

## **KINERJA CAMPURAN ASPAL PORUS BERBAGAI GRADASI PADA ASPAL PENETRASI 60/70**

**Oktavianus Klau Bria<sup>(1)</sup>, Imam Trianggoro Saputro<sup>(2)</sup>, Muh. Akhsan Samaila<sup>(3)</sup>, Jhoni Mangi<sup>(4)</sup>**

<sup>1,3</sup> Jurusan Teknik Sipil, Program Studi Diploma III Teknik Sipil, Politeknik Saint Paul Sorong

<sup>2,3</sup> Jurusan Teknik Sipil, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sorong

Email: Okta.Bria@gmail.com

### **ABSTRAK**

Aspal Porus merupakan struktur dengan lapisan perkerasan yang memiliki rongga-rongga yang cukup antara 10-30% kadar rongga dalam campuran sehingga memungkinkan air tidak tergenang di permukaan jalan, meredam suara, mengurangi percikan air dan meningkatkan skid resisten sehingga meningkatkan keselamatan dalam berkendara. Permasalahan perkerasan aspal porus (open grade) secara umum terletak pada nilai struktural perkerasan seperti nilai stabilitas yang masih rendah dibandingkan dengan perkerasan gradasi rapat (dense grade). Penelitian ini secara umum bertujuan untuk mengetahui kinerja aspal porus dengan mengambil parameter dari stabilitas, flow, Marshal Question, Porositas dan Permeabilitas dengan membandingkan tiga gradasi yang berbeda. Antara lain gradasi Australia, gradasi Jepang dan gradasi New Zealand menggunakan aspal Penetrasi 60/70 Ex. ESSO dan material lokal agregat kasar dan halus pada Quarry baingket kabupaten Sorong, Papua Barat. Hasil uji kinerja memenuhi parameter spesifikasi AAPA 2002 diperlihatkan oleh gradasi Jepang dengan Stabilitas 750 kg, Marshall Question 200 kg/mm, Porositas 15% dan Permeabilitas 0,19 cm/dt. Sedangkan gradasi Australia dan New Zealand dibawah spesifikasi Marshall Question yaitu 140 dan 175 dapat dikatakan gradasi tersebut agak kaku dalam menerima beban, yang disyaratkan harus >200 kg/mm.

**Kata Kunci:** Aspal Porus, Gradasi, Permeabilitas, Porositas.

### **1. PENDAHULUAN**

Pembangunan yang semakin meningkat menuntut adanya penambahan infrastruktur, diantaranya adalah fasilitas jalan raya. Namun hal ini menyebabkan berkurangnya lahan hijau yang berdampak pada minimnya daerah resapan air, sehingga pembangunan jalan raya di Indonesia selain dituntut dapat memperbaiki tingkat keselamatan dan kenyamanan juga dituntut pembangunan jalan yang ramah terhadap lingkungan. Penggunaan aspal porus sebagai bahan konstruksi jalan diharapkan dapat mengurangi permasalahan tersebut, karena dengan menggunakan aspal porus sebagai bahan konstruksi jalan diharapkan dapat meresapkan air ke dalam tanah, sehingga pembuatan air tanah dapat terus terjadi.

Sifat-sifat aspal porus ditentukan oleh gradasi agregat, disamping juga tergantung dari sifat-

sifat bahan pembentuk aspal porus itu sendiri. Pemilihan gradasi merupakan proses yang tidak mudah dalam menentukan sifat-sifat aspal porus yang diinginkan, hampir setiap lembaga penelitian di berbagai negara mempunyai gradasi agregat yang spesifik berdasarkan resep yang tersedia, dan gradasi tersebut tidak selalu cocok (compatible) jika digunakan dengan material dan metode produksi yang berbeda.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penggunaan gradasi agregat yang telah dibuat beberapa negara seperti Inggris (Richardson,2002), Jepang (Takahashi & Manfred,1999), dan Standar Gradasi Australia (AAPA,2002). Dengan mengambil material lokal yang terdapat di kota dan Kabupaten Sorong. Kemudian ditetapkan jenis gradasi yang memberikan nilai terbaik atas dasar observasi terhadap nilai Marshall Properties, Permeabilitas.

Adapun dari tujuan penelitian ini untuk mengetahui dan menentukan karakteristik campuran Aspal Porus menggunakan gradasi jepang, australia dan gradasi New Zealand terhadap perbandingan gradasi pada kadar aspal optimum dari sifat-sifat marsahall (nilai stabilitas dan permeabilitas) menggunakan agregat halus dan kasar pada quarry baingkete Kec. Makbon dengan pengikat aspal penetrasi 60/70 Ex. ESSO.”

**2. TINJAUAN PUSTAKA**

Bahan Campuran Aspal Porus terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (filler), dan aspal. Bahan-bahan tersebut sebelum digunakan harus diuji terlebih dahulu untuk mengetahui sifat-sifat dari bahan tersebut. Guna mendapatkan lapis perkerasan yang baik dan memenuhi persyaratan haruslah yang tepat antara agregat dengan kadar aspal optimum Pengecek Kinerja gradasi Aspal Porus dari beberapa negara seperti Australia, Jepang, New Zealand. dapat dilihat pada tabel 1.

Parameter Kinerja perkerasan Aspal Porus

Parameter kinerja perkerasan aspal porus adalah ukuran yang membatasi atau tolak ukur kinerja (performance) dari perkerasan aspal porus. Parameter kinerja juga dapat diartikan sebagai besaran terukur dari karakteristik yang menjadi penilaian performance yang dibandingkan dengan parameter standar yang menjadi tolak ukur campuran aspal porus (Nur Ali, 2012). Pada tahun 2002 Australian Road Standar

melaporkan perkerasan campuran aspal porus dengan berbagai parameter pada tabel 2.

**Tabel 1.** Gradasi Agregat Campuran Aspal Porus

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat Yang Lolos Ag. Maks. 10 mm
19,00	100
12,50	100
9,5	85-100
4,75	20-45
2,36	10-20
1,18	6-14
0,6	5-10
0,3	4-8
0,15	3-7
0,75	2-5
Total	100
<b>Kadar Aspal</b>	<b>5,0-7,0</b>

(Sumber : Australian Asphalt Pavement Association, 2004)

**Tabel 2.** Tipe OGPA New Zealand

Sieve PFe Gradation	Gradasi "A" 19 mm(3/4-inch) max	Gradasi "B" 12,5 mm(1/2-inch) max
¼ - 19,0 mm	100	
½ - 12,7 mm	70-100	100
¾ - 9,5 mm	35-75	100
No.4 / 4,75 mm	25-40	80-100
No.8 / 2,36 mm	10-20	10-20
No.30/0,060 mm	3-10	3-10
No.200/0,075 mm	0-5	0-5

(Sumber : Fletcher E, 2011)

**Tabel 3.** Gradasi Jepang

Ukuran Ayakan (mm)	%Berat yang Lolos Agg. Maks. 13 mm
14	92-100
9,5	62-81
4,75	10-31
2,36	10-21
0,6	4-17
0,3	3-12
0,15	3-8
0,075	0,075

(Sumber : Gradasi Jepang , 1999)

Karakteristik Marshall, Kinerja aspal porus diperoleh melalui hasil pengujian marshall Test yang meliputi kinerja stabilitas, flow, VIM, MQ. Spesifikasi open graded porous asphalt dibatasi pada nilai pada tabel 4.

**Tabel 4.** Ketentuan Campuran Aspal Porus

No.	Kriteria Perencanaan	Nilai
1	Nilai Cantabro loss (%)	Maks.35
2	Koefisien Permeabilitas (cm/s)	0,1-0,5
3	Kadar Rongga di Dalam Campuran ( VIM %)	18-25
4	Stabilitas Marshall (kg)	Min.500
5	Kelelahan Marshall (mm)	2-6
6	Kekakuan Marshall (kg/mm)	Maks. 400
7	Jumlah Tumbukan Perbidang	50

(Sumber : Australian Asphalt Pavement Association, 2002)

Porositas Adalah kandungan rongga dalam campuran yang sangat dipengaruhi oleh jumlah agregat kasar dalam perkerasan aspal porus. Nilai Porositas dihitung menggunakan rumus densitas yang menunjukkan kepadatan campuran aspal porus seperti ditunjukkan dalam persamaan

$$D = 4Ma / \pi d^2 L \dots\dots\dots 1$$

dimana,

- D = Densitas Spesiment (gr/cm<sup>2</sup>)
- d = Diameter spesiment (cm)
- Ma = Berat Spesiment di Udara (gr)
- L = Rata-rata Tebal Speciment (cm)

Spesific Grafity Campuran, menunjukkan berat jenis campuran, yaitu :

$$SG \text{ Mix} = \frac{100}{\frac{\%W_a}{SG_a} + \frac{\%W_f}{SG_f} + \frac{\%W_b}{SG_b}} \dots\dots\dots 2$$

dimana,

SGmix = Spesific Grafity Campuran (gr/cm<sup>3</sup>)

%w = %Berat tiap Komponen

SG = Spesific Grafity tiap komponen (gr/cm<sup>3</sup>)

Porositas (P) / Void in Mix (VIM), benda uji dihitung berdasarkan densitas dan spesific grafity dari benda uji ini di dapatkan,dinyatakan dalam % :

$$P = \{1 - (D / Sgmix) \times 100\} \dots\dots\dots 3$$

contoh Gradasi Australia sampel (AU-A-4)

dimana,

- D = 2,10
- Sgmix = 2,51
- P = {1 - (2,0 / 2,51) x 100}
- P = 20,4 %

Permeabilitas adalah sifat yang menunjukkan kemampuan material untuk meloloskan zat alir (fluida) baik udara maupun air. Pengujian permeabilitas ini merupakan sarana yang sangat penting untuk Aspal Porus. Dalam penelitian ini, permeabilitas vertikal dan horisontal keduanya akan dihitung. Tipe dari tes permeabilitas ini yaitu falling head water permeability test. Besarnya koefisien permeabilitas dihitung rumus sebagai berikut (Putranto, 2011):

$$k = 2,3 \frac{aL}{At} \left[ \text{Log} \left( \frac{h_1}{h_2} \right) \right]$$

2.15

Dimana :

k = Koefisien permeabilitas air (cm/detik)

a = Luas penampang tabung (cm<sup>2</sup>)

L = Tinggi benda uji (cm)

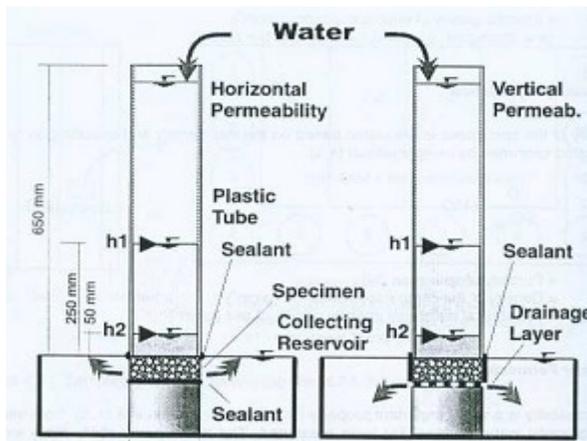
A = Luas penampang benda uji (cm<sup>2</sup>)

t = Waktu yang dibutuhkan untuk

mengalirkan air dari h<sub>1</sub> ke h<sub>2</sub> (detik)

h<sub>1</sub> = Tinggi batas air paling atas (cm)

h<sub>2</sub> = Tinggi batas air paling bawah (cm)



Gambar 1. Water permeability test (Sumber: Kandall dan Mallick, 2001).

### 3. METODOLOGI

Metode eksperimental digunakan dalam penelitian ini dengan mengadakan percobaan di laboratorium. Aspal porus diproduksi dengan menggunakan jenis agregat dan bitumen yang sama, namun dengan gradasi yang berbeda.

Pada masing-masing jenis gradasi itu selanjutnya dilakukan observasi terhadap nilai karakteristik untuk dapat ditetapkan nilai optimum bitumen contentnya. Selanjutnya dengan nilai optimum ini, dapat dilakukan observasi lain untuk mengetahui nilai stabilitas marshall, Porositas, Permeabilitas dan uji kehausan(Cantabrian test). Berdasarkan nilai terbaik dari properties tersebut kemudian digunakan untuk menetapkan jenis gradasi terbaik dengan menggunakan material lokal.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian dari Laboratorium Politeknik Saint Paul Sorong dengan mengetahui sifat dan kualitas dari masing-masing bahan penyusun agregat. Rangkuman hasil pemeriksaan agregat disajikan pada Tabel 5 sampai Tabel 7 di bawah ini.

**Tabel 5.** Karakteristik bahan *Aspal Penetrasi 60/70 Ex. ESSO*

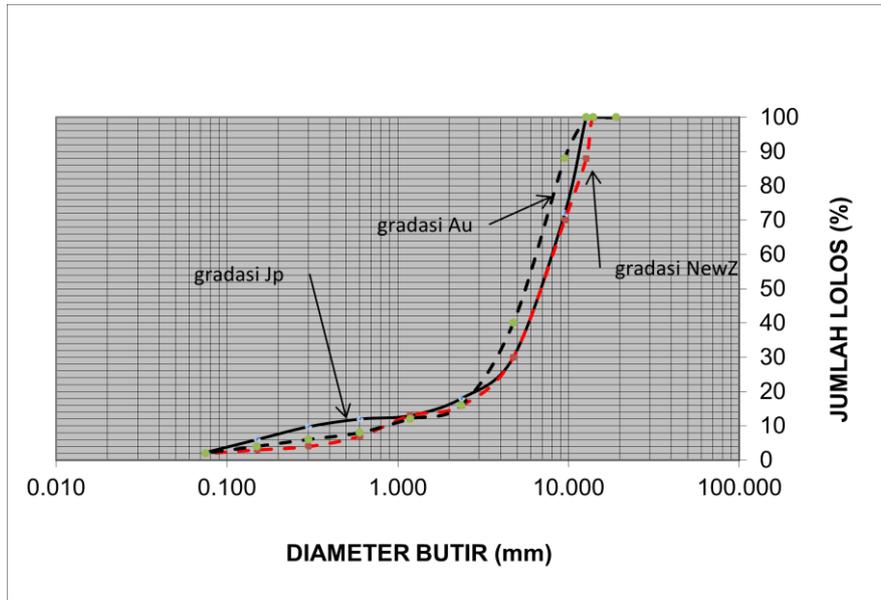
No.	Pengujian	Metode Pengujian	Satuan	Persyaratan		Hasil
				Min	Maks	
1	Penetrasi (25°C, 5 dtk, 100 gr)	ASTM D 5-95	0,1mm	60	70	69
2	Penetrasi Setelah Kehilangan Berat	ASTM D 5	% asli	80	-	81,2
3	Titik Nyala (COC)	ASTM D 92-90	° C	232	-	320
4	Titik Lembek	ASTM D 36-86	° C	48	56	49,7
5	Berat Jenis (25° C)	ASTM D 70-82	-	1.01	1,06	1,037
6	Kehilangan berat (TFOT)	ASTM D 1754-94	% berat	-	0,2	0,144
7	Daktilitas Pada 25°C, 5 cm/menit	ASTM D 113-86	cm	100	-	>140
8	Viscositas 280 Cst (Temp. pemadatan)	ASTM D 5	° C	-	-	152
9	Daktilitas setelah TFOT	ASTM D 36-86	cm	100	-	>140
10	<i>Kadar parafin</i>	SNI. 03 - 3639 - 1994	%	-	2	0,27

(Sumber : Hasil pengujian oleh PT. AKAM Pada Balai Litbang Perkerasan Jalan, 2017)

**Tabel 6.** Hasil Pengujian sifat-sifat fisik agregat Tipe Gradasi Australia

No.	Pengujian	Metode Pengujian	Persyaratan		Hasil Uji Agregat
			Min	Maks	
<b>a. Agregat Kasar</b>					
1	Penyerapan (%)	SNI-03-1969-1990	-	3.00	0.908
2	a. Berat Jenis Bulk (gr/cc)		2.50	-	2.691
	b. Berat Jenis SSD (gr/cc)		2.50	-	2.715
	c. Berat Jenis Semu (gr/cc)	2.50	-	2.758	
3	Keausan Agregat (%)	SNI-03-2417-1991		40	26
<b>b. Agregat Halus (Pasir Alam)</b>					
1	Penyerapan (%)	SNI-03-1970-1990	-	3.00	2.114
2	a. Berat Jenis Bulk (gr/cc)		2.50	-	2.499
	b. Berat Jenis SSD (gr/cc)		2.50	-	2.552
	c. Berat Jenis Semu (gr/cc)	2.50	-	2.639	
3	<i>Sand Equivalent (S.E), (%)</i>	SNI-03-4428-1997	50	-	98,59
<b>c. Agregat Halus Hasil Pecah Mesin</b>					
1	Penyerapan (%)	SNI-03-1970-1990	-	3.00	0.705
2	a. Berat Jenis Bulk (gr/cc)		2.50	-	2.671
	b. Berat Jenis SSD (gr/cc)		2.50	-	2.690
	c. Berat Jenis Semu (gr/cc)	2.50	-	2.722	
3	<i>Sand Equivalent (S.E), (%)</i>	SNI-03-4428-1997	50	-	86,1

Penggunaan gradasi agregat untuk campuran aspal melebihi dari atas dan batas bawah dari sebuah porus harus sesuai dengan batas-batas dari gradasi. Dari analisa gradasi pada penelitian ini gradasi yang digunakan, yaitu tidak boleh diperoleh hasil seperti pada tabel berikut



Gambar 2. Grafik Tipikal Nilai Tengah Gradasi

Tabel 7. Hasil Modifikasi Campuran Aspal Porus

TIPIKAL NILAI TENGAH GRADASI ASPAL PORUS				
Ukuran ayakan		Kompenen dari 3 Gradasi		
ASTM	(mm)	Tp. Gr Au	Tp. Gr Jp	Tp. Gr OGPA New Zealand
3/4 in	19,000	100	100	100
5/8 in	14,000	100	100	100
1/2 in	12,700	100	100	88
3/8 in	9,500	88	72	70
No. 4	4,750	40	30	30
No. 8	2,360	16	18	16
No.16	1,180	12	13	13
No. 30	0,600	8	12	7
No. 50	0,300	6	10	4
No. 100	0,150	4	6	3
No. 200	0,075	2	2	2

Dari hasil pengujian marshall dan volumetrik pada setiap gradasi dapat dibuat grafik hubungan antara stabilitas, flow, marshall Questient, Porositas dan Densitas dengan kadar aspal sebesar 4.0, 4.5, 5, 5.5, 6 seperti disajikan pada tabel .... Dari hasil data tersebut diperoleh aspal optimum untuk gradasi Austalia : 5,25%, gradasi jepang : 5% dan gradasi New Zealand : 4,75%.

Hasil pengujian Marshall pada kadar aspal optimum disajikan pada tabel ....dan ... dari aplikasi ketiga gradasi dapat dilihat bahwa penambahan kadar aspal akan memperbesar nilai densitas campuran aspal porus. hal ini mengakibatkan berkurangnya nilai porositas pada campuran aspal porus.

Nilai densitas pada kadar aspal optimum dari setiap jenis gradasi yaitu :

- a. Pada gradasi Australia diperoleh nilai densitas 2,13 gr/cm<sup>3</sup>
- b. Pada gradasi Jepang diperoleh nilai densitas 2,23 gr/cm<sup>3</sup>
- c. Pada gradasi New Zealand diperoleh nilai densitas 2,18 gr/cm<sup>3</sup>

Nilai porositas pada kadar aspal optimum dari setiap jenis gradasi yaitu :

- a. Pada gradasi Australia diperoleh nilai porositas 17,4%
- b. Pada gradasi Jepang diperoleh nilai porositas 15%

- c. Pada gradasi New Zealand diperoleh nilai porositas 18%

Nilai permeabilitas pada kadar aspal optimum dari setiap jenis gradasi yaitu :

- a. Pada gradasi Australia diperoleh nilai permeabilitas 0,4 cm/dt
- b. Pada gradasi Jepang diperoleh nilai permeabilitas 0,19 cm/dt
- c. Pada gradasi New Zealand diperoleh nilai permeabilitas 0,45 cm/dt

**Tabel 8.** Hasil Perhitungan dan Pengujian Permeabilitas

No.	Gradasi	Kode Aspal	Densitas D (gr/cm <sup>3</sup> )	SG mix	Porositas/ VIM (%)	kh (cm/dt)	Stabilitas	
<b>A</b>								
1	Australia	Au-A-4	2,10	2,51	16	0,31	341	
2		Au-B-4	2,00	2,51	20	0,58	382	
3		Au-C-4	1,99	2,51	21	0,44	410	
				2,03	2,51	19	0,44	378
4		Au-A-4,5	2,01	2,49	19	0,60	478	
5		Au-B-4,5	2,05	2,49	18	0,37	519	
6		Au-C-4,5	2,05	2,49	18	0,30	464	
				2,04	2,49	18	0,42	487
7		Au-A-5	2,01	2,47	19	0,44	505	
8		Au-B-5	2,01	2,47	19	0,42	464	
9		Au-C-5	2,04	2,47	18	0,40	601	
				2,02	2,47	18	0,42	523
10		Au-A-5,5	2,04	2,46	17	0,37	546	
11		Au-B-5,5	2,01	2,46	18	0,47	587	
12		Au-C-5,5	2,06	2,46	16	0,28	614	
			2,04	2,46	17	0,38	583	
13	Au-A-6	1,98	2,44	19	0,31	478		
14	Au-B-6	2,16	2,44	11	0,05	410		
15	Au-C-6	1,99	2,44	18	0,48	410		
			2,04	2,44	16	0,28	432	
<b>B</b>								
1	Jepang	Jp-A-4	2,04	2,49	18	0,31	616	
2		Jp-B-4	2,05	2,49	18	0,33	573	
3		Jp-C-4	2,08	2,49	16	0,30	573	
				2,06	2,49	17	0,32	587
4		Jp-A-4,5	2,04	2,47	17	0,23	659	
5		Jp-B-4,5	2,07	2,47	16	0,26	601	
6		Jp-C-4,5	2,09	2,47	15	0,26	630	
				2,07	2,47	16	0,25	630
7		Jp-A-5	2,06	2,45	16	0,18	831	
8		Jp-B-5	2,08	2,45	15	0,18	759	
9		Jp-C-5	2,10	2,45	14	0,17	687	
				2,08	2,45	15	0,18	759
10		Jp-A-5,5	2,03	2,43	17	0,12	716	
11		Jp-B-5,5	2,09	2,43	14	0,17	730	
12		Jp-C-5,5	2,15	2,43	12	0,17	974	
			2,09	2,43	14	0,15	807	
13	Jp-A-6	2,07	2,42	14	0,12	558		
14	Jp-B-6	2,09	2,42	13	0,19	601		
15	Jp-C-6	2,10	2,42	13	0,15	616		
			2,09	2,42	14	0,15	592	
<b>C</b>								

1	OGPA New Zealand	Us-A-4	2,02	2,47	18	0,48	594
2		Us-B-4	2,00	2,47	19	0,39	428
3		Us-C-4	1,98	2,47	20	0,46	484
			2,00	2,47	19	0,44	502
4		Us-A-4,5	1,98	2,45	19	0,48	553
5		Us-B-4,5	2,01	2,45	18	0,42	567
6		Us-C-4,5	2,00	2,45	19	0,39	567
			2,00	2,45	19	0,43	562
7		Us-A-5	2,04	2,44	16	0,48	594
8		Us-B-5	2,03	2,44	17	0,41	622
9		Us-C-5	1,97	2,44	19	0,41	525
			2,02	2,44	17	0,43	580
10		Us-A-5,5	2,02	2,42	17	0,30	470
11		Us-B-5,5	2,02	2,42	16	0,54	511
12		Us-C-5,5	2,00	2,42	17	0,31	484
		2,01	2,42	17	0,38	488	
13	Us-A-6	2,04	2,40	15	0,28	470	
14	Us-B-6	2,01	2,40	16	0,26	415	
15	Us-C-6	2,00	2,40	17	0,39	470	
		2,02	2,40	16	0,31	451	

Tabel 9. Kinerja Aspal Porus pada Kadar Aspal Optimum

No	Uraian	Variasi Gradasi			Spesifikasi AAPA 2002
		Gr Au	Gr. Jp	Gr. New Z	
		1	2	3	4
1	Kadar Aspal Optimum	5,25	5	4,75	-
2	Stabilitas	550	750	550	> 500 kg
3	Flow	3,8	4	3,3	2-6 mm
4	Marsahall Quentient	140	200	175	maks. 400
5	Porositas - VIM	17,4	15	18	10-30 %
6	Permeabilitas	0,4	0,19	0,45	0,1-0,5 cm/dt

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis kinerja aspal porus pada bab sebelumnya maka dapat bahwa penelitian ini menunjukkan bahwa nilai stabilitas dari yang tertinggi sampai pada yang terendah secara berurutan yaitu : pada gradasi Jepang 750 kg, pada gradasi OGPA New Zealand 550 kg dan gradasi Australia 550 kg. Dari yang disyaratkan >500 kg; Hasil penelitian Porositas dari yang tertinggi sampai yang terendah secara berurutan yaitu : gradasi OGPA New Zealand 18 %, gradasi Australia 17,4 % dan gradasi Jepang 15 %. Dari

yang disyaratkan 10-30 %; Hasil penelitian permeabilitas dari yang tertinggi sampai yang terendah secara berurutan yaitu : gradasi OGPA New Zealand 0,45 cm/dt, gradasi Australia 0,4 cm/dt dan gradasi Jepang 0,19 cm/dt. dari yang disyaratkan 0,1-0,5 cm/dt; Dari pengamatan terhadap nilai stabilitas (pada marshall test) dan Uji Permeabilitas Test cara horisontal (FHP), dapat disimpulkan bahwa gradasi Jepang adalah gradasi terbaik dibandingkan dengan gradasi yang lainnya, Mengingat bisa memberikan nilai

tertinggi untuk uji stabilitas, Meskipun permeabilitasnya agak rendah.

Asphalt”, EMPA Uberlandstrase 129 CH-8600 Dubendorf, Switzerland.

## **6. DAFTAR PUSTAKA**

- Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, Edisi 2010(Revisi 3) Spesifikasi Umum.
- RSNI M-06-2004, Cara uji Campuran Beraspal panas untuk ukuran Agregat Maksimum 25,4 mm(1 inchi) sampai dengan 36 mm (1,5 inchi) dengan alat marshall
- Austalian Asphalt Pavement Association. 2004. National Asphalt Specification.
- Fletcher E, and A.J, Theron.2011. Performance Og Open Grade Porous in New Zealand MWH. Ltd, Hamilton, New Zealand.
- Hardiman, M.Y. 2008. The Comparison of Engineering Properties Between Single and Double Layer Porous Asphalt made of Packing Gradation.
- Seryawan Ari., Sanusi.2008. Obsevasi Properties Aspal Porus berbagai Gradasi dengan Material Lokal. Jurnal Media Teknik Sipil. Surakarta.
- SNI 03-1968-1990, Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan. Agregat Halus Dan Kasar.
- Sarwono D., dan A.K Wardhani. 2007. Pengukuran Sifat Fermeabilitas Campuran Porous Asphalt. Jurnal Media Teknik Sipil. Juli 2007/131.UNS. Surakarta.
- Takahashi, Shigekhi & Partl, Manfred, (1999), “Improvement of mix Design for Porous