



## Pengaruh Penggunaan Pasir Puger Sebagai Agregat Halus Terhadap Karakteristik (LASTON AC-WC)

Hamdani Nugroho<sup>1</sup>, Mirza Gulam Rifqi<sup>2</sup>, dan M. Shofiul Amin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi

<sup>1</sup>hamjay777@gmail.com\*, <sup>2</sup>mirza@poliwangi.ac.id, <sup>3</sup>shofiul@poliwangi.ac.id

### Abstract

*Asphalt concrete is a layer in the construction of highway pavement consisting of fine aggregate, coarse aggregate, filler, and asphalt. asphalt has several advantages compared to other materials. Therefore concrete asphalt is widely used and its needs have increased. To complement these needs, research is conducted as an alternative that is using Puger sand as fine aggregate. Puger sand is natural sand containing iron ore of approximately 49.7% and has a reserve of concentrate of approximately 700,000 tons. The purpose of this research was to determine the use of Puger sand as fine aggregate on the characteristics of Laston AC-WC. This study uses 5 variations including 100%, 75%, 50%, 25% and 0% Puger sand mixture and using asphalt content of 5%, 5.5%, 6%, 6.5% and 7%. Marshall test results that have been done produce an optimum asphalt content of 5.5% with a variation of the use of a 50% Puger sand mixture. Obtained stability 1763.54 kg, Flow 3.7 mm, MQ 474.5 kg / mm, VIM 4.14%, VMA 15.2%, and VFB of 72.46%. So that the use of Puger sand as fine aggregate can complement the Bina Marga General Specifications 2018.*

*Keywords: laston, asphalt, Puger sand, aggregate, filler, iron ore.*

### Abstrak

Aspal beton merupakan suatu lapisan pada konstruksi perkerasan jalan raya yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar, *filler*, dan aspal. Aspal beton sendiri mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan bahan-bahan lain. Oleh sebab itu aspal beton banyak digunakan dan kebutuhannya mengalami peningkatan, untuk memenuhi kebutuhan tersebut dilakukan penelitian Sebagai alternatif lain yaitu menggunakan pasir Puger sebagai agregat halus. Pasir pugger merupakan pasir alam yang mengandung biji besi sekitar 49,7 % dan memiliki cadangan konsentrat sekitar sebesar 700.000 Ton. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui penggunaan pasir pugger sebagai agregat halus terhadap karakteristik Laston AC-WC. Dari penelitian ini menggunakan 5 variasi yaitu 100%, 75%, 50%, 25% dan 0% campuran pasir pugger dan menggunakan kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7%. Hasil uji *Marshall* yang telah dilakukan diperoleh Kadar Aspal Optimum sebesar 5,5% dengan variasi penggunaan campuran pasir Puger 50%, dengan diperoleh Stabilitas 1763,54 kg, *Flow* 3,7 mm, *MQ* 474,5 kg/mm, *VIM* 4,14%, *VMA* 15,2%, dan *VFB* sebesar 72,46%. Sehingga penggunaan pasir Puger sebagai agregat halus dapat memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

Kata kunci: laston, aspal, pasir Puger, agregat, *filler*, biji besi.

Diterima Redaksi : 08-11-2020 | Selesai Revisi : 18-11-2020 | Diterbitkan Online : 04-12-2020

### 1. Pendahuluan

Aspal beton merupakan suatu lapisan pada konstruksi perkerasan jalan raya yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar, *filler*, dan aspal. Agregat halus yang digunakan sebagai campuran aspal pada umumnya merupakan pasir alam yang berasal dari sungai. Aspal

beton sendiri mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan bahan-bahan lain. Oleh sebab itu aspal beton banyak digunakan sehingga kebutuhan akan bahan dasar campuran yang dibutuhkan dalam skala besar, untuk memenuhi kebutuhan tersebut maka harus

mencari alternatif lain dengan memanfaatkan sumber daya alam sekitar.

Sebagai alternatif lain dengan pemanfaatan sumber daya alam yang akan digunakan untuk penelitian ini yaitu menggunakan pasir Puger sebagai agregat halus. Pasir puger didapatkan dari hasil tambang bukit pasir yang berada di kawasan pesisir Pantai Desa Nyamplong Kobong, Puger, Jember, Jawa Timur. Pasir puger memiliki sifat fisik yang berwarna hitam dan cenderung halus. Pasir puger merupakan pasir alam yang mengandung biji besi sekitar 49,7 % dan memiliki cadangan konsentrat sebanyak sebesar 700.000 Ton.

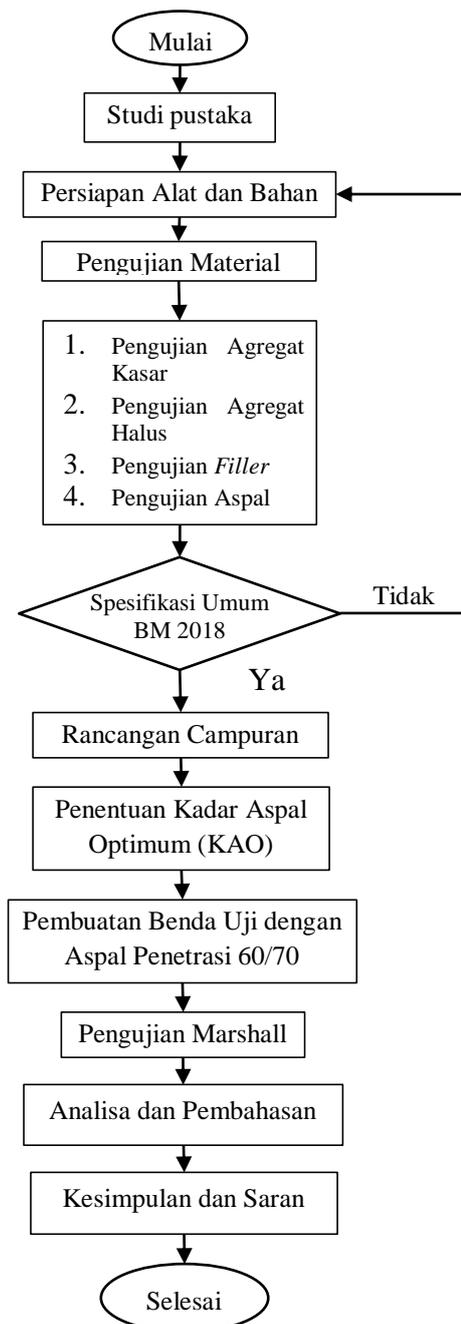
Pasir yang terdapat kandungan biji besi atau pasir besi dapat memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai agregat halus yang digunakan dalam campuran aspal beton lapisan aus AC-WC [1]. Dan karakteristik volumetrik campurannya menunjukkan bahwa penggunaan pasir besi sebagai agregat halus dapat menurunkan rongga antar agregat dalam campuran dan dapat meningkatkan nilai rongga terisi dalam campuran aspal [2].

Namun penggunaan pasir Puger sebagai agregat halus perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kadar optimum campuran pasir Puger dalam campuran aspal beton AC-WC. Dengan penelitian ini diharapkan pasir Puger dapat menjadi alternatif pengganti agregat halus yang berasal dari sungai dan dapat mengetahui pengaruh penggunaan pasir Puger terhadap campuran Laston AC-WC.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Uji Bahan Jalan Teknik Sipil Politeknik Negeri Banyuwangi. Penelitian yang dilakukan yaitu dengan penggunaan pasir puger sebagai agregat halus dan menggunakan aspal penetrasi 60/70 yang mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Langkah-langkah pelaksanaan penelitian menggunakan Metode Marshall yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 2.1 Studi pustaka
- 2.2 Persiapan alat dan bahan
- 2.3 Pengujian material
- 2.4 Rancangan campuran
- 2.5 Penentuan Kadar Aspal Optimum KAO
- 2.6 Pembuatan benda uji
- 2.7 Pengujian marshall
- 2.8 Analisa dan pembahasan
- 2.9 Kesimpulan dan saran



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Hasil Pengujian Agregat dan Aspal

Pengujian agregat yang dilakukan pada penelitian ini diantaranya pengujian berat jenis agregat, pengujian lolos saringan No. 200, pengujian *impact*, pengujian *Los Angeles*, pengujian analisa saringan, dan pengujian berat jenis *filler*. Sedangkan pengujian aspal yang dilakukan yaitu pengujian titik nyala, pengujian titik leleh, pengujian daktilitas, pengujian berat jenis aspal. Dari semua pengujian yang telah dilakukan telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

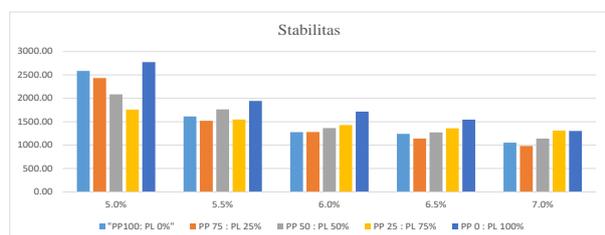
### 3.2 Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap [4]. Kebutuhan akan stabilitas setingkat dengan jumlah beban lalu lintas yang melalui jalan tersebut. Parameter-parameter yang diperlukan dan diperoleh dari pengujian marshall, dalam pengujian stabilitas benda dikondisikan dalam keadaan panas  $\pm 60^\circ\text{C}$  yang dinyatakan dalam (kg). Untuk hasil rekapitulasi nilai stabilitas dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Rekapitulasi Nilai Stabilitas

NILAI STABILITAS HASIL PENGUJIAN					
Macam Campuran	STABILITAS pp 100 : pl 0%	STABILITAS pp 75 : pl 25%	STABILITAS pp 50 : pl 50%	STABILITAS pp 25 : pl 75%	STABILITAS pp 0 : pl 100%
5.0%	2586.03	2434.13	2085.86	1759.83	2774.98
5.5%	1611.64	1519.01	1763.54	1548.65	1945.08
6.0%	1278.19	1281.16	1363.41	1430.10	1715.37
6.5%	1241.14	1141.11	1270.78	1359.70	1544.95
7.0%	1051.43	981.80	1141.11	1311.54	1304.13
Spesifikasi BM 2018	> 800	> 800	> 800	> 800	> 800

Dari hasil nilai pengujian stabilitas yang terdapat pada Tabel 1 selanjutnya data tersebut dipaparkan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Rekapitulasi Nilai Stabilitas

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa nilai rekapitulasi stabilitas pada masing- masing variasi kadar aspal sesuai dengan nilai yang diisyaratkan yang terdapat pada [3] yaitu dapat menahan beban minimum 800 Kg.

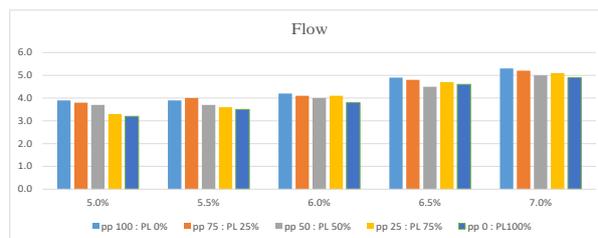
### 3.3 Flow

Flow merupakan Jumlah perubahan bentuk (deformasi) yang diukur dalam satuan millimeter yang ditunjukkan pada saat pembebanan. Flow menunjukkan tingkat kelenturan suatu campuran. Nilai flow dipengaruhi oleh gradasi agregat dan proses pemadatan dalam sebuah campuran aspal. Untuk hasil rekapitulasi nilai flow dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2. Rekapitulasi Nilai Flow

NILAI FLOW/ KELELEHAN HASIL PENGUJIAN					
Macam Campuran	Flow pp 100 : pl 0%	Flow pp 75 : pl 25%	Flow pp 50 : pl 50%	Flow pp 25 : pl 75%	Flow pp 0 : pl 100%
5.0%	3.9	3.8	3.7	3.3	3.2
5.5%	3.9	4.0	3.7	3.6	3.5
6.0%	4.2	4.1	4.0	4.1	3.8
6.5%	4.9	4.8	4.5	4.7	4.6
7.0%	5.3	5.2	5.0	5.1	4.9
Spesifikasi min	2	2	2	2	2
BM 2018 max	4	4	4	4	4

Dari hasil nilai pengujian stabilitas yang terdapat pada Tabel 2 selanjutnya data pengujian tersebut dipaparkan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Rekapitulasi Nilai Flow

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa nilai flow mengalami peningkatan dari kadar aspal 5% sampai dengan kadar aspal 7%. Dari hasil pengujian untuk nilai flow pada kadar aspal 5% dan 5,5% diperoleh nilai yang dapat memenuhi syarat pada [3], untuk kadar aspal 6% pada variasi PP 50% : PL 50% dan PP 0% : PL 100% saja yang dapat memenuhi syarat [3] yaitu 2 – 4 mm. Sedangkan nilai flow pada kadar aspal 6,5% dan 7% diperoleh nilai yang melebihi batas maksimum yang sudah ditetapkan..

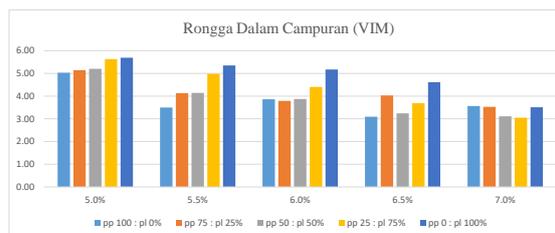
### 3.4 Void In Mix (VIM)

Rongga dalam campuran adalah volume total udara yang berada di antara partikel agregat yang terselimuti aspal dalam suatu campuran yang telah dipadatkan dan dinyatakan dalam persen volume bulk. Nilai VIM dipengaruhi oleh gradasi agregat, jumlah dan temperature pemadatan. Hasil rekapitulasi nilai rongga dalam campuran (VIM) dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3. Rekapitulasi Nilai Rongga dalam Campuran

NILAI VIM HASIL PENGUJIAN					
Macam Campuran	VIM pp 100 : pl 0%	VIM pp 75 : pl 25%	VIM pp 50 : pl 50%	VIM pp 25 : pl 75%	VIM pp 0 : pl 100%
5.0%	5.03	5.14	5.20	5.63	5.69
5.5%	3.50	4.13	4.14	4.98	5.35
6.0%	3.86	3.79	3.87	4.40	5.17
6.5%	3.09	4.03	3.24	3.69	4.61
7.0%	3.56	3.53	3.11	3.05	3.51
Spesifikasi BM 2018	5 - 3	5 - 3	5 - 3	5 - 3	5 - 3

Hasil pengujian rongga dalam campuran (VIM) yang terdapat pada Tabel 3 selanjutnya data tersebut dipaparkan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Rekapitulasi Nilai VIM

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa nilai rongga dalam campuran (VIM) mengalami penurunan dari kadar aspal 5% sampai

dengan kadar aspal 7%. Dari hasil pengujian untuk nilai *VIM* pada kadar aspal 6,5% dan 7% diperoleh nilai yang dapat memenuhi syarat pada [3], untuk kadar aspal 5,5% dan 6% pada variasi PP 0% : PL 100% saja yang tidak dapat memenuhi syarat [3] yaitu 3 - 5. Sedangkan nilai *VIM* pada kadar aspal 5% untuk semua variasi diperoleh nilai yang melebihi dari batas maksimum yang sudah ditetapkan. Nilai *VIM* terus menurun dengan bertambahnya kadar aspal, hal ini menunjukkan bahwa kadar aspal sangat berpengaruh terhadap rongga dalam campuran.

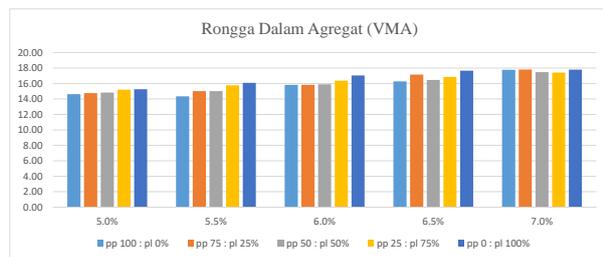
### 3.5 Rongga Dalam Agregat (VMA)

Rongga dalam agregat adalah rongga antar butiran agregat dalam campuran aspal yang sudah dipadatkan serta aspal efektif yang dinyatakan dalam persentase volume total campuran. Nilai *VMA* dipengaruhi oleh faktor pemadatan yaitu jumlah tumbukan dan temperature pemadatan. Hasil rekapitulasi nilai rongga dalam agregat (*VMA*) dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4. Rekapitulasi Nilai Rongga dalam Agregat

Macam Campuran	VMA	VMA	VMA	VMA	VMA
	pp 100 : pl 0%	pp 75 : pl 25%	pp 50 : pl 50%	pp 25 : pl 75%	pp 0 : pl 100%
5.0%	14.62	14.76	14.83	15.21	15.27
5.5%	14.34	15.01	15.02	15.76	16.09
6.0%	15.83	15.83	15.90	16.37	17.04
6.5%	16.27	17.15	16.47	16.86	17.66
7.0%	17.77	17.82	17.47	17.41	17.80
Spesifikasi BM 2018	> 15	> 15	> 15	> 15	> 15

Dari pengujian rongga dalam agregat (*VMA*) yang terdapat pada Tabel 4 selanjutnya data tersebut dipaparkan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Rekapitulasi Nilai VMA

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat bahwa nilai rongga dalam agregat (*VMA*) mengalami peningkatan dari kadar aspal 5% sampai dengan kadar aspal 7%. Dari hasil pengujian untuk nilai *VMA* pada kadar aspal 6% - 7% diperoleh nilai yang dapat memenuhi syarat pada [3], untuk kadar aspal 5.5% pada variasi PP 100% : PL 0% saja yang tidak dapat memenuhi syarat [3] yaitu minimum 15%. Sedangkan nilai *VMA* pada kadar aspal 5% untuk variasi PP 25% : PL 75% dan PP 0% : PL 100% saja yang dapat memenuhi syarat [3]. Nilai *VMA* semakin meningkat dengan penambahan kadar aspal, karena dengan kadar aspal yang semakin banyak semakin besar pula rongga-rongga udara yang tertutup oleh aspal tersebut, sehingga terjadi ikatan yang kuat

antara agregat dalam campuran. *VMA* yang kecil menyebabkan aspal menyelimuti agregat secara terbatas, sehingga menyebabkan mudah terjadinya kerusakan..

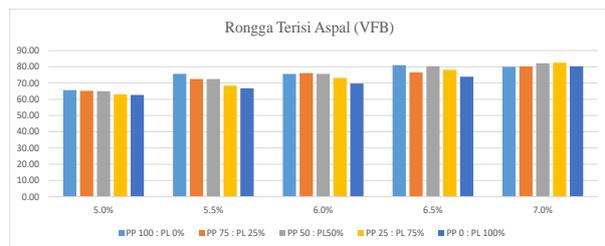
### 3.6 Rongga Terisi Aspal (VFB)

Rongga terisi aspal adalah persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan. Nilai *VFB* dipengaruhi oleh jumlah dan temperature pemadatan, gradasi agregat dan kadar aspal. Nilai *VFB* yang terlalu rendah akan mengurangi keawetan suatu campuran aspal sedangkan nilai *VFB* yang terlalu tinggi campuran aspal mudah mengalami *bleeding* karena rongga dalam campuran tidak tersedia atau terlalu kecil yang menyebabkan aspal naik ke permukaan. Hasil rekapitulasi nilai rongga terisi aspal (*VFB*) dapat dilihat pada Tabel 5

Tabel 5. Rekapitulasi Nilai Rongga Terisi Aspal (VFB)

Macam Campuran	NILAI VFA HASIL PENGUJIAN				
	VFA/VFB pp 100 : pl 0%	VFA/VFB pp 75 : pl 25%	VFA/VFB pp 50 : pl 50%	VFA/VFB pp 25 : pl 75%	VFA/VFB pp 0 : pl 100%
5.0%	65.60	65.19	64.95	63.00	62.71
5.5%	75.64	72.46	72.46	68.39	66.75
6.0%	75.62	76.08	75.69	73.11	69.65
6.5%	80.98	76.50	80.35	78.10	73.87
7.0%	79.96	80.19	82.19	82.49	80.31
Spesifikasi BM 2018	> 65	> 65	> 65	> 65	> 65

Dari pengujian rongga terisi aspal (*VFB*) yang terdapat pada Tabel 5 selanjutnya data tersebut dipaparkan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Rekapitulasi Nilai VFB

Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai rongga terisi aspal (*VFB*) mengalami peningkatan dari kadar aspal 5% sampai dengan kadar aspal 7% dari hasil tersebut untuk nilai rongga terisi aspal (*VFB*) pada kadar aspal 5,5% - 7% sudah sesuai dengan nilai yang diisyaratkan yang terdapat pada [3] yaitu minimum 65%, sedangkan untuk kadar aspal 5% pada variasi PP 100% : PL 0% dan PP 75% : PL 25% saja yang dapat memenuhi syarat [3]. Peningkatan nilai *VFB* yang terus meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal dalam campuran. Hal ini disebabkan rongga dalam campuran mengecil karena bertambahnya aspal yang meresap dan menyelimuti butiran agregat.

### 3.7 Marshall Quotient (MQ)

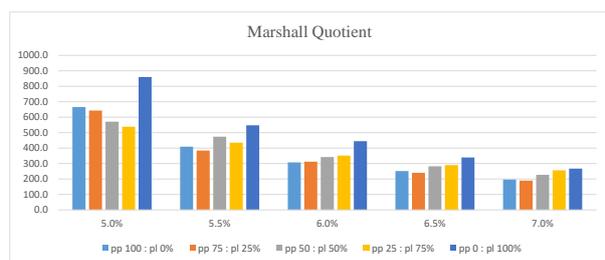
Nilai *Marshall Quotient (MQ)* merupakan indeks kelenturan suatu campuran berupa perbandingan antara stabilitas terhadap flow dengan satuan kg/mm. Nilai *MQ* ini dihubungkan dengan daya tahan perkerasan terhadap

deformasi. Semakin besar nilai MQ menandakan campuran semakin kaku/getas sehingga dapat terjadi retak apabila diberi beban, sedangkan semakin kecil nilai MQ menandakan campuran semakin lentur. Hasil rekapitulasi nilai Marshall Quotient dapat dilihat pada Tabel 6

Tabel 6. Rekapitulasi Nilai MQ

NILAI VMA HASIL PENGUJIAN					
Macam Campuran	VMA	VMA	VMA	VMA	VMA
	pp 100 : pl 0%	pp 75 : pl 25%	pp 50 : pl 50%	pp 25 : pl 75%	pp 0 : pl 100%
5.0%	14.62	14.76	14.83	15.21	15.27
5.5%	14.34	15.01	15.02	15.76	16.09
6.0%	15.83	15.83	15.90	16.37	17.04
6.5%	16.27	17.15	16.47	16.86	17.66
7.0%	17.77	17.82	17.47	17.41	17.80
Spesifikasi BM 2018	> 15	> 15	> 15	> 15	> 15

Hasil pengujian *Marshall Quotient* (MQ) yang terdapat pada Tabel 6 selanjutnya data tersebut dipaparkan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Rekapitulasi Nilai MQ

Berdasarkan Gambar 7 dapat dilihat bahwa nilai *Marshall Quotient* (MQ) mengalami penurunan dari kadar aspal 5% sampai dengan kadar aspal 7%. Dari hasil pengujian untuk nilai MQ pada kadar aspal 5% - 6% diperoleh nilai yang dapat memenuhi syarat pada [3] untuk kadar aspal 6,5% pada variasi PP 75% : PL 25% saja yang tidak dapat memenuhi syarat [3] yaitu minimum 250 kg/mm. Sedangkan nilai MQ pada kadar aspal 7% untuk semua variasi diperoleh nilai yang kurang dari batas minimum yang sudah ditetapkan.

### 3.8 Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar Aspal Optimum (KAO) adalah nilai tengah dari rentang kadar aspal yang menggambarkan hubungan antara kadar aspal rancangan dengan nilai dari setiap parameter karakteristik *Marshall* dan yang memenuhi sifat-sifat campuran serta ketentuan yang disyaratkan. Penentuan kadar aspal optimum (KAO) bertujuan untuk mengetahui kadar aspal yang baik atau kadar aspal efektif pada campuran lapis aspal beton. Dari masing-masing grafik hubungan antara parameter pengujian *Marshall* dengan variasi kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7% diperoleh nilai kadar aspal optimum yang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Grafik Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan Gambar 8 menunjukkan hubungan parameter *Marshall* dengan kadar aspal pada penggunaan variasi pasir Puger sebagai agregat halus diperoleh kadar aspal optimum yaitu 5,5% dengan variasi penggunaan pasir Puger 50% : pasir Lumajang 50%. Dari hasil tersebut maka dapat diartikan bahwa kadar aspal yang baik digunakan dalam campuran lapis aspal beton dengan menggunakan pasir puger adalah 5,5% variasi pasir Puger 50% : pasir Lumajang 50% untuk nilai parameter *marshall*nya sudah sesuai dengan [3].

## 4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada campuran Laston AC-WC dengan menggunakan campuran pasir Puger sebagai agregat halus diperoleh beberapa kesimpulan yaitu :

1. Penggunaan pasir puger sebagai agregat halus pada campuran Laston AC-WC didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yaitu pada (Pb) sebesar 5.5% variasi pasir Puger 50% : pasir Lumajang 50% dengan nilai Stabilitas 1.763,54 kg, *Flow* 3,7 mm, Rongga dalam campuran (VIM) 4,14%, rongga dalam agregat (VMA) 15,02%, rongga dalam aspal (VFB) 72,46%, dan *Marshall Quotient* (MQ) 474,5kg/mm yang sudah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.
2. Semakin banyaknya penambahan kadar pasir Puger dan kadar aspal nilai stabilitas mengalami penurunan dikarenakan penambahan pasir puger dan kadar aspal menyebabkan kelelahan yang cukup tinggi sehingga nilai *Flow*nya mengalami peningkatan. Namun adanya penambahan pasir puger menurunkan nilai *VIM* dan *VMA* dikarenakan penambahan pasir Puger dapat menutup pori agregat dan daya ikat antar agregat lebih kuat sehingga campuran bersifat kedap air. Sedangkan, nilai *VFB/VFA* mengalami peningkatan dan hasil bagi *Marshall* atau *Marshall Quotient* (MQ) cenderung mengalami penurunan dengan bertambahnya kadar aspal dan kadar pasir Puger. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan ada beberapa hal yang dapat disarankan untuk dilanjutkan dengan mengkombinasikan penggunaan pasir pasir Puger sebagai agregat halus dengan kombinasi dan komposisi campuran tertentu lainnya yang dapat meningkatkan hasil pengujian *Marshall*.

### **Daftar Rujukan**

- [1]. Hamid Aly, S., & Takdir, T. 2011. Penggunaan Pasir Besi Sebagai Agregat Halus Pada Beton Aspal Lapisan Aus. *Jurnal Transportasi*, 123-134.
- [2]. Pusat Sumber Daya Geologi. 2014. *Pasir Besi Di Indonesia Geologi, Eksplorasi dan Pemanfaatnya*. Bandung: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- [3]. Spesifikasi Umum Bina Marga. 2018. *Divisi 6.3 Campuran Beraspal Panas*. Jawa Timur: Badan Standartisasi Nasional.
- [4]. Sukirman, S. 2010. *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*. Bandung: Nova.