

**Karakteristik Marshall Campuran Aspal Porus dengan Penambahan Polyurethane*****Marshall Characteristics of Porous Asphalt Mixture with The Addition of Polyurethane*****Pria Rizky Candra<sup>1</sup>, Henri Siswanto<sup>2</sup>, Boedi Rahardjo<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Sipil-Fakultas Teknik-Universitas Negeri Malang  
Alamat korespondensi : Jl. Semarang 5 Malang Kota Malang  
email: pria.rizky.1805256@students.um.ac.id

**Abstract**

*Porous asphalt as road material has a disadvantage; low stability, which makes it necessary to improve this material. Polyurethane asphalt modification is one potential candidate for improving porous asphalt performance. This study aims to determine the characteristics of porous asphalt with polyurethane additive. The Polyurethane additive are 0%, 1%, 2%, 3%, and 4% of the asphalt mixture's content. The analytical method used is the Marshall parameter. The results obtained concludes that polyurethane improves the performance of porous asphalt in various aspects, namely stability, flow, and MQ, and reduces VIM. Based on Marshall parameter analysis, the best percentage of polyurethane to asphalt content is 2%.*

**Keywords:** porous asphalt, Marshall parameters, polyurethane

**Abstrak**

Porous asphalt mempunyai kelemahan yaitu stabilitas yang rendah, maka perlu usaha untuk meningkatkannya. Modifikasi aspal polyurethane menjadi alternatif untuk meningkatkan performa porous asphalt. Penelitian bertujuan untuk menganalisis karakteristik aspal porous dengan penambahan polyurethane. Kadar polyurethane, yang dipakai adalah 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% terhadap berat aspal. Metode analisis yang digunakan adalah parameter Marshall. Hasil penelitian yang didapat adalah polyurethane meningkatkan performa aspal porous, yaitu penambahan polyurethane dalam aspal porous meningkatkan stabilitas, flow, dan MQ, dan menurunkan VIM. Berdasarkan nilai stabilitas maka kadar aspal polyurethane terbaik adalah 2%.

**Kata kunci:** aspal porous, parameter Marshall, polyurethane

**PENDAHULUAN**

Sulistiyatno, dkk (2012) menyebutkan bahwa salah satu penyebab utama kerusakan jalan dikarenakan adanya genangan air. Genangan air juga menurunkan durabilitas campuran aspal (Tahir dan Setiawan, 2009). Air dapat masuk ke dalam pori-pori dan merusak ikatan campuran aspal (Nurhudayah, dkk, 2009). Permukaan jalan yang rusak akibat tergenang air memiliki pola kerusakan berupa *stripping*, *raveling*, dan *pothole* (Chairuddin, dkk, 2013). Menurut Wirnanda, dkk (2018), kerusakan jalan menimbulkan kerugian besar bagi pengguna jalan terutama waktu tempuh lebih lama, kemacetan,

kecelakaan, dan lain-lain. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menyelesaikan masalah kerusakan jalan akibat genangan air dengan menggunakan lapisan aspal porous.

Lapisan aspal porous lebih dikenal sebagai campuran aspal dengan gradasi terbuka yang memiliki pori-pori cukup besar sehingga dapat menyerap dan meloloskan air. Gradasi aspal porous memiliki persentase agregat halus rendah dan persentase agregat kasar sekitar 85% dari volume campuran (Ramadhan, 2014). Dibalik kelebihan yang dihasilkan aspal porous ternyata juga memiliki kelemahan yaitu stabilitasnya rendah. Rongga pada campuran aspal porous menyebabkan

Please cite this article as:

Candra, P. R., Siswanto, H., & Rahardjo, B. (2021). Karakteristik Marshall Campuran Aspal Porus dengan Penambahan Polyurethane. *Media Teknik Sipil*, 19(1). doi:<https://doi.org/10.22219/jmts.v19i1.14681>

campuran aspal memiliki nilai stabilitas rendah tetapi menghasilkan permeabilitas tinggi (Arlia, dkk, 2018). Campuran aspal porus memerlukan bahan tambahan sebagai pengikat antar agregat yang bagus untuk menaikkan nilai stabilitasnya (Nurchaya, dkk, 2015). Bahan modifikasi seringkali digunakan sebagai rekayasa untuk meningkatkan stabilitas campuran aspal. Salah satu bahan modifikasi aspal adalah *polyurethane*.

Aspal dengan tambahan *polyurethane* memiliki adhesi yang baik sehingga mampu menahan deformasi berlebihan, meningkatkan nilai ketahanan terhadap air, tahan terhadap kelelahan, tahan terhadap penuaan, tahan terhadap korosi, tahan terhadap rutting, campuran menjadi lebih elastis, tahan terhadap temperatur tinggi, tahan terhadap retak dalam suhu rendah, dan meningkatkan stabilitas campuran aspal, serta dapat menurunkan kebisingan jalan (Lin, 2019; Lu, 2019; Yao, 2014; Sun, 2018; Cong, 2019; Xu, 2018; Fang, 2016; Gao, 2019).

*Polyurethane* mempunyai potensi untuk dapat meningkatkan performa aspal porus, sehingga penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik aspal porous dengan penambahan *polyurethane*. Keterbaharuan dari penelitian ini yaitu dengan gradasi RSNI, berbeda dari penelitian sebelumnya dimungkinkan mendapatkan karakteristik dengan hasil yang berbeda.

## METODE PENELITIAN

### Lokasi Studi

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Negeri Malang.

### Data

Bahan penelitian terdiri dari aspal, agregat dan *polyurethane*.

Aspal yang dipergunakan adalah aspal penetrasi 60/70 produksi PT Pertamina. Agregat bersal dari *quarry* Pasuruan dan *polyurethane* yang dipakai adalah jenis *thermoplastic polyurethane*. Spesifikasi menggunakan gradasi dari RSNI2, kementerian pekerjaan umum tentang perancangan dan pelaksanaan campuran aspal porus lihat pada Tabel 1. Gradasi yang

dipergunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Spesifikasi Aspal Porus

Sifat campuran	Persyaratan	
Jumlah tumbukan per bidang	2 x 50	
VIM (%)	Min	17
	Max	23
Stabilitas Marshall (kg)	Min	350

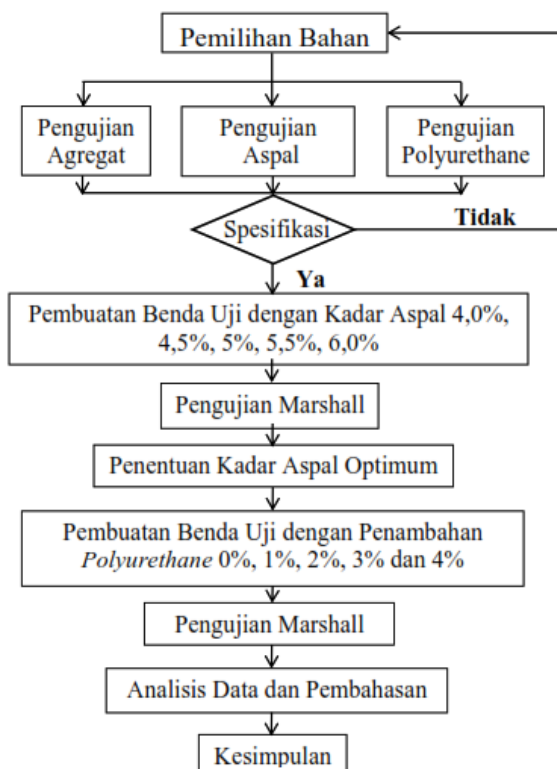
Sumber: RSNI 2, 2012

Tabel 2. Gradasi Campuran Aspal Porus

Ukuran Ayakan		Berat lolos saringan (%)
No	(mm)	
¾"	19	100
½"	12,5	85 - 100
No.4	4,75	10-25
No.8	2,36	5-10
No.200	0,075	2-4

Sumber: RSNI 2, 2012

Sebelum dilakukan pembuatan benda uji dengan penambahan *polyurethane*, langkah yang dilakukan adalah mencari nilai KAO. Setelah nilai KAO diperoleh, kemudian dilanjutkan dengan pembuatan benda uji dengan kadar penambahan *polyurethane* sebesar 1 %, 2 %, 3 %, dan 4 % terhadap berat aspal. Pencampuran aspal dengan *polyurethane* dilakukan menggunakan alat *mixture stirrer* dengan kecepatan 2000 rpm selama 15 menit. Bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Analisis data Marshall dilakukan untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum (KAO). Data pengujian Marshall untuk menentukan KAO ditampilkan dalam Tabel 3.

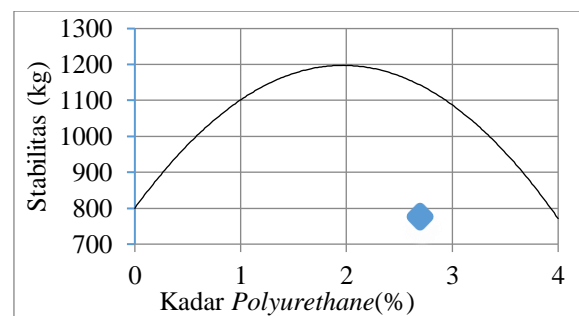
Tabel 3. Data Pengujian Marshall untuk Mencari KAO

Parameter	% Kadar aspal				
	4	4,5	5	5,5	6
Stabilitas (kg)	844	916	931	857	757
Flow (mm)	2,7	3,1	4,5	5,0	5,5
MQ (kg/mm)	310	297	214	171	138
VIM (%)	19,7	19,4	18,0	17,7	16,6

Berdasarkan hasil KAO didapatkan kadar aspal terbaik pada 5 %. Penentuan nilai KAO didasarkan pada nilai stabilitas tinggi masuk dalam spesifikasi, dan nilai MQ yang masuk spesifikasi. Gunaran & Makmur (2016) meneliti tentang penggunaan penambahan polyurethane terhadap gradasi AAPA mendapat nilai KAO sebesar 5 %. Kadar aspal optimum digunakan untuk

mengetahui persen penggunaan pada campuran aspal (Candra et al., 2020).

Hasil pengujian stabilitas Marshall dengan penambahan polyurethane ditampilkan pada Gambar 2. Penambahan polyurethane pada aspal porus menaikkan stabilitas Marshall, nilai tertinggi terjadi pada kadar polyurethane 2%. Penambahan polyurethane diatas 2% menurunkan stabilitas Marshall aspal porus.



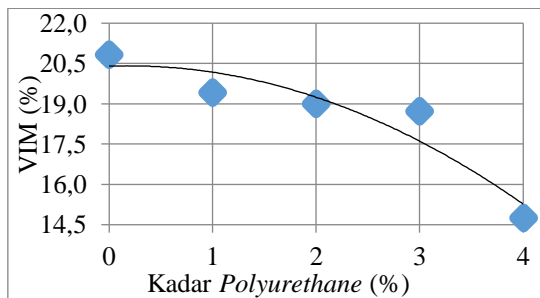
Gambar 2. Stabilitas Marshall dengan Penambahan Polyurethane

Polyurethane dan aspal mampu tercampur secara homogen menyebabkan adhesi yang baik. Hasil pengujian Marshall terhadap benda uji dengan kadar polyurethane 2% adalah 1206 kg atau naik sebesar 44,61 % dari aspal porus tanpa penambahan sebesar 834 kg. Kadar penambahan polyurethane 4% nilai stabilitas Marshall semakin menurun yaitu menjadi sebesar 740 kg.

Spesifikasi stabilitas Marshall aspal porus minimal adalah 350 kg, sehingga semua hasil pengujian dalam penelitian ini memenuhi syarat spesifikasi. Penelitian oleh Lin (2018) penambahan polyurethane meningkatkan stabilitas Marshall tiga kali lipat dibanding tanpa polyurethane yaitu sebesar 36 Kn. Penambahan polyurethane gradasi AAPA meningkatkan stabilitas 47,42% (Gunaran & Makmur, 2016). campuran aspal dengan polyurethane memiliki kinerja lebih baik untuk menahan deformasi yang berlebihan.

Hasil pengujian VIM (Void In Mix ) ditampilkan pada Gambar 3. Penambahan polyurethane menurunkan VIM aspal porus, Gambar 3 menunjukkan nilai terendah terdapat pada kadar penambahan polyurethane 4% yaitu sebesar 14,76 % dibanding tanpa penambahan polyurethane sebesar 20,83 %. Berdasarkan spesifikasi nilai

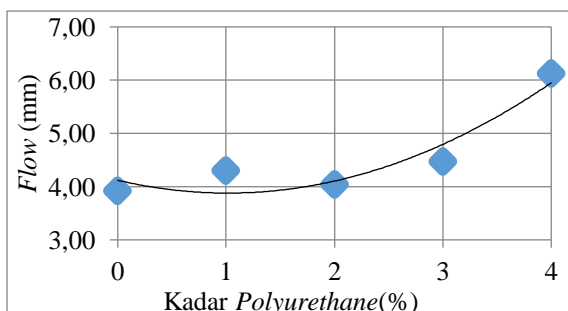
VIM yang disyaratkan untuk campuran aspal porus adalah 17-23 %. Penambahan 4% *polyurethane* tidak disarankan untuk aspal porus karena tidak memenuhi spesifikasi VIM minimum.



Gambar 3. VIM dengan Penambahan *Polyurethane*

Penambahan *polyurethane* membuat nilai VIM turun disebabkan *polyurethane* mengisi rongga yang kosong dan memperkuat daya ikat antar agregat dalam campuran. Penurunan nilai VIM pada penambahan *polyurethane* tidak masalah selama masih memenuhi spesifikasi yang di syaratkan. Penurunan VIM tertinggi pada penambahan *polyurethane* 4% turun 29,14% dari campuran aspal tanpa penambahan *polyurethane*. Penelitian Ma (2020) menyatakan bahwa menurunnya kapasitas drainase akibat nilai VIM yang berkurang mampu menjaga kinerja lapisan lebih baik karena berkurangnya pori menyebabkan drainase terhambat sehingga menurunkan tingkat kerusakan jalan dan meningkatkan keselamatan jalan.

Hasil pengujian *Marshall flow* disampaikan pada Gambar 4. Penambahan *polyurethane* pada aspal porus cenderung menaikkan *flow*, terdapat kenaikan nilai *flow* pada kadar *polyurethane* 1% sebesar 9,63% dibanding tanpa penambahan *polyurethane*.

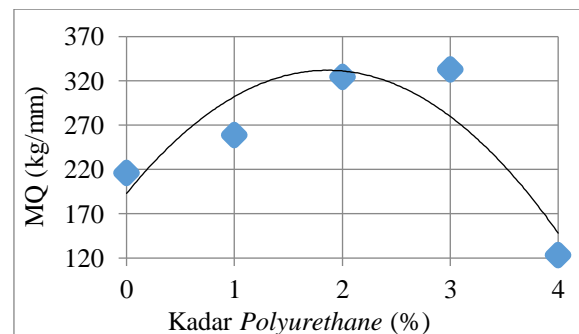


Gambar 4. *Flow* dengan Penambahan *Polyurethane*

Penambahan *polyurethane* cenderung menaikkan nilai *flow* campuran aspal porus, kenaikan tertinggi terjadi pada kadar penambahan *polyurethane* sebesar 4% yaitu terjadi kenaikan *flow* sebesar 56,20 % dibanding tanpa penambahan *polyurethane*.

Kenaikan nilai *flow* terjadi karena *polyurethane* merupakan material polimer termoplastik, *polyurethane* dapat menaikkan elastisitas aspal dan *polyurethane* mempunyai sifat yang awet yang meningkatkan daya tahan campuran aspal. *Flow* rendah menandakan campuran aspal tahan terhadap deformasi dan *flow* tinggi menandakan nilai stabilitas campuran aspal kecil (Gunaran & Makmur, 2016; Veranita, 2016).

Gambar 5 menunjukkan campuran aspal dengan penambahan *polyurethane* mengalami kenaikan nilai MQ pada kadar 1-4 %, sedangkan pada penambahan *polyurethane* 4% mengalami penurunan nilai MQ yaitu sebesar 113 kg/mm atau turun 43,08 % dari tanpa penambahan *polyurethane*. Nilai MQ tertinggi pada penambahan 3% yaitu sebesar 322,70 kg/mm.



Gambar 5. MQ dengan Penambahan *Polyurethane*

MQ merupakan hasil bagi dari nilai stabilitas dan *flow*. Nugroho (2019) semakin tinggi nilai MQ maka perkerasan semakin kaku sedangkan semakin rendah nilai MQ maka perkerasan semakin lentur.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, didapat kesimpulan sebagai berikut:

- Penambahan *polyurethane* pada aspal porus dapat meningkatkan stabilitas aspal porus, peningkatan nilai stabilitas tertinggi terjadi pada penambahan *polyurethane* 2%

yaitu naik sebesar 44,61% dibanding stabilitas campuran aspal porus tanpa penambahan *polyurethane*.

- Penambahan *polyurethane* dalam aspal porus menurunkan VIM, semakin banyak penambahan *polyurethane* menyebabkan rongga dalam campuran menjadi berkurang karena terisi oleh *polyurethane*.
- Penambahan *polyurethane* cenderung menaikkan *flow*. Penambahan sampai 3% tampak tidak mempengaruhi *flow*, tetapi penambahan 4% menaikkan *flow* secara signifikan.
- Penambahan *polyurethane* sampai 4% menaikkan MQ, campuran aspal menjadi lebih kaku, tetapi penambahan 4% menurunkan MQ.
- Berdasarkan spesifikasi parameter Marshall aspal porus dalam RSNI 2 yaitu nilai stabilitas dan VIM, maka penambahan 2% adalah yang terbaik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arlia, L., Saleh, S. M., & Anggraini, R. (2018). *Karakteristik Campuran Aspal Porus Dengan Substitusi Gondorukem pada Aspal Penetrasi 60/70*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala, Vol. 1 No. 3, 657–666.
- Candra, A. I., Mudjanarko, S. W., Poernomo, Y. C. S., & Vitasmoro, P. (2020). *Analysis of the Ratio of Coarse Aggregate to Porous Asphalt Mixture*. Journal of Physics: Conference Series, Vol. 1569 No. 4
- Chairuddin, F., Tdaronge, W., Ramli, M., & Patanduk, J. (2013). *Kajian Eksperimental Dampak Genangan Air Hujan Terhadap Struktur Aspal Pavement*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 7, Vol. 7, 24–26.
- Cong, L., Yang, F., Guo, G., Ren, M., Shi, J., & Tan, L. (2019). *The use of Polyurethane for Asphalt Pavement Engineering Applications: A state-of-the-art Review*. Journal Construction and Building Materials, Vol. 225, 1012–1025.
- Fang, C., Yu, X., Yu, R., Liu, P., & Qiao, X. (2016). *Preparation and Properties of Isocyanate and Nano Particles Composite Modified Asphalt*. Journal Construction and Building Materials, Vol. 119, 113–118
- Gao, J., Wang, H., Chen, J., Meng, X., & You, Z. (2019). *Laboratory Evaluation on Comprehensive Performance of Polyurethane Rubber Particle Mixture*. Journal Construction and Building Materials, Vol. 224, 29–39
- Gunaran, D., & Makmur, A. (2016). *Pengaruh Penambahan Polyurethane Terhadap Stabilitas Campuran Beraspal Berpori*. Jurnal HPJI, Vol. 2 No. 2, 91–98
- Lin, C., Tongjing, W., Le, T., Junjie, Y., & Jiachen, S. (2018). *Laboratory Evaluation on Performance of Porous Polyurethane Mixtures and OGFC*. Journal Construction and Building Materials, Vol. 169, 436–442.
- Lu, G., Renken, L., Li, T., Wang, D., Li, H., & Oeser, M. (2019). *Experimental Study on the Polyurethane-bound pervious Mixtures in the Application of Permeable Pavements*. Journal Construction and Building Materials, Vol. 202, 838–850
- Ma, Y., Chen, X., Geng, Y., & Zhang, X. (2020). *Effect of Clogging on the Permeability of Porous Asphalt Pavement*. Journal Advances in Materials Science and Engineering, Vol. 2020, 1-9
- Nugroho, M. S. (2019). *Karakteristik Marshall Quotient Pada Hot Mix Asphalt*. Jurnal Inersia, Vol. 15 No. 2
- Nurchahya, A., Subagio, B. S., Rahman, H., & Weningtyas, W. (2015). *Analisis Kinerja Campuran Aspal Porus Menggunakan Aspal Pen 60/70 dan Aspal Modifikasi Polimer Elvaloy*. Jurnal UNILA.
- Nurhudayah, Dato, A. K., & Parung, H. (2009). *Studi genangan air terhadap kerusakan jalan di kota gorontalo*. Simposium XII FSTPT, Vol. 12, 185–200.
- Ramadhan, N. (2014). *Pengaruh Penambahan Additive Gilsonite HMA Modifier Grade Terhadap Kinerja Aspal Porus*. Jurnal UNIBRAW. 1-12
- Sulistiyatno, A., Fajri, M. D. S. R., Mochtar, I. B., Kartika, A. A. G., & Maulana, M. A.



- (2012). *Studi Pengaruh Genangan Air Terhadap Kerusakan Jalan Aspal dan Perencanaan Subdrain Untuk Ruas Jl. Rungkut Industri Raya, Jl. Rungkut Kidul Raya Jl. Jemur Sari, Jl. Nginden Raya, Jl. Manyar dan Jl. Mulyosari Raya*. Jurnal Teknik POMITS, Vol. 1 No. 1, 1–6
- Sun, M., Zheng, M., Qu, G., Yuan, K., Bi, Y., & Wang, J. (2018). *Performance of Polyurethane Modified Asphalt and its Mixtures*. Journal Construction and Building Materials, Vol. 191, 386–397
- Tahir, A., & Setiawan, A. (2009). *Kinerja durabilitas campuran beton aspal ditinjau dari faktor variasi suhu pemadatan dan lama perendaman*. Jurnal SMARTeK, Vol. 7 No. 1, 45–61.
- Veranita. (2016). *Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal Porus Menggunakan Retona Blend 55 dengan Metode Australia*. Jurnal Teknik Sipil dan Teknologi Konstruksi, Vol. 2 No 1 (2016), 80–90
- Wirnanda, I., Anggraini, R., & Isya, M. (2018). *Analisis Tingkat Kerusakan Jalan dan Pengaruhnya Terhadap Kecepatan Kendaraan*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala, Vol. 1 No. 3, 617–626.
- Xu, B., Li, M., Liu, S., Fang, J., Ding, R., & Cao, D. (2018). *Performance Analysis of Different type Preventive Maintenance Materials for Porous Asphalt Based on High Viscosity Modified Asphalt*. Journal Construction and Building Materials, Vol. 191, 320–329
- Yao, Z., Li, M., Liu, W., Chen, Z., & Zhang, R. (2014). *A Study of polyurethane rubber composite modified asphalt mixture*. Journal Advanced Materials Research, Vol. 944, 324–328