

ANALISIS VARIASI TINGKAT POROSITAS TERHADAP NILAI DURABILITAS PADA CAMPURAN ASPAL PORUS

Fazri Hidayat¹, Sri Sunarjono², Agus Riyanto³, Senja Rum Harnaeni⁴

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

Email: fazrih18@gmail.com

Abstrak

Berbagai hal yang menjadi faktor kerusakan konstruksi perkerasan jalan sangat banyak, salah satunya yaitu genangan air. Hal ini menggerakkan pikiran para ilmuwan untuk mencari solusi bagaimana cara memudahkan air untuk mengalir langsung ke dalam tanah ataupun disalurkan ke selokan. Salah satu hasil penelitian yang sangat bagus untuk dilanjutkan yaitu inovasi aspal porus. Aspal porus merupakan inovasi perkerasan aspal terbaru yang didesain dengan rongga-rongga dalam campuran yang tinggi untuk mengalirkan air hujan di atas permukaan perkerasan jalan. Aspal porus sendiri belum banyak digunakan di Indonesia dan sebenarnya sangat dibutuhkan, dikarenakan di Indonesia memiliki debit hujan yang sangat tinggi, sehingga aspal porus dapat menjadi solusinya. Penelitian ini menggunakan tiga variasi porositas pada benda uji antara lain benda uji porositas 15%, benda uji porositas 25% dan benda uji porositas 30%. Penelitian ini diharapkan sebagai metode pendekatan dalam membuat campuran aspal porus yang memenuhi porositas serta kekuatan yang dibutuhkan. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan terhadap durabilitas campuran aspal porus dengan benda uji porositas 15%, benda uji porositas 25% dan benda uji porositas 30% dengan lama rendaman 1 hari, 3 hari, 5 hari menyatakan bahwa stabilitas campuran aspal porus pada rendaman air suhu 25°C lebih tinggi dari campuran aspal porus pada rendaman air suhu 45°C, akan tetapi nilai durabilitas campuran aspal porus pada rendaman air suhu 25°C lebih kecil dari campuran aspal porus pada rendaman air suhu 45°C. Masing-masing benda uji pada campuran mengalami penurunan seiring bertambahnya lama rendaman. Pada benda uji rendaman air suhu 45°C didapatkan hasil yang mengalami penurunan yang sangat signifikan pada semua benda uji, penurunan kekuatan terbanyak yaitu hampir mencapai 50% pada porositas 30% dalam durasi rendaman 1 hari. Hasil yang didapat bahwa semakin lama durasi perendaman maka terjadi penurunan yang semakin besar.

Kata kunci: Durabilitas; Aspal porus; Porositas; Uji Rendaman Air

Pendahuluan

Berbagai hal yang menjadi faktor kerusakan konstruksi perkerasan jalan sangat banyak, salah satunya yaitu genangan air. Selain air, faktor penyebab kerusakan dari perkerasan lentur adalah material. Menurut Munggaran dan Wibowo (2017), faktor penyebab kerusakan jalan yang berada pada peringkat kedua setelah drainase yang tidak berfungsi dengan baik yaitu komposisi bahan material yang tidak sesuai persyaratan. Komposisi material untuk perkerasan jalan harus diperhitungkan terlebih dahulu untuk mendapatkan perkerasan jalan yang baik selama umur layanan jalan, dimana biasanya dilakukan melalui uji laboratorium.

Hal ini menggerakkan pikiran para ilmuwan untuk mencari solusi bagaimana cara memudahkan air untuk mengalir langsung ke dalam tanah ataupun disalurkan ke selokan. Salah satu hasil penelitian yang sangat bagus untuk dilanjutkan yaitu inovasi aspal porus. Aspal porus merupakan inovasi perkerasan aspal terbaru yang didesain dengan rongga-rongga dalam campuran yang tinggi untuk mengalirkan air hujan di atas permukaan perkerasan jalan. Aspal porus sendiri belum banyak digunakan di Indonesia dan sebenarnya sangat dibutuhkan, dikarenakan di Indonesia memiliki debit hujan yang sangat tinggi. Akan tetapi aspal porus memiliki kekurangan yaitu stabilitas dan keawetan yang lebih rendah daripada perkerasan konvensional serta kebutuhan tingkat porositas aspal porus setiap jalan tentu berbeda-beda. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka dilakukanlah penelitian tentang durabilitas aspal porus dengan variasi nilai porositasnya. Penelitian ini lebih ditekankan pada variasi tingkat porositas setiap sampel aspal porus untuk mengetahui nilai durabilitasnya. Berdasarkan pemikiran tersebut penulis ingin melakukan penelitian mengenai pengaruh variasi tingkat porositas pada suatu campuran aspal porus terhadap nilai durabilitas.

Metode Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Penelitian ini dilakukan demi mengamati pengaruh rendaman dan variasi porositas di lapangan dengan mensimulasikan ke laboratorium yaitu dengan melakukan pendekatan membuat benda uji dengan berbagai porositas.

Metode untuk membuat benda uji pada penelitian ini menggunakan gradasi yang telah ada pada penelitian sebelumnya, setelah itu dibuat benda uji dengan 3 variasi porositas, antara lain porositas 15% (GR UMS), porositas 25% (JEPANG) dan porositas 30% (SEBELAS MARET). Kadar aspal yang digunakan yaitu menggunakan kadar aspal optimum yang telah diteliti oleh penelitian sebelumnya oleh Ramadhan (2018). Setelah benda uji dibuat dilakukan uji rendaman air suhu 25°C dan 60°C, namun dikarenakan pada saat dilakukan uji rendaman 60°C semua benda uji mengalami kerusakan yang disebabkan suhu rendaman terlalu tinggi maka uji rendaman 60°C diubah menjadi 45°C, setelah uji rendaman dilakukan uji Marshall. Berikut adalah tabel jumlah dan variasi benda uji yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 1. Jumlah dan Variasi Benda Uji

Variasi Benda Uji		Uji Marshall					
		Jumlah Benda Uji					
Porositas (%)	KAO (%)	25°C			45°C		
		1 Hari	3 Hari	5 Hari	1 Hari	3 Hari	5 Hari
15	3,5	3	3	3	3	3	3
25	4,5	3	3	3	3	3	3
30	4	3	3	3	3	3	3
Total		54 Benda Uji					

Hasil dan Pembahasan

Data Propertis Agregat dan Aspal

Pada penelitian ini menggunakan data propertis agregat dan aspal dari data sekunder Ramadhan (2018).

1. Data Propertis Agregat

Data propertis agregat kasar dan agregat halus yang diperiksa di laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta menunjukkan bahwa kualitas agregat yang diperiksa sudah memenuhi persyaratan yang ditentukan. Agregat diambil dari Jumapolo, Karanganyar. Hasil dari pemeriksaan agregat dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Data Propertis Agregat

Jenis percobaan	Hasil	Syarat		Keterangan
		Min	Maks	
1. Berat jenis				
Kasar	2,452	-	3%	Memenuhi syarat
Halus	2,620	-	5%	Memenuhi syarat
2. Penyerapan				
Kasar	1,992%	-	3%	Memenuhi syarat
Halus	2,569%	-	5%	Memenuhi syarat
3. Kelekatan	99,83 %	95%	100%	Memenuhi syarat
4. Keausan	36,47 %	-	40%	Memenuhi syarat
5. S, Equivalent	92,05 %	50%	-	Memenuhi syarat

2. Data Propertis Aspal

Aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah aspal dengan nilai penetrasi 60/70 produksi PT. Pertamina. Data propertis aspal yang diperiksa di laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta menunjukkan bahwa kualitas agregat yang diperiksa sudah memenuhi persyaratan yang ditentukan. Data propertis aspal dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Data Propertis Aspal

Jenis Pemeriksaan	Hasil	Syarat		Keterangan
		Min	Maks	
1. Penetrasi	60,5 dmm	60 dmm	70 dmm	Memenuhi syarat
2. Titik Lembek	50,5°C	48°C	58°C	Memenuhi syarat
3. Daktilitas	>1500 mm	1000 mm	-	Memenuhi syarat

Jenis Pemeriksaan	Hasil	Syarat		Keterangan
		Min	Maks	
4. Berat jenis	1,05	1,00	-	Memenuhi syarat
5. Titik Nyala dan Bakar	315°C dan 325°C	-	-	Memenuhi syarat

Hasil pengujian karakteristik Marshall pada variasi porositas dan uji rendaman

Pada pengujian Marshall ini menggunakan 3 jenis porositas, yaitu 15%, 25% dan 30% serta ada 2 uji rendaman air yaitu rendaman air suhu 25°C dan rendaman air suhu 45°C. Hasil dari pemeriksaan Marshall dapat dilihat pada tabel 4 dan 5 berikut ini.

Tabel 4. Hasil perhitungan Marshall pada uji rendaman 25°C

Lama Rendaman	VIM	VMA	VFWA	Stabilitas	Flow	MQ
	(%)	(%)	(%)	Terkoreksi (Kg)	(mm)	(Kg/mm)
0 Jam	15.23	22.26	31.15	849.19	5.55	153.47
1 x 24 jam	15.20	22.22	31.18	805.48	4.70	171.50
3 x 24 jam	14.84	21.91	31.85	754.33	6.23	121.12
5 x 24 jam	14.91	21.97	31.69	718.83	6.37	113.30
0 Jam	26.17	33.17	21.53	625.24	8.80	71.22
1 x 24 jam	26.41	33.36	21.27	576.71	6.70	86.25
3 x 24 jam	25.74	32.86	22.04	520.30	7.80	66.75
5 x 24 jam	25.83	32.88	21.89	486.85	7.03	69.20
0 Jam	31.47	36.69	15.04	446.86	10.15	44.06
1 x 24 jam	31.80	37.03	14.90	393.08	6.70	58.76
3 x 24 jam	32.46	37.57	14.42	336.92	5.83	57.96
5 x 24 jam	30.71	36.08	15.65	303.34	7.03	43.17

(Sumber : Hasil Penelitian)

Tabel 5. Hasil perhitungan Marshall pada uji rendaman 45°C

Lama Rendaman	VIM	VMA	VFWA	Stabilitas	Flow	MQ
	(%)	(%)	(%)	Terkoreksi (Kg)	(mm)	(Kg/mm)
0 Jam	15.23	22.26	31.15	849.19	5.55	153.47
1 x 24 jam	13.43	20.46	34.12	679.22	7.57	89.89
3 x 24 jam	13.86	20.95	33.47	584.38	7.90	74.03
5 x 24 jam	15.04	21.93	31.20	529.62	8.10	65.50
0 Jam	26.17	33.17	21.53	625.24	8.80	71.22
1 x 24 jam	25.75	32.79	21.91	393.02	8.33	47.56
3 x 24 jam	25.33	32.48	22.37	269.65	8.83	31.51
5 x 24 jam	26.68	33.71	21.20	220.93	8.97	24.68
0 Jam	31.47	36.69	15.04	446.86	10.15	44.06
1 x 24 jam	31.67	36.97	15.06	228.50	9.23	24.72

(Sumber : Hasil Penelitian)

Dari data pengujian Marshall di dapat nilai stabilitas terkoreksi yang digunakan untuk tinjauan dalam penelitian ini yaitu nilai durabilitas.

Analisis Pengaruh Porositas dan Uji Rendaman Air Suhu 25°C Terhadap Nilai Durabilitas

Bedasarkan hasil penelitian menggunakan variasi porositas dan dengan variasi durasi redaman 1 hari, 3 hari dan 5 hari, di peroleh nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) dan Indeks Durabilitas Pertama (IDP) pada tabel berikut ini.

Tabel 6. Nilai IKS dan IDP pada uji rendaman air 25°C

Sifat Marshall	Porositas Benda Uji	Lama Perendaman (Hari)			
		0	1	3	5
stabilitas (Kg)	15%	849.19	805.48	754.33	718.83
	25%	625.24	576.71	520.30	486.85
	30%	446.86	393.08	336.92	303.34

Indeks Kekuatan Sisa (IKS)					
Persen sisa stabilitas IKS (%)	15%	-	94.85	88.83	84.65
	25%	-	92.24	83.22	77.87
	30%	-	87.96	75.40	67.88
Indeks Durabilitas Pertama (IDP)					
		Porositas	1 Hari	3 Hari	5 Hari
Kelandaian r (%)	15%	-	0.21	0.34	0.43
	25%	-	0.32	0.51	0.62
	30%	-	0.50	0.76	0.92
Kelandaian R (Kg)	15%	-	1.73	2.74	3.44
	25%	-	1.87	2.95	3.59
	30%	-	1.97	3.00	3.62

(Sumber : Hasil Penelitian)

Berdasarkan nilai IKS dan IDP dapat dilihat, Nilai IKS menunjukkan bahwa campuran pada keadaan suhu normal (25°C) dianggap cukup awet (*durable*) terhadap kerusakan yang diakibatkan oleh pengaruh air. Nilai Indeks Durabilitas Pertama (IDP) pada suhu rendaman 25°C cenderung mengalami penurunan kekuatan yang cukup besar, dikarenakan rongga pada campuran ini sangat tinggi. hal ini menunjukkan semakin lama benda uji terendam air, semakin menurunkan tingkat keawetannya.

Analisis Pengaruh Porositas dan Uji Rendaman Air Suhu 45°C Terhadap Nilai Durabilitas

Bedasarkan hasil penelitian menggunakan variasi porositas dan dengan variasi durasi redaman 1 hari, 3 hari dan 5 hari, di peroleh nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) dan Indeks Durabilitas Pertama (IDP) pada tabel berikut ini.

Tabel 7. Nilai IKS dan IDP pada uji rendaman air 45°C

Sifat Marshall	Porositas Benda Uji	Lama Perendaman (Hari)			
		0	1	3	5
stabilitas (Kg)	15%	849.19	679.22	584.38	529.62
	25%	625.24	393.02	292.36	220.93
	30%	446.86	228.50	-	-
Indeks Kekuatan Sisa (IKS)					
Persen sisa stabilitas IKS (%)	15%	-	79.99	68.82	62.37
	25%	-	62.86	46.76	35.33
	30%	-	51.13	-	-
Indeks Durabilitas Pertama (IDP)					
Kelandaian r (%)	15%	-	0.83	1.07	1.20
	25%	-	1.55	1.88	2.12
	30%	-	2.04	-	-
Kelandaian R (Kg)	15%	-	5.66	7.24	8.16
	25%	-	6.08	7.40	8.34
	30%	-	4.65	-	-

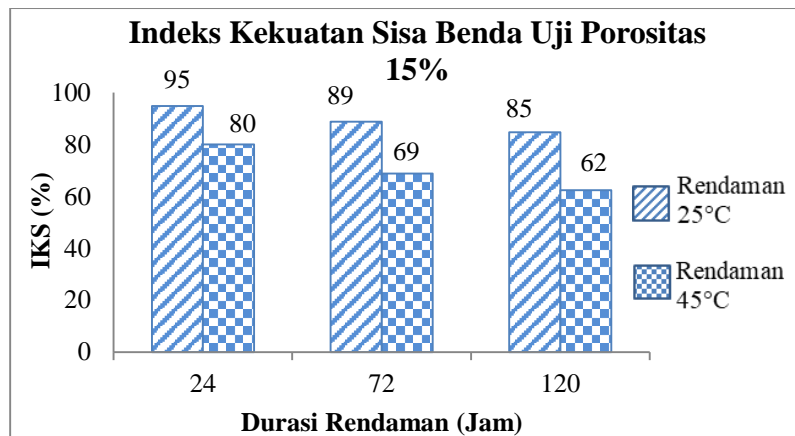
(Sumber : Hasil Penelitian)

Berdasarkan nilai IKS dan IDP dapat dilihat, Nilai IKS mengalami penurunan kekuatan yang sangat besar, sehingga bisa dikatakan campuran tidak awet lagi pada keadaan suhu rendaman 45°C. Nilai Indeks Durabilitas Pertama (IDP) cenderung mengalami penurunan kekuatan yang sangat signifikan, dikarenakan rongga pada campuran ini sangat tinggi, hal ini menunjukkan semakin lama benda uji terendam air dengan suhu yang tinggi, semakin cepat menurunkan tingkat keawetannya. Nilai IKS dan IDP benda uji porositas 30 % mengalami penurunan yang paling signifikan dibandingkan yang lain, salah satunya dikarenakan rongga campuran yang sangat besar serta suhu rendaman yang tinggi. Pada campuran ini mengalami kehilangan kekuatan hampir 50% pada rendaman 1 hari, sedangkan benda uji untuk rendaman 3 hari dan 5 hari mengalami kerusakan sehingga tidak dapat dilakukan uji Marshall.

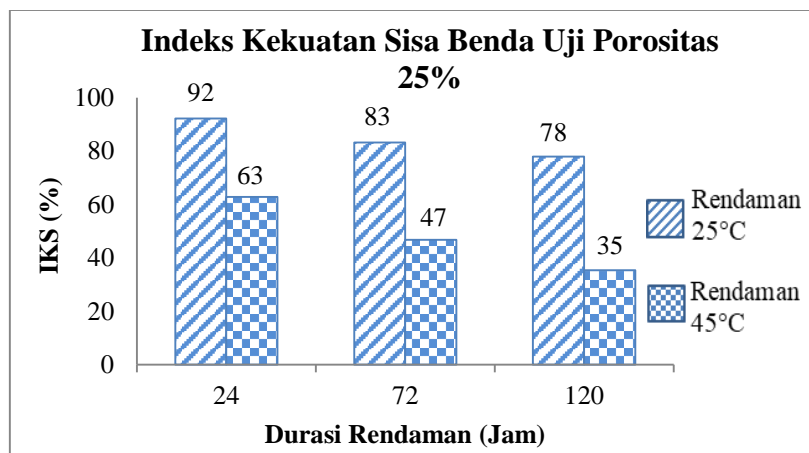
Perbandingan Keawetan Campuran antara Uji Rendaman 25°C dan 45°C

1. Perbandingan Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

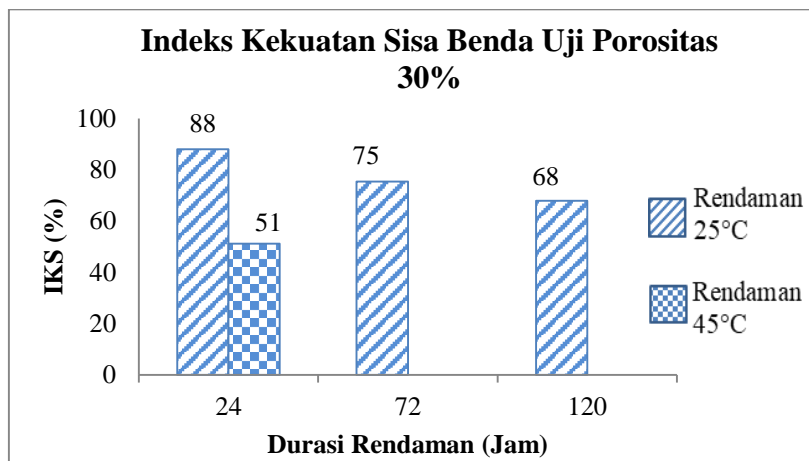
Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, maka dapat membandingkan hasil Indeks Kekuatan Sisa dari campuran Aspal Porus yang di uji rendam 25°C dengan yang di uji rendaman 45°C. Gambar Hubungan Antara Durasi Perendaman (hari) dengan Nilai Indeks Kekuatan Sisa (%) keduanya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. Diagram IKS Porositas 15% Rendaman Air 25°C dan Rendaman Air 45°C



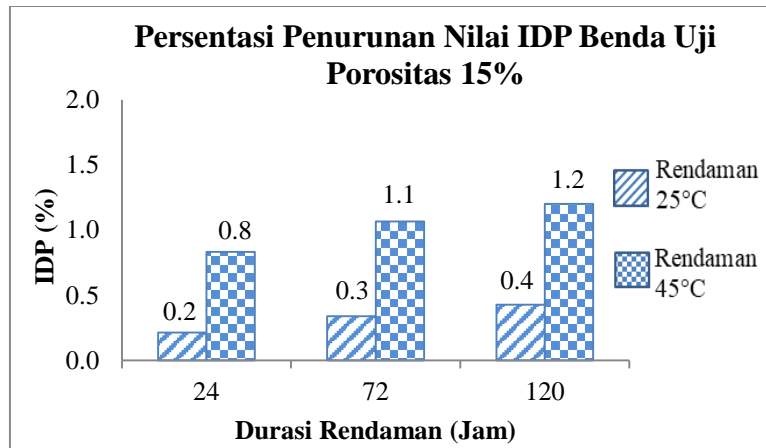
Gambar 2. Diagram IKS Porositas 25% Rendaman Air 25°C dan Rendaman Air 45°C



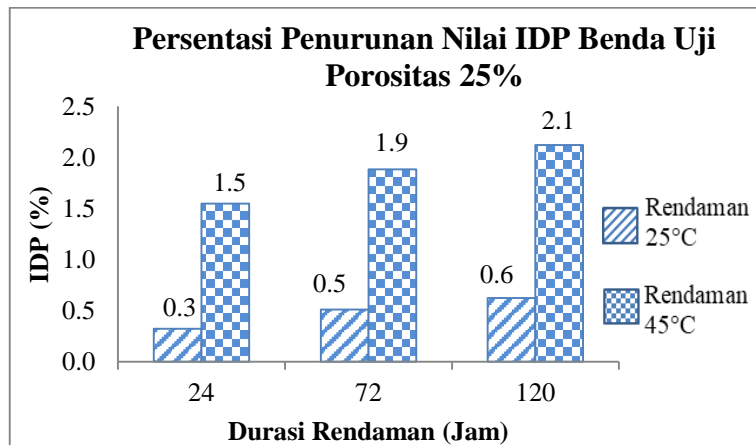
Gambar 3. Diagram IKS Porositas 25% Rendaman Air 25°C dan Rendaman Air 45°C

Berdasarkan Gambar 1 sampai 3 menjelaskan bahwa persentase kekuatan sisa dengan benda uji Porositas 15%, 25% dan 30% pada kedua uji rendaman mengalami penurunan seiring bertambahnya lama rendaman. Perbedaan penurunan paling besar terlihat pada durasi rendaman 5 hari. Terlihat dari diagram diatas bahwa suhu rendaman sangat berpengaruh terhadap campuran aspal porus ini dapat dibuktikan dengan penurunan yang lebih berpengaruh besar pada uji rendaman air 45°C.

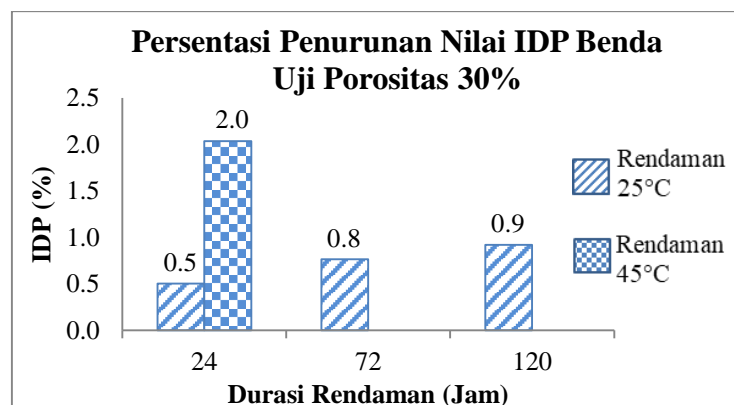
2. Perbandingan Indeks Durabilitas Pertama (IDP)



Gambar 4. Diagram IDP Porositas 15% Rendaman Air 25°C dan Rendaman Air 45°C



Gambar 5. Diagram IDP Porositas 25% Rendaman Air 25°C dan Rendaman Air 45°C



Gambar 6. Diagram IDP Porositas 30% Rendaman Air 25°C dan Rendaman Air 45°C

Berdasarkan Gambar 4, 5, dan 6 menjelaskan bahwa persentase nilai penurunan kekuatan pada variasi benda uji. Macam benda uji antara lain benda uji porositas 15%, benda uji porositas 25%, dan benda uji porositas 30%, dengan membandingkan kedua uji rendaman keduanya mengalami penurunan seiring bertambahnya lama rendaman. Penurunan kekuatan dari masing-masing benda uji campuran aspal porus pada uji rendaman 45°C lebih tinggi dibandingkan dengan campuran aspal porus pada uji rendaman 25°C.

Kesimpulan

Bedasarkan penelitian yang telah saya lakukan tentang campuran aspal porus dengan variasi porositas 15%, 25% dan 30% dengan uji rendaman air suhu 25°C dan 45°C, dapat diambil kesimpulan antara lain sebagai berikut.

1. Nilai durabilitas campuran aspal porus pada ketiga variasi porositas mengalami penurunan saat dilakukan uji rendaman air suhu 25°C selama 1 hari (24 jam), 3 hari (72 jam) dan 5 hari (120 jam). Semakin lama durasi rendaman yang dilakukan maka semakin kecil nilai durabilitas campuran aspal porus ini, baik pada porositas 15 %, 25% maupun 30%.
2. Nilai durabilitas campuran aspal porus pada ketiga variasi porositas mengalami penurunan saat dilakukan uji rendaman air suhu 45°C selama 1 hari (24 jam), 3 hari (72 jam) dan 5 hari (120 jam). Pada uji rendaman ini nilai durabilitas campuran mengalami perubahan yang cukup signifikan seiring bertambahnya durasi waktu rendaman pada ketiga variasi porositas, dikarenakan suhu rendaman yang sangat berpengaruh pada kekuatan campuran.
3. Campuran aspal porus dengan uji rendaman air suhu 25° mempunyai nilai durabilitas yang lebih baik di bandingkan dengan campuran aspal porus dengan uji rendaman air suhu 45° pada ketiga variasi porositas. Hal ini di karenakan pori-pori yang cukup besar pada campuran ini menyebabkan air dapat masuk kedalam campuran dengan volume yang besar juga dan suhu rendaman air yang tinggi menyebabkan campuran ini semakin mudah rusak serta kehilangan kekuatan dalam jumlah yang besar.

Ucapan Terimakasih

Puji Syukur Kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Tidak lupa penulis juga mengucapkan terimakasih kepada keluarga dan teman-teman yang senantiasa memberikan dukungan dan doa sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan jurnal ini.

Daftar Pustaka

- Abdurrohm Y., Setyawan A., Suryoto, 2017. *Pembuatan Job Mix Formula Untuk Porus Aspal Dan Evaluasi Campuran Dari Penerapan Pada Jalan Lingkungan*. e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL Desember 2017, Universitas Negeri Sebelas Maret.
- Anonim. 2017. *Panduan Penulisan Laporan Kerja Praktek, Usulan Tugas Akhir dan Laporan Tugas Akhir*, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Anonim. 2010. *Spesifikasi Umum Divisi 6 Revisi 3*. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga.
- Anonim. 2016. *Modul Praktikum Bahan Perkerasan*. Surakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Arlina L., Saleh M., Anggraini R., 2018. *Karakteristik Campuran Aspal Porus Dengan Subtitusi Gondorukem Pada Aspal Penetrasi 60/70*, Jurnal Teknik Sipil vol.1 No.3, Universitas Syiah Kuala.
- Bina Marga, 2010. *Spesifikasi Umum*. Direktorat Jendral Bina Marga. Departemen Pekerjaan Umum.
- Cabrera, J.G. & Hamzah, M.O., 1994, *Aggregate Grading Design for Porous Asphalt*. In Cabrera, J.G. & Dixon, J.R. (eds), *Performance and Durability of Bituminous Materials, Proceeding of Symposium, University of Leeds, March 1994*, London.
- Craus, J., Ishai, I., and Sides, A., 1981. *Durability of Bituminous Paving Mixtures as Related to Filler Type and Propertis Proceedings Association of Asphalt Paving Technologists, Technical sessions, February 16,17 and 18, Volume. 50, San Diego, California*.
- Djumari & Sarwono. D. 2009. *Perencanaan Gradasi Aspal Porus Menggunakan Material Lokal Dengan Metode Pemampatan Kering*. Surakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
- Gumilang D., 2017. *Analisis Dampak Rendaman Air Tawar Terhadap Durabilitas Dan Properties Marshall Pada Campuran Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC)*. Surakarta : Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Hardiman. 2004. *Peran Gradasi dan Bahan Pengikat dalam Perbaikan Sifat-Sifat Campuran Porus Aspal*, Bandung : Simposium VII, Universitas Katolik Parahyangan.
- Jauhari, S.N., 2013. *Karakteristik Marshall Pada Lapisan Perkerasan Aspal Berongga Menggunakan Batu Karang Dan Buton Natural Asphalt*. Makasar : Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- Kementerian Pekerjaan Umum, 2010. *Spesifikasi Umum 2010 Divisi 6 revisi 3 Perkerasan Aspal*, Jakarta.
- Mabui D.S., Tjaronge M.W., Adisasmita S., 2018. *Kinerja Mekanik Dan Durabilitas Campuran Aspal Porus yang Mengandung Aspal Alam Buton Dengan Limbah Plastik Sebagai Bahan Tambah*. Makasar : Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- Norhafizah M., Ramadhansyah P., Amiera J., Nurfatin A. M., Norhidayah A. H., Mohd Rosli H., Che Norazman C. W., 2016. *The Effect Of Coconut Shell On Engineering Properties Of Porous Asphalt Mixture*. *Journal Sciences & Engineering* 78: 7–2 (2016) 127–132, *Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia*.

- Nur Ali, 2010. *Kajian Pemanfaatan Liquid Asbuton sebagai Bahan Pengikat Aspal Porous pada Lapis Permukaan Perkerasan Jalan*.
- Nurlela dan Wibowo, 2017. Kajian Faktor-faktor Penyebab Kerusakan Dini Perkerasan Jalan Lentur Dan Pengaruhnya Terhadap Biaya Penanganan. *Jurnal Infrastuktur*. 3(1): 6.
- Ramadhan, G., 2018. *Penyusunan Matriks Panduan Pemilihan Gradasi Agregat Aspal Porus Berbasis Pada Curah Hujan, Nilai Porositas dan Stabilitas*. Surakarta : Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Setiyadi B., 2019. *Kerusakan jalan di Jakarta* di <https://www.sindonews.com> (di akses 20 Februari 2019).
- Setiawan, Angga D.A., 2014. *Pengaruh Penuaan Dan Lama Perendaman Terhadap Durabilitas Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)*. Surakarta : Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Setyawan & Sanusi. 2008. *Observasi Properties Aspal Porus Berbagai Gradasi dengan Material Lokal*. Surakarta : Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
- Specification for Porous Asphalt*. 2008. Road Engineering Association of Malaysia (REAM) joint with Jabatan Kerja Raya Malaysia.
- Sukirman S, 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung : Nova.
- Sukirman, S, 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*, Bandung.
- Vaibhav & Pooja., 2018. *A Research Paper on Porous Asphalt Pavement, International Journal of Trend in Scientific Reseach and Development (IJTSRD), Padmabhooshan Vasantraodada Patil Institute of Techology, India*.