

PENGARUH ADITIF SERBUK BAN LUAR KENDARAAN RODA DUA BEKAS PAKAI PADA CAMPURAN HRS-WC

Pebrina Stiani¹, Robby², dan Salonten³

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya

E-mail : pebrinastiani@gmail.com¹, robby@eng.upr.ac.id², salonten@jts.upr.ac.id³

ABSTRACT

Waste tires from motorized two-wheeled vehicles is one of the used materials with a relatively high amount. Until now, used tires are only used as crafts. Burning used tires can also cause harmful pollution effects for the environment. By adding used tire powder as a mixture of asphalt, is one way to solve this problem. Has a goal to find the value of KAO value in the resulting mixture composition and specify additional effects used tire powder HRS-WC layer for marshal properties. The Marshall test has two steps, the first one calculates KAO value using a variety of asphalt content 6.5%, 7%, 7.5%, 8%, 8.5% and the KAO value of 7.78%. In the second stage, we use the configuration and KAO values obtained in the first stage of testing and modify them tire powder added 2%, 4%, 6%, 8%, 10% by weight of asphalt KAO. The results of the Marshall characteristic test without and with tire powder added have an increase in the Marshall stability value. From Marshall's tests and calculations, obtained 4%, 6%, 8% meet the specifications. The best percentage is 8% by weight of KAO asphalt which has a stability value of 1473.45 kg, voids in aggregate (VMA) 20.95%, voids in mixture (VIM) 3.33%, voids filled with bitmen (VFB) 85.37 %, Marshall quotient (MQ) 338,873 kg/mm.

Keywords: HRS-WC, KAO, Marshall, Tire Powder

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Keberadaan jalan raya sangat dibutuhkan guna mendukung laju perkembangan ekonomi bersamaan dengan meningkatnya kebutuhan fasilitas transportasi. Perkembangan jumlah kendaraan ialah aspek utama kehancuran pada jalan. Keadaan tersebut wajib didukung pula dengan konstruksi yang berkualitas, setiap lapisan adalah paling utama demi memberikan keadaan nyaman serta aman untuk konsumen jalan.

Agar tidak memunculkan kehancuran serta terlepasnya butir sama hal dengan yang terjadi pada lapis aus atau HRS- WC dengan cara peningkatan bahan aditif dapat menambah kualitas perkerasan jalan. Modifikasi aspal dengan meningkatkan bermacam tipe aditif. Alternatif aditif menggunakan polimer. Sedangkan serbuk ban luar kendaraan bermotor roda 2 ialah bahan yang memiliki senyawa polimer. Aspal modifikasi tersebut dilakukan guna tingkatan kualitas serta mutu agar usia perkerasan jalan dapat bertahan sesuai dengan rencana.

Ban bekas selaku bahan tambah bisa jadi cara menurunkan limbah ban yang umumnya dengan metode pembakaran nyatanya menciptakan dampak tercemar yang beresiko untuk lingkungan serta hanya digunakan untuk kerajinan. Oleh sebab itu, perlu dilakukan usaha yang sungguh- sungguh guna menanggulangi serta mengolahnya dengan harapan berkurangnya limbah ban bekas di lingkungan lalu memanfaatkannya sebagai campuran perekat bagi kombinasi aspal.

Rumusan Masalah

1. Berapakah nilai KAO dari komposisi HRS-WC yang direncanakan?
2. Bagaimanakah pengaruh dari pemanfaatan aditif serbuk ban luar bekas dengan modifikasi kadar aditif 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% pada KAO?

Tujuan Penelitian

1. Menganalisis nilai KAO dari komposisi HRS-WC yang direncanakan?
2. Menganalisis pengaruh pemanfaatan aditif serbuk ban luar bekas dengan modifikasi kadar aditif yang direncanakan.

Batasan Masalah

1. Pengujian menggunakan standar Bina Marga 2018.
2. Campuran aspal yang digunakan :
 - a. Penetrasi 60/70 (aspal).
 - b. Agregat yang berasal dari Tangkiling.
 - c. Bahan tambah yang digunakan adalah *Tread* sebagai ban luar dari kendaraan bermotor roda dua.
3. Ban diparut manual menggunakan parutan kelapa, ban yang menjadi serbuk lalu di saring dengan saringan No. 8.
4. Lokasi pengujian di Lab. Jalan Raya, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya.

Manfaat Penelitian

Manfaat dari uji lab ini ialah untuk menganalisis pengaruh dari serbuk ban luar bekas sebagai aditif pada campuran aspal panas sehingga kualitas perkerasan jalan mutunya meningkat dan dapat berkontribusi dalam pengurangan limbah ban.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Ban Luar (*Tread*)

Bagian ban yang bernama *tread* merupakan pelapis ban luar dari kendaraan bermotor roda 2, susunan ini berupa karet berbentuk lembaran yang lunak dan mudah digunakan. Ban dengan bahan dasar karet ini memiliki elastisitas, itu memungkinkan diaplikasikan pada aspal.

Perkerasan Jalan

Sukirman(2003) menarangkan bahwa, perkerasan jalan ialah susunan antara lapisan tanah dengan roda dari kendaraan yang melintas, dengan peranan untuk mewujudkan pelayanan yang baik kepada fasilitas transportasi. Peranan perkerasan yaitu menyediakan struktur yang kuat untuk beban lalu lintas agar tetap nyaman serta aman. Agar perkerasan memiliki energi dukung serta keawetan yang mencukupi, namun pula ekonomis, sehingga perkerasan jalan dibuat berlapis - lapis.

Lapis Tipis Aspal Beton (*Lataston*)

Lataston adalah perkerasan yang fleksibel dengan gradasi yang senjang. Sifat yang paling penting adalah daya tahan dan fleksibilitas (Sukirman, 2003). Ada dua jenis senyawa dalam ratastone, tergantung fungsinya.

1. Lapis aus atau HRS-WC dengan ketebalan minimal yaitu 3 cm.
2. Lapis pondasi atau HRS-BASE dengan ketebalan minimal yaitu 3,5 cm.

Berikut sifat fisik HRS tercantum dalam Tabel 1:

Tabel 1. Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Lataston

Sifat-sifat Campuran		Lataston	
		HRS-WC	HRS-Base
Kadar aspal efektif (%)	Min.	5,9	5,5
Jumlah tumbukan per bidang		50	
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3,0	
	Maks.	5,0	
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	17	18
Rongga terisi aspal (%)	Min.	68	
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	600	
Pelelehan (mm)	Min.	3	
Marshall Quotient (kg/mm)	Min.	250	
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60oC	Min.	90	

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga (2018)

Aspal

Aspal umumnya adalah cairan memiliki warna hitam atau coklat yang lengket dari hidrokarbon yang dilarutkan dalam trikloretilena, lamban menguap, dan melunak secara perlahan pada saat pemanasan.

Agregat

Agregat adalah material alami yang padat dan keras dalam bentuk butiran atau fragmen dari berbagai jenis, termasuk kersik halus, batu pecah atau bahan penyusunnya untuk campuran aspal yang dimodifikasi. Agregat dikelompokkan menjadi tiga:

1. Agregat Kasar

Bagian batuan kasar dari struktur campuran, yang tertahan oleh saringan basah No. 4 (4,75mm), dalam kondisi bersih tanpa tanah liat atau kotoran lainnya, dengan syarat terpenuhi. (*Spesifikasi Umum Divisi 6 Perkerasan Aspal, 2018*).

2. Agregat Halus

Agregat halus adalah kombinasi antara pasir dan kerikil, atau salah satunya. Agregat halus ialah material dengan syarat lolos saringan No. 4 (4,75 mm). (*Spesifikasi Umum Divisi 6 Perkerasan Aspal, 2018*).

3. Pengisi Campuran Aspal (*Filler*)

Debu kapur (*limestone dust*) dapat digunakan sebagai bahan pengisi atau debu magnesium atau berupa dolomit, semen, fly ash Tipe C dan Tipe F yang telah sesuai dengan *AASHTO M303-89 (2014)*.

Persyaratan gradasi campuran untuk campuran HRS-WC sebaiknya dalam batas yang sudah ditentukan sebagaimana Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Gradasi Agregat Campuran Aspal HRS-WC

Ukuran Saringan		HRS-Wearing Course
(mm)	(Inci)	
37,5	1,5	-
25	1	-
19	¾	100
12,5	½	90-100
9,5	3/8	75-85
2,36	No. 8	50-72
0,6	No. 30	35-60
0,075	No. 200	6-10

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga (2018)

Karakteristik Campuran Aspal

Menurut Sukirman (1999), bahan perkerasan aspal digunakan untuk memeriksa dan menguji bahan perkerasan untuk mengontrol kualitas bahan perkerasan. Pengendalian terkait dilakukan agar jenis dan kualitas bahan *paving* yang diusahakan memenuhi rencana permintaan yang ada. Sifat-sifat berikut diperlukan untuk berfungsinya campuran aspal dengan baik: Stabilitas Marshall, Fleksibilitas (kelenturan), Durabilitas (daya tahan), *Impermeability* (kelelahan), Pemadatan (kompres), Temperatur (suhu), dan *Workability* (kemudahan pelaksanaan).

Penelitian Terdahulu

Berikut persamaan dan perbedaan dengan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 3:

Tabel 3. Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Penulis	Darunifah et al. (2007)	Harmadhana et al. (2016)	Stiani et al. (2022)
Judul	Pengaruh Bahan Tambah Karet Padat Terhadap Karakteristik Campuran <i>HOT ROLLED SHEET WEARING COURSE</i> (HRS-WC)	Kajian Karakteristik Laboratorium Aspal Porus dengan Menggunakan <i>Crumb Rubber</i> sebagai Bahan Tambah	Pengaruh Penambahan Serbuk Ban Bekas Pada Campuran <i>HOT ROLLED SHEET WEARING COURSE</i> (HRS-WC) Untuk Perkerasan Jalan Raya
Tujuan Penelitian	Mengetahui pengaruh penambahan persentase karet terhadap aspal	Mengetahui pengaruh tambahan <i>crumb rubber</i> berupa ban karet bekas yang dicampurkan dengan dengan aspal pen 60/70.	Mengetahui Pengaruh karakteristik marshall menggunakan aditif serbuk ban luar bekas 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10%. Agregat dari Tangkiling, Kota Palangka Raya.
Analisis	Spesifikasi Bina Marga 1998 metode pengujian cara Laboratorium.	Standart gradasi aspal porus spesifikasi <i>Australian Asphalt Pavement Association</i> (AAPA).	Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 metode <i>asphalt institute</i>
Hasil	Untuk campuran HRS-WC dengan berbagai jenis kadar aspal karet, penambahan 2% karet ke aspal meningkatkan nilai tekstur campuran aspal ketika kadar aspal 7,1%	Dengan variasi kandungan <i>Crumb Rubber</i> 3,5%, 4,5%, 5,5%, dan 6,5%. Nilai 5,5% memberikan efek terbaik.	Penambahan serbuk ban bekas 2%, 4%, 6%, 8%, 10% terjadi kenaikan nilai stabilitas dan pada kadar serbuk ban 2% dan 10% nilai parameter marshall ada yang tidak memenuhi syarat spesifikasi.

Sumber : Darunifah (2007) dan Harmadhana (2016)

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu eksperimental di Lab Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya. Material yang digunakan berasal dari Tangkiling, Palangka Raya. Ban luar bekas yang digunakan adalah limbah ban yang sudah tidak digunakan lagi yang berada di bengkel motor di Kota Palangka Raya. Persentase campuran bahan tambah serbuk ban luar bekas sebanyak 2%, 4%, 6%, 8%, 10% ditambahkan ke aspal dan material lainnya.

Pengumpulan Data

Sebelum pengujian dilakukan, terlebih dahulu membentuk 30 briket. Kemudian briket dibagi menjadi dua eksperimen. Eksperimen pertama menghasilkan 15 sampel briket tanpa bahan tambah dan diketahui nilai KAOnya. Eksperimen kedua, KAO tadi digunakan menjadi kadar aspal pada pembuatan 15 briket selanjutnya menggunakan aditif serbuk ban dengan variasi 2%, 4%, 6%, 8% dan 10%. Tiap masing-masing kadar persentase serbuk ban terdiri dari 3 buah briket/benda uji.

Langkah - langkah Penelitian

Ada beberapa langkah penelitian sebagai berikut :

1. Mempersiapkan alat dan bahan.
2. Pemeriksaan berat jenis agregat, penyerapan agregat, gradasi agregat, abrasi dan kandungan tanah lempung.
3. Pemilihan proporsi pencampuran dalam agregat total, yaitu proporsi agregat kasar, kapur dan halus, menggunakan metode diagonal dan *trial and error*.
4. Ban luar dari kendaraan bermotor dipotong menjadi beberapa bagian dengan ukuran ± 10 cm. Ban kemudian diparut manual sehingga menjadi serbuk menggunakan alat pamarut kelapa. Ban yang telah menjadi serbuk disaring menggunakan saringan No. 8 agar ukuran serbuk yang terlalu besar tidak ikut tercampur.
5. Persentase aspal yang digunakan adalah 5 (lima) variasi, masing-masing dengan 3 (tiga) benda uji, untuk mendapatkan persentase aspal yang optimum.
6. Pembuatan bahan uji mencakup pemanasan aspal dan agregat, penggabungan aspal dan agregat, kemudian pemadatan campuran hingga dikeluarkan dalam bentuk briket.
7. Pemeriksaan menggunakan Marshall *Test*.
8. Mengkaji hasil data Marshall *Test*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rencana berat agregat kasar, abu batu, pasir dan kadar aspal untuk memperoleh nilai KAO parameter Marshall dicantumkan pada tabel 4:

Tabel 4. Rencana Berat Material dan Aspal

Berat Total Agregat 1200 gram						Berat Total Agregat Campuran	Variasi Kadar Aspal				
Agregat Kasar		Abu Batu		Pasir			6,5%	7%	7,5%	8%	8,5%
%	gram	%	gram	%	gram	Berat Kadar Aspal Terhadap Total Campuran					
							Gram				
34	408	22	264	44	528	1200	83,4	90,3	97,3	104,3	111,4

Sumber: Hasil Perhitungan (2022)

Pengujian Marshall

Hasil Analisis pada Uji Marshall Variasi Kadar Aspal

Karakteristik dari uji Marshall adalah stabilitas, rongga dalam campuran (VIM), rongga dalam agregat (VMA), rongga terisi aspal (VFB) hasil bagi Marshall (MQ), tercantum dalam Tabel berikut:

Tabel 5. Parameter Karakteristik Marshall

Kadar Aspal (%)	Parameter Karakteristik Marshall					Keterangan
	Stabilitas (kg)	VMA (%)	VIM (%)	VFB (%)	MQ (kg/mm)	
6,5	1437,613	21,28	6,09	71,50	455,530	VIM Tidak Memenuhi
7,0	1450,571	21,43	4,92	78,07	462,136	Memenuhi
7,5	1455,775	22,20	4,47	80,06	450,923	Memenuhi
8,0	1465,971	22,72	3,71	84,20	445,102	Memenuhi
8,5	1473,936	23,59	3,38	86,41	439,691	Memenuhi
Spesifikasi	> 600	> 17	3 – 5	> 68	> 250	

Sumber: Hasil Pengujian Marshall (2022)

Dari hasil evaluasi sifat karakteristik Marshall dengan grafik hubungan nilai parameter Marshall didapat nilai tengah ialah 7,78% sebagai nilai KAO.

Hasil Analisis Pengujian Marshall dengan Bahan Tambah Serbuk Ban

Setelah didapatkan nilai KAO, lanjut dengan menggunakan aditif serbuk ban yang memiliki komposisi agregat yang sama dengan KAO, dengan perbandingan penambahan yang dibuat secara sistematis, seperti terlihat pada Tabel 6:

Tabel 6. Rencana Campuran Aditif Serbuk Ban

Berat Total Agregat Campuran	Persentase dan Berat KAO terhadap Total Campuran		Persentase Serbuk Ban terhadap Berat Aspal (KAO)	Berat Serbuk Ban terhadap Berat Aspal (KAO)	Berat Total Campuran
	%	Gram	%		
Gram	%	Gram	%	Gram	Gram
1200	7,78	93,36	2,00	1,87	1295,23
1200	7,78	93,36	4,00	3,73	1297,09
1200	7,78	93,36	6,00	5,60	1298,96
1200	7,78	93,36	8,00	7,47	1300,83
1200	7,78	93,36	10,00	9,34	1302,70

Sumber: Hasil Perhitungan (2022)

Campuran dengan persentase yang variasi serbuk ban yang ditambahkan tercantum dalam Tabel 7:

Tabel 7. Parameter Karakteristik Marshall Aditif Serbuk Ban

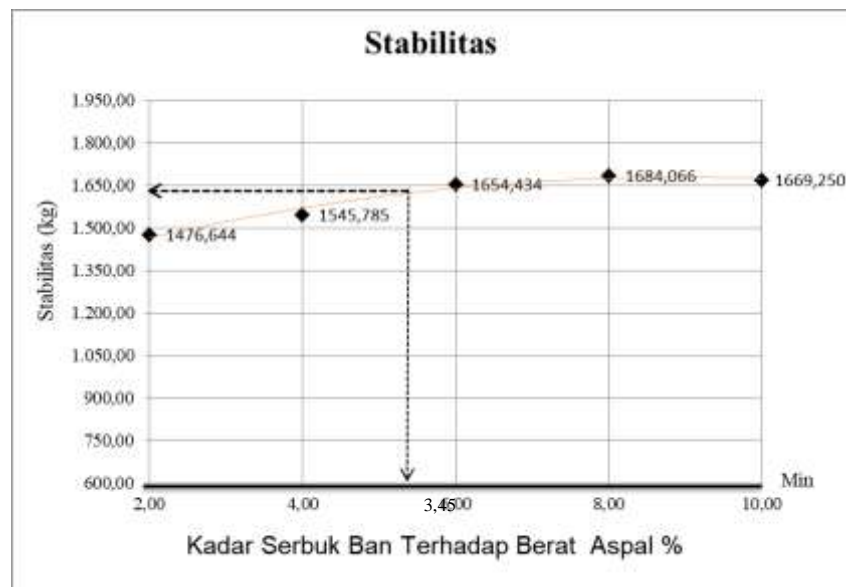
Kadar Serbuk Ban terhadap Berat Aspal (%)	Parameter Karakteristik Marshall					Keterangan
	Stabilitas (kg)	VMA (%)	VIM (%)	VFB (%)	MQ (kg/mm)	
2,0	1476,644	19,12	5,26	67,29	343,932	VIM & VFB Tidak Memenuhi
4,0	1545,785	19,77	4,43	74,00	363,799	Memenuhi
6,0	1654,434	20,29	3,73	79,72	368,763	Memenuhi
8,0	1684,066	20,95	3,33	85,37	387,988	Memenuhi
10,0	1669,250	21,75	2,49	91,85	372,909	VIM Tidak Memenuhi
Spesifikasi	> 600	> 17	3 – 5	> 68	> 250	

Sumber: Hasil Perhitungan (2022)

Berdasarkan nilai parameter karakteristik marshall yang memenuhi semua spesifikasi Bina Marga (2018) yaitu kadar serbuk ban dengan variasi 4%, 6%, dan 8%.

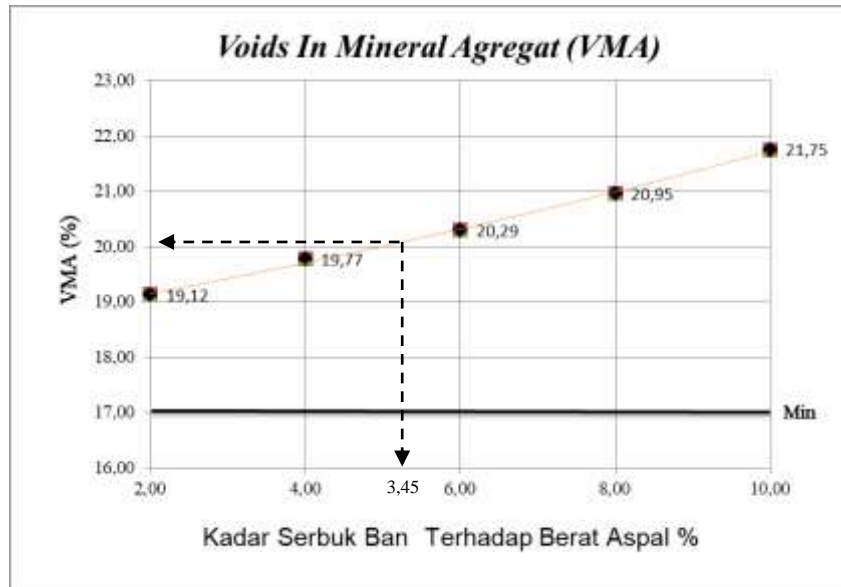
Grafik Hubungan Stabilitas, VMA, VIM, VFB, dan MQ terhadap Variasi Kadar Serbuk Ban Bekas

Pada gambar 1 sampai dengan gambar 5 berikut akan dilihat pengaruh hubungan Stabilitas, VMA, VIM, VFB, dan MQ terhadap variasi kadar serbuk ban bekas.



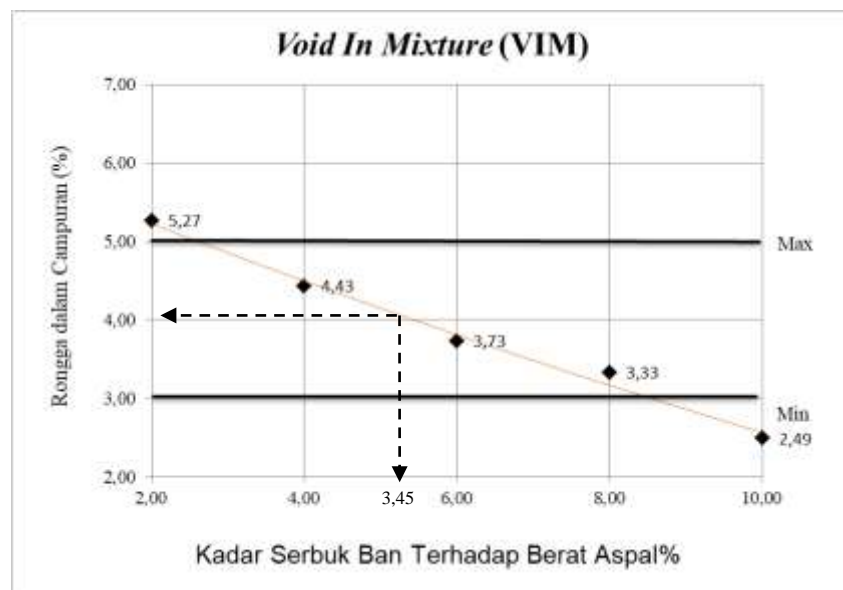
Sumber : Hasil Pengujian Marshall (2022)

Gambar 1. Grafik Hubungan Kadar Serbuk Ban dengan Stabilitas



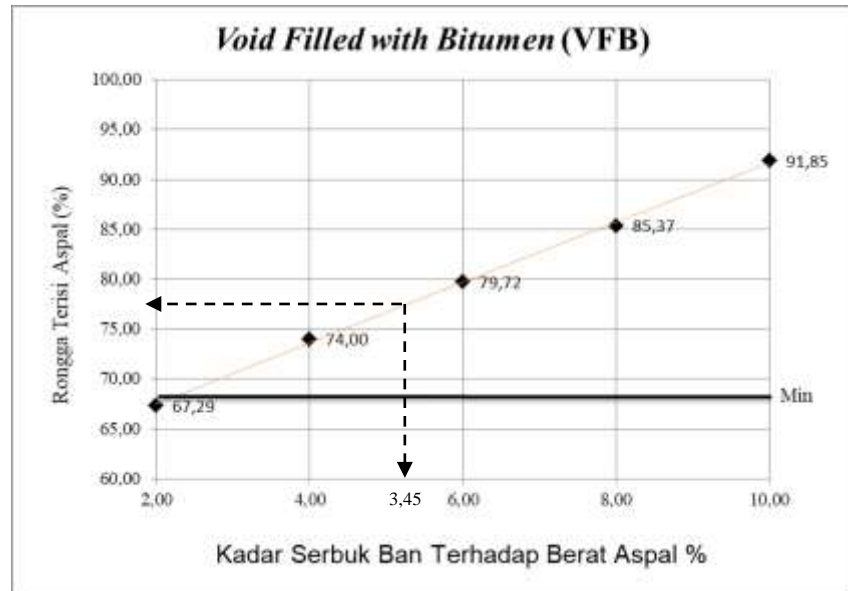
Sumber : Hasil Pengujian Marshall (2022)

Gambar 2. Grafik Hubungan Kadar Serbuk Ban dengan Rongga Udara dalam Agregat (VMA)



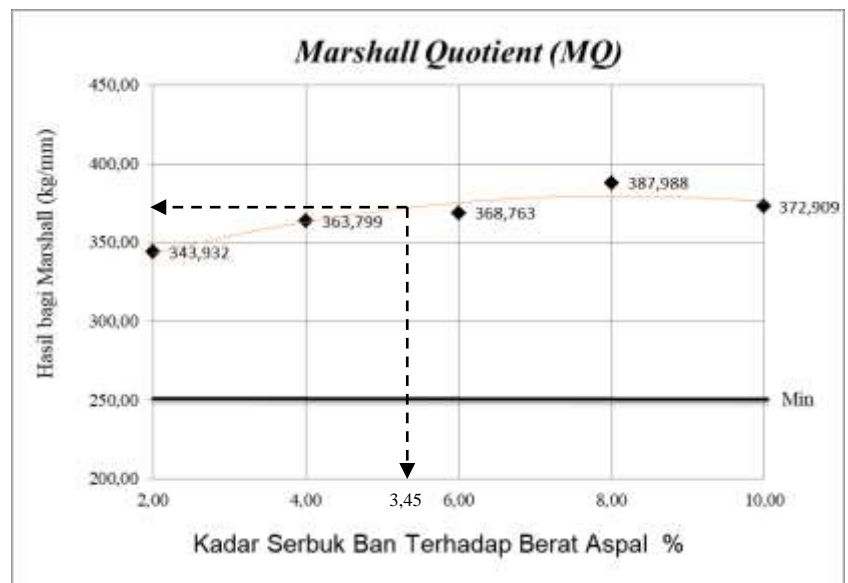
Sumber : Hasil Pengujian Marshall (2022)

Gambar 3. Grafik Hubungan Kadar Serbuk Ban dengan Rongga Udara dalam Campuran (VIM)



Sumber : Hasil Pengujian Marshall (2022)

Gambar 4. Grafik Hubungan Kadar Serbuk Ban dengan Rongga Terisi Aspal (VFB)



Sumber : Hasil Pengujian Marshall (2022)

Gambar 5. Grafik Hubungan Serbuk Ban dengan Hasil Bagi Marshall (MQ)

Serbuk ban yang memenuhi spesifikasi didapat hasil campuran aspal tanpa aditif dan memanfaatkan serbuk ban bekas diperoleh persentase kadar yang paling baik yaitu 8% yang tercantum pada Tabel 8 berikut:

Tabel 8. Perbandingan Nilai Parameter Karakteristik Marshall Campuran Tanpa Serbuk Ban dan Menggunakan Kadar Penambahan Serbuk Ban 8%

Marshall	Kadar		Parameter Karakteristik Marshall				
	KAO (%)	Additive (%)	Stabilitas (kg)	VMA (%)	VIM (%)	VFB (%)	MQ (kg/mm)
I	7,78	0	1460,971	22,56	3,99	83,86	308,932
II	7,78	8	1684,066	20,95	3,33	85,37	387,988
Spesifikasi	-	-	>600	>17	3-5	>68	>250

Sumber: Hasil Pengujian Marshall (2022)

Tabel diatas menunjukkan bahwa dengan menambahkan serbuk ban bekas pada campuran aspal, dapat meningkatkan ketahanan beban lalu lintas dan membuat aspal lebih kuat dibandingkan dengan tidak mencampurnya.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan

- Dari nilai karakteristik Marshall variasi 6,5%, 7%, 7,5%, 8%, dan 8,5% ditemukan KAO pada komposisi metode *Trial and Error*, sebesar 7,78%.
- Pengujian Marshall dengan aditif serbuk ban variasi 2%, 4%, 6%, 8%, 10% menghasilkan nilai Parameter karakteristik Marshall :
 - Stabilitas pada variasi aditif serbuk ban sesuai spesifikasi dan mengalami peningkatan seiring serbuk ban ditambahkan. Stabilitas tertinggi terdapat pada persentase 8% sebesar 1684,066 kg. Meski tidak begitu jauh pada persentase 10% mengalami penurunan stabilitas dengan nilai 1669,250 kg.
 - Rongga dalam agregat (VMA) tertinggi pada penambahan kadar serbuk ban 10% yaitu sebesar 21,75% dan terendah terjadi pada variasi 2% yaitu sebesar 19,12%.
 - Rongga udara dalam campuran (VIM) pada variasi aditif serbuk ban 4%, 6% dan 8% denan nilai yaitu 4,43%, 3,37% dan 3,33% memenuhi spesifikasi . Sedangkan untuk variasi 2% dan 10% tidak memenuhi spesifikasi yaitu 5,27% dan 2,46%.

- d. Rongga terisi aspal (VFB) variasi aditif serbuk ban dengan persentase 4%, 6%, 8% dan 10% yang nilainya berturut-turut yaitu 74,00%, 79,32%, 85,37% dan 91,85% memenuhi spesifikasi. Sedangkan untuk variasi 2% dengan nilai 67,29% tidak memenuhi spesifikasi.
 - e. Hasil Bagi Marshall (MQ) variasi aditif serbuk ban sesuai spesifikasi. MQ tertinggi terdapat pada kadar 8% yaitu 387,988 kg/mm dan nilai terendah pada 2% yaitu 343,932 kg/mm.
3. Dengan menambahkan serbuk ban bekas pada variasi 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% pada HRS-WC memiliki fungsi yang cukup efektif. Campuran tersebut dapat meningkatkan ketahanan beban lalu lintas, membuat aspal lebih kuat dibandingkan dengan tidak mencampurnya karena variasi tersebut memiliki nilai stabilitas cenderung meningkat, terutama pada variasi 8% yang memiliki nilai stabilitas, VIM, VMA, VFB, dan MQ yang baik dan seimbang, namun nilai stabilitas campuran serbuk ban bekas pada variasi 10% cenderung turun dan VIM yang tidak memenuhi spesifikasi, itu menandakan bahwa jika campuran tersebut terlalu banyak, maka akan membuat kekuatan aspal menjadi menurun. Terutama ketika aspal tersebut harus menahan beban yang berat.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini diharapkan melakukan penelitian kembali dengan material yang berbeda. Menggunakan ukuran saringan serbuk ban yang lebih kecil. Menggunakan jenis ban yang berbeda contohnya menggunakan ban luar atau ban dalam dari kendaraan roda empat seperti mobil.

REFERENCE

- Arnata, I.W. dan B. Admadi H. (2016), *Teknologi Polimer*, Bahan Kuliah Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar.
- Darunifah, Nurkhayati. (2007), *Pengaruh Bahan Tambah Karet Padat Terhadap Karakteristik Campuran HOT ROLLED SHEET WEARING COURSE (HRS-WC)*, Tesis S-2 Program Pascasarjana. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang.
- Desriantomy. (2007), *Penuntun Praktikum Bahan Perkerasan Jalan Raya*. Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
- Direktorat Jendral Bina Marga. (2018), *Spesifikasi Umum Devisi 6 Perkerasan Aspal*. Jakarta.

- Harmadhana, S. (2016), *Kajian Karakteristik Laboratorium Aspal Porus dengan Menggunakan Crumb Rubber sebagai Bahan Tambah*, Tugas Akhir. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Soehartono. (2015), *Teknologi Aspal dan Penggunaannya dalam Konstruksi Perkerasan Jalan*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Sukirman, Silvia. (1999), *Rekayasa Jalan II*. Bandung.
- Sukirman, Silvia,. (2003), *Beton Aspal Campuran Panas*, Jakarta.