

PEMANFAATAN LIMBAH BETON SEBAGAI BAHAN CAMPURAN ASPAL PORUS

Berlian Kurnia Wilujeng

Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: berliankurnia96@hotmail.com

Yogie Risdianto, S.T., M.T.

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: risdi75@yahoo.com

Abstrak

Di Indonesia, limbah beton yang digunakan sebagai substitusi material pada konstruksi perkerasan jalan masih belum dikembangkan. Aspal porus merupakan campuran perkerasan yang memiliki porositas tinggi dibanding dengan jenis perkerasan lain. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik *marshall* dan permeabilitas dari campuran limbah beton untuk perkerasan jalan aspal porus.

Pada penelitian ini, metode yang digunakan yaitu dengan menggunakan standar gradasi *Australian Asphalt Pavement Association (2004)*. Digunakan variasi kadar aspal campuran limbah beton adalah 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dengan menggunakan aspal pen 60/70. Masing-masing dibuat 3 benda uji untuk dilakukan pengujian Marshall dan 2 benda uji untuk dilakukan pengujian Permeabilitas.

Hasil analisis dari penelitian menunjukkan kadar aspal optimum sebesar 5,75%. Dengan menggunakan limbah beton sebagai campuran aspal porus, memberikan pengaruh yang signifikan pada nilai *Void In Mix*, stabilitas, flow, dan juga permeabilitas.

Kata Kunci: Aspal Porus, Limbah Beton, Marshall, Permeabilitas

Abstract

Indonesia, has many waste concrete from construction and never used to be wasted a new material construction. Porous asphalt is a mixture of a asphalts that has a high porosity compared to other types of road pavement. The purpose of this research is to know the characteristics of Marshall and permeability of of the concrete waste mixture for porous asphalt pavement.

This research conducted by Australian Asphalt Pavement Association (2004). Used variation of asphalt content mixture of concrete waste are 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6%, 6.5% using asphalt pen 60/70. Created 3 test objects for Marshall testing and 2 test objects for permeability testing.

The results of this research showed optimum asphalt levels of 5.75%. By using concrete waste as a porous asphalt mixture, it gives a significant effect on the Void value in Mix, stability, flow, and also permeability.

Keywords: Porous Asphalt, Concrete Waste, Marshall, Permeability.

PENDAHULUAN

Indonesia beriklim tropis dan memiliki curah hujan yang cukup tinggi. Kerusakan permukaan perkerasan lentur disebabkan oleh air yang menggenang. Apabila air hujan tidak bisa langsung mengalir ke saluran air di sisi jalan raya dan tergenang untuk beberapa lama, aspal jalan akan terkelupas dan berlubang. Genangan air merupakan ancaman ketika air berada diantara ban dan permukaan jalan.

Penggunaan aspal porus bisa menjadi solusi dari permasalahan kondisi jalan tersebut. Pemilihan aspal porus dinilai cocok dengan kondisi jalan di Indonesia.

Aspal porus memiliki banyak keuntungan bagi pengguna jalan dan lingkungan, seperti fungsi drainase yang mampu meresapkan air pada arah vertikal maupun horizontal lalu mengalirkannya bebas ke permukaan lapisan di bawahnya. Permukaan aspal porus sangat kasar dan kesat sehingga lebih menjaga keselamatan pengguna jalan.

Dalam pelaksanaan konstruksi, banyak pula limbah-limbah beton hasil dari pengujian dan pembongkaran bangunan. Kontribusi limbah beton terhadap timbunan sampah konstruksi cukup besar. Hal ini sejalan dengan semakin meningkatnya aktifitas konstruksi bangunan. Di Indonesia, limbah konstruksi biasanya tidak

dimanfaatkan dengan baik. Sebagian besar dibuang begitu saja di lahan terbuka dan beberapa digunakan sebagai bahan urugan. Ketersediaan material tersebut sangat banyak. Sehingga potensi untuk mendaur ulang sangat mungkin untuk dilakukan (Soelarso, dkk, 2016). Karena itu diperlukan pemanfaatan kembali limbah-limbah beton yang terbuang untuk bahan konstruksi, salah satunya sebagai bahan campuran aspal.

Permasalahan yang dapat dirumuskan adalah pengaruh pemakaian limbah beton pada campuran aspal porus terhadap karakteristik *marshall* dan permeabilitas serta persentase Kadar Aspal Optimum (KAO) yang dapat dicapai jika limbah beton digunakan pada campuran aspal porus. Sedangkan tujuan yang ingin dicapai berdasarkan rumusan masalah adalah mengetahui pengaruh pemakaian limbah beton pada campuran aspal porus terhadap karakteristik *marshall* dan permeabilitas serta mengetahui persentase Kadar Aspal Optimum (KAO) yang dapat dicapai jika limbah beton digunakan pada campuran aspal porus.

Berdasarkan uraian tersebut diharapkan dapat mengurangi jumlah limbah produksi beton yang masih minim dalam pemanfaatannya. Selain itu juga dapat memberikan perbaikan pada proses penyerapan air sehingga mengurangi resiko kecelakaan lalu lintas yang diakibatkan oleh genangan air diatas permukaan jalan.

Definisi Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak/cair, sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (Silvia Sukirman, 1999).

Aspal Porus

Campuran aspal porus dikembangkan sebagai usaha untuk mengurangi percikan air dari roda kendaraan, serta mengurangi kemungkinan terjadinya *aquaplaning* (peristiwa meluncurnya kendaraan tanpa dapat dikendalikan karena suatu lapis tipis air antar roda dengan permukaan jalan pada saat jalan basah) (Wignall, Arthur, 2003).

Filler

Soehartono (2014) mendefinisikan, *filler* adalah mineral paling halus dari agregat beton aspal, berukuran kurang dari saringan nomor 200, dan tidak boleh mengandung kelembapan. Paling cocok untuk *filler*

adalah semen portland yang bebas kelembapan, karena dikemas dalam karung. Bebas lembap ini penting karena *filler* tidak melewati mesin pemanas, masuk langsung ke pugmill melalui screw intrusion.

Agregat

Agregat merupakan padatan yang mengisi rongga secara pejal, meskipun terdiri dari berbagai ukuran (Soeharto, 2014). Berdasarkan didapatkannya bahan, agregat terdiri dari agregat alam dan agregat buatan. Agregat alam diperoleh secara alamiah di alam ini dengan sedikit pengolahan seperti pasir dan kerikil. Agregat buatan adalah agregat yang memerlukan proses pemecahan batu dengan alat pemecah batu (*stone crusher*) untuk dijadikan material yang memenuhi syarat sebagai bahan perkerasan jalan (Saodang, 2005).

Limbah Beton

Limbah beton adalah buangan atau sisa-sisa yang dihasilkan dari suatu proses penghancuran struktur beton. Limbah beton bisa didapatkan dari pembangunan atau renovasi gedung yang sedang dilaksanakan. Penggunaan limbah beton ini akan mengurangi pembuangan sisa beton secara percuma dan selain itu menggunakan limbah beton juga akan memberikan inovasi untuk tidak bergantung pada material baru.

Pengujian Marshall

Pengujian *Marshall* adalah pengujian wajib untuk beton aspal, untuk mengetahui dan memenuhi sifat beton aspal sesuai dengan yang kita harapkan. Dari tes *marshall* akan diketahui berapa persen kandungan aspal yang diperlukan untuk gradasi.

Dalam *standard* ASTM D 1559-89, untuk menghitung hasil pengujian *marshall*, digunakan rumus sebagai berikut:

$$MQ = S/Flow$$

Keterangan:

MQ = Nilai *Marshall Quotient* (kg/mm)

S = Stabilitas Marshall (Kg)

Flow = Pembacaan dial *flow* (mm)

Nilai porositas dihitung menggunakan rumus densitas yang menunjukkan kepadatan campuran, seperti ditunjukkan dalam persamaan berikut:

$$D = \frac{4Ma}{\pi d^2 L}$$

Keterangan:

D = Densitas spesimen (gr/cm²)

d = Diameter spesimen (cm)

Ma = Berat spesimen di udara (gr)

L = Rata-rata tebal spesimen (cm)

Spesific Grafity Campuran, menunjukkan berat jenis campuran.

$$SG_{mix} = \frac{100}{\frac{\%W_a}{SG_a} + \frac{\%W_f}{SG_f} + \frac{\%W_b}{SG_b}}$$

Keterangan:

SG_{mix} = *Spesific Grafity* campuran (gr/cm³)

%W = % Berat tiap komponen

SG = *Spesific Grafity* komponen (gr/cm³)

Porositas (P)/ *Void In Mix* (VIM), benda uji dihitung berdasarkan densitas dan *spesific grafity* dari benda uji yang dipadatkan, dinyatakan dalam %:

$$P = \left[1 - \frac{D}{SG_{mix}} \right] \times 100$$

Stabilitas dinyatakan dalam satuan kg dan diperoleh dari pembacaan arloji pada alat uji *Marshall* dengan persamaan sebagai berikut:

$$Stability = O \times E' \times Q$$

Keterangan:

Stability = Stabilitas *Marshall* (kg)

O = Pembacaan arloji stabilitas (Lbf)

E' = Angka korelasi volume benda uji

Q = Kalibrasi alat *Marshall*

Flow menunjukkan besarnya deformasi dari campuran beton aspal akibat beban yang bekerja pada perkerasan. *Flow* merupakan salah satu indikator terhadap lentur. Nilai *flow* diperoleh dari pembacaan arloji kelelahan pada alat uji *Marshall* dan dinyatakan dalam satuan mm.

Pengujian Permeabilitas

Pengujian permeabilitas dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan perkerasan aspal porus untuk mengalirkan air. Permeabilitas mempengaruhi durabilitas dan stabilitas campuran aspal. Koefisien permeabilitas dapat diketahui dari persamaan berikut.

$$K = 2,3 \times \left(\frac{H}{T} \right) \times \log A \left(\frac{H+5 \text{ cm}}{H} \right)$$

Keterangan:

K = Koefisien Permeabilitas (cm/detik)

H = Tebal Benda Uji (cm)

T = Waktu yang diperlukan untuk meresap (detik).

Nilai K berkisar antara 0,187 cm/detik–0,844 cm/detik.

Nilai koefisien permeabilitas dapat didekati dengan persamaan empiris yang sudah banyak digunakan dari analisis hidrolika. Menurut formula yang diturunkan dari hukum Darcy dalam Diana, I.W., (2004) adalah sebagai berikut:

$$Q = K.A \left(\frac{\Delta h}{L} \right)$$

Keterangan:

Q = Volume aliran (cm³/detik)

K = Koefisien permeabilitas (cm/detik)

A = Luas penampang (cm²)

$\Delta h / L$ = Hidrolik gradien (tidak berdimensi)

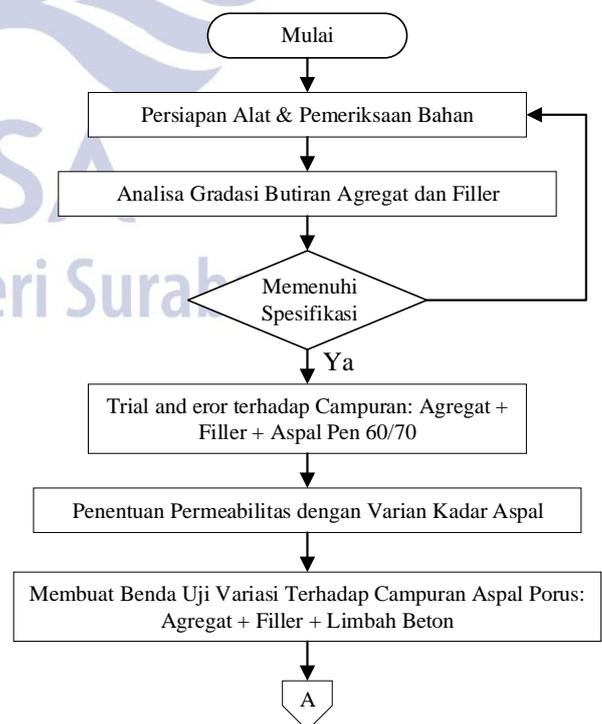
METODE

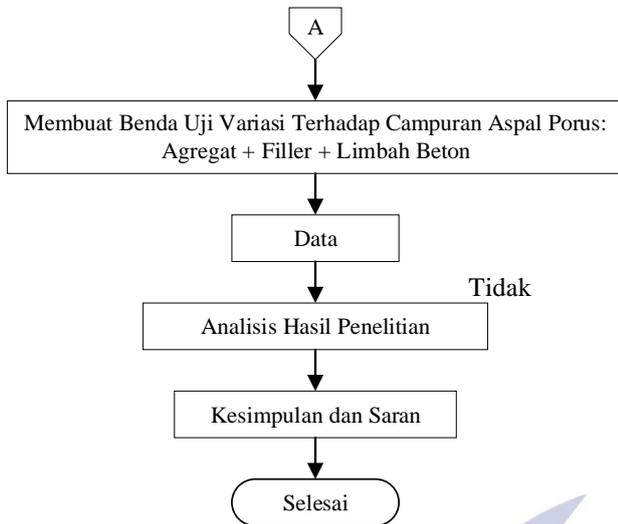
Penelitian ini adalah uji eksperimental pada pengujian aspal porus dengan bahan limbah beton sebagai agregat yang disubstitusikan pada aspal penetrasi 60/70. Aspal tersebut adalah aspal yang pada umumnya digunakan di Indonesia. Seluruh kegiatan penelitian dilakukan di Laboratorium PT. Merakindo Mix. Jenis penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif, sebab penelitian ini merupakan salah satu jenis penelitian yang spesifikasinya sistematis, terencana, dan terstruktur dengan jelas sejak awal hingga pembuatan desain penelitiannya.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya yang beralamat di Jl. Ketintang, Ketintang, Kec. Gayungan, Kota SBY, Jawa Timur. Sasaran penelitian ini adalah kadar aspal optimum pada campuran limbah beton dengan menggunakan *fly ash* sebagai *filler*.

Teknologi/metode yang mengembangkan limbah beton sebagai material pada konstruksi perkerasan jalan di Indonesia masih minim dilakukan. Pada penelitian ini akan dilakukan substitusi antara limbah beton terhadap aspal porus pen 60/70 yang diharapkan mampu memberikan alternatif/solusi dalam penggunaan material limbah beton pada konstruksi perkerasan jalan.

Tahapan dan prosedur yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:





Gambar 1. Flow Chart Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengujian yang dilakukan, diperoleh nilai-nilai karakteristik material aspal, yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan aspal porus. Komposisi rancangan campuran terbagi atas:

- 1) Agregat kasar (10mm -15mm)
- 2) Agregat medium (5mm - 10mm)
- 3) Agregat halus (0mm -5mm)
- 4) *Filler Fly Ash*

Rancangan komposisi campuran dilakukan analisa saringan menggunakan alat saringan agregat dari ukuran bukaan saringan yang terbesar yaitu ½"-200" dimana akan menghasilkan gradasi untuk pencampuran. Komposisi campuran gradasi gabungan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Gradasi Gabungan untuk Karakteristik Aspal Porus dengan Bahan Limbah Beton

Ukuran Saringan	Agregat Kasar (10-15 mm)		Agregat Sedang (5-10 mm)		Agregat Halus (0-5 mm)		Filler Fly Ash		Total	Spesifikasi AAPA	
	Lolos	35%	Lolos	45%	Lolos	18%	Lolos	2%		Min	Max
¾"	100.00	35.00	100.00	45.00	100.00	18.0	100	2.0	100	100	100
½"	81.49	28.52	100.00	45.00	100.00	18.0	100	2.0	94	85	100
⅜"	18.18	6.36	86.76	39.04	100.00	18.0	100	2.0	65	45	70
4"	0.11	0.04	0.95	0.43	87.57	15.8	100	2.0	18	10	25
8"	0.06	0.02	0.04	0.02	64.90	11.7	100	2.0	14	7	15
16"	0.06	0.02	0.02	0.01	40.07	7.2	100	2.0	9	6	12
30"	0.06	0.02	0.02	0.01	34.15	6.1	100	2.0	8	5	10
50"	0.00	0.00	0.00	0.00	24.02	4.3	100	2.0	6	4	8
100"	0.00	0.00	0.00	0.00	11.07	2.0	99.25	2.0	4	3	7
200"	0.00	0.00	0.00	0.00	4.24	0.8	99.1	2.0	3	2	5

Beberapa hal yang perlu ditinjau untuk mengetahui kinerja dari benda uji aspal porus dengan bahan limbah beton diantaranya nilai VIM (*Void in Mix*), stabilitas, kelelahan (*flow*), dan Permeabilitas. Pengujian ini untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) pada campuran, yang kemudian di analisa untuk memenuhi karakteristik campuran.

a. Analisis Terhadap Nilai VIM

VIM atau *Void in Mix* merupakan volume pori yang masih tersisa setelah campuran aspal dipadatkan dan dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat. Nilai VIM berpengaruh terhadap keawetan lapis perkerasan. Semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat *pourous*. Dan jika nilai VIM yang terlalu rendah akan menyebabkan *bleeding*.

Tabel 2. Analisis Terhadap Nilai VIM

Kadar Aspal (%)	VIM (%)	Spesifikasi (%)	Keterangan
4	24.32	(18-23) <i>Australian Asphalt pavement Association</i>	Memenuhi
4,5	23.18		Memenuhi
5	21.51		Memenuhi
5,5	20.66		Memenuhi
6	19.60		Memenuhi
6,5	18.71		Tidak

Nilai VIM yang disyaratkan *Australian Asphalt pavement Association* berada diantara 18%-23%. Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa pada campuran limbah beton yang dapat memasuki persyaratan berada diantara kadar aspal 5%-6,5%.

b. Analisis Terhadap Nilai Stabilitas

Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan dan gradasi agregat yaitu gesekan antar butiran agregat (*internal friction*) dan penguncian antar agregat (*interlocking*), daya lekat (*cohesion*), dan kadar aspal dalam campuran. Pemakaian aspal dalam campuran akan menentukan nilai stabilitas campuran tersebut. Dengan penambahan aspal, nilai stabilitas akan meningkat hingga batas maksimum. Penambahan aspal diatas batas maksimum akan menyebabkan menurunnya stabilitas campuran itu sehingga lapis perkerasan menjadi kaku dan bersifat getas. Nilai stabilitas berpengaruh pada fleksibilitas lapis perkerasan yang dihasilkan.

Tabel 3. Analisis Terhadap Nilai Stabilitas

Kadar Aspal (%)	Stability (kg)	Spesifikasi (kg)	Keterangan
4	903,21	(Min. 500) <i>Australian Asphalt pavement Association</i>	Memenuhi
4,5	925,03		Memenuhi
5	938,12		Memenuhi
5,5	955,57		Memenuhi
6	959,93		Memenuhi
6,5	942,48		Memenuhi

Nilai minimal stabilitas yang disyaratkan *Australian Asphalt pavement Association* yaitu 500kg. Pada Tabel 3 menunjukkan bahwa hasil dari pengujian stabilitas pada aspal porus menggunakan limbah beton mengalami peningkatan meskipun pada kadar 6,5% mengalami penurunan. Stabilitas aspal porus dengan bahan limbah beton mengalami peningkatan hingga 959,93 kg.

c. Analisis Terhadap Nilai Kelelahan (*Flow*)

Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar aspal, gradasi agregat, jumlah dan temperatur pematatan. Campuran yang memiliki angka kelelahan rendah dengan stabilitas tinggi cenderung menjadi kaku dan getas. Sedangkan campuran yang memiliki angka kelelahan tinggi dan stabilitas rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapat beban lalu lintas. Nilai *flow* dipengaruhi oleh kerapatan campuran yang baik, aspal yang cukup dan stabilitas yang baik.

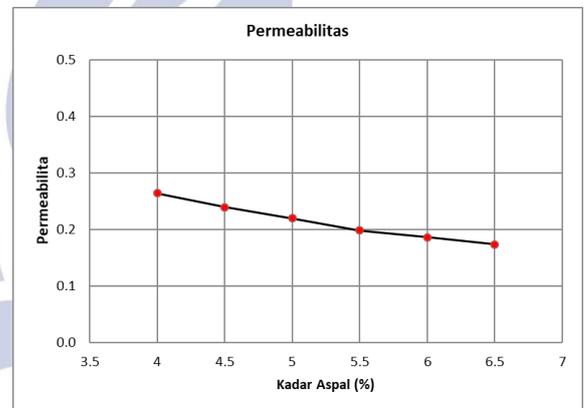
Nilai *Flow* yang disyaratkan *Australian Asphalt pavement Association* berada diantara 2mm-6mm. Pada Tabel 4 menunjukkan hasil dari pengujian kelelahan atau *flow* aspal porus dengan bahan limbah beton memiliki *flow* 3,3 mm dengan kadar aspal 5,5%.

Tabel 4. Analisis Terhadap Nilai *Flow*

Kadar Aspal (%)	<i>Flow</i> (mm)	Spesifikasi (mm)	Keterangan
4	3,10	(Min. 2-6) <i>Australian Asphalt pavement Association</i>	Memenuhi
4,5	3,13		Memenuhi
5	3,25		Memenuhi
5,5	3,30		Memenuhi
6	3,20		Memenuhi
6,5	3,00		Memenuhi

d. Analisis Terhadap Nilai Permeabilitas

Hasil dari pengujian permeabilitas pada aspal porus menggunakan limbah beton mengalami penurunan disetiap kadar aspal yang semakin besar. *Interlocking* antara ikatan agregat semakin kuat dan menyebabkan rongga menjadi sempit, sehingga cela air untuk mengalir juga semakin kecil dan hal tersebut mempengaruhi waktu kecepatan aliran.

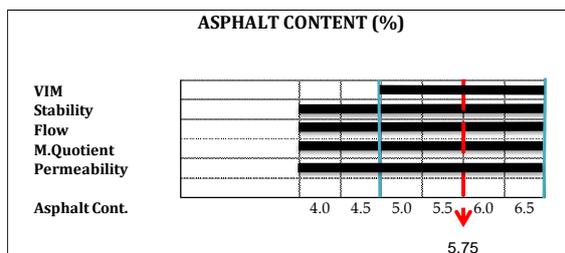


Gambar 2. Grafik Analisis Nilai Permeabilitas

Syarat permeabilitas pada spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* menunjukkan bahwa nilai berada diantara 0,1cm/det-0,5cm/det. Pada campuran limbah beton, semua kadar dapat memenuhi spesifikasi. Pada Gambar 2 menunjukkan campuran limbah beton memiliki penurunan hingga 0,17 cm/det.

e. Hail Kadar Aspal Optimum Limbah Beton

Dari pengabungan nilai VIM, stabilitas, *flow*, dan juga permeabilitas akan mendapatkan suatu selang kadar aspal yang memenuhi syarat, kemudian diambil nilai tengah dari selang tersebut.



Gambar 3. KAO Aspal Porus dengan Limbah Beton

Dari grafik penentuan KAO diatas menunjukkan bahwa pada kadar aspal 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5% yang memenuhi spesifikasi terletak pada kadar aspal 5% sampai dengan kadar 6,5%. Dari pengambilan nilai tengah yang memenuhi spesifikasi tersebut, dapat disimpulkan bahwa penggunaan limbah beton sebagai campuran aspal porus memenuhi karakteristik *marshall* dan permeabilitas memiliki KAO sebesar 5,75%.

SIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan pemanfaatan limbah beton sebagai bahan campuran aspal porus dapat disimpulkan bahwa pengaruh dari pemakaian limbah beton sebagai campuran agregat terhadap karakteristik *marshall* yaitu terdapat peningkatan nilai VIM sebesar 24.32% dan stabilitas yang mencapai nilai 959,93kg. Selain itu peningkatan juga terjadi pada *flow* yang mencapai 3,3mm. Untuk nilai permeabilitas, nilai terendah terdapat pada kadar aspal tertinggi. Dapat disimpulkan apabila nilai kadar aspal semakin tinggi maka hasil pengujian permeabilitas juga akan semakin menurun. Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang dapat dicapai limbah beton pada campuran aspal porus yaitu 5,75%.

DAFTAR PUSTAKA

Anonymous. *American Society for Testing and Materials*, (1989), *Marshall Stability Test Apparatus*, ASTM designation: D-1559-62 T, Philadelphia, PA.

Anonymous. *Australian Asphalt Pavement Association*. 2004. *National Asphalt Specification*.

Diana, I.W., 2004, *Studi Rongga Menerus dan Kinerja Permeabilitas Perkerasan Aspal Porus Lapis Ganda*, Bandar Lampung: Fakultas Teknik, UNILA.

E & FN Spon, 1998, *Asphalt Surfacing, USA and Canada: Routledge*.

Hamirhan Saodang, 2005, *Konstruksi Jalan Raya*, Bandung: NOVA.

Prawiro Bangun, Pasca O.T. Nugraha, 2014, *Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar Pada Campuran Aspal Porus Dengan Tambahan Gilsonite*.

Putra Ramadhan, Rizky. 2016. *Pengaruh Penambahan Limbah Botol Plastik (PET) Terhadap Karakteristik Marshall dan Permeabilitas pada Aspal Berpor*. Surabaya: REKATS. 01(01): 371-380.

Silvia Sukirman, 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Bandung: NOVA.

Soehartono, 2014, *Teknologi Aspal dan Penggunaannya*, Yogyakarta: ANDI.

Standar Nasional Indonesia, Badan Standardisasi Nasional. 2003. "Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas Dengan Alat Marshall RSNI M-01-2003".

Surya Mukti, Ayuningtyas. 2017. *Analisis Pengaruh Substitusi Asbuton LGA (Lawele Greanular Asphalt) pada Aspal Penetrasi 60/70 Terhadap Campuran Aspal Porus*. Surabaya: REKATS. 01(01): 381-387.

Susanto Andriyas, Sayekti S.P, 2016, *Pengaruh Limbah beton dan Marmer pada Campuran Aspal Porus dengan Bahan Tambahan Gilsonite*.

Wignall, Arthur, 2003, *Proyek Jalan Teori dan Praktek*, Jakarta: Erlangga.