



Perbandingan Kinerja Campuran Aspal Porus Menggunakan Spesifikasi Australia (AAPA) dan California (CalTrans) dengan Serbuk Parutan Limbah Ban Karet

Julang Angkoso¹, Miftahul Fauziah²

^{1,2} Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia, Indonesia

Email: julangangkoso619@gmail.com miftahul.fauziah@uii.ac.id

Abstract Porous asphalt is an open graded hot mix asphalt with a small percentage of fine aggregate and a large percentage of coarse aggregate. Porous asphalt is an asphalt mixture that is being developed for wearing course construction. The aim of this research is to analyze the effect of adding rubber tire powder on the performance of the Asphalt Porous-Wearing Course. In this research two standard gradations for porous asphalt were used, namely Australian gradation (AAPA) and California gradation (CalTrans) with the addition 0%, 2%, 4%, and 6% of rubber tire powder. Based on the research carried out, it can be seen that the addition of rubber tire powder to a mixture with AAPA gradation is better in terms of its ability to accept loads without experiencing deformation (stability) and the possibility of the mixture being able to withstand maximum loads to prevent traction failure (ITS). Meanwhile, mixtures with Caltrans gradations are better in terms of resistance to wear (CL), homogeneous mixing of asphalt and aggregate (AFD), and ability to resist cracking (TSR). The addition of rubber tire powder was not able to improve the strength due to immersion at extreme temperatures (IRS) in a mixture of both gradation specifications.

Keyword : Porous Asphalt, AAPA, CalTrans, Rubber Tire Powder

Abstrak Aspal porus merupakan campuran beraspal panas bergradasi terbuka dengan persentase agregat halus yang kecil dan persentase agregat kasar yang besar. Aspal porus adalah campuran aspal yang sedang dikembangkan untuk konstruksi *wearing course*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh penambahan serbuk ban karet terhadap kinerja campuran *Asphalt Porous-Wearing Course*. Pada penelitian ini menggunakan dua standar gradasi aspal porus yaitu gradasi Australia (AAPA) dan gradasi California (CalTrans) dengan penambahan serbuk ban karet sebesar 0%, 5%, 6%, dan 7%. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa penambahan serbuk ban karet pada campuran dengan gradasi AAPA lebih baik ditinjau dari kemampuannya menerima beban tanpa mengalami deformasi (stabilitas) dan kemungkinan campuran mampu menahan beban maksimal sehingga tidak terjadi kegagalan traksi (ITS). Sedangkan campuran dengan gradasi Caltrans lebih baik ditinjau dari ketahanan terhadap keausan (CL), pencampuran aspal dan agregat yang homogen (AFD), dan kemampuan menahan retak (TSR). Penambahan serbuk ban karet tidak mampu meningkatkan kekuatan akibat perendaman pada suhu ekstrim (IRS) pada campuran kedua spesifikasi gradasi.

Kata kunci : Aspal Porus, AAPA, CalTrans, Serbuk Ban Karet

1. PENDAHULUAN

Semakin meningkatnya populasi manusia, meningkat juga kebutuhannya termasuk sarana dan prasarana, salah satunya jalan. Disamping itu suatu pembangunan jalan yang baik diperlukan perencanaan yang teliti dan memperhitungkan semua kemungkinan yang akan terjadi, demikian juga untuk pemilihan bahan konstruksi jalan yang akan digunakan. Indonesia merupakan penghasil karet alam terbesar kedua di dunia, dengan produksinya mencapai 3,5 juta ton per tahun atau produktivitasnya sekitar 1,2 ton per hektare (Dekarindo, 2019). Kementerian Perindustrian mencatat, sepanjang tahun 2019 total produksi kendaraan roda dua mencapai 7,2 juta unit dan diperkirakan terus meningkat. Ban berbahan dasar karet, merupakan salah satu jenis polimer sintesis polistiren (*polystirene*). Polistiren tidak dapat dengan mudah

didaur ulang sehingga pengolahan limbah polistiren harus dilakukan secara benar agar tidak merugikan lingkungan. *End life tire* (ELT) adalah istilah yang biasa dikenal oleh industri produsen dan pengguna ban. Ban bekas yang sudah tidak dapat digunakan lagi atau divulkanisir disebut dengan ELT. Ban-ban bekas tersebut berpotensi mencemari lingkungan sekitarnya apabila tidak diolah dikarenakan ban bekas tidak dapat terurai sendiri dan memerlukan pengolahan lebih lanjut untuk mengurainya.

Di beberapa negara maju aspal porus merupakan satu jenis perkerasan jalan yang telah dikembangkan dan diperuntukkan hanya pada lapisan penutup atau aus (*wearing course*). Menurut Diana (1995) aspal porus (*porous asphalt*) merupakan campuran beraspal panas bergradasi terbuka dengan persentase agregat halus yang kecil dan persentase agregat kasar yang besar, sehingga menghasilkan rongga udara yang besar. Rongga udara yang besar ini dapat diharapkan untuk bisa meloloskan air jika terjadi hujan, sehingga mengurangi genangan air dipermukaan jalan.

Seiring dengan meningkatnya beban pada perkerasan jalan, maka bahan lapis keras dituntut lebih mampu meneruskan dan menyebarkan beban yang diterima kemudian meneruskannya dan menyebarkan beban tersebut ke lapis yang berada dibawahnya. Salah satu usaha memenuhi karakteristik aspal sebagai bahan ikat.

2. STUDI PUSTAKA

Pada penelitian ini, dicantumkan beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yang dirasa memiliki keterkaitan dan dapat digunakan sebagai studi pustaka. Penelitian-penelitian terdahulu yang berhubungan dengan penelitian ini diantaranya adalah diantaranya.

Marizka dkk (2022) melakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh Penambahan Rediset LQ-1106 terhadap Kinerja Struktur Campuran Aspal Porus” yang disimpulkan bahwa penambahan Rediset LQ-1106 dengan kadar 1 % dapat menghasilkan kinerja struktur campuran aspal porus yang paling baik, yaitu dengan peningkatan nilai stabilitas *Marshall*, stabilitas dinamis, dan kuat tarik tak langsung (*ITS*). Penambahan Rediset LQ-1106 juga meningkatkan nilai *MQ* yang signifikan, sedangkan nilai *flow*, *VIM*, *VFMA*, *VMA*, dan *density* tidak berubah secara signifikan.

Menurut Arrieta dan Maquilon (2014) dalam jurnal yang berjudul “Resistensi Terhadap Degradasi atau Kohesi dalam Uji Cantabro pada Spesimen dari Lapisan Gesek Aspal Porus” membahas tentang resistansi spesimen dari lapisan gesek aspal porus, menyimpulkan bahwa

Nilai kadar peremaja yang bagus dipakai yaitu 3,5%-8% karena menghasilkan campuran yang tidak getas serta sesuai standar Bina Marga 2010.

Penelitian tentang penambahan ban karet juga pernah dilakukan oleh Martina (2019) yang berjudul “Pengaruh Serbuk Ban Bekas Sebagai Campuran Agregat Halus pada Campuran Aspal Porous”. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, nilai *Marshall Properties* pada campuran aspal porous dengan serbuk ban bekas dapat disimpulkan bahwa bahwa yang memenuhi syarat dan kekesatan permukaan yang memenuhi syarat adalah campuran aspal porous dengan campuran serbuk ban bekas 6% dan campuran aspal porous normal.

Penelitian yang dilakukan Hasan dkk (2016) yang berjudul “*Air Voids Characterisation and Permeability of Porous Asphalt Gradations Used in Different Countries*” membahas tentang campuran aspal porous dengan menggunakan gradasi berbeda dari empat negara. Gradasi yang digunakan adalah AAPA (2004), *Malaysia Puplic Works Department* (2008), ASTM D 7064 (2013), dan *Singapore Land Transport Authority* (2010).

Penelitian Putri dkk. (2013) yang berjudul Evaluasi Kinerja Aspal Porus Menggunakan Spesifikasi Gradasi Dari Australia (AAPA), California (CalAPA) dan British (Bs)” disimpulkan bahwa dari ketiga standar ini diketahui gradasi dengan standar Australia (AAPA) memiliki koefisien permeabilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan standar CalAPA dan BS. Hal ini dikarenakan agregat standar Australia cenderung kasar.

3. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini campuran yang diteliti adalah campuran *Asphalt Porous-Wearing Course* dan menggunakan jenis aspal keras dengan penetrasi 60/70. Spesifikasi gradasi yang digunakan merujuk pada standar Australia (AAPA 2004) dan California (CalTrans 2007) pada Tabel 1 dengan spesifikasi pengujian berdasarkan AAPA 2004 pada Tabel 2. Agregat yang digunakan berasal dari Clereng, Kulon Progo dan menggunakan bahan tambah limbah serbuk ban karet yang diambil dari TPS Bawukan Sleman. Bahan tambah pada penelitian ini adalah serbuk parutan limbah ban karet dengan kadar 0%, 5%, 6%, dan 7% terhadap aspal. Pengujian karakteristik campuran *Asphalt Porous-Wearing Course* terdiri dari *Marshall Test*, *Cantabro Loss (CL)*, *Asphalt Flow Down (AFD)*, *Index of Retained Strength (IRS)*, *Indirect Tensile Strength (ITS)*, dan *Tensile Strength Ratio (TSR)* dengan menggunakan bahan tambah serbuk parutan limbah ban karet. Persyaratan Aspal pada tabel 3.

Tabel 1. Tipikal Nilai Tengah Gradasi

Diameter Saringan (mm)	AAPA (2004)	CalTrans (2007)
	% Berat yang Lolos	
19,0	100	100
13,2	85-100	100
9,5	45-75	90-100
4,75	10-25	35-50
2,36	7-15	15-32
1,18	6-12	0-15
0,6	5-10	-
0,3	4-8	-
0,15	3-7	-
0,075	2-5	0-3
Kadar Aspal	4,5-6,0	

Tabel 2. Spesifikasi Aspal Porus

No	Spesifikasi (AAPA 2004)	Syarat
1	<i>Cantabro loss</i> (%)	< 35
2	<i>Asphalt flow down</i> (%)	< 0,3
3	Kadar rongga (%)	18-25

Tabel 3. Persyaratan Aspal AC 60/70

No	Jenis Pengujian	Syarat
1	Berat Jenis	≥ 1,0
2	Penetrasi Pada 25°C	60-70
3	Daktilitas pada 25°C	≥ 100
4	Titik Nyala (°C)	≥ 232
5	Titik lembek (°C)	≥ 48
6	Kelarutan dalam TCE	≥ 99

Berdasarkan AAPA (2004) kadar aspal yang digunakan untuk agregat dengan ukuran maksimum 10mm adalah pada kisaran 5% - 6,5%. Selanjutnya dilakukan pengujian untuk mencari nilai perkiraan Kadar Aspal Optimum menggunakan nilai tengah dari kedua spesifikasi gradasi yang digunakan dengan kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7% kemudian akan dilakukan pengujian seluruh karakteristik setelah mendapatkan KAO dengan jumlah benda uji yang dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4 berikut.

Tabel 3. Rancangan Benda Uji untuk Penentuan KAO

Spesifikasi gradasi	Australia (AAPA 2004)					California (CalTrans 2007)				
	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	7%	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	7%
Kadar Apal	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	7%	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	7%
<i>Marshall</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>CL</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>AFD</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Jumlah	45					45				
Total	90									

Tabel 4. Rancangan Benda Uji pada Kondisi KAO dengan Persentase Penambahan Karet

Pengujian	Variasi 0%		Variasi 5%		Variasi 6%		Variasi 7%	
	AAPA	CalTrans	AAPA	CalTrans	AAPA	CalTrans	AAPA	CalTrans
<i>Marshall</i>	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>CL</i>	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>AFD</i>	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>IRS</i>	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>ITS</i>	3	3	3	3	3	3	3	3

TSR	3	3	3	3	3	3	3	3
Jumlah	36		36		36		36	
Total	144							

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis hasil dan pembahasan dari serangkaian penelitian yang telah dilaksanakan akan dibahas yaitu karakteristik bahan, hasil pengujian untuk kadar aspal optimum dan hasil pengujian pada kadar aspal optimum menggunakan spesifikasi gradasi AAPA dan Caltrans dengan serbuk ban karet.

HASIL PENGUJIAN KARAKTERISTIK BAHAN

Pengujian karakteristik bahan yang dilakukan adalah pengujian aspal pen60/70 pada Tabel 5, pengujian agregat kasar pada Tabel 6, dan pengujian agregat halus pada Tabel 7, dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5. Hasil Pengujian Aspal Pen60/70

No	Pengujian	Aspal Pertamina Pen 60/70		Keterangan
		Syarat	Hasil	
1	Berat Jenis Aspal	$\geq 1,0$	1,05	Memenuhi
2	Penetrasi (0.1mm)	60-70	65,1	Memenuhi
3	Daktalitas (cm)	≥ 100	150	Memenuhi
4	Titik Lembek ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 48	51	Memenuhi
5	Titik Nyala ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 232	319	Memenuhi
6	Titik Bakar ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 232	322	Memenuhi
7	Kelarutan TCE (%)	≥ 99	99,33	Memenuhi

Tabel 6. Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis Agregat	≥ 2.5	2,738	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	≤ 3	1,937	Memenuhi
3	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (%)	≥ 95	98	Memenuhi
4	Keausan Agregat dengan Mesin <i>Los Angeles</i> (%)	≤ 40	13,11	Memenuhi

Tabel 7. Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis Agregat	≥ 2.5	2,674	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	≤ 3	1,498	Memenuhi
3	<i>Sand equivalent</i> (%)	≥ 50	91,41	Memenuhi

HASIL PENGUJIAN UNTUK MENCARI KADAR ASPAL OPTIMUM

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum dari hasil pengujian *Marshall*, *Cantabro Loss* dan *Asphalt Flow Down*. Hasil pengujian *Marshall* dengan gradasi AAPA dapat dilihat pada Tabel 8, hasil pengujian *Marshall* dengan gradasi Caltrans dapat dilihat pada Tabel 9, hasil pengujian *Cantabro Loss* dapat dilihat pada Tabel 10 dan hasil pengujian *Asphalt Flow Down* pada Tabel 11 berikut.

Tabel 8. Hasil Pengujian Marshall AAPA untuk Mencari KAO

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
5	479,12	2,51	194,75	18,72	33,74	28,25	2,002
5.5	524,62	2,70	194,51	18,58	36,01	29,01	1,991
6	557,42	3,33	168,41	15,38	43,36	27,13	2,055
6.5	496,67	3,90	127,36	15,80	44,35	28,37	2,031
7	480,63	4,13	116,35	14,78	47,92	28,39	2,041
Spek	>500	2-6	<400	18-25			

Tabel 9. Hasil Pengujian Marshall Caltrans untuk Menentukan KAO

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
5	495,57	2,26	218,86	18,66	33,82	28,21	2,003
5.5	530,27	2,46	215,49	18,40	36,22	28,86	1,996
6	551,80	2,76	199,37	16,64	41,00	28,21	2,024
6.5	513,60	3,13	163,97	15,01	45,81	27,70	2,050
7	480,55	3,40	141,50	14,73	48,02	28,35	2,042
Spek	>500	2-6	<400	18-25			

Tabel 10. Hasil Pengujian *Cantabro Loss* untuk Menentukan KAO

Kadar Aspal (%)	Nilai <i>Cantabro Loss</i> (%)	
	AAPA 2004	CalTrans 2007
5	39,05	38,51
5,5	29,78	29,62
6	22,31	22,06
6,5	20,07	19,90
7	15,18	15,03

Tabel 11. Hasil Pengujian *Asphalt Flow Down* untuk Menentukan KAO

Kadar Aspal (%)	Nilai AFD (%)	
	AAPA 2004	CalTrans 2007
5	0,14	0,19
5,5	0,22	0,26
6	0,87	0,96
6,5	1,34	1,42
7	1,48	1,49

Dari hasil pengujian dengan gradasi AAPA dapat dilihat bahwa dengan menggunakan *Cantabro Loss* pada 35% untuk mendapatkan batas kadar aspal minimum yang dapat digunakan yaitu dengan nilai 5,21%. Selanjutnya nilai *VITM* pada 18% digunakan untuk

mendapatkan batas maksimum kadar aspal didapatkan hasil 5,60%. Nilai rata-rata dari kedua hasil grafik didapatkan 5,41% yang kemudian nilai tersebut diplot pada grafik *Asphalt Flow Down* dan mendapatkan hasil 0,17. Sehingga dapat diketahui aspal optimum yang dapat digunakan adalah 5,58% untuk gradasi AAPA. Dengan melakukan tahapan yang sama diperoleh KAO pada campuran aspal porus menggunakan gradasi Caltrans sebesar 5,64%. Rekapitulasi hasil pembacaan dari ketiga pengujian dalam menentukan KAO campuran aspal porus menggunakan kedua jenis spesifikasi gradasi, dapat dilihat pada Tabel 12 berikut ini.

Tabel 12. Rekapitulasi Hasil Pengujian Kadar Aspal Optimum

Karakteristik Pengujian	Spesifikasi Gradasi	
	AAPA 2004	CalTrans 2007
<i>VITM</i>	5,60	5,65
<i>CL</i>	5,21	5,20
Rata-rata	5,41	5,43
<i>AFD</i>	0,17	0,21
KAO	5,58	5,64

HASIL PENGUJIAN PADA KONDISI KAO DENGAN SERBUK BAN KARET

Terdapat beberapa pengujian yang dilakukan pada campuran *Asphalt Porous-Wearing Course* kondisi KAO yaitu diantaranya pengujian *Marshall*, *Cantabro Loss*, *Asphalt Flow Down*, *Index Retained Strength*, *Indirect Tensile Strenght*, dan *Tensile Strenght Ratio*. Pada pengujian ini menggunakan bahan tambah serbuk ban karet dengan variasi kadar yang berbeda yaitu 0%, 5%, 6%, dan 7% dari berat total kadar aspal optimum menggunakan gradasi AAPA dan gradasi Caltrans.

Karakteristik Marshall Standart pada Campuran Asphalt Porous-Wearing Course Menggunakan Spesifikasi Gradasi AAPA dan Spesifikasi Gradasi Caltrans dengan Bahan Tambah Serbuk Ban Karet

Pengujian *Marshall* dilakukan untuk mengetahui kinerja campuran. Parameter dari uji *Marshall* diantaranya adalah *VITM* (*Void in the Total Mix*), *VFWA* (*Void filled with Ashphalt*), *VMA* (*Voids in the Mineral Agregat*), kepadatan (*Density*), stabilitas (*stability*), kelelahan (*flow*), dan *MQ* (*Marshall Quotient*). Adapun rekapitulasi hasil dari setiap pengujian *Marshall Test* pada campuran *Asphalt Porous-Wearing Course* kondisi KAO menggunakan gradasi AAPA dapat dilihat pada Tabel 13 dan gradasi Caltrans pada Tabel 14 berikut ini.

Tabel 13. Hasil Pengujian *Marshall* Campuran Aspal Porus Gradasi AAPA 2004 dengan Serbuk Ban Karet

Kadar Karet (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
0	522,09	3,2	164,39	19,24	35,30	29,72	1,973
5	639,78	3,4	190,33	16,10	40,37	26,99	2,050
6	647,62	3,5	183,13	21,33	32,38	31,55	1,922
7	674,38	3,9	172,99	23,07	30,23	33,06	1,880
Spek	>500	2-6	<400	18-25			

Tabel 14. Hasil Pengujian *Marshall* Campuran Aspal Porus Gradasi Caltrans 2007 dengan Serbuk Ban Karet

Kadar Karet (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
0	515,85	3,0	170,93	19,33	35,38	29,91	1,969
5	547,51	2,9	188,03	18,61	36,45	29,28	1,987
6	654,52	3,0	244,13	21,69	32,13	31,96	1,911
7	664,29	3,1	251,35	21,73	32,08	32,00	1,910
Spek	>500	2-6	<400	18-25			

Karakteristik *Cantabro Loss (CL)* pada Campuran *Asphalt Porous-Wearing Course* Menggunakan Spesifikasi Gradasi AAPA dan Spesifikasi Gradasi Caltrans dengan Bahan Tambah Serbuk Ban Karet

Hasil nilai *Cantabro Loss* menunjukkan bahwa penggunaan gradasi Caltrans menghasilkan nilai *CL* yang lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan gradasi AAPA. Nilai *CL* yang rendah ini menunjukkan bahwa gradasi Caltrans dapat menghasilkan penguncian yang lebih baik antara aspal dan agregat, sehingga campuran tetap dalam kondisi awalnya dan tidak terpengaruh oleh dampak benturan. Adapun rekapitulasi hasil dari pengujian *Cantabro Loss* pada campuran *Asphalt Porous-Wearing Course* kondisi KAO menggunakan gradasi AAPA dan gradasi Caltrans pada Tabel 15 berikut ini.

Tabel 15. Hasil Pengujian *Cantabro Loss* Campuran Aspal Porus Gradasi AAPA 2004 dan Caltrans 2007 dengan Serbuk Ban Karet

Kadar Aspal (%)	Nilai <i>Cantabro Loss</i> (%)	
	AAPA 2004	CalTrans 2007
0	31,13	23,88
5	30,07	21,66
6	21,89	18,48
7	19,01	17,31

Karakteristik *Asphalt Flow Down (AFD)* pada Campuran *Asphalt Porous-Wearing Course* Menggunakan Spesifikasi Gradasi AAPA dan Spesifikasi Gradasi Caltrans dengan Bahan Tambah Serbuk Ban Karet

Penambahan serbuk ban karet pada campuran *Asphalt Porous-Wearing Course* dapat menurunkan nilai *AFD* baik dengan penggunaan gradasi AAPA maupun gradasi Caltrans. Hal ini disebabkan karena penambahan serbuk ban karet dapat meningkatkan kohesi pada aspal sehingga ikatan antar aspal juga akan tetap kuat walaupun film aspal pada agregat cukup tebal. Ramadhan (2022) mengatakakan walaupun film aspal pada agregat cukup tebal, ikatan antar aspal juga akan tetap kuat. Nilai *AFD* dengan gradasi AAPA menghasilkan nilai yang relatif menurun secara signifikan dibandingkan dengan penggunaan gradasi Caltrans. Hal tersebut menandakan bahwa penggunaan gradasi AAPA dapat menghasilkan campuran yang lebih homogen sehingga mampu mengurangi terjadinya pemisahan aspal. Adapun rekapitulasi hasil dari pengujian *Asphalt Flow Down* pada campuran *Asphalt Porous-Wearing Course* kondisi KAO menggunakan gradasi AAPA dan gradasi Caltrans pada Tabel 16 berikut ini.

Tabel 16. Hasil Pengujian *Asphalt Flow Down* Campuran Aspal Porus Gradasi AAPA 2004 dan Caltrans 2007 dengan Serbuk Ban Karet

Kadar Aspal (%)	Nilai <i>Asphalt Flow Down</i> (%)	
	AAPA 2004	CalTrans 2007
0	0,30	0,30
5	0,28	0,27
6	0,22	0,26
7	0,18	0,22

Karakteristik *Index Retained Strength (IRS)* pada Campuran *Asphalt Porous-Wearing Course* Menggunakan Spesifikasi Gradasi AAPA dan Spesifikasi Gradasi Caltrans dengan Bahan Tambah Serbuk Ban Karet

jenis campuran dan aspal merupakan pengaruh yang signifikan terhadap nilai *IRS*. Adapun penelitian yang membahas pengaruh gradasi terhadap durabilitas yaitu penelitian yang dilakukan oleh Chasanah dan Putra (2019) mengenai pengaruh kadar agregat halus dan *filler* terhadap campuran AC-WC. Penelitian ini menyatakan bahwa campuran yang memiliki kadar agregat halus lebih banyak akan memiliki nilai *IRS* yang lebih besar. Adapun rekapitulasi hasil dari pengujian *IRS* pada campuran *Asphalt Porous-Wearing Course* kondisi KAO menggunakan gradasi AAPA dan gradasi Caltrans pada Tabel 17 berikut ini.

Tabel 17. Hasil Pengujian *Index Retained Strength* Campuran Aspal Porus Gradasi AAPA 2004 dan Caltrans 2007 dengan Serbuk Ban Karet

Kadar Aspal (%)	Nilai <i>Index Retained Strength</i> (%)	
	AAPA 2004	CalTrans 2007
0	97,98	97,47
5	81,27	92,61
6	81,24	78,51
7	78,75	77,95

Karakteristik *Indirect Tensile Strength (ITS)* pada Campuran *Asphalt Porous-Wearing Course* Menggunakan Spesifikasi Gradasi AAPA dan Spesifikasi Gradasi Caltrans dengan Bahan Tambah Serbuk Ban Karet

Nilai *ITS* pada campuran *Asphalt Porous-Wearing Course* dengan gradasi AAPA dan gradasi Caltrans mengalami peningkatan sampai pada kadar serbuk ban karet sebesar 6%, dan selanjutnya mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena penambahan serbuk ban pada kadar 6% menghasilkan nilai titik lembek yang tinggi dan nilai penetrasi yang rendah. Hal tersebut membuat aspal menjadi keras, serta tahan terhadap perubahan suhu. Mentari (2023) menyatakan campuran Porous menggunakan modifikasi aspal mengalami peningkatan nilai *ITS*. Adapun rekapitulasi hasil dari pengujian *ITS* pada campuran *Asphalt Porous-Wearing Course* kondisi KAO menggunakan gradasi AAPA dan gradasi Caltrans pada Tabel 18 berikut ini.

Tabel 18. Hasil Pengujian *Indirect tensile strength* Campuran Aspal Porus Gradasi AAPA 2004 dan Caltrans 2007 dengan Serbuk Ban Karet

Kadar Karet (%)	<i>Indirect Tensile Strength</i> (kg/cm ²)			
	AAPA 2004		Caltrans 2007	
	0,5 Jam	24 Jam	0,5 Jam	24 Jam
0	11,158	0,7025	11,1608	0,8540
5	14,333	1,4862	11,0744	1,2551
6	16,560	1,4412	13,0441	1,5782
7	13,908	1,3020	11,3867	1,3032

Karakteristik *Tensile Strength Ratio (TSR)* pada Campuran *Asphalt Porous-Wearing Course* Menggunakan Spesifikasi Gradasi AAPA dan Spesifikasi Gradasi Caltrans dengan Bahan Tambah Serbuk Ban Karet

Nilai *TSR* dengan gradasi AAPA mengalami peningkatan pada kadar penambahan serbuk ban karet sebesar 5% sedangkan nilai *TSR* dengan gradasi Caltrans mengalami peningkatan pada kadar penambahan serbuk ban karet 6% kemudian terjadi penurunan. Peningkatan nilai *TSR* ini dikarenakan nilai *PI* yang tinggi sehingga memungkinkan campuran

memiliki ikatan antar agregat yang kuat karena kepekaan yang rendah terhadap temperatur dan kelembaban.

Wiranata (2018) dalam penelitiannya menyatakan bahwa mastikasi karet memiliki efek meningkatkan kekuatan tarik campuran aspal selama perendaman sehingga menghasilkan daya rekat dan daya dukung yang optimal. Dapat diketahui bahwa penggunaan gradasi Caltrans menghasilkan nilai *TSR* yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan gradasi AAPA. Hal ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan gradasi Caltrans memiliki kemampuan mempertahankan kekuatan ikatan antar aspal dan agregat sehingga campuran menjadi lebih kuat terhadap gaya tarik. Adapun rekapitulasi hasil dari pengujian *TSR* pada campuran *Asphalt Porous-Wearing Course* kondisi KAO menggunakan gradasi AAPA dan gradasi Caltrans pada Tabel 19 berikut ini.

Tabel 19. Hasil Pengujian *Tensile Strength Ratio* Campuran Aspal Porus Gradasi AAPA 2004 dan Caltrans 2007 dengan Serbuk Ban Karet

Kadar Aspal (%)	Nilai <i>Tensile Strength Ratio</i> (%)	
	AAPA 2004	CalTrans 2007
0	6,30	7,65
5	10,22	11,33
6	8,70	12,10
7	9,71	11,44

Tinjauan Karakteristik Pengaruh Penambahan Serbuk Ban Karet pada Campuran Campuran *Asphalt Porous-Wearing Course* Menggunakan Gradasi AAPA dan Gradasi Caltrans

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan dari berbagai macam hasil yang diperoleh. Berikut rekapitulasi hasil pengujian keseluruhan karakteristik pengaruh penambahan serbuk ban karet pada campuran *Asphalt Porous-Wearing Course* menggunakan gradasi AAPA dan Caltrans dapat dilihat pada Tabel 20 berikut ini.

Tabel 20. Rekapitulasi Perbandingan Gradasi AAPA dan Caltrans pada Penambahan Serbuk Ban Karet Terhadap Kinerja Campuran *Asphalt Porous-Wearing Course*

Parameter	Pengaruh Perbandingan antara Gradasi AAPA dan Gradasi Caltrans
<i>VITM</i> (%)	Campuran dengan gradasi Caltrans mampu mengurangi rongga dalam campuran lebih baik dibandingkan dengan gradasi AAPA
<i>VFWA</i> (%)	Campuran dengan gradasi AAPA mampu meningkatkan penyelimutan aspal pada campuran lebih baik dibandingkan dengan gradasi Caltrans
<i>VMA</i> (%)	Campuran dengan gradasi Caltrans mampu mengurangi rongga antar agregat pada campuran lebih baik dibandingkan dengan gradasi AAPA

<i>Density</i> (gr/cc)	Campuran dengan gradasi AAPA memiliki kepadatan yang lebih baik dibandingkan dengan gradasi Caltrans
Stabilitas (kg)	Campuran dengan gradasi AAPA memiliki kinerja stabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan gradasi Caltrans
<i>Flow</i> (mm)	Campuran dengan gradasi AAPA memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan gradasi Caltrans
<i>MQ</i> (kg/mm)	Campuran dengan gradasi Caltrans memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan gradasi AAPA
<i>Cantabro loss</i> (%)	Campuran dengan gradasi Caltrans memiliki kinerja kemampuan ketahanan terhadap keausan yang lebih baik dibandingkan gradasi AAPA
<i>AFD</i> (%)	Campuran dengan gradasi Caltrans memiliki kinerja meningkatkan ikatan antar aspal menjadi lebih kuat dibandingkan gradasi AAPA
<i>IRS</i> (%)	Campuran dengan gradasi AAPA memiliki kinerja daya tahan yang lebih baik dibandingkan dengan gradasi Caltrans
<i>ITS</i> (kg/cm ²)	Campuran dengan gradasi AAPA memiliki kinerja kuat tarik yang lebih baik dibandingkan dengan gradasi Caltrans
<i>TSR</i> (%)	Campuran dengan gradasi Caltrans memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan gradasi AAPA

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan hasil analisis data pengaruh penambahan serbuk ban karet terhadap karakteristik campuran *Asphalt Porous-Wearing Course* dengan spesifikasi gradasi AAPA dan spesifikasi gradasi Caltrans, maka dapat ditarik kesimpulan yaitu berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat diketahui seiring penambahan serbuk ban karet pada campuran dengan gradasi AAPA lebih baik dalam hal kemampuan menerima beban tanpa mengalami deformasi (stabilitas *marshall*) dan kemungkinan campuran dalam menahan beban maksimum untuk mencegah kegagalan daya tarik (*ITS*). Sedangkan campuran dengan gradasi Caltrans lebih baik dalam hal ketahanan terhadap keausan (*CL*), pencampuran homogen antara aspal dan agregat (*AFD*), dan kemampuan menahan terjadinya retakan (*TSR*). Penambahan serbuk ban karet tidak mampu memperbaiki kekuatan akibat perendaman pada suhu ekstrim (*IRS*) pada kedua jenis campuran.

Berdasarkan hasil penelitian dari pengaruh penambahan serbuk ban karet terhadap karakteristik campuran *Asphalt Porous-Wearing Course* dengan spesifikasi gradasi AAPA dan spesifikasi gradasi Caltrans, maka disarankan untuk perlu dilakukan penelitian dan analisis lebih lanjut untuk mengetahui karakteristik dan kandungan yang terdapat pada serbuk ban karet, perlu dilakukan penelitian dengan persentase kadar penambahan serbuk ban karet yang

lebih variative, Perlu ditambahkan perhitungan dengan spesifikasi standar pada Caltrans 2007 karena pada penelitian ini menggunakan spesifikasi standar AAPA 2004, perlu dilakukan kajian dan analisa ulang tentang hasil nilai IRS dengan penambahan serbuk ban karet yang menurun serta mencari solusi agar nilai IRS dapat meningkat seperti pengujian lainnya, perlu dilakukan pengujian pengujian lain yang terkait untuk menguatkan penelitian sebelumnya, perlu studi lebih lanjut mengenai karakteristik campuran gradasi lain sebagai pembanding tambahan agar mendapat standar campuran yang terbaik, dan gradasi terbaik dapat dijadikan pedoman untuk metode penggunaan aspal porus di Indonesia.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanti, F. (2013). Evaluasi kinerja aspal porus menggunakan spesifikasi gradasi dari Australia (AAPA), California (CalAPA), dan British (BS). *Skripsi*. Malang: Fakultas Teknik Sipil Universitas Brawijaya.
- Arrieta, V. S., & Maquilon, J. E. C. (2014). Resistance to degradation or cohesion loss in Cantabro test on specimens of porous asphalt friction courses. *Social and Behavioral Sciences*, 162, 290–299. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.210>
- Australian Asphalt Pavement Association (AAPA). (2004). *Open graded asphalt design guide*. Australia.
- California Department of Transportation's (CalTrans). (2007). *California*.
- Chasanah, & Putra. (2019). Effects of using limestone as a filler and Starbit E-55 asphalt as a binder on the performance of AC–WC mixture. *Matec Web Conferences*, 258, SCESM 2018.
- Dewan Karet Indonesia [Dekarindo]. (2019). *Data industri karet 2018*. Jakarta, Indonesia: Dekarindo.
- Diana, I. W. (1995). *Aspal porus*. Bandar Lampung: Fakultas Teknik, UNILA.
- Faisal, S. S. M., & Isya, M. (2014). Karakteristik Marshall campuran aspal beton AC-BC menggunakan material agregat basalt dengan aspal Pen 60/70 dan tambahan parutan ban dalam bekas kendaraan roda 4. *Jurnal Teknik Sipil Pascasarjana Universitas Syiah Kuala*, 11, 38–48.
- Fauziah, M., & Wijayati, F. S. (2016). Pengaruh kadar limbah kaca sebagai substitusi agregat halus terhadap karakteristik campuran aspal porus. *Teknisia*, 261-273.
- Hafidz, M. D., & Fauziah, M. (2021). Pengaruh penggunaan bahan anti stripping Wetfix Be terhadap karakteristik campuran aspal porus. *Naskah Publikasi*. Universitas Islam Indonesia.
- Hasan, N. A., Mahmud, M. Z. H., Ahmad, K. A., Hainin, M. R., Jaya, R. P., & Mashros, N. (2016). Air voids characterisation and permeability of porous asphalt gradations used

in different countries. *Journal of Engineering and Applied Science*, 11(4), 14043–14047.

- Iqbal, & Fauziah. (2023). Studi eksperimental penggunaan bahan tambah limbah ban karet dengan metode pencampuran bertahap terhadap kinerja campuran Hot Rolled Sheet-Wearing Course. *TEKNIK*, 44(2), 167–175.
- Marizka, E., Fauziah, M., & Subarkah. (2022). Pengaruh penambahan Rediset LQ-1106 terhadap kinerja struktur campuran aspal porus. *Teknisia*, 27(2), 12–23.
- Martina, N., Hasan, M. F. R., & Setiawan, Y. (2019). Pengaruh serbuk ban bekas sebagai campuran agregat halus pada campuran aspal porous. *Jurnal Wahana Teknik Sipil*, 24(2). Jakarta: Universitas Indonesia.
- Mentari. (2023). Pengaruh metode pencampuran terhadap kinerja campuran aspal porus dengan bahan tambah karet. *Tesis MTS UII*.
- Oktaviastuti, B., Leliana, A., & Luthfil, A. (2020). Pengaruh bahan tambah serbuk ban bekas pada konstruksi Hot Rolled Sheet-Wearing Course. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Universitas Madura*, 5(Juni).
- Ramadhan, M. A., & Fauziah. (2022). Kajian kinerja aspal porus dengan menggunakan Gilsonite additive. *Publikasi Tesis MTS UII*.
- Wiranata, A., Fermi, M. I., & Bahruddin. (2018). Pengaruh mastikasi karet terhadap karakteristik campuran aspal - karet spesifikasi teknis (crumb rubber). *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik*, 5(2).
- Yusuf, M., Setyawan, A., & Sarwono, D. (2014). Kekuatan dan ketahanan lapis tipis campuran aspal panas dengan penambahan karet remah. *Matriks Teknik Sipil*, 3(1).