

PENGARUH PENGISIAN RONGGA PADA PERKERASAN ASPAL PORUS TERHADAP KECEPATAN RESAPAN, PERMEABILITAS, DAN SKID RESISTANCE

Bondan Yhudianto¹⁾, Ary Setyawan²⁾, Suryoto³⁾

¹⁾Mahasiswa Program S1 Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

²⁾³⁾ Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jalan Ir Sutami 36A, Surakarta 57126 E-mail : bondanyhudianto@gmail.com

Abstract

Porous asphalt is designed to have a high pore space so that it can pass with a good surface water. However, high pore space cause porous asphalt material easily clogged by sand. The blockage causes the porous asphalt's ability to absorb water decreases surface. Therefore, this study aimed to determine the effect of filling the cavity against infiltration velocity, permeability. And how much influence the amount of compaction on skid resistance.

Field test specimen dimensions 5m x 1.5 m., with each 1.6 meters made 6 times, 8 times and 10 times compaction. The compaction using babyroller compactor with operational weight 1.2 tons. The first test sequence is skid resistance test using a rolling straightedge, further testing the infiltration velocity and permeability with the treatment without recharging and filling the cavity in the form of sand Progo and Panca Darma. Permeability testing using a test specimen results coredrill drill pipe and then tested in the laboratory. While testing the infiltration velocity is done directly in the field. Then the data obtained laboratory and field test results for analysis of results. Analysis of the results of the study of porous asphalt with cavity filler showed impaired permeability and absorption speed. The coefficient of permeability with treatment without filling respectively, are the results of the laboratory 1.518 cm / sec, 6 times the compaction of 0.962 cm / sec, 8 times the compaction of 0.863 cm / sec, 10 times the compaction of 0.651 cm / sec. Treatment Panca Darma filling sand in a row, lab 0.442 cm / sec, 6 times the compaction of 0.003 cm / sec, 8 times the compaction of 0.002 cm / sec, 10 times the compaction of 0.002 cm / sec. Treatment Progo filling sand in a row, lab 0.321 cm / sec, 6 times the compaction of 0.003 cm / sec, 8 times the compaction of 0.002 cm / sec, 10 times the compaction of 0.002 cm / sec. The coefficient of absorption with the treatment speed without charging a row for the sixth time compaction 1.136 cm / sec., 8 times the compaction of 0.555 cm / sec., 10 times the compaction of 0.432 cm / sec. Treatment of filling sand Panca Darma successively for six times the compaction of 0.606 cm / sec., 8 times the compaction of 0.301 cm / sec., 10 times the compaction of 0.209 cm / sec., The treatment filling sand Progo successively for six times the compaction 0.420 cm / sec., 8 times the compaction of 0.225 cm / sec., 10 times the compaction of 0.171 cm / sec. The coefficient of Ride Profile Index (PRI) with porous asphalt compaction 6 times, 8 times the compaction and compaction 10 times in a row is 23.85 mm / m, 15.38 mm / m, and 13.85 mm / m.

Keywords: permeability, speed infiltration, skid resistance

Abstrak

Aspal porus didesain memiliki ruang pori tinggi sehingga dapat meloloskan air permukaan dengan baik. Namun ruang pori tinggi menyebabkan aspal porus mudah tersumbat oleh material berupa pasir. Penyumbatan tersebut menyebabkan kemampuan aspal porus menyerap air permukaan menurun. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pengisian rongga terhadap kecepatan resapan, permeabilitas. Dan seberapa besar pengaruh jumlah pemadatan terhadap *skid resistance*.

Benda uji lapangan berdimensi 5m x 1,5m., setiap 1,6 meter dilakukan 6 kali, 8 kali, dan 10 kali pemadatan. Pemadatan menggunakan *baby roller* dengan berat operasional 1,2 ton. Urutan pengujian yang pertama adalah uji *skid resistance* menggunakan alat *rolling straightedge*, selanjutnya pengujian kecepatan resapan dan permeabilitas dengan perlakuan tanpa pengisian dan pengisian rongga berupa pasir Progo dan Panca Darma. Pengujian permeabilitas menggunakan benda uji hasil bor pipa *coredrill* lalu diuji di laboratorium. Sedangkan pengujian kecepatan resapan dilakukan langsung di lapangan. Kemudian didapatkan data hasil uji laboratorium dan lapangan untuk dilakukan analisa hasil.

Analisa hasil penelitian aspal porus dengan pengisi rongga menunjukkan terjadi penurunan nilai permeabilitas dan kecepatan resapan. Nilai koefisien permeabilitas dengan perlakuan tanpa pengisian berturut-turut yaitu hasil laboratorium 1,518 cm/dt, 6 kali pemadatan 0,962 cm/dt, 8 kali pemadatan 0,863 cm/dt, 10 kali pemadatan 0,651 cm/dt. Perlakuan pengisian pasir Panca Darma berturut-turut, laboratorium 0,442 cm/dt, 6 kali pemadatan 0,003 cm/dt, 8 kali pemadatan 0,002 cm/dt, 10 kali pemadatan 0,002 cm/dt. Perlakuan pengisian pasir Progo berturut-turut, laboratorium 0,321 cm/dt, 6 kali pemadatan 0,003 cm/dt, 8 kali pemadatan 0,002 cm/dt, 10 kali pemadatan 0,002 cm/dt. Nilai koefisien kecepatan resapan dengan perlakuan tanpa pengisian berturut-turut untuk 6 kali pemadatan 1,136 cm/dtk., 8 kali pemadatan 0,555 cm/dtk., 10 kali pemadatan 0,432 cm/dtk. Perlakuan pengisian pasir Panca Darma berturut-turut untuk 6 kali pemadatan 0,606 cm/dtk., 8 kali pemadatan 0,301 cm/dtk., 10 kali

pemadatan 0,209 cm/dtk., Perlakuan pengisian pasir Progo berturut-turut untuk 6 kali pemadatan 0,420 cm/dtk., 8 kali pemadatan 0,225 cm/dtk., 10 kali pemadatan 0,171 cm/dtk. Nilai koefisien *Profile Ride Index* (PrI) aspal porous dengan 6 kali pemadatan, 8 kali pemadatan, dan 10 kali pemadatan berturut-turut adalah 23,85 mm/m, 15,38 mm/m, dan 13,85 mm/m.

Kata Kunci : permeabilitas, kecepatan resapan, *skid resistance*

PENDAHULUAN

Aspal porous adalah campuran aspal yang memiliki ruang pori tinggi dibandingkan dengan jenis perkerasan aspal konvensional. Porositas yang tinggi didapatkan karena campuran aspal porous didominasi oleh agregat kasar. Sehingga aspal porous dapat meloloskan air permukaan dengan baik khususnya pada waktu hujan. Namun ruang pori tinggi menyebabkan aspal porous mudah tersumbat oleh material berupa pasir. Penyumbatan tersebut menyebabkan kemampuan aspal porous menyerap air permukaan menurun.

Selain itu, campuran aspal porous yang didominasi oleh agregat kasar menyebabkan tingkat kerataan aspal porous menjadi berkurang. Hal tersebut menyebabkan pengguna jalan kurang nyaman saat melintasi jalan tersebut. Oleh karena itu, perlu adanya analisa komposisi jumlah pemadatan yang tepat supaya didapat kerataan yang memenuhi dan tahanan gelincir yang tinggi supaya ban kendaraan tidak selip saat hujan. Sehingga selain nyaman pengguna jalan tersebut juga aman.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pengisian rongga terhadap kecepatan resapan, permeabilitas. Dan seberapa besar pengaruh jumlah pemadatan terhadap *skid resistance*.

Dasar Teori

Aspal porous adalah campuran aspal yang didominasi oleh agregat kasar dan kadar pasir rendah untuk mendapatkan nilai porositas yang tinggi, didesain untuk memiliki nilai porositas lebih dari 20%. Aspal porous dipergunakan untuk lapisan permukaan jalan (*wearing course*) dan diamparkan diatas lapisan kedap air. Campuran aspal porous dirancang untuk mendapatkan rongga dalam campuran yang saling berhubungan (*interconnected*) dengan permeabilitas tinggi. (*Widyastuti, 2013*)

Sifat-sifat Aspal Porus

Sifat-sifat aspal porous menurut Setiawan dan Sarwono (2006) adalah :

- Mempunyai kadar pori (*void*) yang tinggi sekitar 20 % pada awal dipadatkan, dan sangat cepat menyerap lapisan air permukaan, sebagai contoh 50 mm aspal porous dengan kadar udara 20 % secara spontan akan menyerap 10 mm air hujan di permukaan perkerasan.
- Mempunyai *skid resistance* yang tinggi untuk kecepatan tinggi, tergantung jenis agregat yang digunakan.
- Mempunyai negatif tekstur, selama pemadatan agregat berorientasi sedemikian hingga permukaan yang luas sejajar dengan arah lalu lintas, yang mana kontak dengan roda akan memproduksi suara dengan level rendah.

Setelah mengetahui sifat-sifat aspal porous antara lain mempunyai kadar pori dan *skid resistance* tinggi dibandingkan campuran aspal pada umumnya, campuran aspal porous juga dapat diklasifikasikan berdasar angka permeabilitas sesuai dengan penelitian ini. Menurut (*Mullen, 1967*) campuran aspal porous dapat diklasifikasikan sesuai pada tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Campuran Aspal Berdasarkan Angka Permeabilitas

Koefisien permeabilitas (k) (cm/detik)	Kategori Permeabilitas
1.10^{-8}	Impervious
1.10^{-6}	Practically Impervious
1.10^{-4}	Poor Drainage
1.10^{-2}	Fair Drainage
1.10^{-1}	Good Drainage

Sumber: *Mullen, 1967*

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data hasil penelitian. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai permeabilitas dan kecepatan resapan aspal porus sebelum dan sesudah diisi pasir. Dan untuk mengetahui nilai *skid resistance* aspal porus setelah pemadatan.

Langkah Kerja

Tahap I : Tahap persiapan. Tahap persiapan bahan dan peralatan sebelum benda uji dibuat dan dihamparkan di lapangan. Seluruh bahan dan peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian dipersiapkan terlebih dahulu agar penelitian dapat berjalan dengan lancar. Bahan – bahan yang perlu dipersiapkan adalah agregat gravel dari Progo, aspal polymer starbit E-60, dan filler menggunakan semen portland. Lalu membersihkan alat yang akan digunakan.

Tahap II : Tahap pembuatan benda uji di lapangan. Pada tahap ini dilakukan pembuatan benda uji lalu dihamparkan di lapangan berukuran panjang 5 m, lebar 1,5 m., tebal 7 cm.

Tahap III : Tahap pemadatan. Pada tahap ini dilakukan pemadatan menggunakan alat pemadat baby roller dengan berat operasional 1,2 ton. Setiap 1,6 m dari panjang benda uji dilakukan variasi pemadatan 6 kali, 8 kali, 10 kali pemadatan.

Tahap IV : Tahap pengisian rongga. Pada setiap variasi pemadatan (1,6 m) dilakukan perlakuan tanpa isian, pengisian rongga dengan pasir Progo, dan pengisian rongga dengan pasir Panca Darma.

Tahap V : Tahap pengujian. Selanjutnya benda uji dilakukan pengujian antara lain uji permeabilitas, kecepatan resapan, dan *skid resistance*.

Tahap VI : Data yang diperoleh dari hasil pengujian dihitung dan dianalisa seberapa besar pengaruhnya adanya isian rongga terhadap permeabilitas dan kecepatan resapan.

Tahap VII : Dari seluruh prosedur penelitian dan pembahasan yang telah dilaksanakan kemudian ditarik kesimpulan yang sesuai dengan tujuan dari penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pemeriksaan Bahan Dasar

Bahan dasar yang di uji dalam penelitian ini adalah agregat, aspal polimer starbit E-60 dan *filler* semen Portland. Pemeriksaan bahan dasar dilakukan di Laboratorium Jalan Raya dan Bahan Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta. Pemeriksaan *filler* menunjukkan *Spesific Gravity* dari *filler* semen Portland sebesar 2,92 gr/cc.

Pada penelitian ini menggunakan agregat hasil saringan pasir Progo tertahan saringan ukuran 2,36 mm. Sesuai dengan karakteristik campuran aspal porus yakni menggunakan gradasi seragam. Untuk hasil pemeriksaan agregat secara teknis dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Agregat

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat*	Hasil**
1	Peresapan terhadap air	max. 3%	3,6 %
2	Berat jenis bulk	min 2,5gr/cc	2,208 %
3	Berat jenis SSD	min. 2,5 gr/cc	2,287 gr/cc
4	Berat jenis apparent	-	2,398
5	Abrasi	max 40%	43,96%
6	Kelekatan terhadap aspal	>95%	97%

Sumber : *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton untuk Jalan Raya.

**Yahya Abdurrohman, 2016

Hasil pemeriksaan agregat menunjukkan agregat hanya memenuhi syarat dari segi kelekatan terhadap aspal. Namun

agregat tetap dipakai untuk dilakukan penelitian karena penelitian ini hanya untuk mengetahui nilai permeabilitas, kecepatan resapan dan *skid resistance*.

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Polimer Starbit E-60

No.	Jenis Pemeriksaan	Standar Pengujian	Syarat*	Hasil**
1	Penetrasi, 100gr, 25° C, 5 detik	SNI 06-2456-1991	50-70	53,05
2	Titik Lembek; °C	SNI 06-2434-1991	≥54 ° C	60 ° C
3	Titik Nyalai; °C	SNI 06-2433-1991	>232° C	300° C
4	Daktilitas, 25° C; cm	SNI 06-2432-1991	≥100 cm	>150 cm
5	<i>Specific Gravity</i>	SNI 06-2441-1991	≥1 gr/cc	1,0335 gr/cc

Sumber : * Pelaksanaan lapis campuran beraspal panas, Departemen Pekerjaan Umum

** Michael, 2016

Hasil pemeriksaan aspal oleh (Michael, 2016) menunjukkan aspal polimer starbit E-60 memenuhi syarat SNI.

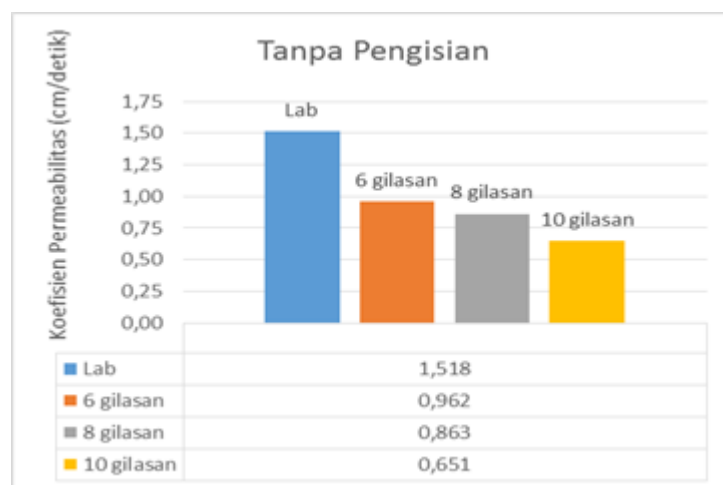
Hasil Pengujian Permeabilitas

Pengujian permeabilitas dilakukan untuk mengetahui nilai koefisien permeabilitas. Koefisien permeabilitas ini yang digunakan sebagai acuan untuk mengetahui kemampuan suatu bahan melewatkan zat cair. Data yang diperlukan untuk pengujian ini adalah diameter benda uji, tebal benda uji, tekanan air, volume air yang dialirkan dan waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air. Sesuai dengan tabel 1, campuran aspal porus dapat diklasifikasikan menurut angka permeabilitasnya yang ditunjukkan dalam tabel 4 dibawah ini.

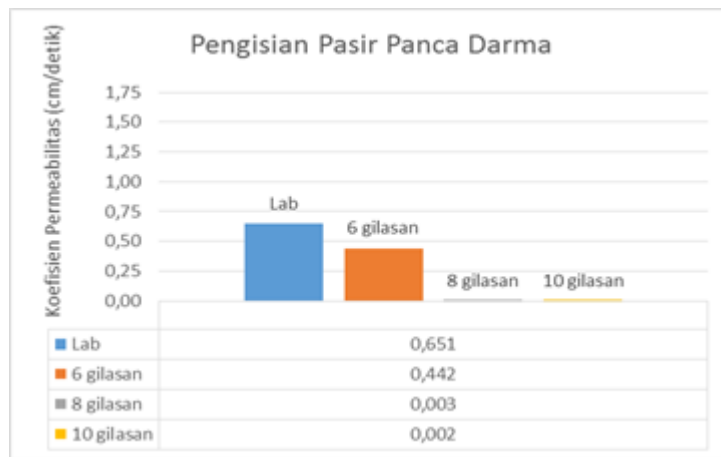
Tabel 4. Hasil Pengujian Permeabilitas

	Tanpa Pengisian				Pengisian dengan Pasir Panca Darma				Pengisian dengan Pasir Progo			
	Lab	6	8	10	Lab	6	8	10	Lab	6	8	10
Tebal Benda Uji (cm)	6,89	7,83	7,47	6,72	6,84	7,83	7,5	6,72	6,86	5,7	7,24	6,71
Waktu Rembesan (detik)	3,1	6,4	6,9	7,3	7,8	14,5	15	13,9	8,1	13,27	14,6	14,0
Koefisien Permeabilitas (cm/detik)	1,518	0,962	0,863	0,651	0,442	0,003	0,002	0,002	0,321	0,003	0,002	0,002
Klasifikasi	Good Drainage	Good Drainage	Good Drainage	Good Drainage	Good Drainage	Poor-Fair Drainage	Poor-Fair Drainage	Poor-Fair Drainage	Good Drainage	Poor-Fair Drainage	Poor-Fair Drainage	Poor-Fair Drainage

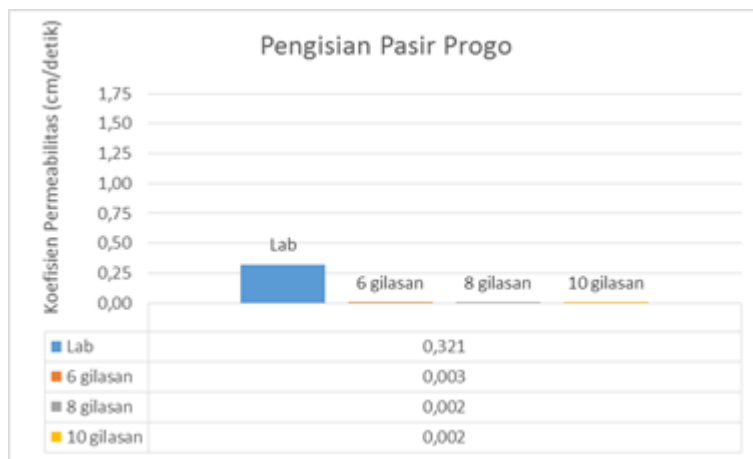
Dari hasil perhitungan tabel 4, Hasil pengujian nilai permeabilitas aspal porus tanpa pengisian dan pengisian pasir disajikan dalam bentuk grafik batang berikut :



Grafik 1. Nilai Koefisien Permeabilitas Tanpa Pengisian



Grafik 2. Nilai Koefisien Permeabilitas dengan Pengisian Pasir Panca Darma



Grafik 3. Nilai Koefisien Permeabilitas dengan Pengisian Pasir Progo

Dari Grafik 1., 2., dan 3., didapat bahwa nilai koefisien permeabilitas paling besar adalah aspal porus dengan perlakuan tanpa pengisian. Untuk variasi pengisian, hasil koefisien permeabilitas paling baik dengan pengisian pasir Panca Darma. Untuk hasil lapangan dengan variasi pengisian, berada diantara klasifikasi *poor drainage - fair drainage* (berdasar tabel 1). Hal tersebut dikarenakan saat pengambilan sampel dengan coredrill tidak dilakukan dengan hati-hati. Menyebabkan permukaan sampel tidak rata. Sehingga saat diuji menggunakan alat AF-16 hasilnya dibawah target.

Hasil Pengujian Kecepatan Resapan

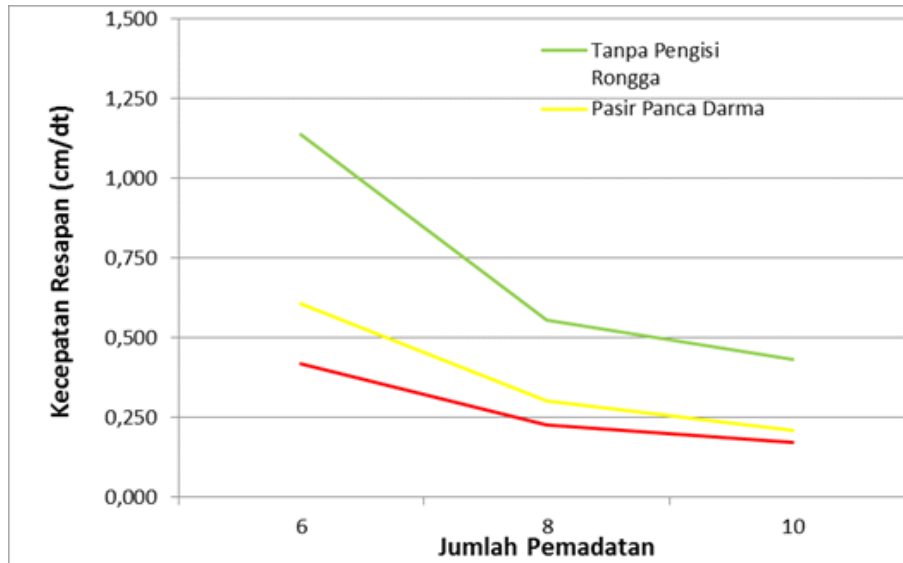
Pengujian kecepatan resapan menggunakan prinsip *falling head permeability*, diatas aspal yang telah dihamparkan dengan ukuran 5m x 1,5m x 0,07m. Setiap 1,6 m dari panjang benda uji dilakukan perbedaan jumlah pemadatan yakni 6 kali pemadatan, 8 kali pemadatan, 10 kali pemadatan. Setiap pemadatan diberi perlakuan tanpa pengisian, dan pengisian rongga. Pengisi rongga pori menggunakan pasir Sungai Progo dan dari Panca Darma.

Tabel 5. Hasil Pengujian Kecepatan Resapan

Kode sampel	Kecepatan Resapan				
	Luas penampang tabung (cm ²)	Tinggi terlihat (cm)	Luas penampang (cm ²)	Waktu (dtk)	Koef (cm/dtk)
6	81,032	7,60	323,490	2,32	1,136
6PD	81,032	7,60	323,490	4,35	0,606
6P	81,032	7,60	323,490	6,28	0,420
8	81,032	7,40	317,110	4,72	0,555
8PD	81,032	7,40	317,110	8,71	0,301

Kode sampel	Luas penampang tabung (cm ²)	Tinggi terlihat (cm)	Luas penampang (cm ²)	Waktu (dtk)	Koef (cm/dtk)
8P	81,032	7,40	317,110	11,63	0,225
10	81,032	6,70	294,778	5,91	0,432
10PD	81,032	6,70	294,778	12,23	0,209
10P	81,032	6,70	294,778	14,95	0,171

Dari hasil perhitungan Tabel 5. Hasil pengujian nilai kecepatan resapan aspal porus dengan variasi pengisi rongga pori disajikan dalam bentuk grafik batang pada Grafik 4. sebagai berikut :

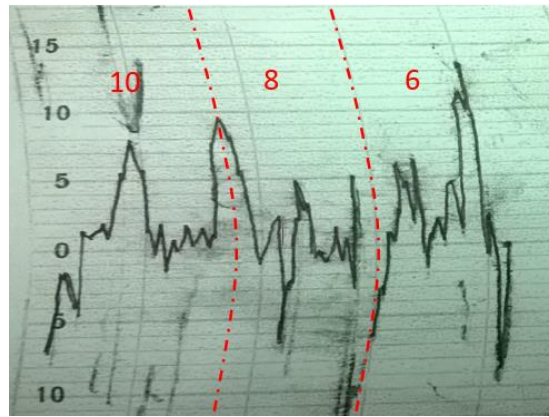


Grafik 4. Hasil Pengujian Nilai Kecepatan Resapan Tanpa Pengisian, Pengisian Pasir Panca Darma, dan Pasir Progo

Adanya pengisi rongga pori menyebabkan berkurangnya nilai permeabilitas dan kecepatan resapan akibat terisinya rongga pori dalam aspal porus, dimana semakin banyaknya rongga pori yang terisi oleh material penyumbat (tanah dan pasir), menyebabkan porositas berkurang dan kemampuan aspal porus untuk meloloskan air menurun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa walaupun dengan adanya pengisi rongga pori aspal porus masih mampu untuk mengalirkan air, sehingga aspal porus dapat digunakan sebagai alternatif perkerasan jalan yang mampu meloloskan air.

Hasil Pengujian *Skid Resistance*

Pengujian *skid resistance* pada penelitian ini dilakukan menggunakan alat *rolling straightedge* yang merekam berupa grafik sesuai dengan keadaan tekstur permukaan jalan yang dilewati.. Benda uji dilapangan berdimensi 5 m x 1,5 m x 0,07 m dengan variasi benda uji berdasarkan jumlah gilasan yaitu 6 gilasan, 8 gilasan, dan 10 gilasan. Berikut adalah hasil pengujian kerataan aspal pada bidang uji.



Grafik 5. Hasil Pengujian Kerataan Aspal pada Bidang Uji

Setelah dilakukan pengujian, didapat grafik setiap gilasan terhitung sepanjang 1,3 meter. Selanjutnya perhitungan nilai PrI setiap gilasan disajikan pada tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan Nilai Kerataan Aspal

Gilasan	PrI Point (mm)	Jarak (m)	PrI zero null band (mm/m)
10	4+2+8+2+2	1,3	13,85
8	2+6+5+2+5	1,3	15,38
6	6+2+4+11+8	1,3	23,85

Dari hasil perhitungan tabel 6 menunjukkan nilai *Profil Ride Index* (PrI) mengalami peningkatan dari 10 kali pemadatan, 8 kali pemadatan, 6 kali pemadatan. Hal tersebut ditandai dengan gradient grafik pada segmen 10 kali pemadatan landai, dan kurva naik turun yang renggang sehingga mengindikasikan tekstur permukaan lebih halus. Sedangkan gradient grafik pada segmen 6 kali pemadatan menunjukkan kurva naik turun rapat yang mengindikasikan tekstur permukaan jalan lebih kasar dan meningkatnya kekesatan permukaan jalan.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian serta analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Untuk pengaruh pengisian terhadap nilai permeabilitas dan kecepatan resapan aspal porus dapat disimpulkan sebagai berikut :
 - Pengisian rongga pori menyebabkan berkurangnya nilai koefisien permeabilitas, namun aspal porus masih mampu untuk mengalirkan air. Nilai koefisien permeabilitas dengan perlakuan tanpa pengisian berturut-turut yaitu hasil laboratorium 1,518 cm/dt, 6 kali pemadatan 0,962 cm/dt, 8 kali pemadatan 0,863 cm/dt, 10 kali pemadatan 0,651 cm/dt. Perlakuan pengisian pasir Panca Darma berturut-turut, laboratorium 0,442 cm/dt, 6 kali pemadatan 0,003 cm/dt, 8 kali pemadatan 0,002 cm/dt, 10 kali pemadatan 0,002 cm/dt. Perlakuan pengisian pasir Progo berturut-turut, laboratorium 0,321 cm/dt, 6 kali pemadatan 0,003 cm/dt, 8 kali pemadatan 0,002 cm/dt, 10 kali pemadatan 0,002 cm/dt.
 - Pada perkerasan aspal porus, kecepatan resapan air berkurang akibat pengisian rongga pori. Nilai koefisien kecepatan resapan dengan perlakuan tanpa pengisian berturut-turut untuk 6 kali pemadatan 1,136 cm/dtk., 8 kali pemadatan 0,555 cm/dtk., 10 kali pemadatan 0,432 cm/dtk. Perlakuan pengisian pasir Panca Darma berturut-turut untuk 6 kali pemadatan 0,606 cm/dtk., 8 kali pemadatan 0,301 cm/dtk., 10 kali pemadatan 0,209 cm/dtk., Perlakuan pengisian pasir Progo berturut-turut untuk 6 kali pemadatan 0,420 cm/dtk., 8 kali pemadatan 0,225 cm/dtk., 10 kali pemadatan 0,171 cm/dtk.
- Nilai koefisien *Profile Ride Index* (PrI) dari grafik *rolling straightedge* aspal porus dengan 6 kali pemadatan, 8 kali pemadatan, dan 10 kali pemadatan berturut-turut adalah 23,85 mm/m, 15,38 mm/m, dan 13,85 mm/m. Dari hasil tersebut didapat bahwa semakin kecil nilai koefisien PrI semakin baik tingkat kerataan aspal. Sebaliknya, semakin besar nilai koefisien PrI mengindikasikan tekstur permukaan jalan yang kasar dan meningkatkan kekesatan permukaan jalan (*skid resistance*).

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Ir. Ary Setyawan, M.Sc., Ph.D. dan Ir. Suryoto, M.T. yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

REFERENSI

RSNI 03-1737-1989, *Pelaksanaan Lapis Campuran Beraspal Panas*.

Diana, I Wayan. 2000. *Sifat-sifat Teknik dan Permeabilitas pada Porus*. Simposium III FSTPT UGM. Yogyakarta.

Hardiman. 2004. *Application of Packing Theory on Grading Design for Porous Asphalt Mixtures*. Journal of Civil Engineering Dimension. University Sains Malaysia. Vol 6 No. 2. Sept.

Setyawan A., Sarwono D. 2006. *Handout Mata Kuliah Teknologi Bahan Perkerasan Jalan*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

Akhmad, A. 2014. *Kajian Lapangan Slurry Seal Untuk Pemeliharaan Perkerasan Jalan (Tinjauan Uji Kedalaman Tekstur dan Analisa Biaya*. Skripsi, Universitas Sebelas Maret.

Rizkianto, T. 2015. *Pengaruh Pengisian Rongga Pada Campuran Aspal Porus Menggunakan Aspal Polimer Starbit E-55 Terhadap Permeabilitas, Kecepatan Resapan, Kuat Tekan dan Kuat Tarik*, Skripsi, Universitas Sebelas Maret.

Widyastuti, S. 2013. *Desain Aspal Porus Menggunakan Gravel Bergradasi Seragam yang Ramah Lingkungan* Skripsi, Universitas Sebelas Maret.