

Pengaruh Serbuk Karet dari Ban Bekas sebagai Bahan Tambah Aspal Pen 60/70 pada Karakteristik Campuran Aspal Porus yang Menggunakan Agregat dari Loli Kota Palu

Mashuri^{a*}

^aJurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Jl. Soekarno-Hatta Km 9, Palu 94118, Indonesia

*Corresponding author's e-mail: mashurimt70@gmail.com

Received: 9 June 2022; revised: 19 July 2022; accepted: 1 August 2022

Abstract: The use of waste crumb rubber tire as an additive in asphalt has been widely practiced in several countries in the world, which aims to improve the characteristics of asphalt mixtures such as porous asphalt. The purpose of this study was to determine the effect of used waste tire rubber powder as an additive in asphalt on the characteristics of porous asphalt mixture using aggregate from stone crusher machine in Loli, Palu city, Central Sulawesi Province. This research was conducted at the Transportation and Highway Laboratory, Tadulako University. This research used several percentages of used waste crumb rubber tire as follows: 0.025%, 0.050%, 0.075%, 0.10% of the aggregate weight in the mixtures (1200 grams). Aggregate composition determination in mixture using Method by sieve. Optimum Asphalt Content determination using Marshall Method. The results of this research found that the Stability and density value of the mixtures tend to increase at the content of 0.025% - 0.075% used waste crumb rubber tire. The results also found that the maximum stability and maximum density were reached at the Optimum Asphalt Content and the used waste crumb rubber tires content were 0.58% and 0.075%.

Keywords: porous asphalt, crumb rubber tire, Loli, Palu city

Abstrak: Penggunaan serbuk dari limbah ban karet sebagai bahan tambah aspal telah dilakukan di beberapa negara di dunia, yang bertujuan untuk memperbaiki karakteristik campuran beraspal seperti campuran aspal porus. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh serbuk karet dari ban bekas sebagai bahan tambah aspal terhadap karakteristik campuran perkerasan aspal porus yang menggunakan agregat dari mesin pemecah batu di Loli, Kota Palu, Provinsi Sulawesi Tengah. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya, Fakultas Teknik Universitas Tadulako. Penelitian ini menggunakan beberapa persentase serbuk karet dari ban bekas sebagai berikut: 0.025%, 0.050%, 0.075%, 0.10% terhadap berat agregat dalam campuran (1200 gram). Penentuan komposisi agregat dalam campuran menggunakan Metode *by sieve*. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) menggunakan Metode Marshall. Hasil penelitian ini mendapatkan bahwa karakteristik Stabilitas dan kepadatan campuran cenderung meningkat pada kadar serbuk karet ban bekas dari 0.025% - 0.075%. Hasil penelitian juga mendapatkan bahwa Stabilitas maksimum dan Kepadatan maksimum tercapai pada Kadar Aspal Optimum dan kadar serbuk karet ban bekas adalah 0.58% dan 0.075%.

Kata kunci: aspal porus, serbuk karet ban, Loli, Kota Palu

1. Pendahuluan

Aspal porus adalah campuran beton aspal dengan kadar pasir yang rendah, agar menghasilkan rongga yang besar. Aspal porus digunakan untuk lapisan permukaan jalan dan selalu dihampar di atas lapisan kedap air, dipromosikan efektif untuk meningkatkan kapasitas jalan dan keselamatan lalu-lintas pada musim hujan [1].

Lapis perkerasan aspal porus merupakan lapisan yang berfungsi sebagai lapis aus yang didesain untuk dapat mengalirkan air ke arah vertikal dan horisontal sehingga membuat stabilitasnya lebih rendah dibanding dengan campuran perkerasan aspal konvensional lainnya seperti beton aspal lapis aus (AC-WC).

Aspal porus merupakan campuran aspal dengan agregat tertentu yang didesain setelah dipadatkan mempunyai pori udara berkisar 20,00% [2]. Campuran aspal porous dengan pori-pori udara berkisar 20% diharapkan agar air hujan yang jatuh di atas permukaan perkerasan dapat meresap ke dalam lapis atas baik secara vertikal maupun horizontal sehingga dapat memberikan tingkat keselamatan kepada lalu-lintas yang lebih baik, terutama di waktu hujan.

Aspal Porus dirancang untuk meningkatkan kekesatan antara permukaan perkerasan dan ban kendaraan [3]. Gradasi yang dikembangkan untuk aspal porus, dengan konsep disain untuk memperoleh target *porosity*, yang dimulai dengan *porosity* minimum, dari fraksi agregat kasar. Kondisi ini akan menghasilkan kestabilan yang bagus dan meminimumkan deformasi. Agregat halus ditambahkan dengan variasi yang berbeda untuk mendapatkan target *porosity* [4]. Aspal porus umumnya memiliki nilai stabilitas Marshall yang lebih rendah dari aspal beton yang menggunakan gradasi rapat, stabilitas Marshall akan meningkat bila gradasi terbuka yang digunakan lebih banyak fraksi halus [5].

Besarnya rongga/pori udara dalam campuran perkerasan aspal porus menyebabkan nilai stabilitasnya lebih rendah dibandingkan perkerasan aspal yang bergradasi rapat serta rentang dengan kerusakan akibat pengaruh air. Untuk mengatasi kendala tersebut, beberapa peneliti telah melakukan penelitian pada aspal porus dengan berbagai bahan tambah. Pada penelitian ini, bahan tambah yang digunakan pada campuran aspal porus

berupa serbuk karet dari ban bekas dan agregat yang digunakan berasal dari *Stone Cruiser* Loli di Kota Palu.

Pemakaian serbuk karet dari ban bekas pada penelitian ini didasarkan bahwa ban karet merupakan material dimana komponennya terdiri dari berbagai jenis bahan kimia ditambahkan ke dalam karet guna mengubah sifat elastis karet yang memuaskan [6-10]. Di samping itu ban karet memiliki kandungan karet alam yang cukup besar yaitu sekitar 44,32% [11-14].

Pemanfaatan serbuk karet dari ban bekas dan agregat dari *stone cruiser* di Loli didasarkan pada pemikiran untuk mengetahui karakteristik campuran aspal porus yang menggunakan material lokal dan material limbah yang mudah didapatkan sebagai usaha untuk memperbaiki kelemahan kelemahan campuran aspal porus.

Berdasarkan uraian di atas maka, tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh serbuk karet dari ban bekas

sebagai bahan tambah pada karakteristik campuran perkerasan aspal porus yang menggunakan agregat dari *stone cruiser* di Loli, Kota Palu.

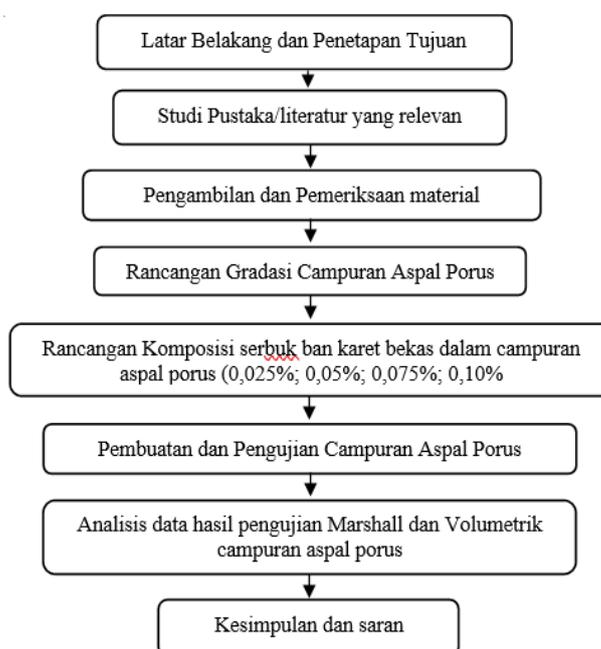
2. Metode Penelitian

2.1. Jenis dan Tempat Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yaitu penelitian dengan cara melakukan percobaan percobaan di laboratorium. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu Sulawesi Tengah.

2.2. Bagan alir penelitian

Tahapan/prosedur penelitian ini dijabarkan dalam bagan alir seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Agregat yang digunakan pada penelitian ini adalah meliputi agregat kasar dan agregat halus. Agregat yang digunakan pada penelitian ini adalah agregat dari mesin pemecah batu di Lali, Kota Palu. Sementara serbuk karet ban bekas didapat dari lokasi penimbunan ban bekas di Kelurahan Tondo Kota Palu. Pemeriksaan material agregat meliputi pemeriksaan saringan, pemeriksaan berat jenis, pemeriksaan penyerapan. Pemeriksaan aspal meliputi pemeriksaan berat jenis, pemeriksaan penetrasi, pemeriksaan titik lembek, pemeriksaan kehilangan berat, pemeriksaan daktilitas dan pemeriksaan viskositas.

Rancangan gradasi campuran aspal porus adalah menentukan komposisi setiap agregat yang lolos atau tertahan di setiap saringan dilakukan dengan menggunakan metode by sieve dengan mengacu pada spesifikasi gradasi ideal. Gradasi aspal porus merupakan type gradasi terbuka (*open graded*) untuk mendapatkan kadar VMA dan VIM yang tinggi. Gradasi aspal porus dari *National Asphalt*

Pavement Associations (NAPA), Tahun 2003 disajikan pada Tabel 1 [15].

Tabel 1. Spesifikasi gradasi campuran aspal porus [15]

BS Sieve Size (mm)	Percentage Passing, by Weight	
	Maksimum	Minimum
20.0 (3/4 ")	100	100
14.0 (1/2 ")	100	85
10.0 (3/8 ")	75	55
5.0 (No. 4)	25	10
2.36 (No. 8)	10	5
0.075 (No. 200)	4	2

Komposisi serbuk karet dari ban bekas dalam campuran aspal porus pada penelitian ini: 0,025%; 0,050%; 0,075% dan 0,10%. Persentase serbuk karet ban bekas merupakan persentase terhadap berat agregat yang digunakan dalam campuran perkerasan aspal porus. Serbuk karet dari ban bekas dicampur dan dipanaskan bersama dengan agregat

(Metode campuran kering/*wet dry*). Pembuatan campuran aspal porus dilakukan menggunakan Metode Marshall dengan memperhatikan spesifikasi seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi aspal porus [16]

No.	Kriteria Perencanaan	Nilai
1	Uji Cantabro Tidak Terkondisi	Maks. 20
2	Uji Cantabro Terkondisi (%)	Maks. 30
3	Uji Aliran Aspal Ke bawah	Maks. 0,3
4	Kadar Rongga di dalam	10 - 25
5	Stabilitas Marshall (kg)	Min. 500
6	Kelelehan Marshall (mm)	20 - 60
7	Kekakuan Marshall (kg/mm)	Maks. 400
8	Jumlah tumbukan per bidang	50

Perhitungan nilai *Cantabro loss* menggunakan formula berikut:

$$AL_i = \frac{(m_{i1} - m_{i2})}{m_{i1}} \times 100\% \quad (1)$$

dimana:

CAL_i = *Cantabro Abrasion Loss* (%)

m_{i1} = berat mula mula benda uji (gr)

m_{i2} = berat benda uji setelah pengujian (gr)

Perhitungan nilai permeabilitas benda uji aspal porus menggunakan formula:

$$k = 2,3x \frac{axL}{Axt} \times \log \left(\frac{h_1}{h_2} \right) \quad (2)$$

dimana:

k = Koefisien uji aliran air (cm/dtk)

a = Luas potongan melintang tabung (cm²)

L = Tebal spesimen (cm)

A = Luas potongan spesimen (cm²)

t = Waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air dari h₁ ke h₂

h₁ = Tinggi batas air paling atas pada tabung (cm)

h₂ = Tinggi batas air paling bawah pada tabung (cm)

Perhitungan nilai *drain down* campuran aspal porus menggunakan formula:

$$Draindown = \left(\frac{C-B}{A} \right) \times 100\% \quad (3)$$

dimana:

A = Berat total awal dari sampel (gr)

B = Berat awal wadah (gr)

C = Berat akhir wadah setelah pengujian (gr)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Fisik Agregat

Hasil pemeriksaan karakteristik fisik agregat yang digunakan pada campuran aspal porus disajikan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

3.2. Penentuan Komposisi Agregat dalam Campuran Perkerasan Aspal Porus

Komposisi setiap agregat yang lolos atau tertahan di setiap saringan dilakukan dengan menggunakan metode *by*

sieve yang mengacu pada spesifikasi gradasi ideal. Hasil penentuan komposisi setiap agregat yang lolos atau tertahan di setiap saringan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 3. Hasil pemeriksaan karakteristik fisik agregat kasar dan halus

No	Pengujian	Jenis Agregat		Spek.	Ket.
		Kasar	Halus		
1	Berat Jenis	-	-		
	a. BJ. Bulk	2,576	2.602		
	b. BJ SSD	2,586	2.643	Min. 2,5	Me- memenuhi
	c. BJ. Apparent	2,601	2.713		
	d. Penyerapan Agregat (%)	0,386	1.574	Maks. 3	Me- memenuhi
2	Abrasi (%)	22.828	-	Maks. 40	Me- memenuhi

Tabel 4. Hasil pemeriksaan karakteristik fisik material *filler* debu batu

Pengujian	Hasil	Spek.	Ket.
Berat Jenis	Pemeriksaan		
a. BJ. Bulk	2,569	Min.	
b. BJ. SSD	2,614	2,5	
c. BJ. App	2,690		Memenuhi
d. Penyerapan Agregat (%)	1,750	Maks. 3	

Tabel 5. Hasil penentuan komposisi agregat dalam campuran aspal porus

Saringan No.	Spesifikasi			% Ter-tahan	Berat Ter-tahan (gram)
	Maks.	Min.	% Lolos		
3/4"	100	100	100	0	0
1/2"	100	85	92.5	7.5	90
3/8"	75	55	65	27.5	330
#4	25	10	17.5	47.5	570
#8	10	5	7.5	10	120
#200	4	2	3	4.5	54
PAN	-	-	0	3	36
Total				100	1200

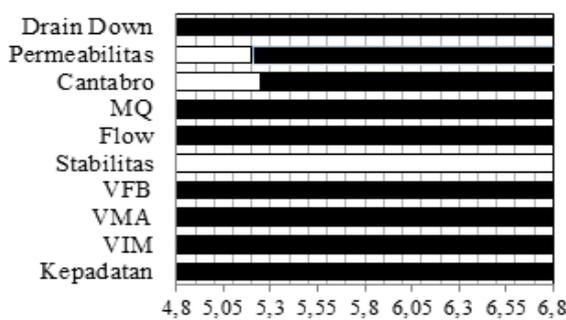
3.3. Kadar Aspal Optimum Aspal Porus Pada Beberapa Variasi Serbuk Karet Ban Bekas

Penentuan Kadar Aspal Optimum pada 0.00% serbuk karet dari ban bekas tidak dapat diestimasi karena karakteristik stabilitas pada setiap variasi kadar aspal tidak ada yang memenuhi spesifikasi seperti terlihat pada Tabel 6 dan Gambar 2.

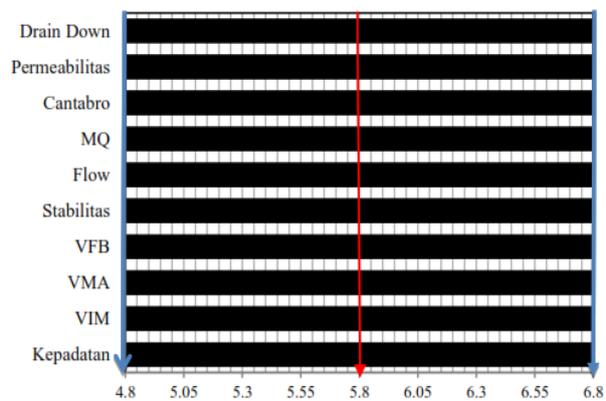
Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) campuran aspal porus pada 0.025% sampai dengan 0.100% serbuk karet dari ban bekas dalam campuran aspal porus dilakukan dengan menggunakan *bar chart* seperti pada Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Marshall, Volumetrik, *Cantabro Loss*, Permeabilitas dan *Drain Down* campuran Aspal Porus pada 0.00% serbuk karet dari ban bekas

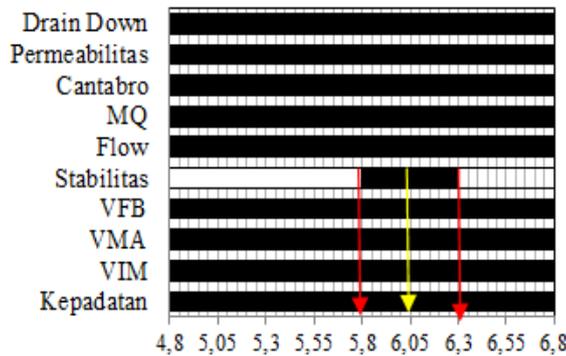
Karakteristik campuran aspal porus	Satuan	Kadar aspal (%)					Spesifikasi
		4.8	5.3	5.8	6.3	6.8	
Kepadatan	gr/cm ³	2.146	2.170	2.183	2.184	2.196	-
VIM	%	14.294	12.673	12.512	10.211	10.204	10 – 25
VMA	%	19.638	20.918	21.167	21.530	21.982	-
VFB	%	35.717	40.983	44.150	50.728	55.106	-
Stabilitas	kg	410.52	426.40	436.83	425.49	415.06	Min. 500
Flow	mm	3.194	3.245	3.270	3.060	3.015	2 – 6
MQ	Kg/mm	129.30	130.96	131.86	134.40	130.718	Maks. 400
Cantabro	%	22.010	20.780	16.280	11.030	8.090	Maks. 20
Permeabilitas	%	0.534	0.514	0.416	0.390	0.354	0.1 – 0.5
Drain down	%	0.054	0.086	0.136	0.167	0.220	Maks. 0.3



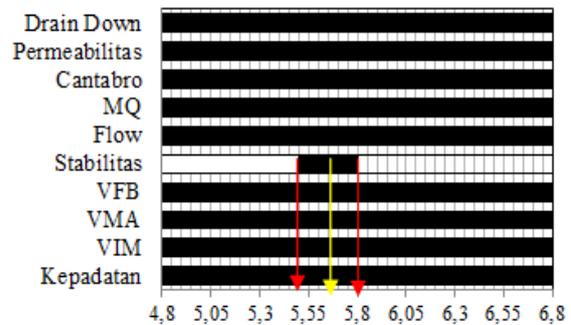
Gambar 2. Bar chart penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) pada kadar 0,0% serbuk karet dari ban bekas



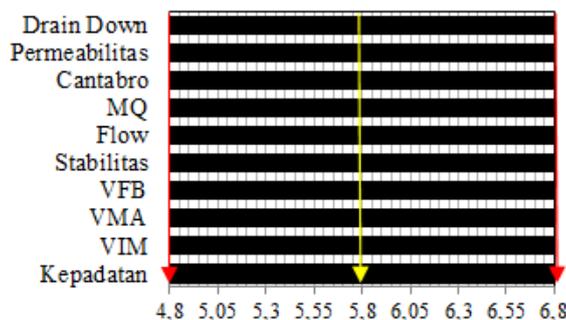
Gambar 5. Bar chart penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) pada kadar 0,075% serbuk karet dari ban bekas



Gambar 3. Bar chart penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) pada kadar 0,025% serbuk karet dari ban bekas



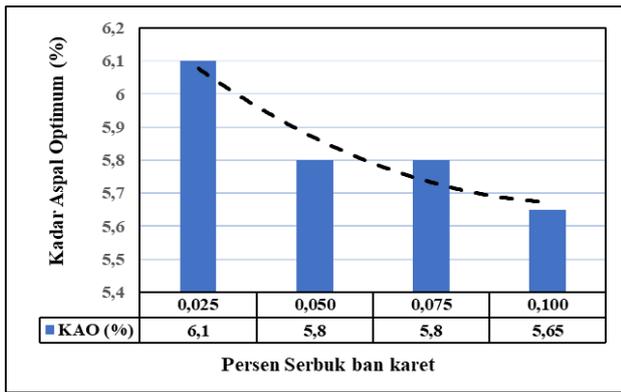
Gambar 6. Bar chart penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) pada kadar 0,10% serbuk karet dari ban bekas



Gambar 4. Bar chart penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) pada kadar 0,05% serbuk karet dari ban bekas

Berdasarkan dari Gambar 3 sampai dengan Gambar 6 maka dapat diketahui nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) campuran aspal porus pada masing masing kadar serbuk karet dari ban bekas seperti terlihat pada Gambar 7.

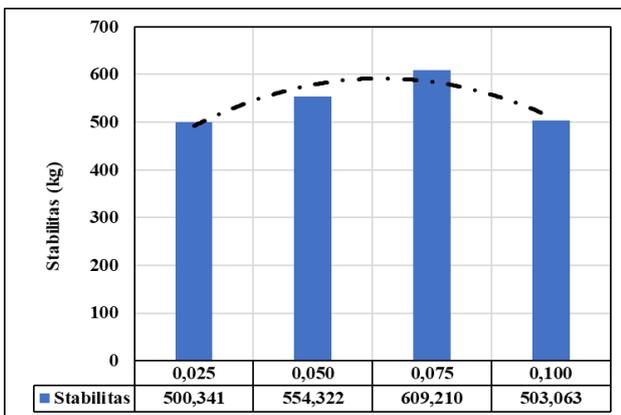
Berdasarkan pada Gambar 7 diketahui bahwa terdapat kecenderungan nilai KAO campuran aspal porus mengalami penurunan bila kadar serbuk karet dari ban bekas bertambah dari 0,025% sampai 0,100%. Hal ini berarti penggunaan serbuk karet dari ban bekas dalam campuran aspal porus mesti dibatasi.



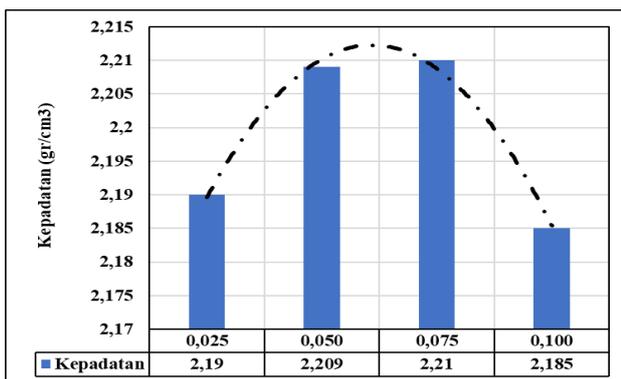
Gambar 7. Kadar Aspal Optimum (KAO) pada beberapa variasi Kadar serbuk karet dari ban bekas

3.4. Stabilitas dan Kepadatan Kondisi KAO

Nilai Stabilitas dan Kepadatan campuran aspal porus pada beberapa kadar serbuk karet dari ban bekas kondisi Kadar Aspal Optimum disajikan pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 8. Histogram Stabilitas – Kadar serbuk karet dari ban bekas campuran aspal porus



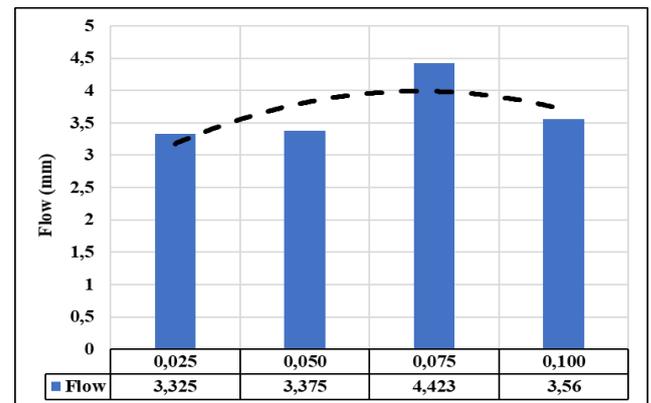
Gambar 9. Histogram Kepadatan – Kadar serbuk karet dari ban bekas campuran aspal porus

Berdasarkan Gambar 8 dan Gambar 9 diketahui bahwa nilai stabilitas dan Kepadatan aspal porus meningkat pada kadar serbuk karet dari ban bekas 0.025% hingga 0.075% kemudian stabilitas turun kembali pada kadar serbuk karet ban bekas melebihi 0.075% hingga 0,100%. Dengan demikian Stabilitas dan kepadatan maksimum campuran aspal porus terjadi pada kadar 0.075% serbuk karet dari ban

bekas. Bila melihat dari kurva stabilitas maka penggunaan serbuk karet dari ban bekas sebagai bahan tambah dalam campuran aspal porus yang menggunakan agregat dari Loli berkisar dari 0,05% sampai 0,075%. Kondisi ini membuat pemilihan Kadar Aspal Optimum (KAO) campuran sekitar 5,80%.

3.4. Flow Kondisi KAO

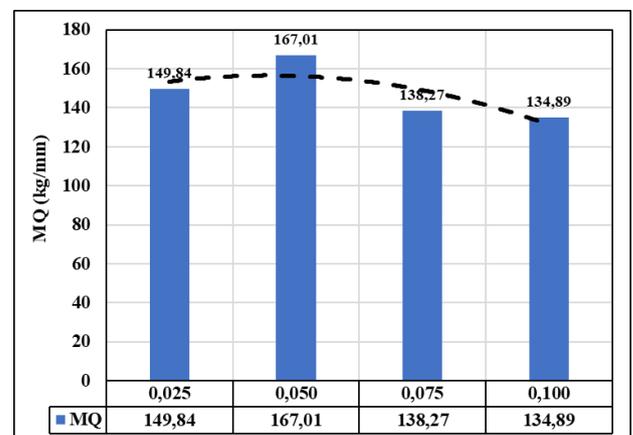
Berdasarkan pada Gambar 10, nilai *flow* campuran aspal porus yang menggunakan agregat dari Loli cenderung mengalami peningkatan dari kadar 0,025% serbuk karet dari ban bekas sampai 0.075% dan turun kembali bila kadar serbuk karet ban bekas di atas 0.075% sampai 0,100%. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh turunnya KAO dari 5,8% menjadi 5,65%.



Gambar 10. Histogram Flow – Kadar serbuk karet dari ban bekas campuran aspal porus

3.5. Marshall Quotien Kondisi KAO

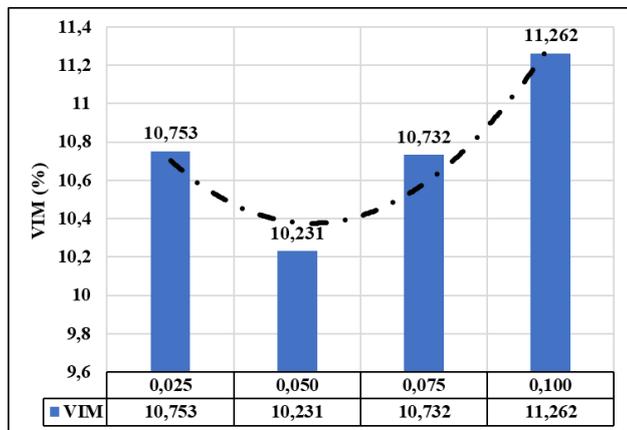
Nilai Marshall Quotien (MQ) campuran aspal porus yang menggunakan agregat dari Loli pada variasi kadar serbuk karet dari ban bekas dari 0.025% - 0,100% disajikan pada Gambar 11. Berdasarkan Gambar 11 diketahui bahwa penambahan kadar serbuk karet dari ban bekas dari 0.025% hingga 0.050% cenderung akan meningkatkan nilai MQ campuran, kemudian cenderung turun kembali bila kadar serbuk karet ban bekas melebihi 0.050% hingga 0,100%. Hal ini disebabkan oleh peningkatan stabilitas campuran tetapi di sisi lain terjadi penurunan nilai *flow* campuran aspal porus secara signifikan.



Gambar 11. Histogram MQ – Kadar serbuk karet dari ban bekas campuran aspal porus

3.6. *Void in Mix (VIM) Kondisi KAO*

Gambar histogram nilai VIM campuran aspal porous yang menggunakan agregat dari Loli pada beberapa kadar serbuk karet dari ban bekas disajikan pada Gambar 12.

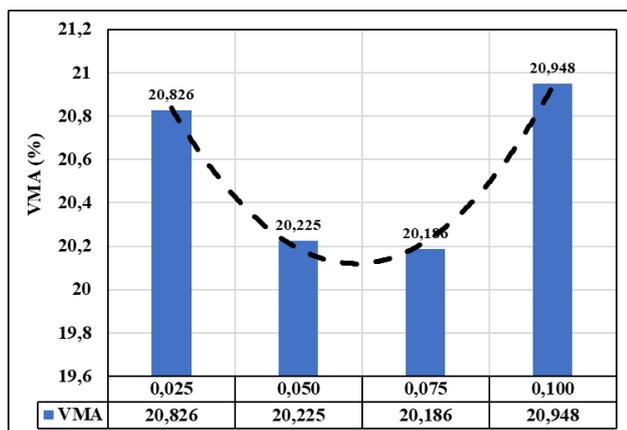


Gambar 12. Histogram VIM – Kadar serbuk karet dari ban bekas campuran aspal porous

Berdasarkan Gambar 12 diketahui bahwa nilai VIM campuran aspal porous mengalami penurunan pada kadar serbuk karet dari ban bekas dari 0,025% sampai 0,05% dan kembali naik pada kadar serbuk karet di atas 0,05% sampai 0,100%. Hal ini dapat disebabkan oleh semakin berkurangnya kadar aspal yang digunakan bila kadar serbuk karet dari ban bekas semakin besar hingga mencapai 0,100%.

3.7. *Void in Mineral Aggregate (VMA) Kondisi KAO*

Gambar histogram VMA campuran aspal porous yang menggunakan agregat dari Loli disajikan pada Gambar 13.

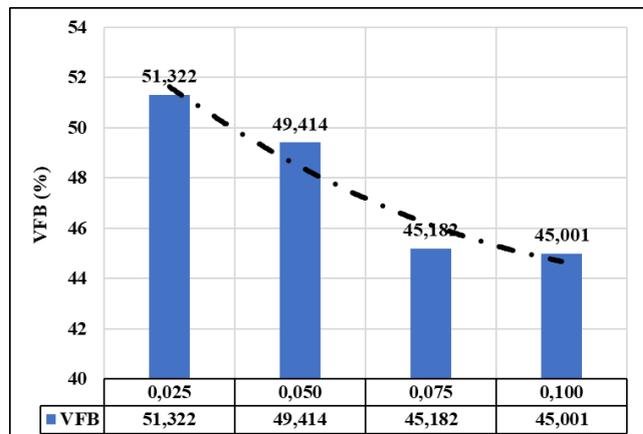


Gambar 13. Histogram VMA – Kadar serbuk karet dari ban bekas campuran aspal porous

Dari Gambar 13 terlihat bahwa nilai VMA campuran aspal porous mengalami penurunan pada kadar serbuk karet ban bekas dari 0,025% sampai 0,075% dan naik kembali pada kadar serbuk karet ban bekas di atas 0,075% sampai 0,100%. Hal ini dapat disebabkan oleh VIM campuran yang cenderung turun pada kadar serbuk karet ban bekas dari 0,025% sampai 0,05% dan kembali meningkat pada kadar serbuk karet ban bekas di atas 0,05% sampai 0,100%.

3.8. *Void Filled in Bitumen (VFB) Kondisi KAO*

Gambar histogram nilai VFB campuran aspal porous yang menggunakan agregat dari Loli pada beberapa variasi kadar serbuk ban karet disajikan pada Gambar 14.

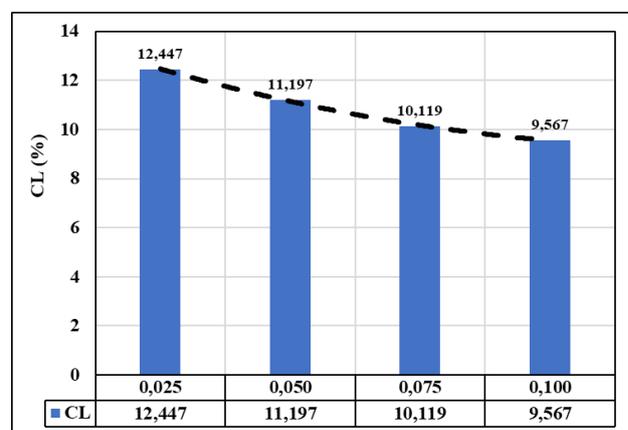


Gambar 14. Histogram VFB – Kadar serbuk karet dari ban bekas campuran aspal porous

Berdasarkan Gambar 14 diketahui bahwa nilai VFB campuran aspal porous mengalami penurunan pada kadar serbuk karet dari ban bekas dari 0,025% sampai 0,100%. Hal ini dapat disebabkan oleh semakin berkurangnya kadar aspal yang digunakan bila kadar serbuk karet ban bekas meningkat hingga mencapai 0,100%.

3.9. *Cantabro Loss (CL) Kondisi KAO*

Gambar histogram *Cantabro Loss (CL)* campuran aspal porous pada beberapa variasi kadar serbuk karet dari ban bekas diilustrasikan pada Gambar 15.



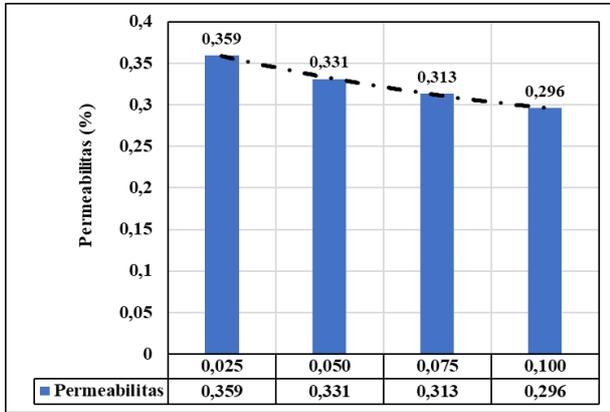
Gambar 15. Histogram *Cantabro loss* – Kadar serbuk karet dari ban bekas campuran aspal porous

Berdasarkan Gambar 15 diketahui bahwa nilai *Cantabro Loss* campuran aspal porous mengalami penurunan pada kadar serbuk karet ban bekas dari 0,025% sampai 0,100%. Hal ini berarti bahwa penggunaan serbuk karet ban bekas dari kadar 0,025% sampai 0,100% dalam campuran perkerasan aspal porous yang menggunakan agregat dari Loli dapat meningkatkan ketahanannya terhadap pengausan akibat beban lalu lintas. Batas maksimum nilai CL adalah 20%. Dengan demikian pemakaian serbuk karet dari ban bekas sebagai bahan tambah pada campuran aspal porous

dari 0,025% sampai 0,100% masuk dalam nilai CL maksimum yaitu $CL \leq 20\%$.

3.10. Permeabilitas Kondisi KAO

Gambar histogram nilai Permeabilitas campuran aspal porus yang menggunakan agregat dari Loli pada beberapa kadar serbuk karet dari ban bekas diilustrasikan pada Gambar 16.

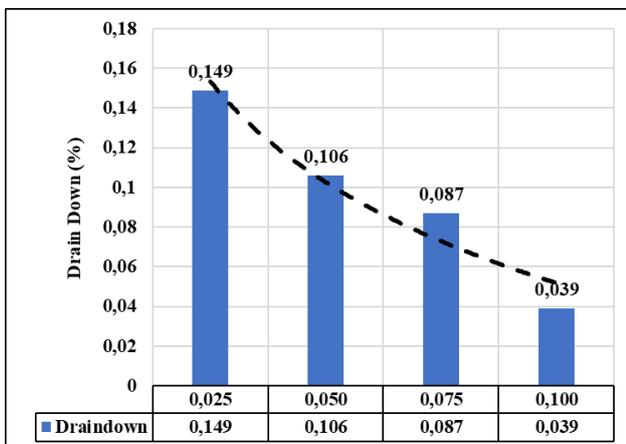


Gambar 16. Histogram Permeabilitas – Kadar serbuk karet dari ban bekas campuran aspal porus

Berdasarkan Gambar 16 diketahui bahwa nilai Permeabilitas campuran aspal porus mengalami penurunan pada kadar serbuk karet ban bekas dari 0,025% sampai 0,100%. Hal ini berarti bahwa penggunaan serbuk karet ban bekas dari kadar 0,025% sampai 0,100% dalam campuran perkerasan aspal porus yang menggunakan agregat dari Loli memperkecil besarnya rongga dalam aspal porus sehingga aspal porus semakin kecil sifat porusnya. Namun demikian, pemakaian serbuk karet dari ban bekas sebagai bahan tambah dari kadar 0,025% sampai 0,100% pada aspal porus masih memenuhi spesifikasi permeabilitas yaitu 0,1 sampai 0,5 %.

3.11. Drain down Kondisi KAO

Gambar histogram Drain down campuran aspal porus pada beberapa kadar serbuk karet dari ban bekas disajikan pada Gambar 17.



Gambar 17. Histogram Drain down – Kadar serbuk karet dari ban bekas campuran aspal porus

Berdasarkan Gambar 17 diketahui bahwa nilai Drain down campuran aspal porus mengalami penurunan pada kadar serbuk karet ban bekas dari 0,025% sampai 0,100%. Hal ini berarti bahwa penggunaan serbuk karet ban bekas dari kadar 0,025% sampai 0,100% dalam campuran perkerasan aspal porus yang menggunakan agregat dari Loli memperkecil besarnya aliran ke bawah dari aspal sehingga dapat menjaga sifat porus dari campuran perkerasan aspal porus. Pemakaian serbuk karet dari ban bekas sebagai bahan tambah dari kadar 0,025% sampai 0,100% pada aspal porus masih memenuhi spesifikasi Drain down yaitu maksimum 0,3 %.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas maka, dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu:

- Pemakaian serbuk karet dari ban bekas pada kadar 0,025% sampai 0,100% pada campuran perkerasan aspal porus yang menggunakan agregat dari Loli telah mempengaruhi besarnya Kadar Aspal Optimum (KAO) dimana semakin tinggi kadar serbuk karet dari ban bekas dalam campuran perkerasan aspal porus menyebabkan nilai KAO cenderung semakin kecil.
- Pemakaian serbuk karet dari ban bekas sebagai bahan tambah pada aspal porus telah mempengaruhi stabilitas, kepadatan dan flow campuran perkerasan aspal porus dimana stabilitas, kepadatan dan flow meningkat pada kadar 0,025% sampai 0,075% serbuk karet ban bekas dan turun kembali pada kadar serbuk karet ban bekas di atas 0,075% sampai 0,100%.
- Pemakaian serbuk karet dari ban bekas sebagai bahan tambah pada aspal porus telah mempengaruhi nilai MQ campuran dimana nilai MQ cenderung meningkat dari kadar serbuk karet ban bekas 0,025% sampai 0,050%, kemudian MQ turun kembali pada kadar serbuk karet ban bekas di atas 0,05% sampai 0,100%.
- Pemakaian serbuk karet dari ban bekas sebagai bahan tambah pada aspal porus telah mempengaruhi nilai VIM campuran dimana nilai VIM cenderung menurun dari kadar serbuk karet ban bekas 0,025% sampai 0,05%, kemudian VIM naik kembali pada kadar serbuk karet ban bekas di atas 0,05% sampai 0,100%.
- Pemakaian serbuk karet dari ban bekas sebagai bahan tambah pada aspal porus telah mempengaruhi nilai VMA campuran dimana nilai VMA cenderung menurun dari kadar serbuk karet ban bekas 0,025% sampai 0,075%, kemudian VMA naik kembali pada kadar serbuk karet dari ban bekas di atas 0,075% sampai 0,100%.
- Pemakaian serbuk karet dari ban bekas sebagai bahan tambah pada aspal porus telah mempengaruhi nilai VFB, cantabro loss, permeabilitas dan drain down campuran aspal porus dimana nilai VFB, cantabro loss, permeabilitas dan drain down campuran aspal porus cenderung menurun dari kadar serbuk karet ban bekas 0,025% sampai 0,100%.
- Dilihat dari seluruh karakteristik campuran perkerasan aspal porus yang menggunakan agregat dari Loli, maka kadar serbuk karet dari ban bekas yang terbaik adalah 0,05% - 0,075% dengan KAO 5,8%.

Daftar Pustaka

- [1] I.W. Diana, B.I. Siswosubroto, and R.H. Karsaman, "Sifat sifat Teknis dan Permeabilitas pada Aspal Porus", *Prosiding Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi (FSTPT) Yogyakarta*, p. 1-10, 2000.
- [2] Djumari and D. Sarwono, "Perencanaan Gradasi Aspal porus Menggunakan Material Lokal dengan Metode Pemampatan Kering", *Jurnal Media Teknik Sipil*, vol. 9, no. 1, p. 9, 2009.
- [3] P.S. Kandhal and R.B. Mallick, *Open Graded Friction Course: State of the Practice*, Washington: Transportation Research Board National Research Council, 1998.
- [4] Hardiman, M.O. Hamzah, "Disain Gradasi Agregat untuk Campuran Aspal Porus Dua Lapis (Twin lay)", *Prosiding Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi (FSTPT) Makassar*, vol. 6, p. 1, 2003.
- [5] J.G. Cabrera and M.O. Hamzah, "Aggregate Grading Design for Porous Asphalt", *Proceeding of Symposium University of Leeds*, p. 1, 1994.
- [6] Nazaruddin, *Pemamfaatan Karet Alam Sebagai Aditif Pada Mortar Untuk Meningkatkan Mutu Jalan Semen Beton (Skripsi)*, Bandung: Institut Teknologi Bandung, 1999.
- [7] I. Azhar and W. Hasyim, "Pengaruh Penambahan Serbuk Limbah Karet Ban Bekas Terhadap Karakteristik Aspal Ditinjau dari Nilai Penetrasi dan Daktilitas", *Prosiding Seminar Nasional Program Studi Magister Teknik Sipil ULM*, vol. 6, p. 197, 2019.
- [8] T.D. Septiawan, "Pengaruh Penggunaan Bahan Tambah Serbuk Karet Ban Pada Campuran Lapis Aspal Beton", *Jurnal Rekayasa Sipil*, vol. 1, no. 1, p. 9, 2013.
- [9] N. Martina, M.F.R. Hasan, and Y. Setiawan, "Pengaruh Serbuk Ban Bekas Sebagai Campuran Agregat Halus Pada Campuran Aspal Porous", *Wahana Teknik Sipil*, vol. 24, no. 2, p. 144, 2019.
- [10] B. Oktaviastuti, H.S. Wijaya, and P. Indrawan, "Pengaruh Penambahan Serbuk Ban Bekas Untuk Bahan Tambah Campuran ATB (Asphalt Treated Base)", *Jurnal Reka Buana*, vol 3, no. 1, p. 16, 2018.
- [11] Satyagraha and Fauzi, *Pengaruh Penambahan Limbah Ban Dalam Bekas Kendaraan dan Filler Limbah Karbit pada Laston (AC-BC) terhadap Karakteristik Marshall*, Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta, 2018.
- [12] H.AF. Hijriah, Z.F. Umari, and R. Panjaitan, "Analisis Kadar Optimum Serbuk Karet Ban Dalam Bekas Pada Campuran Aspal", *TAPAK*, Vvol. 11, no. 1, p. 29, 2021.
- [13] C. Laos, G. Goestiawan, P.S. Wulandari, and H. Patmadjaja, "Pengaruh Penambahan Serbuk Ban Karet Pada Campuran Laston Untuk Perkerasan Jalan Raya", *Jurnal Dimensi Pratama*, vol. 4, no. 2, p. 1, 2015.
- [14] D. Prabudi and Kosim, "Pengaruh Kinerja Penambahan Karet Ban Bekas Sebagai Substitusi Pengganti Campuran Beraspal Daur Ulang Pada Lapis Permukaan Atas", *Pilar*, vol. 12, no. 2, p. 56, 2015.
- [15] NAPA, *Porous Asphalt Pavement*, Lanham Maryland: National Asphalt Pavement Association, 2003.
- [16] AAPA, *Open Graded Asphalt Design Guide*, Canberra: Australian Asphalt Pavement Association, 2004.