabilitas dan flow dari campuran. Nilai MQ yang terlalu tinggi menandakan campuran yang terlalu kaku sehingga perkerasan mudah retak jika dibebani, sedangkan nilai MQ yang terlalu rendah menandakan campuran yang terlalu plastis dan mudah terjadi perubahan bentuk.

Hasil penelitian menunjukkan (lihat **Gambar 5**) ketiga campuran baik yang menggunakan agregat asal Sawangan, Kakaskasen maupun Tateli memiliki nilai MQ yang memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Untuk campuran yang menggunakan agregat asal Sawangan, nilai MQ cenderung meningkat (sedikit) seiring dengan bertambahnya persentase kadar aspal, sedangkan campuran yang menggunakan agregat asal Kakaskasen dan Tateli cenderung menurun (sedikit) mulai dari persentase kadar aspal 4,5%-6,5%. Hal ini menunjukkan bahwa stabilitas dari campuran yang menggunakan agregat asal Sawangan lebih besar (sedikit) dibandingkan kelelehannya. Sedangkan campuran yang menggunakan agregat asal Kakaskasen dan Tateli kelelehannya lebih besar (sedikit) dibandingkan dengan stabilitasnya. bahwa untuk campuran yang menggunakan agregat asal Sawangan, dari nilai MQ ini terlihat bahwa campuran yang menggunakan agregat asal Sawangan adalah campuran dengan perbandingan stabilitas dan kelelahan yang terbaik.

4.2.4 Terhadap rongga udara dalam campuran (VIM)

VIM merupakan volume pori yang masih tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan. Besarnya nilai VIM dipengaruhi oleh gradasi, berat jenis dan penyerapan serta persentasi kadar aspal. Nilai VIM yang terlalu besar mengakibatkan kurangnya kekedapan terhadap air, sehingga mempercepat penuaan aspal dan menurunnya sifat durabilitas beton aspal. Hasil penelitian untuk rentang kadar aspal antara 4,5% - 6,5% menunjukkan hubungan yang rasional antara persentasi kadar aspal dengan nilai VIM untuk masing-masing campuran. Namun untuk campuran yang menggunakan agregat asal Sawangan, nilai VIM yang memenuhi spesifikasi tercapai pada kadar aspal antara 4,5%-5,5%. Sedangkan Untuk campuran yang menggunakan agregat asal Kakaskasen dan Tateli sekalipun hubungan antara persentasi kadar aspal dengan nilai VIM menunjukkan suatu hubungan yang rasional, namun tidak memenuhi spesifikasi yang disyaratkan untuk seluruh rentang kadar aspal 4,5% - 6,5%. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa untuk campuran yang menggunakan agregat asal Kakaskasen dan Tateli akan dicapai nilai VIM yang memenuhi persyaratan pada kadar aspal yang lebih tinggi (lihat kecenderungan kurva VIM dan Kadar aspal).

4.2.5 Terhadap rongga dalam mineral agregat (VMA)

VMA adalah volume pori di dalam beton aspal padat jika selimut aspal ditiadakan, termasuk juga volume pori di dalam masing-masing butir agregat. Nilai VMA akan meningkat jika selimut aspal lebih tebal atau agregat yang digunakan bergradasi terbuka. Hasil penelitian menunjukkan untuk campuran yang menggunakan agregat asal Sawangan, Kakaskasen maupun Tateli nilai VMAnyapun menurun hingga pada kadar aspal optimum dan sesudah itu kembali meningkat pada kadar aspal yang lebih tinggi. Hal ini sejalan dengan teori yang mengatakan bahwa VMA akan meningkat jika selimut aspal lebih tebal atau persentasi kadar aspal ditingkatkan. Untuk ketiga campuran baik yang menggunakan agregat asal Sawangan, Kakaskasen maupun Tateli, menunjukkan kecenderungan yang sama, karena gradasi dari masing-masing agregat yang digunakan dalam campuran adalah sama, yaitu sesuai spesifikasi yang berlaku. Hal ini juga menunjukkan bahwa agregat Sawangan memiliki rongga dalam butiran agregat lebih kecil dibandingkan rongga dalam butiran pada agregat asal Tateli dan Kakaskasen.

4.2.6 Terhadap rongga terisi aspal (VFB)

VFB merupakan volume pori beton aspal padat yang terisi oleh aspal atau volume selimut aspal. Biasa juga disebut rongga terisi aspal. VFB dipengaruhi oleh per-

sentase kadar aspal serta berat jenis dan penyerapan agregat. Hasil penelitian menunjukkan (lihat **Gambar 8**) bahwa VFB meningkat seiring dengan bertambahnya persentasi kadar aspal untuk semua campuran, namun untuk campuran yang menggunakan agregat asal Sawangan nilai VFBnya memenuhi persyaratan spesifikasi untuk rentang kadar aspal 4,5%-6,5% sedangkan untuk campuran yang menggunakan agregat asal Kakaskasen nilai VFBnya memenuhi persyaratan spesifikasi pada persentasi kadar aspal 6,3%. Dan untuk campuran yang menggunakan agregat asal Tateli nilai VFBnya tidak memenuhi persyaratan spesifikasi. Hal ini disebabkan karena sifat fisik agregat asal Sawangan khususnya berat jenisnya besar dibandingkan dengan berat jenis agregat asal Kakaskasen dan Taleli. Agregat asal Sawangan memiliki berat jenis bulk $2,655 > 2,5$ (syarat min), berat jenis SSD $2,68 > 2,5$ (syarat min), berat jenis apparent $2,75 > 2,5$ (syarat min) dibandingkan BJ. Bulk, BJ. SSD dan BJ Apparent agregat Kakaskasen 2,355; 2,375; 2,37 dan Bj. Bulk, BJ. SSD dan BJ. Apparent agregat asal Tateli 2,315; 2,385; 2,37 sedangkan penyerapannya $1,02\% < 3\%$ (syarat maks).

5. Kesimpulan

1. Hasil evaluasi volumetrik marshall campuran AC-BC yang menggunakan agregat asal Sawangan, Kakaskasen dan Tateli, memperlihatkan adanya pengaruh yang signifikan dari sifat-sifat fisik agregat terhadap pengujian Marshall campuran.
2. Hasil yang diperoleh mulai dari nilai stabilitas, kelelahan, Hasil bagi Marshall, VIM, dan VFB menunjukkan bahwa agregat asal Sawangan adalah jenis agregat yang terbaik untuk digunakan dalam campuran perkerasan Jalan, dibandingkan dengan agregat asal Kakaskasen dan Tateli terutama untuk digunakan dalam campuran aspal panas, sebagaimana yang disyaratkan dalam spesifikasi teknik campuran aspal panas (Departemen Kimpraswil Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah., 2004).

Daftar Pustaka

- AASHTO, 1993, *Guide for Design Of Pavement Structure*. Washington DC.
- AASHTO, 1993, *Sampling Bituminous Paving Mixtures*, AASHTO Designation T 168-82, Part II Test, 16th Edition.
- Asphalt Institute, 1993, *Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot-mix Type*. Lexington, Kentucky, USA: Annual Series No. 2.

ASTM 1995, *Annual Book of American Society for Testing Materials Standard*. USA.

Badan Standarisasi Nasional, 2004, *Capuran bersapal Panas*. Buku I dan II

Departemen Kimpraswil Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah, 2004, *Spesifikasi Teknik Campuran Aspal Panas*, Jakarta.

Flexible Pavement Type, <http://www.wsdot.Wa.Gov/biz/mats/pavementresearch.htm>.

Puslitbang Prasarana Transportasi, 2002, *Campuran Beraspal Panas dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak*. Bandung.

Shen, et al., 2004. *Properties of Gap Agregate Gradation Asphalt Mixture and Pavement Deformation*.

Sukirman, S., 2003, *Beton Aspal Campuran Panas, Granit*, Bandung.

