

Perbandingan Karakteristik *Marshall*, Stabilitas dan Flow Gradasi BBA dan Gradasi FAA Untuk Perkerasan Bandara dengan Memanfaatkan Agregat Buatan

Comparison of Marshall Characteristics, Stability and Flow of BBA Gradation and FAA Gradation for Airport Pavement by Utilizing Artificial Aggregates

Gusti Made Bagus Baskara¹⁾, Ervina Ahyudanari²⁾

^{1, 2)} Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

Email: ervina@ce.its.ac.id

INFO ARTIKEL

Histori Artikel:

Diterima: 25 Februari 2019

Direvisi: 13 Mei 2019

Disetujui: 7 Juni 2019

Dipublikasi Online: 28 Juni 2019

Keywords:

Aggregate gradation, Marshall Stability, Flow, Marshall Quotient

Kata kunci:

Gradasi agregat, Stabilitas Marshall, Flow, Marshall Quotient

Permalink/DOI:

<https://dx.doi.org/10.25104/wa.v45i1.340.59-66>

©2019 Puslitbang Transportasi Udara, Badan Litbang Perhubungan-Kementerian Perhubungan RI. This is an open access article under the CC BY-NC-SA license

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

ABSTRACT / ABSTRAK

One important part of the asphalt mixture is the aggregate gradation. Characteristics of concrete asphalt mixtures such as stability and flow are strongly influenced by aggregate gradations. The purpose of this study is to obtain the Marshall characteristics of asphalt concrete mixtures using artificial aggregates with BBA (Bitumineux pour chaussées Aéronautiques) gradation and FAA (Federal Aviation Administration) gradation. Artificial aggregates that have been obtained in previous studies are the materials that used in this study. From the results experiment it is found that the asphalt concrete mixture using BBA gradation has the highest stability compare to the stability of FAA gradation with value of 2055,9 Kg and 2039,1 Kg respectively. The highest flow value in the BBA gradation mixture is 3.63 mm while the FAA gradation mixture is 3.60 mm. For Marshall Quotient values, the mixture of BBA gradation is 566.8 Kg / mm and FAA gradation mixture is 571.8 Kg / mm.

Gradasi agregat adalah salah satu bagian penting dalam campuran beraspal. Karakteristik campuran aspal beton seperti stabilitas dan flow sangat dipengaruhi oleh gradasi agregat. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan karakteristik *Marshall* campuran aspal beton yang menggunakan agregat buatan dengan gradasi BBA (*Beton Bitumineux pour chaussées Aéronautiques*) dan gradasi FAA (*Federal Aviation Administration*). Agregat buatan yang sudah diperoleh dalam penelitian sebelumnya menjadi bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini. Dari hasil penelitian didapat bahwa campuran aspal beton yang menggunakan gradasi BBA mempunyai nilai stabilitas lebih tinggi yaitu sebesar 2055,9 Kg, sedangkan nilai stabilitas campuran gradasi FAA sebesar 2039,1 Kg. Nilai *flow* tertinggi pada campuran gradasi BBA yaitu sebesar 3,63 mm sedangkan campuran gradasi FAA sebesar 3,60 mm. Untuk nilai *Marshall Quotient* campuran gradasi BBA sebesar 566,8 Kg/mm dan campuran gradasi FAA sebesar 571,8 Kg/mm.

PENDAHULUAN

Dalam pembuatan campuran aspal beton tentu membutuhkan agregat dalam jumlah banyak. Agregat memberikan dukungan yang besar bagi aspal beton karena agregat memiliki proporsi terbesar yaitu 90-95% dari berat campuran (Andhikutama, Widodo, & Harnaeni R, 2015).

Setiap jenis campuran aspal beton untuk lapisan perkerasan mempunyai gradasi agregat tertentu. Gradasi agregat dapat dikatakan sangat mempengaruhi pada kinerja campuran beraspal karena gradasi agregat berfungsi memberikan kekuatan dan daya tahan deformasi yang pada akhirnya mempengaruhi stabilitas, kepadatan (density), dan porositas dalam campuran (Sumiati & Sukarman, 2014).

Nilai stabilitas dipengaruhi oleh gesekan antar butiran agregat (internal friction) dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal (kohesi), di samping itu proses pemadatan, mutu agregat, dan kadar aspal juga berpengaruh terhadap nilai stabilitas (Buana M, Sarwono, & Djumari, 2013).

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah campuran antara agregat buatan dan agregat alami dengan perbandingan 25%:75%. Agregat buatan ini merupakan agregat yang dibuat dengan memanfaatkan *fly ash* dan campuran alkali (Yuliana, 2018).

Dalam penelitian ini menggunakan beberapa gradasi, yaitu gradasi terbuka dan gradasi rapat. Gradasi BBA (*Beton Bitumineux pour chaussées Aéronautiques*) merupakan gradasi terbuka sementara gradasi FAA (*Federal Aviation Administration*) merupakan gradasi rapat. Gradasi BBA adalah gradasi terbuka yang merupakan standar lapis perkerasan landas pacu bandar udara yang kebanyakan digunakan di Prancis (*Association Française de Normalisation*, 2009), termasuk di dua landas pacu bandara yaitu Paris Charles de Gaulle, dan bandara Toulouse (dimana pesawat A380 di bangun dan di uji). Gradasi BBA sebagai gradasi terbuka telah terbukti tidak mengakibatkan terjadinya penumpukan *rubber deposit* (Hakim, Widyatmoko, Fergusson, &

Richardson, 2015). Gradasi FAA (*Federal Aviation Administration*) merupakan peraturan gradasi yang dibuat oleh penerbangan sipil di Amerika Serikat (Federal Aviation Administration, 2012). Gradasi FAA ini juga merupakan gradasi yang diacu oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Udara.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan karakteristik campuran aspal beton yang dipengaruhi oleh gradasi agregat yang digunakan. Dua macam gradasi agregat akan dibandingkan, yaitu gradasi agregat BBA dan gradasi FAA. Dengan mengetahui pengaruh gradasi terhadap karakteristik campuran aspal beton akan didapatkan nilai stabilitas, *flow* dan *Marshall Quotient*.

TINJAUAN PUSTAKA

Gradasi adalah salah satu faktor yang berpengaruh terhadap karakteristik agregat dalam menentukan kinerja perkerasan aspal beton. Gradasi agregat ditentukan oleh analisa saringan, dimana contoh agregat harus melalui satu set saringan. Seluruh spesifikasi perkerasan menyatakan bahwa partikel agregat harus berada dalam rentang ukuran tertentu dan untuk masing-masing ukuran partikel harus dalam proporsi tertentu (Sumiati & Sukarman, 2014).

Agregat buatan merupakan agregat yang didapat dari proses kimia atau fisika dari beberapa material sehingga menghasilkan material baru yang sifatnya menyerupai agregat alami. Jenis ini biasanya merupakan hasil sampingan ataupun limbah dari proses industri (Sudrajat, 2016).

Agregat buatan yang akan digunakan dibuat menggunakan mesin granulator yang terdiri dari pan granulator dengan sudut kemiringan 50° dengan bahan campuran *fly ash* dan alkali aktivator yaitu campuran sodium hidroksida (NaOH) dan sodium silikat (Na_2SiO_3) (Yuliana et al., 2018).

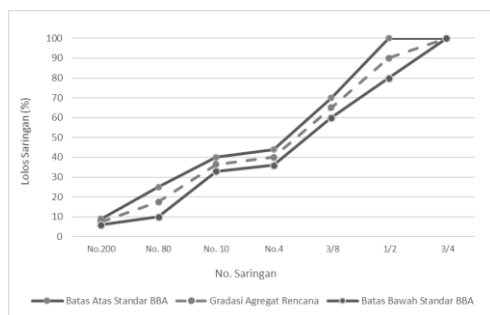
METODOLOGI

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan cara percobaan yang dilakukan di laboratorium Perhubungan dan Bahan Konstruksi Jalan serta Laboratorium Struktur Departemen Teknik Sipil, Fakultas

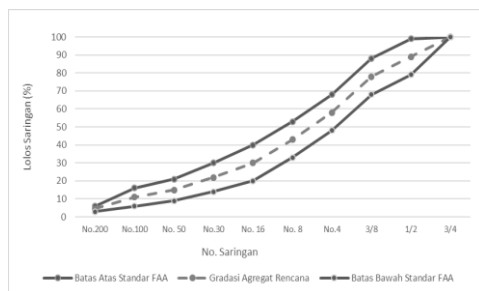
Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Benda uji yang dibuat berbentuk silinder dengan dimensi 101,6 mm (4 inch) dan tinggi 63,5 mm (2,5 inch). Dalam penelitian ini menggunakan agregat buatan pada pada agregat kasar sebanyak 25% sedangkan penggunaan agregat alami sebanyak 75%. Agregat buatan ini telah diuji dan diketahui bahwa karakteristik agregat buatan memiliki karakteristik yang baik (Yuliana et al., 2018).

Perencanaan Campuran

Gradasi agregat yang digunakan dalam penelitian ini ditentukan dari nilai tengah dari gradasi BBA dan gradasi FAA. Seluruh spesifikasi perkerasan mensyaratkan bahwa partikel agregat harus berada dalam rentang ukuran tertentu dan untuk masing-masing ukuran partikel harus dalam proporsi tertentu. Distribusi dari variasi ukuran butir agregat ini disebut gradasi agregat. Syarat spesifikasi standar dari 2 gradasi agregat digambarkan dalam grafik yang tercantum pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Standar Spesifikasi Gradasi BBA



Gambar 2. Standar Spesifikasi Gradasi FAA

Pengujian Marshall

Kinerja desain campuran diuji menggunakan pengujian *Marshall*. Pengujian *Marshall* adalah pengujian terhadap benda uji campuran aspal untuk mengetahui karakteristik campuran dengan cara

mengetahui *flow*, stabilitas dan *Marshall Quotient*. Benda uji dipadatkan dengan alat penumbuk otomatis sebanyak 75 kali pada satu sisi, kemudian dibalik dan dilakukan penumbukkan lagi sebanyak 75 kali pada sisi lainnya. Sehingga pemadatan untuk satu benda uji dilakukan dua kali, masing-masing 75 tumbukan. Setelah benda uji dipadatkan, kemudian dilakukan pengetesan benda uji campuran aspal beton masing-masing gradasi BBA dan gradasi FAA. Digunakan Test *Marshall* untuk mendapatkan nilai stabilitas dan *flow*. Berikut standar spesifikasi karakteristik campuran aspal beton untuk kedua gradasi yang mengacu pada standar spesifikasi FAA (Federal Aviation Administration, 2012) untuk campuran perkerasan *surface course* landasan pacu bandar udara tercantum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Persyaratan Aspal Beton Untuk Perkerasan Bandara

	<i>Pavement Design for Aircraft Gross Weights of 60.000 Lbs (27216 kg) or more or Tire pressures of 100 psi or more</i>
Propertis Pengujian	
<i>Number of blows</i>	75
<i>Stability, pounds (Kg) min.</i>	2150 (975)
<i>Flow, 0.01 inch. (0.25 mm)</i>	10 - 16 (2,5 - 4)
<i>Target air voids (%)</i>	3,5
<i>Percent VMA (minimum)</i>	15%
<i>Percent VFB</i>	76 - 82

Sumber: Federal Aviation Administration, 2012

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Mutu Bahan

Pemeriksaan yang dilakukan pada material agregat yaitu meliputi pemeriksaan berat jenis, penyerapan, abrasi dan kelekatan agregat terhadap aspal. Adapun pemeriksaan terhadap aspal yaitu pengujian penetrasi, pengujian daktilitas, pengujian titik lembek, titik nyala dan berat jenis. Hasil pengujian mutu agregat kasar dan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3. Hasil pemeriksaan aspal dicantumkan pada Tabel 4.

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

No	Pengujian	Hasil		Satuan
		Ag. Alami	Ag. Buatan	
1	Berat Jenis Bulk	2.542	1,85	gr/cm ³
2	Berat Jenis Semu	2,703	2,09	gr/cm ³
3	Penyerapan Air	2.349	6,08	%
4	Abrasi	30,8	22,78	%
5	Kelekatan agregat terhadap aspal	98	97	%

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus dan Filler

No	Pengujian	Hasil	Satuan
1	Berat Jenis Bulk	2.557	gr/cm ³
2	Berat Jenis Semu	2.767	gr/cm ³
3	Penyerapan Air	2.965	%
4	Berat Jenis filler	2,614	gr/cm ³
5	Berat Jenis Semu filler	2.726	gr/cm ³

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Aspal

No	Pengujian	Hasil	Satuan
1	Penetrasi	64	0,1 mm
2	Titik Lembek	51	Celsius
3	Daktilitas	150	cm
4	Titik Nyala	256	Celcius
5	Berat Jenis	1,033	

Kadar Aspal Optimum

Uji *Marshall* dilakukan untuk mengetahui ketahanan (stabilitas) terhadap pelelehan plastis (*flow*), *Marshall Quotient* dan volumetrik campuran, sehingga dapat ditentukan Kadar Aspal Optimum (KAO). Nilai stabilitas dan kelelahan merupakan besaran yang diukur langsung dari pengujian pada saat benda uji dibebani dengan alat uji *Marshall*. Sedangkan nilai volumetrik campuran yang didapatkan meliputi rongga dalam campuran (VIM), rongga dalam mineral agregat (VMA), dan rongga yang terisi aspal (VFB) yang merupakan parameter yang sangat berpengaruh terhadap sifat campuran beraspal.

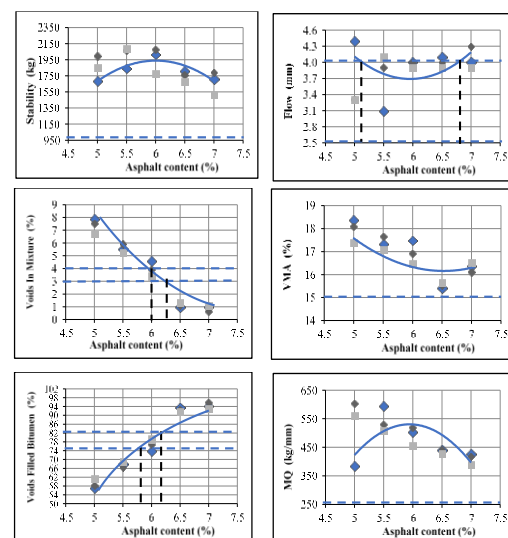
Dari hasil pengujian *Marshall* dibuat grafik hubungan antara kadar aspal dengan tiap-tiap sifat *Marshall* sebagai acuan untuk

mendapatkan kadar aspal optimum dari masing-masing gradasi agregat yang digunakan. Kemudian dari masing-masing grafik hubungan kadar aspal dengan sifat *Marshall* dibuat grafik dengan menggunakan metode *bar-chart*, dimana *barchart* yang dibuat menunjukkan kisaran tingkat aspal yang memenuhi setiap karakteristik *Marshall* sesuai dengan spesifikasi. Hasil Propertis *Marshall* campuran dari masing-masing gradasi tercantum dalam Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Hasil Propertis *Marshall* (BBA)

Propertis Pengujian	Kadar Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
<i>Stability</i> (975 Kg)	1846	1996	1958	1748	1671
<i>Flow</i> (2,5 - 4)	3,67	3,70	3,97	4,00	16,3
<i>Target Air Voids</i> (3% - 4%)	6,98	5,87	3,80	1,80	0,28
<i>VMA</i> (≥15%)	17,6	17,62	16,81	16,09	15,80
<i>VFB</i> (76% - 82%)	60,45	66,75	77,45	88,94	98,32

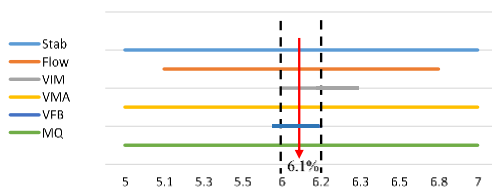
Data dari Tabel 5 dibuat grafik hubungan antara parameter *Marshall* dan kadar aspal. Masing-masing dari parameter *Marshall* digambarkan batasan kadar aspal yang memenuhi batasan spesifikasi campuran yang tercantum pada Gambar 3.

**Gambar 3.** Grafik Karakteristik Campuran Gradasi BBA

Dari Gambar 3 menunjukkan grafik yang memperlihatkan setiap karakteristik yang ditarik garis polinomial terhadap penambahan kadar aspal. Dari hasil penarikan garis polinomial didapat bahwa: semakin banyak kadar aspal, maka trend stabilitasnya akan menurun; semakin banyak kadar aspal, maka trend flow nya akan meningkat; semakin banyak kadar aspal, maka trend nilai VIM akan menurun; semakin banyak kadar aspal, maka trend VMA akan menurun; semakin banyak kadar aspal, maka trend VFB nya akan meningkat; dan semakin banyak kadar aspal, maka trend MQ akan menurun.

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa karakteristik campuran didapatkan dari rata-rata 3 benda uji menunjukkan nilai stabilitas memenuhi syarat diatas persyaratan minimal 975 kg. Hasil % kadar aspal terhadap nilai flow yang memenuhi syarat di antara 2,5 mm dan 4 mm sebesar 5,1% dan 6,8%. Hasil % kadar aspal terhadap nilai % VIM sebesar 6% dan 6,3%. Hasil % kadar aspal terhadap nilai % VMA memenuhi syarat diatas 15%. Hasil % kadar aspal terhadap nilai % VFB sebesar 5,9% dan 6,2%. Hasil MQ yang memenuhi syarat diatas 250 kg/mm.

Berdasarkan grafik karakteristik campuran gradasi BBA, dapat ditentukan kadar aspal optimum dari gradasi BBA menggunakan metode *bar-chart*. Kadar aspal optimum adalah kadar aspal tengah dari rentang yang memenuhi spesifikasi parameter *Marshall* seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kadar Aspal Optimum (BBA)

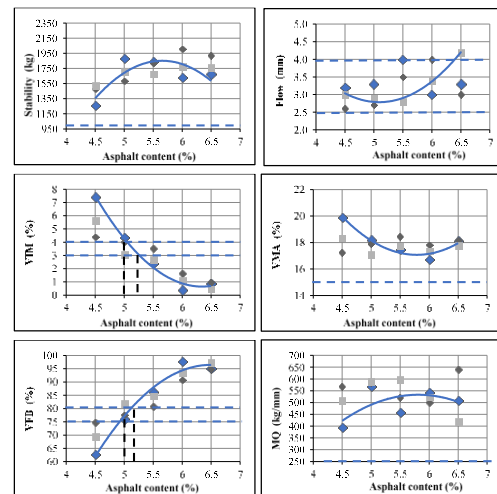
Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat bahwa pada kadar aspal 6,0 % dan 6,2% menghasilkan karakteristik campuran yang

telah memenuhi spesifikasi. Sehingga kadar aspal optimum merupakan rata-rata kedua kadar aspal tersebut. Rata – rata kedua kadar aspal adalah sebesar 6,1%. Jadi kadar aspal 6,1% telah memenuhi sifat campuran dan akan digunakan dalam desain campuran untuk gradasi BBA.

Tabel 6. Hasil Properti *Marshall* (FAA)

Propertis Pengujian	Kadar Aspal (%)				
	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50
<i>Stability</i> (975 Kg)	1421	1723	1778	1803	1785
<i>Flow</i> (2,5 - 4)	2,93	2,97	3,43	3,47	3,50
<i>Target Air Voids</i> (3% - 4%)	5.80	3.82	2.89	1.06	0.77
<i>VMA</i> ($\geq 15\%$)	18.5	17.7	17.8	17.3	18.0
<i>VFB</i> (76% - 82%)	68,9	78,5	83,9	93,3	95,7

Data dari Tabel 6 dibuat grafik hubungan antara parameter *Marshall* dan kadar aspal. Masing- masing dari parameter *Marshall* digambarkan batasan kadar aspal yang memenuhi batasan spesifikasi campuran yang tercantum pada Gambar 5.



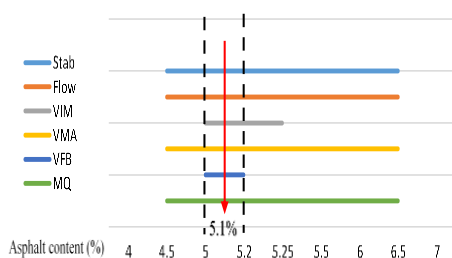
Gambar 5. Grafik Karakteristik Campuran Gradasi FAA

Dari Gambar 5 menunjukkan grafik yang memperlihatkan setiap karakteristik yang ditarik garis polinomial terhadap penambahan kadar aspal. Dari hasil penarikan garis polinomial didapat bahwa:

semakin banyak kadar aspal, maka trend stabilitasnya akan menurun; semakin banyak kadar aspal, maka trend flow nya akan meningkat; semakin banyak kadar aspal, maka trend nilai VIM nya akan menurun; semakin banyak kadar aspal, maka trend VMA nya akan menurun; semakin banyak kadar aspal, maka trend VFB nya akan meningkat; dan semakin banyak kadar aspal, maka trend MQ akan menurun.

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat bahwa karakteristik campuran didapatkan dari rata-rata 3 benda uji menunjukkan nilai stabilitas memenuhi syarat diatas persyaratan minimal 975 kg. Hasil % kadar aspal terhadap nilai flow memenuhi syarat di antara 2,5 mm dan 4 mm. Hasil % kadar aspal terhadap nilai % VIM sebesar 5% dan 5,25%. Hasil % kadar aspal terhadap nilai % VMA memenuhi syarat diatas 15%. Hasil % kadar aspal terhadap nilai % VFB sebesar 5% dan 5,2%. Hasil MQ yang memenuhi syarat diatas 250 kg/mm.

Berdasarkan grafik karakteristik campuran gradasi FAA, dapat ditentukan kadar aspal optimum dari gradasi FAA menggunakan metode *bar-chart*. Kadar aspal optimum adalah kadar aspal tengah dari rentang yang memenuhi spesifikasi parameter *Marshall* seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Kadar Aspal Optimum (FAA)

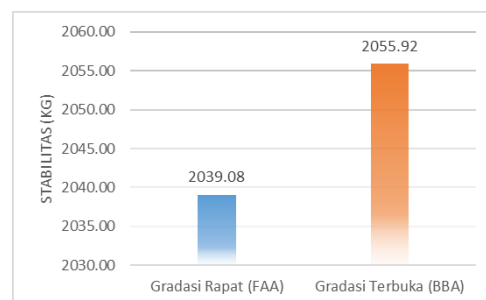
Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa pada kadar aspal 5,0 % dan 5,2% menghasilkan karakteristik campuran yang telah memenuhi spesifikasi. Sehingga kadar aspal optimum merupakan rata-rata kedua kadar aspal tersebut. Rata – rata kedua kadar aspal adalah sebesar 5,1%. Jadi kadar aspal

5,1% telah memenuhi sifat campuran dan akan digunakan dalam desain campuran untuk gradasi FAA.

Setelah didapatkan kadar aspal optimum dari masing-masing gradasi, maka selanjutnya dilakukan pembuatan benda uji campuran aspal dengan menggunakan nilai kadar aspal optimum. Adapun hasil penelitian yang telah dilakukan di laboratorium pada campuran aspal pada gradasi BBA dan gradasi FAA dengan kadar aspal optimum, diperoleh nilai-nilai Stabilitas, *Flow*, *Marshall Quotient*.

Stabilitas

Stabilitas campuran dalam pengujian *Marshall* ditujukan dengan pembacaan nilai stabilitas yang dikoreksi dengan angka tebal benda uji. Hasil nilai stabilitas campuran dengan menggunakan nilai kadar aspal optimum dari masing-masing gradasi yang digunakan tercantum pada Gambar 7.

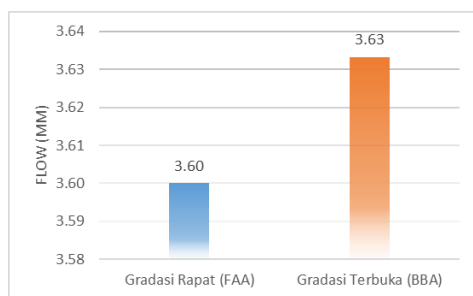


Gambar 7. Stabilitas Aspal Beton dengan Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan Gambar 7 dapat dilihat bahwa campuran gradasi terbuka BBA memiliki nilai stabilitas yang lebih besar daripada campuran gradasi rapat FAA. Ini disebabkan karena gradasi maupun butiran agregat yang digunakan pada campuran gradasi terbuka memiliki nilai fraksi kasar yang lebih besar. Walaupun memiliki nilai stabilitas yang berbeda, kedua jenis gradasi tersebut memiliki nilai stabilitas yang memenuhi standar spesifikasi yang disyaratkan sesuai dengan standar Spesifikasi *Federal Aviation Administration* (FAA) yaitu minimal 2150 lbs atau 975 kg.

Flow

Flow adalah tingkat keelehan yang menyatakan besarnya deformasi (penurunan). Nilai *flow* dipengaruhi oleh gradasi agregat, kadar Aspal, dan jenis aspal, serta bentuk permukaan batuan (Kusharto, 2007). Kelelahan merupakan parameter empiris yang menjadi indikator terhadap kelenturan atau perubahan bentuk plastis campuran beraspal yang diakibatkan oleh beban. Hasil nilai kelelahan (*flow*) campuran dari masing-masing gradasi yang digunakan tercantum pada Gambar 8.



Gambar 8. *Flow* Aspal Beton dengan Kadar Aspal Optimum

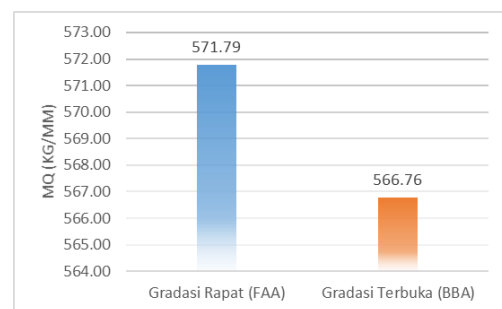
Berdasarkan Gambar 8 dapat dilihat bahwa campuran dengan gradasi terbuka memiliki nilai *flow* lebih tinggi dibandingkan campuran dengan gradasi rapat yaitu sebesar 3,63 mm. Berdasarkan hubungan kelelahan dengan kadar aspal menunjukkan bahwa secara keseluruhan dengan penambahan kadar aspal maka nilai kelelahan juga meningkat, hal ini disebabkan dengan bertambahnya kadar aspal, campuran menjadi semakin plastis. Sesuai sifat aspal sebagai bahan pengikat, maka semakin banyak aspal menyelimuti batuan semakin baik ikatan antara agregat dengan aspal yang menyebabkan nilai kelelahan menjadi tinggi. Campuran gradasi rapat maupun gradasi terbuka memiliki nilai yang memenuhi syarat dalam spesifikasi yaitu berada pada nilai kelelahan antara 2 mm – 4 mm.

Campuran yang memiliki nilai kelelahan yang rendah dan stabilitas yang tinggi, cenderung menjadi kaku/getas (*brittle*), dan rentan terhadap retak. Sedangkan campuran yang memiliki nilai kelelahan yang tinggi dengan stabilitas yang rendah cenderung

plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapatkan beban lalu lintas yaitu memiliki potensi untuk mengalami deformasi permanen pada saat terjadi pembebanan.

Marshall Quotient

Nilai *Marshall Quotient* (MQ) merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan kelelahan (*flow*) dan merupakan pendekatan terhadap tingkat kekakuan dan fleksibilitas campuran. Hasil nilai *Marshall Quotient* (MQ) campuran dari masing-masing gradasi yang digunakan tercantum pada Gambar 9.



Gambar 9. *Marshall Quotient* Aspal Beton dengan Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan Gambar 9 dapat dilihat bahwa campuran aspal gradasi BBA yaitu sebesar 566,9 Kg/mm dan campuran aspal gradasi FAA sebesar 571,8 Kg/mm. *Marshall Quotient* yang besar menunjukkan campuran lebih kaku dan tidak mudah terdeformasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium dan analisis data, maka dapat disimpulkan bahwa nilai stabilitas tertinggi pada gradasi BBA yaitu sebesar 2055,9 Kg dengan kadar aspal optimum 6,10% dan nilai stabilitas pada gradasi FAA sebesar 2039,1 Kg dengan kadar aspal optimum 5,1%. Hasil nilai stabilitas campuran aspal gradasi BBA lebih tinggi dibandingkan dengan gradasi FAA, hal ini disebabkan karena gradasi dan butiran agregat yang digunakan campuran gradasi terbuka (BBA) memiliki nilai fraksi kasar yang lebih besar.

Nilai *flow* campuran aspal beton gradasi BBA (3,63 mm) lebih tinggi dibandingkan dengan campuran aspal beton gradasi FAA,

hal ini dapat disebabkan karena tingginya nilai kadar aspal pada campuran.

Nilai *Marshall Quotient* terendah pada Campuran aspal beton gradasi BBA sebesar 566,9 Kg/mm menunjukkan bahwa campuran bersifat lebih plastis sedangkan campuran aspal beton gradasi FAA memiliki nilai *Marshall Quotient* lebih tinggi yaitu sebesar 571,8 Kg/mm bersifat lebih kaku. *Marshall Quotient* yang besar menunjukkan campuran lebih kaku dan tidak mudah terdeformasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Andhikata, A., Widodo, S., & Harnaeni R, S. (2015). Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course Gradasi Kasar. *Simposium Nasional Rekayasa Aplikasi Perancangan Dan Industri*, 14, 314–318.
- Association Française de Normalisation. *Enrobés hydrocarbonés – Bétons bitumineux pour chaussées aéronautiques (BBA). Norme Française. NF P 98-131. Saint-Denis. France.* (2009).
- Buana M, P., Sarwono, D., & Djumari. (2013). Tinjauan Karakteristik Marshall dan Kuat Tarik Tidak Langsung Campuran Panas Aspal Beton Menggunakan Sermabut Aspal Tipe I sebagai Binder. *Jurnal Online Matriks Teknik Sipil*, 1(4), 557–564.
- Federal Aviation Administration. (2012). Advisory Circular Advisory Circular. *Advisory Circular*, (August), 1–20. Retrieved from http://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_90-114.pdf
- Hakim, B., Widyatmoko, I., Fergusson, C., & Richardson, J. (2015). Uk airfield pavement design using french asphalts. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Transport*, 167(1), 27–36. <https://doi.org/10.1680/tran.7.00034>
- Kusharto, H. (2007). Pengaruh Gradasi Agregat Terhadap Perilaku Campuran Beton Aspal. *TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN*, 9(1), 55–63.
- Sudrajat. (2016). *Penilaian Agregat Buatan Berbahan Dasar fly ash Untuk Bahan Perkerasan Jalan di Berbagai Variasi Suhu Perawatan.*
- Sumiati, & Sukarman. (2014). Pengaruh Gradasi Agregat Terhadap Nilai Karakteristik Aspal Beton (Ac-Bc). *PILAR*, 10(1), 85–91.
- Yuliana, H., Karyawan, D. M. A., & Ahyudanari, E. (2018). The Effect of Slope Granulator on The Characteristic of Artificial Geopolymer Aggregate Used in Pavement. *Journal of Engineering Science and Technology*, 14(3).