

# PENGARUH PENAMBAHAN ADITIF TERHADAP KINERJA CAMPURAN BERASPAL PORUS

**Ludfi Djakfar**

Jurusan Teknik Sipil  
Universitas Brawijaya  
Jln. Veteran, Malang 65141  
Tlp. (0341) 577200  
ldjakfar@ub.ac.id;

**Yulvi Zaika**

Jurusan Teknik Sipil  
Universitas Brawijaya  
Jln. Veteran, Malang 65141  
Tlp. (0341) 577200  
cicizaika@ub.ac.id

**Hendi Bowoputro**

Jurusan Teknik Sipil  
Universitas Brawijaya  
Jln. Veteran, Malang 65141  
Tlp. (0341) 577200  
bowo94@ub.ac.id

## Abstract

One of the challenges in implementing the porous asphalt mix is its low stability, which in some cases as low as 500 kg, making it hard to be implemented even in the collector road system. The objective of the research is to evaluate addition of Gilsonite and Latex additives to the porous mix, in search of better or higher stability. Evaluation in this study follows the Marshall procedure. The result shows that adding Gilsonite increases mix stability up to 900 kg and it also performs better compared with the latex-added mix. However, it reduces the permeability capability of the mix, for some points. In the future, further research could be conducted to evaluate gradation modification for increasing its permeability.

**Keywords:** porous asphalt mixture, Marshall method, permeability, additive

## Abstrak

Salah satu kendala utama campuran beraspal porus adalah rendahnya stabilitas campuran tersebut, yang pada beberapa penelitian sebelumnya hanya dapat mencapai maksimum 500 kg, sehingga kurang memungkinkan untuk diterapkan pada jalan dengan fungsi kolektor sekalipun. Tujuan penelitian ini adalah melakukan evaluasi terhadap penambahan aditif yang diduga dapat meningkatkan kinerja Marshall campuran beraspal porus. Dua jenis aditif, yaitu Gilsonite HMA Modifier Grade dan Lateks dipilih sebagai aditif campuran beraspal porus. Evaluasi pada studi ini dilakukan berdasarkan prosedur pengujian Marshall. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa penambahan aditif Gilsonite meningkatkan kinerja Marshall secara signifikan, khususnya pada stabilitas. Aditif Gilsonite memberikan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan lateks, walaupun penambahan aditif Gilsonite menurunkan kemampuan permeabilitas campuran. Di masa depan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait dengan modifikasi gradasi untuk meningkatkan permeabilitas campuran.

**Kata-kata kunci:** campuran beraspal porus, metode Marshall, permeabilitas, aditif

## PENDAHULUAN

Penambahan penduduk di kawasan perkotaan yang cukup pesat menyebabkan perubahan tata guna lahan, yaitu dari lahan pertanian menjadi lahan permukiman dan pusat bisnis. Konsekuensi dari kondisi tersebut adalah berkurangnya ruang terbuka hijau dan berkurangnya kemampuan wilayah dalam menyerap air, khususnya pada waktu musim hujan.

Jalan di perkotaan menempati ruang lebih dari 15% luas lahan. Saat ini jenis struktur jalan yang paling banyak digunakan adalah jenis jalan beraspal dan jalan dari

beton semen portland, yang dari awalnya dirancang untuk kedap air. Konsep alternatif perlu dikembangkan, seperti beton aspal porus, yang mana sebagian air masih bisa masuk ke dalam tanah tanpa mengganggu kinerja jalan.

Penelitian-penelitian tentang campuran beraspal porus umumnya masih mengeluhkan rendahnya nilai stabilitas campuran tersebut (Djakfar, 2012). Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan untuk dapat meningkatkan stabilitas campuran, sehingga campuran dapat dipakai pada jalan kolektor.

Penggunaan perkerasan porus sebenarnya telah dilakukan sejak tahun 1960-an di Eropa untuk struktur landas pacu bandara (Zhang, et al., 2012), yang kemudian berkembang khususnya di Eropa. Saat ini sekitar 90% jaringan jalan di Belanda telah mengadopsi perkerasan porus (Huurman, et al., 2009). Di Jepang setiap kebijakan rehabilitasi jalan adalah mengganti perkerasan lama dengan dengan perkerasan porus (Nakahara, et al., 2004). Djakfar, et al. (2012) melakukan penelitian terkait dengan pengembangan sistem pondasi perkerasan porus yang akan memberikan kemampuan permeabilitas yang optimum dengan tanpa mengurangi secara signifikan kekuatan pondasi.

Salah satu kendala utama penerapan perkerasan beraspal porus adalah kinerja campurannya yang masih rendah. Penelitian oleh Djakfar, et al. (2013), terkait dengan kinerja campuran beraspal porus, mendapatkan bahwa jika dibandingkan dengan struktur campuran beraspal konvensional, stabilitas campuran beraspal porus hanya dapat mencapai sekitar 480 kg, masih lebih kecil dibandingkan dengan persyaratan Bina Marga untuk campuran beraspal konvensional, yaitu sebesar 800 kg. Artinya dengan tingkat stabilitas yang hanya pada tataran 600 kg, campuran beraspal porus belum dapat digunakan pada jalan nasional maupun provinsi atau pada jalan dengan lalu lintas berat. Hal ini dapat dipahami karena pada campuran beraspal porus gaya internal jauh lebih kecil dibandingkan dengan campuran beraspal konvensional, karena faktor rongga yang lebih besar pada campuran beraspal porus sehingga faktor interaksi antaragregat menjadi berkurang dan menurunkan nilai stabilitas. Gaya internal antaragregat ini merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi nilai stabilitas, selain faktor ikatan yang dilakukan oleh aspal.

Agar nilai stabilitas campuran porus dapat ditingkatkan, secara teoritis yang dapat dilakukan adalah meningkatkan daya ikat aspal sehingga berkontribusi terhadap nilai stabilitas. Terdapat beberapa macam aditif yang dapat dipakai untuk meningkatkan daya ikat aspal, seperti Lateks, Gilsonite, maupun High Bonding Asphalt.

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) mengetahui pengaruh penambahan Gilsonite HMA Modifier Grade dan Lateks terhadap karakteristik Marshall; dan
- 2) menentukan persentase kadar Gilsonite HMA Modifier Grade dan Lateks optimum yang ditambahkan pada campuran beraspal Porus.

## METODE PENELITIAN

### Persiapan Material

Material, yang terdiri atas agregat halus dan agregat kasar, yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari daerah Mojokerto, Jawa Timur. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan bahwa agregat dari kawasan Mojokerto merupakan agregat yang paling banyak digunakan untuk pekerjaan jalan, baik di Jawa Timur maupun di kawasan lainnya. Sedangkan bahan aditif yang digunakan dipesan dari masing-masing distributornya. Kemudian semua material diuji sesuai dengan standar Bina Marga dan Standar Australia untuk spesifikasi campuran beraspal porus.

### Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian dilakukan dengan metode acak lengkap. Ada 3 perlakuan yang dilakukan, yaitu benda uji tanpa aditif, benda uji dengan aditif Gilsonite, dan benda uji dengan aditif Lateks. Dengan demikian terdapat 3 kelompok utama benda uji, yaitu 1 kelompok benda uji tanpa aditif dan 2 kelompok benda uji dengan aditif, yaitu Gilsonite HMA Modifier Grade dan Lateks. Untuk masing-masing skema dibuat 3 benda uji. Tabel 1 menampilkan rancangan percobaan pada penelitian ini.

**Tabel 1** Rancangan Penelitian dan Jumlah Benda Uji pada Masing-masing Perlakuan

Kadar Aspal	Tanpa Aditif (0%)	Kadar Gilsonite					Kadar Lateks				
		6%	7%	8%	9%	10%	2%	3%	4%	5%	6%
4%	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
5%	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
6%	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
7%	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

### Pembuatan Benda Uji

Berdasarkan rancangan percobaan seperti pada Tabel 1, kemudian dibuat sebanyak 3 benda uji Marshall untuk setiap perlakuan. Pembuatan benda uji Marshall ini digunakan untuk mencari kadar aspal optimum dengan beberapa variasi kadar aspal dan untuk mengetahui VIM, Flow, MQ, dan stabilitas masing-masing variasi.

### Pengujian Permeabilitas

Pengujian ini dilakukan untuk mengukur permeabilitas benda uji. Metode pengukuran yang dipakai adalah metode pengujian *Falling Head*. Dari hasil pengujian ini didapat nilai koefisien permeabilitas masing-masing campuran dengan menggunakan rumus:

$$k = 2,3 \frac{aL}{At} \times \left[ \log \left( \frac{h_1}{h_2} \right) \right] \quad (1)$$

dengan:

$k$  = Koefisien permeabilitas air (cm/s)

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

$L$  = Tebal spesimen (cm)

$A$  = Luas potongan specimen (cm<sup>2</sup>)

$t$  = Waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air dari  $h_1$  ke  $h_2$  (s)

$h_1$  = Tinggi air atas pada tabung (cm)

$h_2$  = Tinggi air bawah pada tabung (cm)

### **Pengujian Marshall Standard**

Pengujian pada tahap ini dilakukan untuk mendapatkan data untuk menentukan kadar aspal optimum. Selain itu juga diperoleh data durabilitas benda-benda uji.

### **Analisis Data**

Tahap terakhir pada penelitian adalah melakukan analisis terhadap data yang didapat dari hasil pengujian di laboratorium. Tujuan dari tahap ini adalah mendapatkan jawaban dari permasalahan yang diteliti.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pengujian terhadap aspal, dilakukan berdasarkan SNI 03-1737-1989, mendapatkan bahwa aspal yang dipakai dalam penelitian ini memenuhi persyaratan. Begitu juga dengan karakteristik agregat yang dipakai, yang semua hasil pengujiannya menunjukkan bahwa agregat memenuhi persyaratan. Untuk material aditif lateks dan Gilsonite tidak dilakukan pengujian karena merupakan produk pabrikan.

Setelah pengujian material dilakukan, langkah selanjutnya adalah membuat benda uji sesuai dengan rancangan penelitian yang ditampilkan pada Tabel 1. Pembuatan dan pengujian benda uji ini dibutuhkan untuk mendapatkan nilai-nilai kinerja Marshall dan koefisien permeabilitas. Pengujian pertama yang dilakukan adalah untuk melihat kinerja Marshall material tanpa adanya aditif. Tabel 2 menampilkan hasil pengujian Marshall benda-benda uji tanpa aditif ini, yang digunakan untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO) campuran.

Langkah selanjutnya adalah menentukan kadar aspal optimum. Pada penelitian ini digunakan metode diagram pita. Dari analisis didapat KAO sebesar 5,75%. Nilai KAO menjadi dasar perhitungan nilai kinerja Marshall lainnya dan juga untuk pemberian kadar aditif. Nilai prediksi parameter Marshall didapat dari hubungan antara kadar aspal dan parameter Marshall lainnya. Model ini didapat dengan melakukan analisis regresi terhadap data hasil laboratorium dan pengujian aspal. Tabel 3 menampilkan parameter Marshall pada kadar aspal optimum.

**Tabel 2** Hasil Pengujian Marshall dan Permeabilitas pada Benda Uji Non-Aditif

Kadar Aspal (%)	VMA	VFB	VIM	Stabilitas	Flow	MQ	Q
4	25,7	27,3	18,7	255,1	2,5	102,0	978,0
4	23,6	29,8	16,6	631,2	2,1	300,6	978,0
4	26,5	26,5	19,5	386,8	1	386,8	762,8
5	28,0	31,4	19,2	425,6	2,5	170,2	978,0
5	28,7	30,6	19,9	494,9	2,8	176,8	1.030,8
5	27,9	31,3	19,2	418,4	2,2	190,2	953,5
6	28,0	38,0	17,4	540,6	2,26	239,2	762,8
6	28,7	36,3	18,3	524,7	1,8	291,5	537,2
6	28,9	35,6	18,6	565,3	2,1	269,2	794,6
7	30,0	40,8	17,7	614,8	2,8	219,6	586,8
7	24,5	52,4	11,7	515,8	3,1	166,4	615,2
7	26,3	48,2	13,7	511,1	2,7	189,3	615,2

**Tabel 3** Hasil Nilai Karakteristik Marshall British dengan KAO 5,75%

Karakteristik	Persyaratan AACA	KAO = 5,75%	Keterangan
VIM	18% - 25%	18,863	Memenuhi
Stabilitas	> 500 kg	515,081	Memenuhi
Flow	2 - 6 mm	2,332	Memenuhi
MQ	< 400 kg/mm	223,064	Memenuhi

Berdasarkan Tabel 3, nilai VIM, Stabilitas, Flow, dan MQ memenuhi persyaratan untuk dipakai sebagai campuran beraspal porus. Namun, kalau dilihat nilai stabilitas yang hanya 515 kg, campuran beraspal porus tersebut tidak dapat dipakai untuk penggunaan di jalan dengan lalu lintas berat, seperti jalan arteri (jalan nasional) maupun jalan kolektor (jalan provinsi), bahkan tidak dapat juga untuk jalan kabupaten/kota yang menurut persyaratan Bina Marga harus mempunyai stabilitas minimum 800 kg. Oleh karena itu, penelitian berupaya agar nilai stabilitas Marshall dapat ditingkatkan paling tidak mendekati nilai persyaratan Bina Marga. Langkah selanjutnya adalah menambahkan aditif Gilsonite dan Lateks pada campuran beraspal porus untuk mengetahui apakah penambahan aditif Gilsonite tersebut dapat meningkatkan karakteristik Marshall campuran beraspal porus.

Penambahan aditif dilakukan pada KAO dengan asumsi bahwa terjadi hubungan linier antara kadar aspal dan Gilsonite maupun Lateks. Tabel 4 menampilkan karakteristik Marshall setelah adanya penambahan Gilsonite dan Tabel 5 setelah adanya penambahan Lateks.

Karena dalam prakteknya yang dipakai hanya satu kadar, perlu ditentukan kadar aditif optimum yang akan menghasilkan karakteristik Marshall optimum. Dengan menggunakan prosedur yang sama seperti sebelumnya, diperoleh kadar aditif Gilsonite optimum sebesar 9% dan kadar lateks optimum adalah 2%. Berdasarkan penggunaan kadar masing-masing aditif tersebut, dapat dibandingkan pengaruh penggunaan aditif tersebut terhadap kinerja Marshall Campuran beraspal porus, seperti ditampilkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.

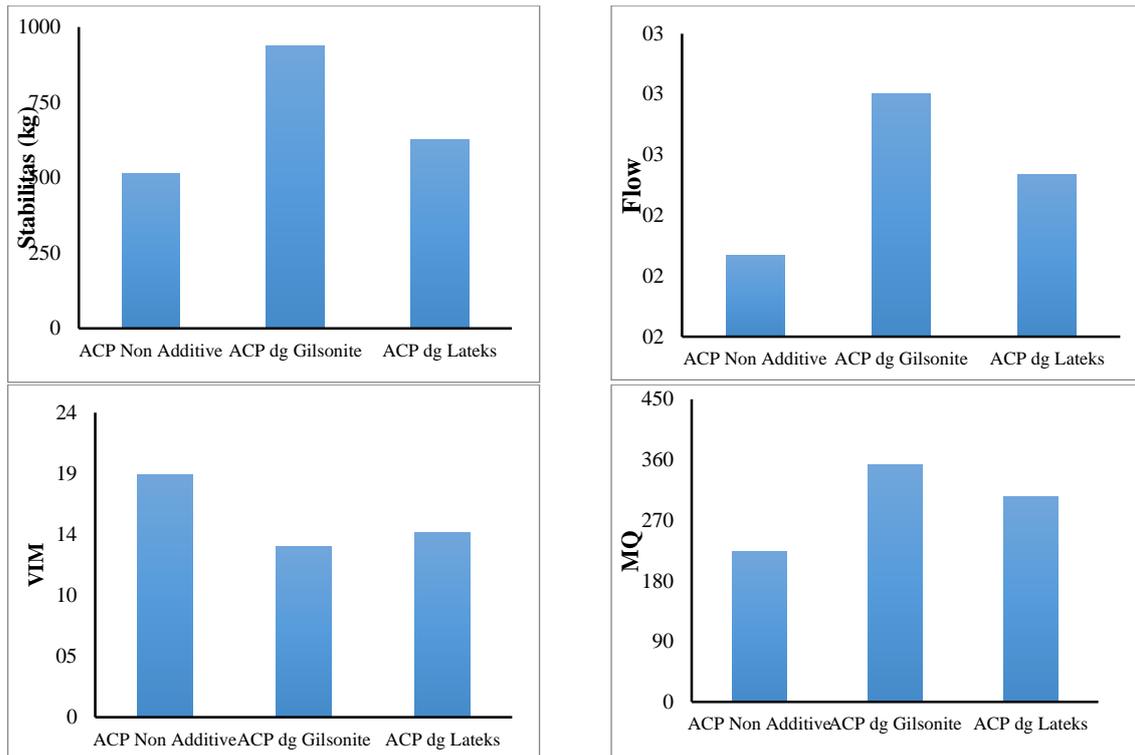
**Tabel 4** Nilai Karakteristik Marshall dan Kemampuan Permeabilitas pada Kadar Aspal Optimum dan Variasi Kadar Gilsonite

Kadar Gilsonite	VMA	VFB	VIM	Stabilitas	Flow	MQ	Q
6	25,1	42,5	14,5	1033,0	2,5	413,2	978,0
6	23,6	45,1	13,0	881,4	2,4	367,3	762,8
6	23,6	45,2	12,9	884,1	2,6	340,0	953,5
7	22,8	48,3	11,8	1192,3	3,75	317,9	1.003,7
7	24,5	43,8	13,7	856,4	4	214,1	978,0
7	22,1	49,1	11,3	788,9	3,8	207,6	733,5
8	21,3	51,7	10,3	975,0	3,5	278,6	829,2
8	21,9	50,1	10,9	1087,3	2,1	517,8	596,0
8	22,6	47,3	11,9	858,8	2,6	330,3	733,5
9	24,5	43,5	13,9	910,6	2,5	364,2	1.059,5
9	24,1	43,6	13,6	1030,6	2,8	368,1	762,8
9	23,0	46,7	12,3	870,2	2,7	322,3	908,1
10	25,0	43,0	14,3	995,9	1,8	553,3	605,4
10	25,3	43,1	14,4	939,4	2,5	375,7	1.030,8
10	24,2	45,6	13,2	884,1	2,5	353,6	1.059,5

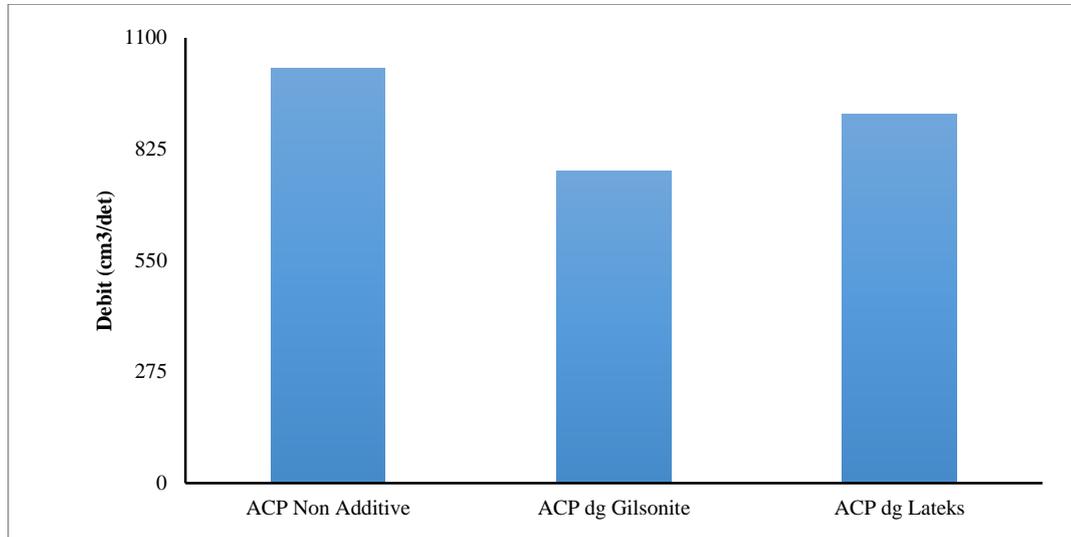
**Tabel 5** Nilai Karakteristik Marshall dan Kemampuan Permeabilitas pada Kadar Aspal Optimum dan Variasi Kadar Lateks

Kadar Lateks	VMA	VFB	VIM	Stabilitas	Flow x 0,01	MQ	Q
2	24,0	33,7	15,8	652,8	1,6	408	1.017
2	22	36,3	14	792,8	4,6	172,3	966
2	21,3	37,6	13,3	435,2	1,3	334,8	1.090
3	25	31,2	17,2	446,5	2,4	186,1	1.031
3	27	29,1	19,1	449,5	2,8	160,5	779
3	26,5	30,2	18,5	634,2	1,25	507,4	719,6
4	19,5	45	10,7	436	2,4	181,7	1.031
4	24,5	35,7	15,8	539,4	2,4	224,7	885
4	23,2	38,6	14,3	462,5	1,25	370	720
5	24,8	46,1	13,4	734,5	2	367,2	803
5	25,4	43	14,5	422,8	1,8	234,9	856
5	23,2	48,2	12	652,8	2,4	272	318
6	22,2	33	14,9	607,8	3	202,6	681
6	24,1	29,6	16,9	500,8	2,5	200,3	671
6	23,1	31,8	15,7	634,2	3	211,4	763

Gambar 1 dan 2 menunjukkan bahwa penambahan Gilsonite maupun Lateks meningkatkan stabilitas campuran. Campuran beraspal porus dengan aditif Gilsonite sebesar 9% dapat menghasilkan stabilitas campuran sampai dengan 900 kg. Hal ini menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan, yaitu dari sekitar 500 kg ke 900 kg. Hasil ini juga menunjukkan bahwa penambahan Gilsonite menjadikan campuran beraspal porus yang tadinya hanya untuk lalulintas ringan, dapat diaplikasikan pada jalan dengan lalulintas sedang, seperti jalan kabupaten/kota. Fenomena ini juga dapat dilihat dari nilai *flow* campuran.



**Gambar 1** Perbandingan Nilai Parameter Marshal Campuran Beraspal Porus Dengan dan Tanpa Aditif



**Gambar 2** Perbandingan Nilai Kemampuan Permeabilitas Campuran Beraspal Porus Dengan dan Tanpa Aditif

Namun, jika melihat nilai VIM campuran, terjadi penurunan nilai rongga pada campuran dengan aditif. Pengurangan nilai VIM ini lebih nyata pada campuran dengan aditif Gilsonite. Hal ini disebabkan kemungkinan sebagian material Gilsonite yang

berbentuk bubuk bertransformasi menjadi agregat halus. Konsekuensinya adalah bahwa penambahan aditif Gilsonite menambah persentase agregat halus, yang berakibat berkurangnya rongga. Pengurangan rongga ini tentunya akan berhubungan dengan kemampuan campuran dalam mengalirkan air. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2 dengan berkurangnya permeabilitas. Dengan memperhatikan hal tersebut secara umum dapat dilihat bahwa penambahan aditif, khususnya Gilsonite memperbaiki kinerja dari campuran beraspal porus dengan tidak secara signifikan mengurangi kemampuannya dalam mengalirkan air dari dalam struktur perkerasan.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

Dari pembahasan yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Penambahan aditif Gilsonite dan Lateks meningkatkan stabilitas Marshall campuran beraspal porus dengan peningkatan terbesar terjadi pada penambahan Gilsonite. Dibandingkan dengan penambahan Lateks, penambahan Gilsonite jauh meningkatkan stabilitas campuran beraspal porus.
- 2) Penambahan aditif tidak begitu signifikan mengurangi kemampuan permeabilitas campuran beraspal porus.
- 3) Dengan memperhatikan bahwa penambahan aditif Gilsonite dapat meningkatkan stabilitas sampai lebih tinggi daripada 800 kg, campuran beraspal porus dengan aditif Gilsonite dapat dipakai untuk jalan dengan lalu lintas rendah sampai sedang.

Saran-saran yang dapat disampaikan dari studi ini adalah sebagai berikut:

- 1) Adanya penurunan kemampuan permeabilitas campuran beraspal porus, dengan indikator penurunan nilai VIM dan Q, akibat penambahan aditif perlu mendapatkan perhatian. Dengan kata lain sekalipun penggunaan aditif mempunyai pengaruh yang positif terhadap kinerja Marshall, penggunaannya sedapat mungkin dibatasi karena menurunkan kemampuan permeabilitas campuran.
- 2) Penambahan aditif yang bersifat halus mempunyai pengaruh terhadap permeabilitas campuran. Oleh karena itu, sekalipun dalam penelitian ini didapatkan kadar Gilsonite 9%, disarankan kadar Gilsonite tersebut diturunkan, dengan konsekuensi penurunan nilai stabilitas. Hal ini sejalan dengan tujuan dibuatnya suatu campuran beraspal porus yang tujuan utamanya adalah untuk dapat mengalirkan air secara lebih cepat.
- 3) Dengan mempertimbangkan bahwa penggunaan aditif mengurangi VIM, perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan modifikasi gradasi campuran dengan agregat halus yang lebih minimum.

- 4) Penelitian ini masih bersifat penelitian skala laboratorium dan terbatas hanya pada karakteristik Marshall saja. Untuk mendapatkan kinerja sesungguhnya perlu diadakan pengujian lapangan sehingga pengaruh aditif terhadap kinerja perkerasan dan kemampuan permeabilitasnya dapat diukur dengan baik.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi yang telah memberikan hibah penelitian ini melalui skema Hibah Penelitian Unggulan Madya.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Society of Testing Material International. 2007. *Standart Test Method for Permeability of Granular Soil Constant Head (D1883-07E2)*. West Conshohocken, PA.
- Australian Asphalt Pavement Association. 2004. *National Asphalt Specification*.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1976. *Manual Pemeriksaan Bahan*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2006. *Spesifikasi Umum Campuran Berbutir Panas*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Djakfar, L. H. Bowoputro and Y. Zaika. 2012. *Effect of More Uniform Gradation on Permeability and Strength of Base Course for Porous Pavement*. Proceeding of the 10th International Conference of EASTS. Taipei.
- Djakfar, L. H. Bowoputro and Y. Zaika. 2013. *Evaluation of Use of Steel Slag Material and Phyllylite Materials in the Porous Asphalt Mix*. A paper accepted for oral presentation on Second International Conferences on adavences in Civil and Structural Engineering. Kuala Lumpur.
- Huurman, M., Mo, L.T., and Woldekidan, M.F. 2009. *Porous Asphalt Ravelling in Cold Weather Condition*. Enviroad 2009. 2nd International Conference Environmentally Friendly Roads. Warsaw.
- Nakahara, D., Nota, E., and Endo, K. 2004. *Utilization of Pavement Quality Pervious Concrete and its Performance*. 9<sup>th</sup> Symposium on Concrete Pavement, Istanbul, Turkey.
- Sukirman, S. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Granit.
- The Asphalt Institute. 1984. *Mix Design Methods for Asphalt Concrete and other Hot Mix Types*. Manual Series No. 2 (MS-2), 1st Edition, Lexington, KY.

Zhang, L., Ong, G.P., and Fwa, T.F. 2012. *A Review on The Use of Porous Pavements to Reduce Tyre-Pavement Noise*. Proceedings APTE VII. Songkhla.