

PENGARUH PEMANFAATAN *FLY ASH* TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL BERPORI UNTUK LAPISAN AC-WC

Shaviola S.M. Nurhayun¹⁾, Sandri L. Sengkey²⁾, dan Steve W.M. Supit³⁾

^{1,2,3} Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado
E-mail: stevesupit@polimdo.ac.id

Abstract

Porous asphalt is a type of road pavement layer with a lower proportion of fine aggregate, resulting in larger voids compared to conventional dense-graded asphalt pavement. Due to large pores structure, the use of pozzolanic materials such as limestone, fly ash, etc has been investigated to improve the stability of porous asphalt. The aims of this study is to experimentally investigate the characteristic of porous asphalt containing fly ash as a replacement of stone ash at percentage of 3%, 5%, and 7% by wt.. The results show that the highest stability of porous asphalt containing 5.5% asphalt content was achieved at 7% addition of fly ash with a stability value of 1130.36 kg. Porous asphalt with fly ash contents of 3% and 5% resulted in relatively lower stability values, but still within specification limits. Moreover, the permeability test results for porous asphalt, both with and without fly ash addition, met the specifications from Australian Asphalt Pavement Association (AAPA, 2004). Furthermore, fly ash as an industrial waste is promising in making more stable porous asphalt that can be applied for light load pavement while at the same time beneficial in storm water management.

Keywords: Porous asphalt, Fly ash, Marshall test, Permeability, Pavement

PENDAHULUAN

Beton aspal adalah salah satu jenis lapisan perkerasan yang digunakan dalam konstruksi perkerasan lentur. Campuran beton aspal ini terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan aspal sebagai bahan pengikat. *Filler*, atau bahan pengisi, dapat diperoleh dari proses pencairan batuan alami atau buatan. Salah satu bahan *filler* yang digunakan adalah *fly ash* dari batu bara, yang merupakan hasil pembakaran batu bara di PLTU II Sulawesi Utara.

Menurut spesifikasi campuran dasar dari Direktorat Jenderal Bina Marga edisi November 2010 Revisi III, perkerasan lentur adalah sistem perkerasan jalan yang terdiri dari beberapa lapisan. Lapisan ini bertugas menyebarluaskan beban roda kendaraan sehingga tanah dapat menahannya dalam batas daya dukung yang aman. Genangan air hujan di atas jalan yang sering terjadi selama musim hujan mengganggu kenyamanan pengendara. Karakteristik perkerasan lentur yang tidak kedap air dan drainase yang buruk memperparah masalah ini.

Aspal berpori adalah lapis perkerasan jalan dengan ukuran agregat halus berpasir yang sedikit sehingga memiliki pori lebih besar dibandingkan dengan perkerasan aspal

normal yang bergradasi rapat. Adanya jumlah pori yang lebih besar memungkinkan untuk mengalirkan air ke lapisan bawah. Namun, campuran aspal berpori masih tergolong baru di Indonesia sehingga perlu dilakukan penelitian-penelitian lanjutan. Karena memiliki rongga yang besar, campuran aspal berpori memiliki stabilitas marshall yang lebih rendah dibandingkan campuran aspal dengan gradasi rapat (Setyawan & Sanusi, 2008), sehingga memungkinkan penambahan bahan tambahan seperti *fly ash*. Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa *fly ash* mempengaruhi karakteristik mekanik dan durabilitas serta akustik dari campuran aspal berpori yang menggunakan agregat daur ulang (Elmagarhe et al., 2024). Peningkatan stabilitas campuran aspal berpori akibat penggunaan *fly ash* sebagai filler juga dilaporkan oleh (Rodhiah et al., 2023). Selain itu, karakteristik hydrophobic *fly ash* menjadikan material ini berpotensi untuk mengurangi pengelupasan aspal (FHWA 2017) dan dapat meningkatkan ketahanan terhadap panas (Oleh karena gradasi agregat sangatlah penting dalam menentukan kualitas aspal berpori sehingga perlu dilakukan analisis pengembangan penelitian terkait gradasi agregat dan pemanfaatan *fly ash* dengan prosentase tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh *fly ash* yang diambil dari PLTU 2 Amurang Sulawesi Utara sebagai pengganti sebagian abu batu pada campuran aspal berpori dengan agregat diambil dari Desa Kema Kab. Minahasa Utara.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian experimental, yang dilakukan di Laboratorium Uji Material Politeknik Negeri Manado. Penelitian dilakukan dengan menggunakan material berupa abu batu 23,5%, agregat kasar ukuran 5-13mm sebesar 35,5%, agregat kasar ukuran 13-19mm sebesar 40% dan filler berupa semen sebesar 1%. Agregat kasar berasal dari Desa Kema Kab. Minahasa Utara sedangkan *fly ash* diambil dari PLTU 2 Amurang Kab. Minahasa Selatan dan digunakan untuk menggantikan abu batu sebesar 3%, 5%, dan 7% dari berat abu batu. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian karakteristik material, pengujian *Marshall*, dan pengujian permeabilitas campuran aspal berpori berdasarkan ASTM D5084. ASTM D5084 adalah standar yang paling umum digunakan untuk pengujian permeabilitas bahan berpori, termasuk aspal berpori. Standar ini mencakup beberapa metode pengujian, termasuk

metode *constant head* (kepala tetap). Perhitungan Koefisien Permeabilitas (k) dapat dilihat pada persamaan (1) di bawah ini, dimana Q = volume air yang mengalir (m^3), L = panjang sampel (m), A = luas penampang sampel (m^2), t = waktu (s) dan H = ketinggian air di atas sampel (m).

$$k = \frac{Q \cdot L}{A \cdot t \cdot H} \quad (1)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Rekapitulasi pengujian karakteristik agregat berdasarkan pengujian mengikuti Standar Nasional Indonesia ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1
Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

PENGUJIAN	PERSYARATAN		HASIL PENGUJIAN		
	MIN	MAX	Aggregate 0-5 mm	Aggregate 5-13 mm	Aggregate 13-19 mm
Penyerapan air	-	Maks. 3%	0,382	0,665	1,283
Berat jenis bulk (gr/cc)	2,5 gr/cc	-	2,551	2,532	2,506
Berat jenis SSD (gr/cc)	2,5 gr/cc	-	2,561	2,548	2,538
Berat jenis apparent (gr/cc)	2,5 gr/cc	-	2,576	2,574	2,589
Abrasi	Max 30%		29,680		

Berdasarkan hasil pengujian agregat diperoleh bahwa agregat yang digunakan memenuhi Standard Nasional Indonesia (SNI) sehingga dapat digunakan sebagai agregat dalam campuran aspal berpori.

Hasil Pemeriksaan Gradasi Agregat

Penentuan gradasi campuran dan *mix design* dalam penelitian ini mengacu pada standar Bina Marga 2018 dan SNI 8129:2015 mengenai campuran *Stone Matrix Asphalt* sehingga dapat digunakan sebagai acuan perencanaan campuran AC-WC. Hasil kombinasi campuran yang menggunakan gradasi *Stone Matrix Asphalt* dapat dilihat pada Tabel 2 yang menunjukkan gradasi yang ditentukan memenuhi spesifikasi.

Tabel 2
 Gradasi Campuran AC-WC Untuk Aspal Berpori

No Saringan	Inch mm	Gradasi				Total	Spesifikasi SMA
		23,5 % Abu batu 0-5	35,5% Batu Pecah 5-13	40% Batu Pecah 13-19	1% PC		
1"	25.4	23.50	35.50	40.00	1.00	100.00	100
3/4"	19.00	23.50	35.50	39.51	1.00	99.51	90-100
1/2"	12.50	23.50	30.06	21.53	1.00	76.09	50-88
3/8"	9.50	16.31	19.44	12.54	1.00	49.28	25-60
#4	4.75	5.52	9.91	10.79	1.00	27.21	20-28
#8	2.36	5.28	7.73	7.66	1.00	21.67	16-24
#16	1.18	5.04	5.28	6.72	1.00	18.04	
#30	0.60	4.80	2.91	5.22	1.00	13.93	
#50	0.30	4.56	2.91	3.99	1.00	12.46	
#100	0.15	2.64	2.91	3.21	0.99	9.74	
#200	0.075	2.40	2.91	3.21	0.78	9.29	8-11

Hasil Pengujian Karakteristik Marshall

Untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) maka dilakukan pengujian Marshall meliputi uji stabilitas, flow, VIM, dan Marshall Quotient, untuk variasi 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7%. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh kesesuaian spesifikasi aspal berpori berdasarkan *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA) dimana KAO dengan stabilitas tertinggi diperoleh pada kadar aspal 5,5%. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3. Setelah didapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) yaitu pada kadar aspal 5,5%, selanjutnya membuat campuran aspal berpori untuk 3 variasi dari *fly ash* dengan kadar *fly ash* 3%, 5%, dan 7% sebagai pengganti sebagian abu batu. Pada Tabel 4 dapat dilihat nilai stabilitas pada kadar aspal 5,5% setelah digunakan *fly ash* sebesar 3%, 5%, dan 7% berturut-turut adalah 518,42 kg, 608,30 kg, dan 1130,36 kg. Terlihat bahwa semakin meningkat prosentase penggunaan *fly ash*, meningkatkan nilai stabilitas campuran aspal berpori. Hal ini juga selaras dengan yang dilaporkan oleh Al Qurny dkk, (2022).

Tabel 3
 Data Hasil Pengujian Marshall Untuk Mendapatkan Kadar Aspal Optimum

Karakteristik Campuran	Hasil Pengujian Kadar Aspal					Spesifikasi
	5	5,5	6	6,5	7	
Stabilitas	827,84	1038,95	947,40	892,00	814,72	Min. 500
Flow (kg)	4,62	4,74	4,79	4,94	5,29	2-6
VIM (%)	20,76	18,24	18,18	18,16	17,13	18-25
Marshall Quotient (kg/mm)	200,38	226,41	211,15	181,84	161,87	Maks. 400

Tabel 4

Hasil Pengujian Dengan Penambahan Fly Ash

Karakteristik Campuran Variasi Campuran (%)	Hasil Pengujian Kadar Fly Ash			Spesifikasi
	3	5	7	
Stabilitas	518,42	608,30	1130,36	Min. 500
Flow (kg)	2,65	3,02	3,81	2-6
VIM (%)	19,20	19,95	20,38	18-25
Marshall Quotient (kg/mm)	196,12	201,93	384,82	Maks. 400

Dari Tabel 4 dapat dilihat juga bahwa semakin bertambahnya kadar *fly ash*, nilai *flow* semakin meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *fly ash* yang mempunyai sifat pozzolan dan mengandung kapur (CaO) lebih besar dari 20% dapat mengeras dan mempunyai kemampuan untuk menambah kekuatan campuran aspal beton porous (Jaya dkk, 2021). Dari hasil pengujian VIM, campuran dengan penambahan *fly ash* pada kadar 7% sudah memenuhi spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA) 2004 yaitu dalam rentang 18-25%. Dapat dilihat bahwa menambahkan prosentase *fly ash* dapat meningkatkan nilai pori oleh karena kadar aspal optimum 5,5% yang digunakan tidak proporsional dengan meningkatnya prosentase *fly ash* sampai 7%. Hal ini disebabkan oleh sifat abu terbang yang halus dan bulat dan tidak membentuk ikatan padat seperti pasir alami yang dalam jumlah yang besar dapat mengganggu pemanjangan agregat sehingga meningkatkan porositas total campuran. Walaupun demikian, dalam penelitian ini prosentase 7% *fly ash* masih proporsional dalam menciptakan stabilitas yang tinggi walaupun terjadi kenaikan nilai VIM.

Hasil Pengujian Permeabilitas

Tabel 5 dan 6 menunjukkan hasil pengujian permeabilitas dari campuran aspal berpori dengan dan tanpa *fly ash*. Dapat dilihat bahwa pemanfaatan *fly ash* terhadap campuran aspal berpori dapat membuat nilai permeabilitas lebih lambat meloloskan air. Terlihat terjadi penurunan nilai permeabilitas dari 0,31 cm/s menjadi 0,1 cm/s. Hal ini disebabkan oleh penambahan *fly ash* dapat menutupi rongga udara dalam campuran aspal tersebut. Sama halnya yang dilaporkan oleh penelitian yang dilakukan oleh Jaya dkk, (2021), dimana penambahan kadar *fly ash* dalam campuran akan meningkatkan kekentalan aspal sehingga terjadi penebalan pada selimut aspal maka dari itu volume pori antar agregat semakin kecil, serta waktu yang diperlukan untuk menyalurkan air dari permukaan menjadi lebih lama.

Tabel 5
 Hasil Pengujian Permeabilitas Aspal Berpori Normal

Kadar Aspal	L (cm)	Q Volume air (cm ³)	A Luas penampang cm ²	t Waktu (s)	H Ketinggian air (cm)	K Permeabilitas (cm/s)
5%	7,2	500	81,7	17,43	5	0,51
5,5%	7,2	500	81,7	29,1	5	0,35
6%	7,2	500	81,7	25,5	5	0,30
6,5%	7,2	500	81,7	29,4	5	0,30
7%	7,2	500	81,7	89,12	5	0,10
Rata-rata						0,31
SPESIFIKASI AAPA 2004						0,1-0,5 cm/s

Tabel 6
 Hasil Pengujian Permeabilitas Aspal Berpori Dengan Fly Ash

Kadar Fly Ash	L (cm)	Q Volume air (cm ³)	A Luas penampang cm ²	t Waktu (detik)	H Ketinggian air (cm)	K Permeabilitas cm/detik
3%	7,3	500	81,7	80,31	5	0,11
5%	7,2	500	81,7	86,11	5	0,10
7%	7,1	500	81,7	82,65	5	0,11
Rata-rata						0,10
SPESIFIKASI AAPA 2004						0,1-0,5 cm/s

Berdasarkan hasil penelitian, aspal berpori sangat berpotensi untuk diaplikasikan di daerah perkotaan yang sering mengalami hujan lebat, karena dapat mengurangi risiko terjadi banjir dan meningkatkan keselamatan lalu lintas. Selain itu, aspal ini juga dapat membantu mengurangi beban pada sistem drainase kota. Selain sebagai lapis permukaan jalan raya, campuran aspal berpori juga dapat diaplikasikan untuk area parkir, jalur pejalan kaki, lapangan lari dan taman untuk area hijau. Oleh karena itu, penelitian lanjutan masih sangat diperlukan untuk melihat lebih dalam lagi terkait pemanfaatan kombinasi material pozzolan untuk meningkatkan kinerja aspal berpori disesuaikan dengan kualitas agregat di masing-masing daerah. Penelitian lainnya yang dapat dikembangkan adalah potensi penggunaan *fly ash* dalam bentuk nano partikel yang menurut beberapa penelitian dapat meningkatkan ikatan campuran aspal dan agregat karena meningkatnya reaktivitas dalam campuran (Pardoto et al., 2019).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan diambil kesimpulan bahwa nilai kadar aspal optimum pada campuran aspal berpori dengan agregat dari Desa Kema Kab. Minahasa Utara yang dianalisis menggunakan gradasi *Stone Matrix Asphalt* (SMA) diperoleh Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,5%. Pengaruh dari pemanfaatan *fly ash* sebagai *filler* pada campuran aspal berpori mempengaruhi nilai dari hasil pengujian *Marshall* dimana *fly ash* 7% menghasilkan stabilitas tertinggi yaitu 1130,36 kg. Nilai *flow* dan *VIM* cenderung meningkat seiring dengan penambahan kadar *fly ash*. Pada nilai *MQ* didapatkan nilai tertinggi pada kadar *fly ash* 7% yaitu 384,82 kg/mm. Semua parameter pengujian sudah sesuai dengan spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA) 2004 untuk campuran aspal berpori. Hasil pengujian permeabilitas menunjukkan hasil yang telah memenuhi spesifikasi AAPA 2004 yaitu di rata-rata 0,31 cm/s untuk aspal berpori normal dan 0,10 cm/s untuk aspal berpori dengan penambahan *fly ash*. Dengan penambahan kadar *fly ash* dapat dilihat waktu kecepatan laju air cenderung lambat dari campuran aspal berpori tanpa penambahan *fly ash*. Hal ini diakibatkan karena sifat *fly ash* adalah sebagai bahan pengikat maka membuat rongga di dalam campuran aspal dan rongga antar agregat akibat penambahan *fly ash* menjadi berkurang sehingga kemampuan meloloskan air semakin melambat. Perlu dilakukan pengujian lanjutan terkait karakteristik aspal berpori berdasarkan uji durabilitas misalnya ketahanan terhadap pelapukan, uji terhadap keausan oleh lalu lintas, noise reduction dan ketahanan terhadap pengaruh tumpahan bahan kimia terhadap aspal berpori.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Qurny, A. U., Hagni Puspito, I., & Tinumbia, N. (2022). Pengaruh Penambahan Bahan Pengisi (Filler) Fly Ash Terhadap Campuran Aspal Beton Lapis Aus (Asphalt Concrete Wearing Course/Ac-Wc). *Jurnal ARTESIS*, 2(1), 87–97.
<https://doi.org/10.35814/artesis.v2i1.3766>
- Australian Asphalt Pavement Association (AAPA). (2004). *Guide to the Design of New Pavements for Light Traffic*. Australian Asphalt Pavement Association.
- Binamarga. (2010). Divisi 4_SPEK 2010 REV 3. *Spesifikasi Bina Marga Revisi*.

- Elmagarhe, A., Lu, Q., Alamri, M., Alharthai, M., & Elnihum, A. (2024). Laboratory performance evaluation of porous asphalt mixture containing recycled concrete aggregate and fly ash. *Case Studies in Construction Materials*, 20. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02849>
- FHWA (Producer). (2017). Chapter 8 Fly Ash in Asphalt Pavements
- Jaya, Z., Majuar, E., Gani, F. A., & Yuanda, G. P. (2021). *Pemanfaatan Fly Ash Batubara Kelas C Sebagai Filler Untuk Meningkatkan Kekuatan Aspal Beton Porus*. 5(1), 5–10.
- Mansor, S., Haron, S., Joohari, M.I., Razali, M., Ramli, R. (2021). The Effect of Utilizing Fly Ash and Bottom Ash as a Replacement of Mineral Filler in Porous Asphalt Mixtures. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1144 012086
- Pradoto, R., Puri, E., Hadinata, T., Rahman, Q. D., & Az-zuchruf, R. M. (2019). Improving Strength of Porous Asphalt: A Nano Material Experimental Approach. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 15(2), 75–89. <https://doi.org/10.25077/jrs.15.2.75-89.2019>
- Rodhiah, A., Yani, I., & Mahdi, M. (2023). Analisis Fly Ash terhadap Filler pada campuran Aspal Porus. *Jurnal Rekayasa Teknik Dan Teknologi*, 7(2), 82–90. <https://doi.org/10.51179/rkt.v7i2.2079>
- Wenur, K. R., Palenewen, S. C. N., & Waani, J. E. (2023). Pengaruh Variasi Kandungan Bahan Pengisi Filler Fly Ash Batu Bara Pada Campuran Beraspal Panas Jenis Lataston Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC). *Tekno*, 21(85), 805–814. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/tekno/article/view/49249>