

**TINJAUAN TERHADAP SIFAT VOLUMETRIK CAMPURAN BETON ASPAL  
BERDASARKAN DISTRIBUSI UKURAN AGREGAT**  
*Review on Volumetric Properties of Asphalt Concrete Mixture Based on  
Aggregate Size Distribution*

Ratna Yuniarti\*, Desi Widianty\*

\*Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram, Jl Majapahit 62 Mataram  
Email : ratna\_yuniarti@unram.ac.id, widiantydesi@unram.ac.id

**Abstrak**

*Agregat yang digunakan sebagai bahan perkerasan jalan harus memenuhi persyaratan tertentu agar dapat memikul beban lalu lintas selama umur yang telah direncanakan. Salah satu karakteristik agregat yang menentukan mutu campuran perkerasan adalah gradasi atau distribusi ukuran partikel agregat tersebut. Gradasi yang digunakan dalam campuran perkerasan merujuk pada spesifikasi yang telah ditetapkan Direktorat Jenderal Bina Marga. Tulisan ini ingin mengkaji perbedaan gradasi agregat dan pengaruhnya terhadap sifat-sifat volumetrik campuran. Berdasarkan distribusi ukuran partikel agregat, dianalisa hubungan antara ketebalan selimut aspal dengan sifat-sifat volumetrik yaitu rongga dalam campuran (VIM), rongga di antara mineral agregat (VMA), rongga terselimuti aspal (VFB) dan tingkat kepadatan (density). Dari analisa yang dilakukan, disimpulkan bahwa distribusi ukuran partikel agregat sangat menentukan luas permukaan agregat yang diselimuti aspal. Gradasi agregat yang lebih kasar menghasilkan nilai VMA dan VFB yang lebih kecil dan nilai VIM yang lebih besar. Kepadatan campuran mengalami peningkatan dengan bertambahnya ketebalan selimut aspal. Pada semua parameter yang dianalisa, distribusi ukuran partikel agregat berpengaruh secara signifikan.*

*Kata kunci : Distribusi ukuran agregat, Selimut aspal, Sifat volumetrik campuran*

**PENDAHULUAN**

Laston merupakan lapis perkerasan dengan pengikat aspal yang terdiri dari agregat bergradasi menerus yang dicampur, dihamparkan dan dipadatkan pada suhu tertentu. Salah satu faktor yang menentukan mutu laston adalah karakteristik agregat. Hal ini disebabkan karena komponen agregat pada laston memiliki prosentase yang sangat besar, yaitu lebih dari 90% berdasarkan berat atau dapat mencapai 75-85% berdasarkan volume (Sukirman, 2016). Besarnya prosentase ini mempengaruhi kinerja lapisan perkerasan seperti kemampuan memikul beban lalu lintas, ketahanan terhadap kelelahan, kekesatan dan sebagainya.

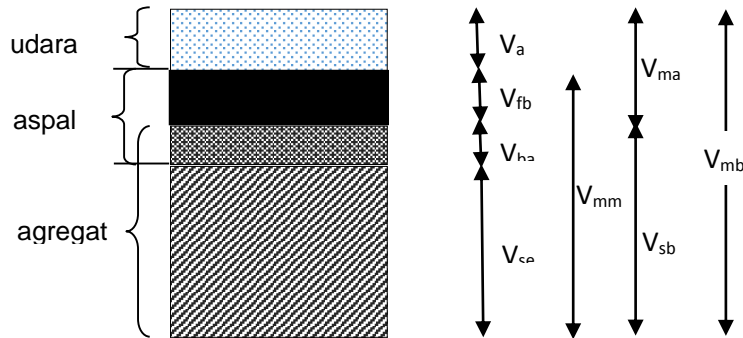
Karakteristik yang harus dipenuhi agar agregat dapat berfungsi dengan baik sebagai bahan lapis aspal beton antara lain adalah gradasi atau distribusi ukuran partikel agregat. Distribusi ukuran partikel ini sangat menentukan luas permukaan agregat yang terselimuti aspal sehingga mempengaruhi sifat volumetrik campuran. Besarnya rongga dalam campuran, rongga di antara mineral agregat, rongga yang terselimuti aspal serta tingkat kepadatan adalah sifat-sifat volumetrik yang berdampak pada durabilitas atau daya tahan campuran terhadap keausan akibat pengaruh cuaca, perubahan suhu, kelembaban dan lain-lain.

Distribusi ukuran partikel agregat yang digunakan dalam campuran merujuk pada spesifikasi yang telah ditetapkan Jenderal Direktorat Bina Marga. Tulisan ini ingin mengkaji sifat-sifat volumetrik campuran laston berdasarkan perbedaan distribusi ukuran partikel agregat tersebut. Gradasi yang

digunakan mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga Edisi 2010 Revisi 1 dan Spesifikasi Umum Bina Marga Edisi 2010 Revisi 3.

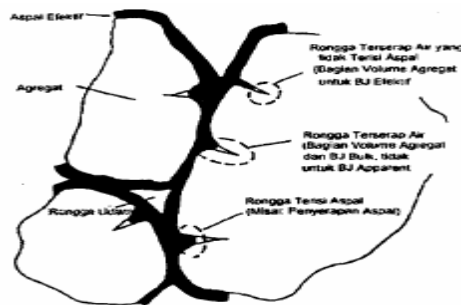
**TINJAUAN PUSTAKA**

Komponen campuran beraspal secara volumetrik dan ilustrasi rongga dalam campuran disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 2 berikut:



**Gambar 1.** Komponen campuran beraspal secara volumetrik (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1999)

dengan :  $V_{ma}$  = Volume rongga di antara mineral agregat (VMA),  $V_b$  = Volume aspal,  $V_{mb}$  = Volume bulk campuran padat,  $V_{ba}$  = Volume aspal yang diserap agregat,  $V_{mm}$  = Volume campuran padat tanpa rongga,  $V_{sb}$  = Volume agregat (berdasarkan berat jenis bulk),  $V_{fa}$  = Volume rongga terisi aspal/bitumen (VFB),  $V_{se}$  = Volume agregat (berdasarkan berat jenis efektif),  $V_a$  = Volume rongga dalam campuran (VIM).



**Gambar 2.** Ilustrasi rongga pada campuran (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1999)

Hubungan antara rongga, luas permukaan agregat serta tebal selimut aspal telah dikaji beberapa peneliti. Robert (1991) et al. menyimpulkan bahwa selimut aspal yang tebal menghasilkan campuran yang lebih lentur dan tahan cuaca. Sebaliknya, selimut aspal yang tipis menghasilkan campuran yang rapuh dan mudah retak. Kerapuhan dan keretakan ini disebabkan oleh mudahnya udara dan air untuk masuk ke dalam campuran, mempercepat aspal teroksidasi dan melepaskan ikatan antara aspal dan agregat.

Chadboum (1999) et al. menyebutkan bahwa tebal selimut aspal dihitung berdasarkan volume aspal pada permukaan agregat dan tidak termasuk aspal yang meresap masuk ke dalam pori-pori agregat. Kuantitas aspal pada permukaan agregat didefinisikan sebagai kadar aspal efektif yang dihitung dengan mengurangi total kadar aspal dengan persen aspal terabsorpsi. Ketebalan selimut

aspal dinyatakan dalam satuan mikron dan dihitung dengan membagi kadar aspal efektif dengan total estimasi luas permukaan partikel agregat.

Menurut The Asphalt Institute (1993), perhitungan luas total permukaan agregat dilakukan dengan menggunakan data prosentase lolos satu set saringan dan faktor luas permukaan (FLP). FLP merupakan luas permukaan agregat sesuai ukuran saringan untuk setiap 1 kg agregat ( $m^2/kg$ ). Tebal selimut aspal ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\text{Tebal selimut aspal} = \frac{P_{ae}}{G_a} 1000 \frac{1}{LP \times P_s \times 1000} \dots\dots\dots (1)$$

dengan:  $P_{ae}$  = kadar aspal efektif yang menyelimuti butiran agregat (%),  $G_a$  = berat jenis aspal,  $LP$  = luas permukaan agregat ( $m^2/kg$ ),  $P_s$  = kadar agregat (% total campuran).

## METODE PENELITIAN

Pengkajian terhadap sifat volumetrik campuran aspal beton ini mengacu pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Amri (2015) dan Ihsan (2017). Pengujian tersebut menggunakan agregat kasar dan agregat halus yang diambil dari stok agregat di pabrik pencampur aspal (asphalt mixing plant) di Pringabaya, Lombok Timur. Prosedur penelitian agregat dan aspal berpedoman pada Standar Nasional Indonesia (SNI).

Kadar aspal yang digunakan berada pada rentang 4.5%-6.5% terhadap campuran. Campuran aspal-agregat yang dibuat adalah *asphalt concrete-wearing course* (Amri, 2015) dan *asphalt concrete-binder course* (Ihsan, 2017). Pembuatan *asphalt concrete-wearing course* (AC-WC) yang berfungsi sebagai lapisan aus dan *asphalt concrete-binder course* (AC-BC) yang berfungsi sebagai lapisan pengikat itu dilakukan secara panas (*hot mix*) pada suhu 155°C sedangkan proses pemadatan dilakukan sebanyak 75 kali dengan alat pemadat Marshall pada kedua sisinya. Sifat volumetrik campuran ditentukan melalui pengukuran kepadatan (*density*), rongga di antara mineral agregat (*voids in the mineral aggregate* = VMA), rongga dalam campuran (*voids in mix* = VIM) dan rongga yang diselimuti aspal (*voids filled with bitumen* = VFB). Distribusi ukuran agregat yang digunakan disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Distribusi ukuran agregat yang digunakan

No. Saringan	Ukuran saringan (mm)	Gradasi A*) (% lolos)	Gradasi B**) (% lolos)
1"	25.00	-	100.00
¾"	19.00	100.00	95.00
½"	12.50	95.00	83.00
3/8"	9.50	81.00	74.00
No. 4	4.75	61.50	55.00
No. 8	2.36	46.10	40.00
No. 16	1.18	35.80	28.00
No. 30	0.60	26.60	20.00
No. 50	0.30	18.80	14.00
No. 100	0.15	12.00	9.00
No. 200	0.075	5.00	6.00

Sumber: \*) Amri, 2015  
\*\*) Ihsan, 2017

Berdasarkan distribusi ukuran partikel agregat yang digunakan, dianalisa hubungan antara tebal selimut aspal yang terbentuk dalam campuran dengan sifat-sifat volumetrik yaitu VMA, VIM, VFB dan kepadatan (*density*).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik aspal dan agregat disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3 berikut:

**Tabel 2.** Hasil pengujian aspal

Jenis pengujian	Hasil pengujian*)	Hasil pengujian**)	Persyaratan***)
Penetrasi (25°C, 5 detik, 0.1 mm)	60.3	66.1	60-70
Titik lembek (°C)	48.2	43	≥48
Titik nyala (°C)	>232	>300	≥232
Daktilitas (cm)	165	131.2	≥100
Berat jenis	1.04	1.05	≥1.00
Kehilangan berat (%)	0.17	0.64	≤0.8

Sumber: \*) Amri, 2015

\*\*) Ihsan, 2017

\*\*\*) Direktorat Jenderal Bina Marga, 2011

**Tabel 3.** Hasil pengujian agregat

Jenis pengujian	Agregat kasar*)	Agregat kasar**)	Agregat halus*)	Agregat halus**)	Persyaratan***)
Keausan <i>impact</i> (%)	9.81	9.62	-	-	Maks. 30
Berat jenis bulk	2.65	2.66	2.64	2.69	Min. 2,5
Berat jenis semu	2.75	2.79	2.66	2.82	Min. 2,5
Penyerapan terhadap air (%)	1.35	1.73	0.16	0.71	Maks. 3
Kelekatan agregat terhadap aspal (%)	100	100	-	-	Min. 95

Sumber: \*) Amri, 2015

\*\*) Ihsan, 2017

\*\*\*) Direktorat Jenderal Bina Marga, 2011

**Tabel 4.** Hasil pengujian volumetrik campuran untuk gradasi A

Kadar aspal (%)	<i>Density</i> *)	VMA*)	VIM*)	VFB*)
4.5	2.367	15.57	5.37	65.54
5.0	2.375	16.59	5.34	68.08
5.5	2.387	16.23	3.73	77.07
6.0	2.426	17.07	3.50	79.58
6.5	2.427	18.00	2.74	84.41
Persyaratan**)	-	Min.15	3.5 - 5.5	Min. 65

Sumber: \*) Amri, 2015

\*\*) Direktorat Jenderal Bina Marga, 2011

**Tabel 5.** Hasil pengujian volumetrik campuran untuk gradasi B

Kadar aspal (%)	<i>Density</i> *)	VMA*)	VIM*)	VFB*)
4.5	2.436	13.79	6.05	56.10
5.0	2.476	14.64	5.80	60.37
5.5	2.480	14.94	4.95	66.91
6.0	2.485	15.53	4.41	71.64
6.5	2.505	16.07	3.81	76.28
Persyaratan**)	-	Min. 14	3.0 - 5.0	Min. 65

Sumber: \*) Ihsan, 2017

\*\*) Direktorat Jenderal Bina Marga, 2013

**Tabel 6.** Luas permukaan agregat untuk gradasi A

No. saringan	Ukuran saringan (mm)	% lolos		Faktor luas permukaan (FLP)	FLP x % lolos
		Spesifikasi	Gradasi terpakai		
¾"	19	100	100	0.41	*
½"	12.5	90-100	95	0.41	*
3/8"	9.5	72-90	81	0.41	*
No. 4	4.75	54-69	61.5	0.41	0.33
No. 8	2.36	39.1-53	46.1	0.82	0.50
No. 16	1.18	31.6-40	35.8	1.64	0.76
No. 30	0.6	23.1-30	26.6	2.87	1.03
No. 50	0.3	15.5-22	18.8	6.14	1.63
No. 100	0.15	9-15	12.0	12.29	2.30
No. 200	0.075	4-10	5.0	32.77	1.64
Luas permukaan total agregat (m <sup>2</sup> /kg)					8.19

Sumber: hasil perhitungan

**Tabel 7.** Luas permukaan agregat untuk gradasi B

No. saringan	Ukuran saringan (mm)	% lolos		Faktor luas permukaan (FLP)	FLP x % lolos
		Spesifikasi	Gradasi terpakai		
1"	25.00	100	100	0.41	*
¾"	19.00	90-100	95	0.41	*
½"	12.50	75-90	83	0.41	*
3/8"	9.50	66-82	74	0.41	*
No. 4	4.75	46-64	55	0.41	0.23
No. 8	2.36	30-49	40	0.82	0.33
No. 16	1.18	18-38	28	1.64	0.46
No. 30	0.60	12-28	20	2.87	0.57
No. 50	0.30	7-20	14	6.14	0.86
No. 100	0.15	5-13	9	12.29	1.11
No. 200	0.075	4-8	6	32.77	1.97
Luas permukaan total agregat (m <sup>2</sup> /kg)					5.52

Sumber: hasil perhitungan

**Tabel 8.** Tebal selimut aspal

Kadar aspal (%)	Tebal selimut aspal (µm)	
	Gradasi A	Gradasi B
4.5	5.01	4.5
5	5.66	5
5.5	6.31	5.5
6	6.98	6
6.5	7.64	10.39

Sumber: hasil perhitungan

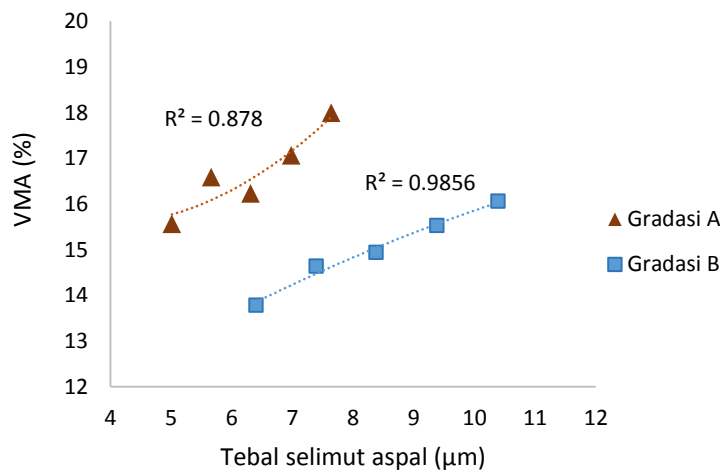
Pada Tabel 2 dan Tabel 3 disajikan sifat-sifat fisik aspal dan agregat. Berdasarkan tabel tersebut terlihat bahwa secara umum karakteristik aspal yang digunakan memenuhi standar spesifikasi, kecuali pada nilai titik lembek (Ihsan, 2017). Agregat yang digunakan memiliki kriteria yang sesuai ketentuan. Tingkat keausan *impact* pada kisaran 9% mengindikasikan bahwa agregat memiliki daya tahan yang cukup tinggi terhadap pembebanan pada saat pemadatan maupun ketika menahan beban lalu lintas. Demikian juga kelekatan agregat terhadap aspal yang mencapai 100% menunjukkan bahwa agregat

dapat terlapisi aspal dengan baik. Nilai berat jenis agregat yang berpengaruh terhadap kepadatan campuran juga memenuhi standar spesifikasi.

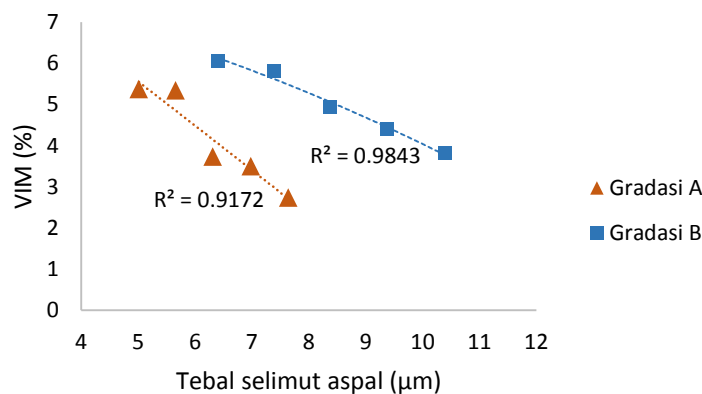
Pada Tabel 4 dan Tabel 5 disajikan nilai *density*, VMA, VIM dan VFB untuk masing-masing gradasi pada berbagai prosentase kadar aspal. Sifat volumetrik yang dihasilkan pada campuran dengan gradasi A memenuhi spesifikasi kecuali pada kadar aspal 6.5% yang menghasilkan nilai VIM sebesar 2.74%. Pada campuran dengan gradasi B, persyaratan volumetrik terpenuhi pada rentang kadar aspal antara 5.5% - 6.5%. Sifat volumetrik yang dihasilkan ini sangat tergantung dari distribusi ukuran partikel agregat sebagaimana yang disajikan pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Agregat yang digunakan pada lapis *asphalt concrete-wearing course* (gradasi A) memiliki distribusi partikel yang lebih halus dari agregat yang digunakan pada lapis *asphalt concrete-binder course* (gradasi B). Gradasi agregat yang lebih halus memiliki total luas permukaan yang lebih besar, yaitu pada gradasi A menghasilkan 8.19 m<sup>2</sup>/kg sedangkan pada gradasi B sebesar 5.52 m<sup>2</sup>/kg. Luas permukaan partikel agregat ini menentukan ketebalan selimut aspal. Sebagaimana yang disajikan pada Tabel 8, campuran yang menggunakan lebih banyak agregat halus menghasilkan ketebalan selimut aspal yang lebih tipis dibandingkan campuran yang menggunakan lebih banyak agregat kasar pada kadar aspal yang sama.

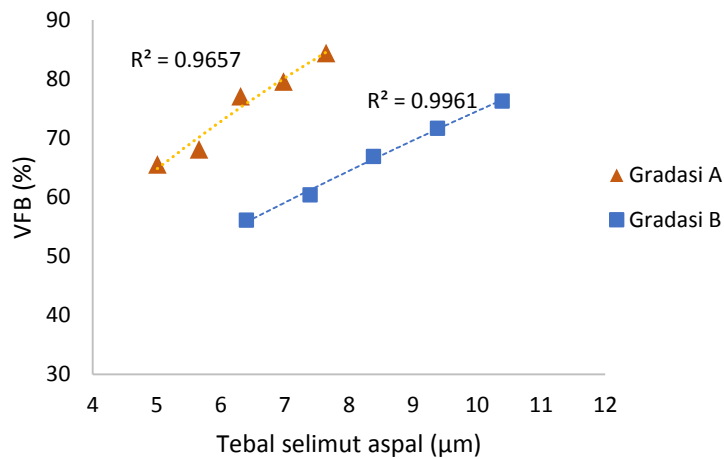
Hubungan antara ketebalan selimut aspal dengan sifat-sifat volumetrik campuran disajikan pada Gambar 3 sampai dengan Gambar 6.



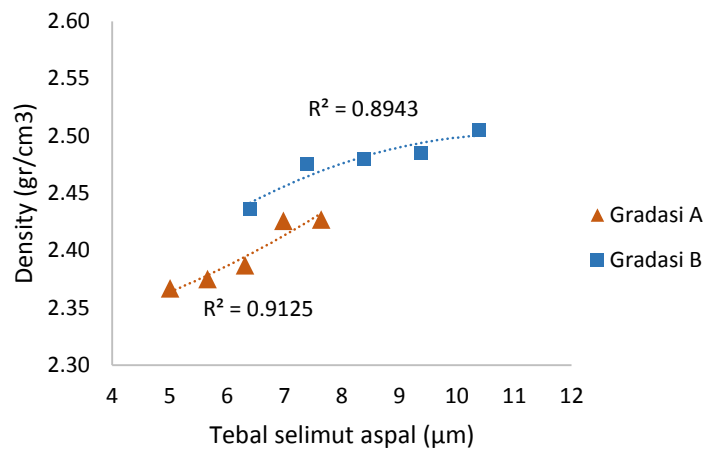
**Gambar 3.** Hubungan antara tebal selimut aspal dan nilai VMA



**Gambar 4.** Hubungan antara tebal selimut aspal dan nilai VIM



**Gambar 5.** Hubungan antara tebal selimut aspal dan nilai VFB



**Gambar 6.** Hubungan antara tebal selimut aspal dan density

VMA adalah rongga di antara mineral agregat yang menunjukkan banyaknya pori dalam campuran yang dipadatkan. Berdasarkan Gambar 3, terlihat bahwa nilai VMA cenderung semakin besar dengan bertambahnya ketebalan selimut aspal. Tebal selimut aspal ini berbanding lurus dengan pertambahan kadar aspal. Karena VMA adalah jumlah pori yang dihitung tanpa keberadaan aspal, maka makin besar aspal yang digunakan pada campuran, maka VMA cenderung lebih meningkat. Baik pada gradasi A maupun gradasi B, nilai  $R^2 \geq 0.8$  yang mengindikasikan bahwa tebal selimut aspal dan nilai VMA memiliki hubungan sangat kuat. Sebagaimana yang disajikan pada Gambar 3, gradasi A menghasilkan nilai VMA yang lebih besar dibandingkan dengan gradasi B. Penggunaan lebih banyak agregat halus pada gradasi A memperluas total permukaan agregat dan membutuhkan kadar aspal yang lebih besar untuk menyelimuti partikel agregat.

Gambar 4 menunjukkan hubungan antara tebal selimut aspal dan nilai VIM untuk masing-masing gradasi. Nilai VIM yang dihasilkan berbanding terbalik dengan tebal selimut aspal. Semakin tebal selimut aspal, semakin kecil rongga dalam campuran yang terbentuk. Pada Gambar 4 terlihat pula bahwa gradasi B yang lebih kasar menghasilkan nilai VIM yang lebih besar. Hal ini disebabkan karena pada gradasi B, partikel agregat yang berukuran kecil berjumlah lebih sedikit sehingga lebih sedikit pula

rongga pori yang dapat terisi oleh agregat. Dengan  $R^2$  masing-masing sebesar 0.9172 dan 0.9843, terlihat bahwa tebal selimut aspal berpengaruh sangat signifikan terhadap nilai VIM.

Hubungan antara tebal selimut aspal dengan nilai VFB disajikan pada Gambar 5. VFB adalah volume pori pada campuran yang terisi oleh aspal sehingga terlihat bahwa semakin besar selimut aspal maka semakin besar pula VFB yang terbentuk. Dari Gambar 5 terlihat pula bahwa gradasi A menghasilkan nilai VFB yang lebih besar dibandingkan dengan gradasi B. Rongga antar mineral agregat yang terbentuk pada gradasi A lebih besar sehingga memperbesar nilai VFB. Baik pada gradasi A maupun gradasi B, tebal selimut aspal berpengaruh signifikan terhadap VFB.

Gambar 6 menunjukkan hubungan antara ketebalan selimut aspal dengan tingkat kepadatan (*density*) dari campuran. Baik pada gradasi A maupun gradasi B, terlihat bahwa semakin tebal selimut aspal, semakin besar *density* yang dihasilkan karena campuran menjadi semakin padat. Pada Gambar 6 terlihat pula bahwa nilai *density* pada gradasi B lebih besar dari nilai *density* pada gradasi A. Hal ini disebabkan karena gradasi B menggunakan partikel agregat yang lebih kasar sehingga menghasilkan selimut aspal yang lebih tebal sebagaimana hasil perhitungan pada Tabel 8.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Dari hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat ditarik simpulan sebagai berikut :  
Distribusi ukuran partikel agregat dalam campuran perkerasan sangat menentukan luas permukaan yang terselimuti aspal. Semakin besar luas permukaan total agregat, semakin kecil ketebalan selimut aspal yang dihasilkan. Nilai VMA dan VFB pada campuran cenderung mengalami peningkatan sedangkan nilai VIM mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya ketebalan selimut aspal. Campuran perkerasan dengan gradasi agregat yang lebih kasar menghasilkan nilai VMA dan VFB yang lebih kecil dibandingkan dengan nilai VMA dan VFB pada campuran dengan gradasi yang lebih halus. Campuran perkerasan dengan gradasi yang lebih kasar menghasilkan nilai VIM yang lebih besar dibandingkan nilai VIM pada campuran dengan gradasi agregat yang lebih halus. Kepadatan (*density*) campuran mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya ketebalan selimut aspal dan menghasilkan nilai yang lebih besar pada campuran dengan gradasi yang lebih kasar.

### Saran

Perlu dilakukan pengkajian lebih lanjut tentang bentuk dan tekstur agregat terhadap sifat-sifat volumetrik campuran.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amri, H., 2015. *Daya Tahan Perkerasan Aspal Dengan Penambahan Gondorukem Terhadap Variasi Perendaman Air*, Tugas Akhir, Fakultas Teknik Universitas Mataram.
- Chadboum, B. A., Eugene L. Skok, Jr., David E. Newcomb, Benita L. Crow and Samantha Spindler, 1999. *The Effect of Voids in Mineral Aggregate (VMA) on Hot-Mix Asphalt Pavements*, Minnesota Department of Transportation.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 1999. *Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak*, Pedoman Teknis No. 025/T/BM/1999, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.



- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2011. **Spesifikasi Umum Edisi 2010 Revisi 1**, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2013. **Spesifikasi Umum Edisi 2010 Revisi 3**, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Ihsan, M., 2017. **Pengaruh Tingkat Kekerasan Agregat Terhadap Kinerja Campuran Lapis Aspal Beton (Laston)**, Tugas Akhir, Fakultas Teknik Universitas Mataram.
- Roberts, F.L., Kandhal, P. S., Brown, E. R., Lee, D., and Kennedy, T. W., 1991. **Hot-Mix Asphalt Materials, Mix Design, and Construction**, NAPA Education Foundation, Lanham, Maryland.
- Sukirman, S., 2016, **Beton Aspal Campuran Panas**, Institut Teknologi Nasional, Bandung.
- The Asphalt Institute, 1993. **Mix Design Method for Asphalt Concrete and Other Hot Mix Types, Manual Series No. 2 (MS-2)**, Sixth Edition, Lexington, Kentucky.