

Studi Eksperimental Penggunaan Bahan Tambah Limbah Ban Karet dengan Metode Pencampuran Bertahap terhadap Kinerja Campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course*

Iqbal *, Miftahul Fauziah

Program Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jl. Kaliurang, No. Km.14 Kabupaten Sleman, Yogyakarta, Indonesia 55584

Abstrak

Kondisi perkerasan di Indonesia sering kali tidak mencapai umur rencana selama masa pelayanan. Hal ini dapat menyebabkan kerusakan. Perlu adanya campuran perkerasan yang memiliki daya dukung dan keawetan yang baik, tidak peka terhadap cuaca serta aman bagi lingkungan. Studi ini bertujuan untuk menganalisis kinerja campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) dengan penambahan limbah ban karet dan pengaruh metode pencampuran. Studi ini dilakukan beberapa tahapan pengukuran di laboratorium. Diantaranya pengujian sifat fisik agregat, penentuan nilai kadar aspal optimum dan melakukan pengujian untuk mengukur beberapa karakteristik yaitu Marshall, Index Retained Strength (IRS), Indirect Tensile Strength (ITS), Tensile Strength Ratio Test (TSR), Cantabro Loss (CL), dan Asphalt Flow Down (AFD) dengan kadar penambahan serbuk ban karet 0%, 2%, 4% dan 6%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran HRS-WC dengan penambahan serbuk ban karet mampu memperbaiki karakteristik Marshall pada sifat volumetriknya. Sedangkan pada sifat mekanisnya dengan penambahan serbuk ban karet 2% mampu memperbaiki kinerja stabilitas. Karakteristik ITS dengan penambahan serbuk ban karet 2% dan 4% mampu memperbaiki kinerja campuran, sedangkan pada karakteristik TSR hanya pada kadar penambahan 2%. Karakteristik IRS, CL, dan AFD dengan penambahan serbuk ban karet mampu memperbaiki kinerja campuran. Penggunaan metode pencampuran bertahap menghasilkan kinerja lebih baik dibandingkan dengan metode pencampuran konvensional.

Kata kunci: HRS-WC; Marshall; ban karet; pencampuran bertahap

Abstract

[Title: *Experimental study of the use of waste rubber tire additives using the sequential mixing method on the performance of Hot-Rolled Sheet-Wearing Course mixtures*] Pavement conditions in Indonesia often do not reach their design life during the service period. This may cause damage. There is a need for a pavement mixture that has good bearing capacity and durability, is not sensitive to weather, and is safe for the environment. This study aims to analyze the performance of the *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) mixture with the addition of rubber tire waste and the influence of the mixing method. This study carried out several measurement stages in the laboratory. These include testing the physical properties of aggregates, determining the optimum bitument content value, and carrying out tests to measure several characteristics, namely Marshall, Index Retained Strength (IRS), Indirect Tensile Strength (ITS), Tensile Strength Ratio Test (TSR), Cantabro Loss (CL), and Asphalt Flow Down (AFD) with added levels of 0%, 2%, 4%, and 6% rubber tire powder. The research results showed that the HRS-WC mixture with the addition of rubber tire powder was able to improve the Marshall characteristics in terms of their volumetric properties. Meanwhile, in terms of mechanical properties, the addition of 2% rubber tire powder can improve stability and performance. ITS characteristics, with the addition of 2% and 4% rubber tire powder, were able to improve the performance of the mixture, whereas the TSR characteristics were only added at 2%. The characteristics of IRS, CL, and AFD with the addition of rubber tire powder can improve the performance of the mixture. The use of a gradual mixing method produces better performance compared to conventional mixing methods.

Keywords: HRS-WC; Marshall; rubber tire; sequential mixing

*) Penulis Korespondensi.

E-mail: iiqbale.12@gmail.com

1. Pendahuluan

Perencanaan, pelaksanaan, dan pemeliharaan pembangunan jalan raya merupakan hal yang penting diperhatikan untuk memastikan layanan yang optimal bagi masyarakat. Salah satu komponen penting dari pembangunan jalan raya adalah lapisan perkerasan. Kondisi lapis perkerasan harus berkualitas guna memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan. Akan tetapi masih banyak ruas jalan di Indonesia yang mengalami kerusakan baik struktural maupun fungsional. Menurut Mulyono (2006), kerusakan jalan disebabkan oleh tiga faktor utama, yakni faktor repetisi beban kendaraan, faktor drainase permukaan jalan, dan faktor kualitas konstruksi perkerasan. Ada banyak cara untuk meningkatkan kualitas mutu konstruksi perkerasan, salah satunya adalah dengan meningkatkan kekakuan dan kekuatan pencampuran aspal dengan berbagai macam bahan tambah (*additive*).

Perkerasan jenis HRS sangat sesuai digunakan di Indonesia karena memiliki tingkat fleksibilitas yang tinggi dan daya tahan terhadap pelelehan. Hal ini mengingat bahwa Indonesia merupakan negara dengan iklim tropis yang seringkali memiliki suhu tinggi. (Wijanarko dan Mulia, 2013). Adapun kekurangan dari campuran HRS adalah memiliki kekesatan yang rendah. Salah satu keuntungan penggunaan limbah ban karet sebagai bahan tambah adalah diantaranya dapat meningkatkan *skid resistance*. Sejak tahun 1986, *US Department of Transportation Federal Highway Administration* telah melakukan penelitian mengenai penggunaan ban bekas sebagai bahan tambahan (*additive*) di Amerika. Dalam penelitian tersebut, disimpulkan bahwa penggunaan parutan ban bekas dapat mengurangi kerusakan pada perkerasan lentur yang disebabkan oleh cuaca dan lalu lintas (Sugiyanto, 2009). Penggunaan parutan ban bekas sangat cocok digunakan pada daerah beriklim panas (Sugiyanto, 2009). Menurut *Road Research Centre*, Kementerian Pekerjaan Umum di Kuwait, penambahan 2% lateks dan 5% serpihan ban bekas ke dalam aspal dapat mencegah retak-retak, bleeding, dan mengurangi pelepasan butiran pada permukaan perkerasan lentur (Prabudi dan Kosim, 2015).

Selain penambahan bahan tambah pada campuran, metode pencampuran adalah salah satu solusi dalam meningkatkan kinerja campuran. Pada saat ini telah diperkenalkan metode yang baru dalam pencampuran beton aspal yaitu dengan metode pencampuran bertahap. Tujuan dari penggunaan metode pencampuran ini adalah untuk meningkatkan kinerja campuran beton aspal dengan cara memodifikasi tahapan pencampuran aspal dengan agregat. Menurut Kok dan Kuloglu (2011), metode pencampuran bertahap didasarkan pada *pre-coating* agregat kasar dengan bahan ikat aspal sesuai pada kondisi kadar aspal optimum. Selanjutnya dicampur dengan agregat halus dan *filler*. Tujuannya adalah untuk

memperkuat sifat adhesi aspal dengan agregat dan menurunkan kecenderungan pengelupasan agregat yang disebabkan oleh kelembaban.

Hesami (2015) dalam penelitiannya tentang pengaruh urutan pencampuran menunjukkan bahwa campuran aspal memiliki ketahanan terhadap deformasi permanen tetapi lebih rentan terhadap retak getas. Senada dengan penelitian Yaro (2021) yang menyimpulkan bahwa penggunaan metode pencampuran bertahap lebih layak digunakan karena menghasilkan campuran dengan nilai stabilitas yang tinggi dan ketahanan terhadap kelembaban yang lebih tinggi. Metode pencampuran bertahap menghasilkan campuran aspal dengan distribusi rongga yang merata sehingga metode ini dapat lebih mudah dipadatkan. Campuran aspal yang dihasilkan dari metode pencampuran ini memiliki ketahanan yang lebih terhadap deformasi permanen serta memiliki kekuatan tarik tidak langsung yang tinggi dibandingkan dengan metode konvensional (Hidayat, 2021).

Saat ini, belum ada studi lebih lanjut yang telah dilakukan untuk mengevaluasi kinerja campuran *HRS-WC* menggunakan perbandingan metode pencampuran antara metode pencampuran konvensional dan metode pencampuran bertahap dengan penambahan limbah ban karet. Oleh sebab itu studi ini bertujuan untuk menganalisis kinerja campuran *HRS-WC* dengan penambahan limbah ban karet menggunakan metode pencampuran konvensional dan bertahap.

2. Bahan dan Metode

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen laboratorium dengan melaksanakan serangkaian kegiatan pengujian untuk memperoleh data. Pengujian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia (UII), Yogyakarta. Tahapan penelitian ini meliputi persiapan dan pemeriksaan material agregat, pembuatan sampel uji, menentukan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO), dan pemeriksaan benda uji dengan dan tanpa bahan tambah ban karet berupa pengujian *Marshall Test*, *Immersion Test*, *Indirect Tensile Strength (ITS)*, *Tensile Strength Ratio (TSR)*, *Contabro* dan *Asphalt Flow Down (AFD)*.

2.1 Pemeriksaan Material

Pemeriksaan material aspal dan agregat mengacu pada Spesifikasi Bina Marga 2018. Adapun agregat dan *filler* yang digunakan adalah berasal dari daerah Clereng, Kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta. Sedangkan aspal yang digunakan adalah Aspal Pertamina Penetrasi 60/70. *filler* merupakan material yang lolos pada saringan no 200. Pemeriksaan aspal dan material dapat dilihat pada Tabel 1.

2.2 Perencanaan (*Mix Design*) Benda Uji

Pada penelitian ini digunakan campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)* yang berpedoman pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

Tabel 1. Pemeriksaan material agregat dan aspal

Parameter Uji	Metode Pengujian	Spesifikasi
Agregat Kasar		
Berat Jenis	SNI 1969 : 2008	≥ 2,5
Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	SNI 1969 : 2008	≤ 3
Kelekatan Agregat oleh Aspal (%)	SNI 06-2439-1991	≥ 95
Keausan Agregat (%)	SNI-2417 : 2008	≤ 40
Agregat Halus		
Berat Jenis	SNI 1970 : 2008	≥ 2,5
Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	SNI 1970 : 2008	≤ 3
Sand Equivalent (%)	SNI 03-4428-1997	≥ 50
Aspal Pertamina Pen 60/70		
Berat Jenis Aspal	SNI 06-2441-1991	≥ 1
Penetrasi Aspal (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60-70
Daktilitas (cm)	SNI 06-2432-1991	≥ 100
Titik Lembek Aspal (°C)	SNI 06-2434-1991	≥ 48
Kelarutan dalam Karbon Tetra Klorida (%)	SNI 06-2438-1991	≥ 99
Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal (°C)	SNI 06-2433-1991	≥ 232

Sumber : Bina Marga (2018)

Gradasi rencana untuk campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)* dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 1.

Selanjutnya menghitung kadar aspal perkiraan (Pb). Perhitungan tersebut bertujuan untuk memudahkan dalam menentukan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO). Kemudian dalam menentukan nilai KAO pada campuran *HRS-WC* dibuat dua variasi kadar aspal dibawah dan dua variasi kadar aspal diatas dari nilai kadar aspal perkiraan dengan interval 0,5%. Dengan demikian, dibuat lima variasi kadar aspal yaitu 6%, 6,5%, 7%, 7,5% dan 8% terhadap berat total campuran. Berat total campuran adalah 1200 gram. Nilai KAO pada campuran *HRS-WC* diperoleh berdasarkan hasil pengujian seluruh parameter *Marshall Standart* yaitu *Void in the Total Mix, Void Filled With Asphalt, Void in the Mineral Aggregate, Density, Stabilitas, Flow* dan *Marshall Quotient*. Adapun komposisi kebutuhan material pada setiap kadar aspal dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Gradasi rencana untuk campuran *HRS-WC*

Ukuran Saringan		Spesifikasi (%)		Gradasi Rencana (%)
ASTM	(mm)	Min	Maks	Lolos
3/4"	19	100	100	100
1/2"	12,5	90	100	95
3/8"	9,5	75	85	80
No. 8	2,36	50	72	61
No. 30	0,600	35	60	48
No. 200	0,075	6	10	8

Sumber : Bina Marga (2018)

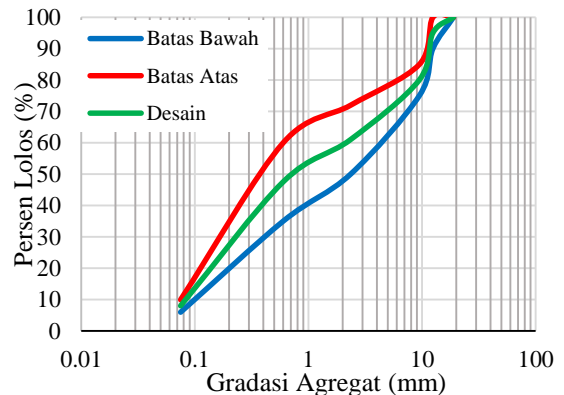
2.3 Pengujian pada Kondisi KAO

Pengujian pada kondisi KAO diantaranya *Marshall test, Immersion test, Indirect Tensile Strength, Tensile Strength Ratio, Cantabro* dan *Asphalt Flow Down* dengan penambahan serbuk ban karet dengan 4 variasi kadar yang berbeda yaitu sebesar 0%, 2%, 4%, dan 6% terhadap kondisi aspal optimum. Metode pencampuran yang digunakan yaitu metode pencampuran konvensional dan metode pencampuran bertahap.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pemeriksaan Material

Hasil pemeriksaan agregat kasar dan halus beserta aspal sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga 2018, dapat dilihat pada Tabel 4. Dari hasil pengujian yang ada pada Tabel 4, dapat disimpulkan bahwa agregat yang berasal



Gambar 1. Grafik gradasi rencana campuran *HRS-WC*

Tabel 3. Kebutuhan material untuk mencari nilai KAO

Saringan	Berat Material (gram)				
	6%	6,5%	7%	7,5%	8%
ASTM					
3/4"	0	0	0	0	0
1/2"	56,4	56,1	55,8	55,5	55,2
3/8"	169,2	163,3	167,4	166,5	165,6
No. 8	214,3	213,2	212	210,9	209,8
No. 30	152,3	151,5	150,7	149,8	149
No. 200	445,6	443,2	440,8	438,4	436,1
Pan	90,2	89,8	89,3	88,8	88,3

dari Clereng, Kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta baik itu agregat kasar, agregat halus maupun aspal pertamina pen 60/70 telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 dan layak digunakan.

3.2 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar aspal optimum untuk campuran *HRS-WC* diperoleh dari hasil pengujian *marshall standard* dengan beberapa parameter diantaranya stabilitas, *Marshall Quotient (MQ)*, *Void in Mineral Aggregate (VMA)*, *Void Filled With Asphalt (VFWA)* dan *Void In Total Mix (VITM)*. Pada masing-masing parameter memiliki persyaratan nilai minimum dan maksimum. Berdasarkan hasil analisis diperoleh nilai kadar aspal optimum sebesar 7,4%.

3.3 Hasil Pengujian dengan Penambahan limbah Ban Karet Menggunakan Metode Pencampuran Konvensional dan Metode Pencampuran Bertahap

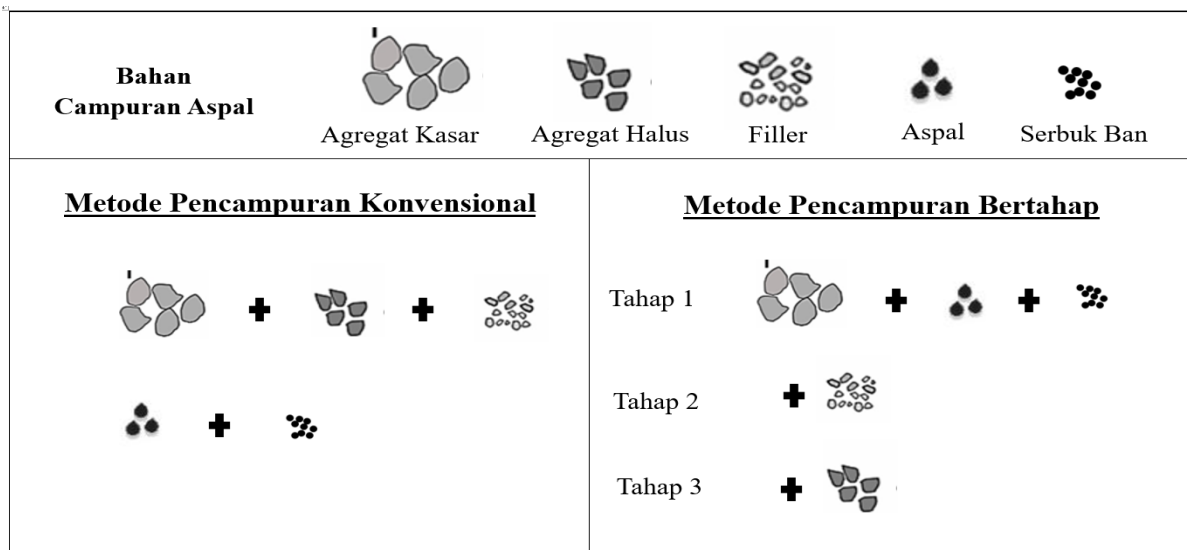
Setelah nilai KAO diperoleh, selanjutnya melakukan beberapa pengujian diantaranya *Marshall Test*, *Immersion Test*, *Indirect Tensile Strength (ITS)*, *Tensile Strength Ratio (TSR)*, *Cantabro* dan *Asphalt Flow Down (AFD)*. Penambahan limbah ban karet pada

pengujian berupa serbuk lolos saringan no 50. Pada pengujian ini menggunakan dua metode pencampuran yaitu metode pencampuran konvensional dan metode pencampuran bertahap. Tahapan metode pencampuran dapat dilihat lebih rinci pada Gambar 2. Hasil beberapa pengujian dengan penambahan serbuk ban karet dan metode pencampuran konvensional dan bertahap adalah:

3.3.1 Karakteristik Marshall Standard

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 5, dapat dilihat bahwa dengan penambahan serbuk ban karet meningkatkan nilai stabilitas campuran. pada penambahan kadar 2% yaitu sebesar 1185,883 kg dengan metode pencampuran konvensional dan 1204,524 kg dengan metode pencampuran bertahap. Selanjutnya seiring dengan penambahan serbuk ban yaitu dengan kadar 4% dan 6% mengalami penurunan nilai. Ini dikarenakan oleh penurunan daya ikat aspal dan penguncian antara agregat, disebabkan oleh semakin banyaknya serbuk ban karet sehingga menyebabkan film aspal semakin menipis. Adapun penelitian yang dilakukan oleh Oktaviastuti (2020), peningkatan nilai stabilitas terjadi pada penambahan serbuk ban karet 1,5% dan mengalami penurunan setelah penambahan 3% sampai 6%.

Kondisi yang sama ditunjukkan pada nilai pelelehan (*flow*). Peningkatan nilai terjadi pada penambahan kadar 2% yaitu sebesar 3,955 mm dan 3,837 mm dan mengalami penurunan nilai pada kadar 4% dan 6%. Nilai *MQ* semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kadar serbuk ban karet pada kadar 6% sebesar 357,787 kg/mm dan 382,877 kg/mm baik dengan menggunakan metode pencampuran konvensional dan metode bertahap. Menurut Yu (2020), penambahan karet remah pada campuran aspal mampu meningkatkan nilai



Gambar 2. Tahapan metode pencampuran (modifikasi Hesami, 2015)

Tabel 4. Hasil pemeriksaan material agregat dan aspal

Parameter	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
Agregat Kasar			
Berat Jenis	2,58	≥ 2,5	Memenuhi
Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	2,73	≤ 3	Memenuhi
Kelekatan Agregat oleh Aspal (%)	98	≥ 95	Memenuhi
Keausan Agregat (%)	23,82	≤ 40	Memenuhi
Agregat Halus			
Berat Jenis	2,81	≥ 2,5	Memenuhi
Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	1,31	≤ 3	Memenuhi
<i>Sand Equivalent</i> (%)	90,61	≥ 50	Memenuhi
Aspal Pertamina Penetrasi 60/70			
Berat Jenis Aspal	1,06	≥ 1	Memenuhi
Penetrasi Aspal (0,1 mm)	65,5	60-70	Memenuhi
Daktilitas (cm)	165	≥ 100	Memenuhi
Titik Lembek Aspal (°C)	48	≥ 48	Memenuhi
Kelarutan dalam Karbon Tetra Klorida (%)	99,7	≥ 99	Memenuhi
Titik Nyala (°C)	344	≥ 232	Memenuhi
Titik Bakar Aspal (°C)	349	≥ 232	Memenuhi

Tabel 5. Rekapitulasi hasil pengujian *Marshall Standard*

Kadar Karet (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (Gr/cc)
Metode Konvensional							
0	1055,147	3,845	274,421	5,069	74,818	20,126	2,153
2	1185,883	3,955	299,844	4,290	78,332	19,799	2,161
4	903,399	2,780	324,964	5,014	75,537	20,495	2,142
6	877,771	2,453	357,787	4,355	78,260	20,034	2,155
Metode Bertahap							
0	1119,419	3,760	297,718	4,766	76,060	19,872	2,162
2	1204,524	3,837	313,951	4,161	78,870	19,691	2,164
4	911,781	2,535	359,677	4,708	76,776	20,239	2,160
6	892,104	2,330	382,877	4,046	79,550	19,776	2,148
Spesifikasi	> 600	-	> 250	4 - 6	> 68	> 18	-

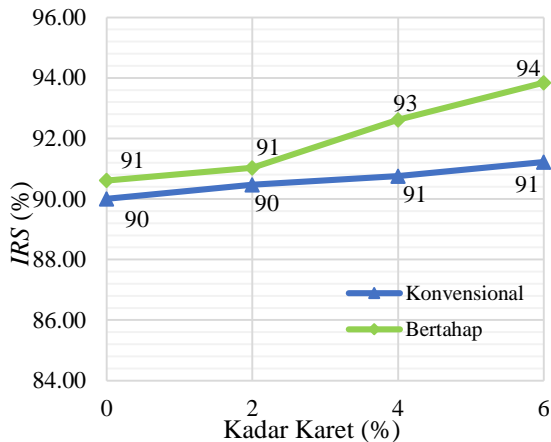
stabilitas dan *flow* dengan penggunaan metode pencampuran bertahap.

Secara keseluruhan penggunaan metode bertahap menghasilkan kinerja campuran lebih baik dibandingkan dengan penggunaan metode pencampuran bertahap. Hal ini dapat dilihat pada nilai stabilitas pada kadar 2% ban karet, pencampuran konvensional menghasilkan nilai stabilitas sebesar 1185,883 kg sedangkan pada pencampuran bertahap menghasilkan nilai stabilitas sebesar 1204,524 kg. Hal tersebut disebabkan oleh efek pelapisan awal agregat kasar dengan aspal membuat pori-pori pada campuran lebih terisi. Sejalan dengan hal tersebut, Kok and Kuloglu (2011) menyatakan bahwa penggunaan metode pencampuran bertahap dapat meningkatkan nilai stabilitas karena menghasilkan *interlocking* yang sangat baik terhadap agregat kasar. Menurut Hidayat (2021) penggunaan metode pencampuran dua tahap dapat menambah campuran aspal menjadi tahan terhadap beban berat sehingga cukup baik digunakan untuk jalan raya

3.3.2 Karakteristik *Index of Retained Strenght (IRS)*

Nilai *IRS* menunjukkan tingkat keawetan suatu campuran setelah mengalami perendaman pada suhu 60°C selama 24 jam terhadap perendaman standar yaitu 0,5 jam. Nilai *IRS* diperoleh dari hasil perbandingan antara nilai stabilitas dengan perendaman 24 jam dengan 0,5 jam. Hasil dan Grafik hubungan kadar serbuk ban karet terhadap nilai *IRS* dengan metode pencampuran konvensional dan bertahap dapat dilihat pada Gambar 3.

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa nilai *IRS* mengalami peningkatan seiring dengan penambahan serbuk ban karet baik dengan menggunakan metode pencampuran konvensional maupun dengan metode pencampuran bertahap. Nilai *IRS* tertinggi pada kadar penambahan 6% yaitu 91,22% dan 93,84%. Hal ini disebabkan adanya serbuk karet diyakini berperan dalam meningkatkan ketahanan aspal terhadap oksidasi. Menurut Maulana (2018), nilai *IRS* pada campuran dapat meningkat dengan penambahan serbuk ban bekas pada kondisi optimum. Ditinjau dari segi penggunaan metode

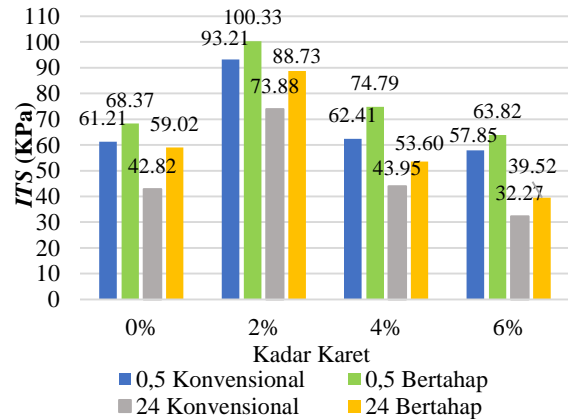


Gambar 3. Grafik hubungan penambahan serbuk Ban karet dan metode pencampuran terhadap nilai IRS pada campuran HRS-WC

pencampuran, dapat dilihat bahwa penggunaan metode pencampuran bertahap menghasilkan nilai IRS yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode pencampuran konvensional. Pada kadar 6% nilai IRS metode konvensional sebesar 91,22% sedangkan nilai IRS pada metode pencampuran bertahap sebesar 93,84%. Hal tersebut disebabkan oleh langkah awal dari penggunaan metode bertahap yaitu pelapisan agregat kasar dengan aspal memungkinkan aspal mengisi pori-pori dan meningkatkan film atau selimut aspal pada campuran, sehingga mampu meningkatkan daya tahan terhadap pengaruh dari air, suhu, dan kondisi cuaca.

3.3.3 Karakteristik Indirect Tensile strength (ITS)

Nilai ITS menunjukkan kemampuan campuran beton aspal dalam menahan gaya tarik. Pada penelitian ini, dilakukan 2 tipe pengujian ITS yaitu pengujian ITS *uncondition* dan ITS *condition*. Hasil pengujian ITS dengan penambahan serbuk ban karet menggunakan metode pencampuran konvensional dan metode pencampuran bertahap dapat dilihat pada Gambar 4. Berdasarkan grafik pada Gambar 4 diketahui bahwa terjadi peningkatan nilai pada kadar penambahan serbuk ban karet sebesar 2% dan mengalami penurunan nilai pada penambahan kadar 4% dan 6% baik pada pengujian ITS *uncondition* dan *condition*. Hal tersebut disebabkan karena nilai penetrasi pada kadar penambahan 2% yang rendah dan nilai titik lembek yang tinggi sehingga membuat aspal menjadi keras serta tahan terhadap perubahan suhu. Menurut Yusuf (2015) penambahan karet remah mampu meningkatkan nilai kuat tarik tidak langsung pada campuran. Makin besar nilai kohesi akan meningkatkan daya rekat antara agregat, mengakibatkan campuran aspal menjadi semakin kuat. Berdasarkan hasil dari penggunaan metode pencampuran, dapat disimpulkan bahwa penggunaan metode pencampuran bertahap menghasilkan nilai ITS lebih

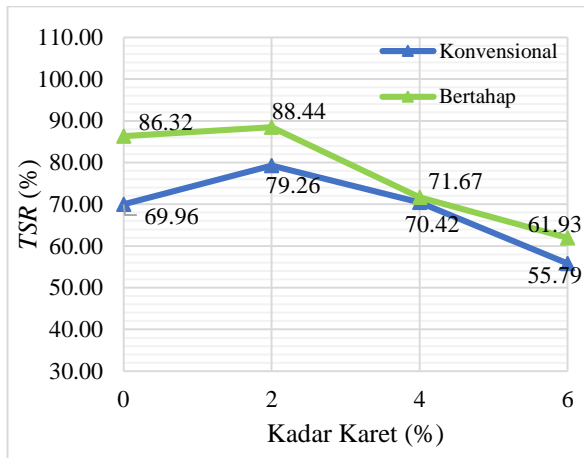


Gambar 4. Grafik hubungan penambahan serbuk ban karet dan metode pencampuran terhadap nilai ITS pada campuran HRS-WC

tinggi dibandingkan dengan metode pencampuran bertahap baik pada pengujian ITS *uncondition* maupun ITS *condition*. Pencampuran dengan metode bertahap memiliki kemampuan lebih baik dalam mengurangi potensi terjadinya retak akibat kegagalan daya tarik. Menurut Yaro (2021) pengaruh penggunaan metode pencampuran bertahap mampu meningkatkan penyebaran agregat dan aspal dalam campuran, sehingga menghasilkan campuran yang lebih baik.

3.3.4 Karakteristik Tensile Strength Ratio (TSR)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui dampak rendaman terhadap potensi terjadinya retakan dan alur. Hasil TSR dengan penambahan serbuk ban karet menggunakan metode pencampuran konvensional dan metode pencampuran bertahap dapat dilihat pada Gambar 5. Berdasarkan grafik pada Gambar 5 dapat disimpulkan bahwa nilai TSR optimum berada pada penambahan serbuk ban karet sebesar 2% baik dengan penggunaan metode pencampuran konvensional maupun metode pencampuran bertahap. Besarnya nilai indeks penetrasi pada kadar penambahan 2% memungkinkan campuran memiliki ikatan antar agregat yang baik. Menurut Bahrudin (2018) menyatakan bahwa mastikasi karet pada campuran aspal mampu menghasilkan daya lekat dan daya dukung yang baik karena memiliki kekuatan terhadap tarik pada perendaman. Ditinjau dari penggunaan metode pencampurannya, dapat dilihat bahwa metode pencampuran bertahap memiliki nilai TSR yang relatif lebih baik dibandingkan dengan metode pencampuran konvensional. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan metode pencampuran bertahap mampu mempertahankan kekuatan ikatan antar agregat dan aspal, sehingga menghasilkan campuran yang lebih kuat terhadap gaya tarik dengan simulasi perendaman. Menurut Yu (2020), efek penambahan karet remah dan



Gambar 5. Grafik hubungan penambahan serbuk ban karet dan metode pencampuran terhadap nilai *TSR* pada campuran *HRS-WC*

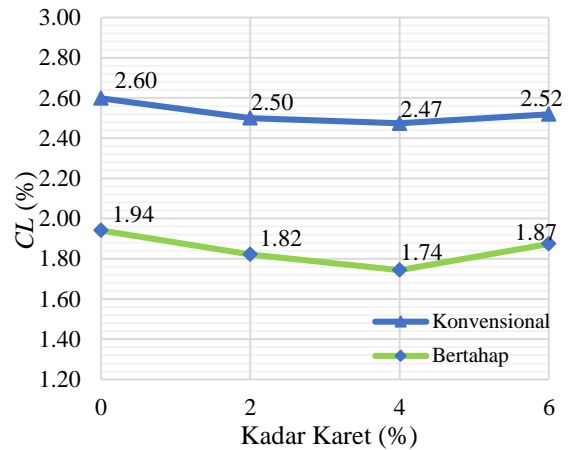
penggunaan berbagai metode pencampuran khususnya metode pencampuran bertahap mampu mempengaruhi dan meningkatkan ketahanan campuran terhadap kerusakan akibat kelembaban.

3.3.5 Karakteristik Cantabro Loss (CL)

Nilai *CL* menunjukkan kemampuan campuran beton aspal dalam menahan kehilangan berat terhadap keausan. Hasil pengujian *CL* dengan penambahan serbuk ban karet menggunakan metode pencampuran konvensional dan metode pencampuran bertahap dapat dilihat pada Gambar 6. Hasil pengujian pada Gambar 6 menunjukkan bahwa penambahan serbuk ban karet pada campuran *HRS-WC* mampu menurunkan nilai *CL* baik menggunakan metode pencampuran konvensional maupun dengan metode bertahap. Ini mengindikasikan bahwa penambahan serbuk ban karet dapat meningkatkan kemampuan campuran untuk mengatasi kehilangan berat akibat keausan. Penggunaan metode pencampuran bertahap menghasilkan nilai *CL* yang lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan metode pencampuran konvensional. Rendahnya nilai *CL* pada penggunaan metode pencampuran bertahap membuktikan bahwa *interlocking* antar agregat dan aspal sangat baik sehingga memiliki kemampuan untuk mempertahankan kondisi awalnya terhadap pengaruh benturan. Hal ini sejalan dengan penelitian Yaro (2021) yang menyatakan bahwa campuran yang dibuat dengan menggunakan pencampuran yang berurutan memiliki kemampuan menahan keausan.

3.3.6 Karakteristik Asphalt Flow Down (AFD)

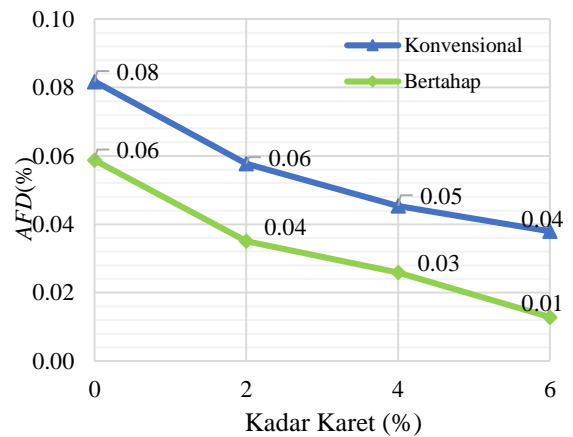
Besaran nilai *AFD* digunakan sebagai parameter untuk mengetahui efektivitas aspal dalam menyelimuti agregat atau sebagai film agregat dalam campuran aspal beton. Disamping itu juga tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan kadar aspal maksimum yang dapat



Gambar 6. Grafik hubungan penambahan serbuk ban karet dan metode pencampuran terhadap nilai *CL* pada campuran *HRS-WC*

dicampur secara merata dengan agregat tanpa terjadi pemisahan aspal. Berikut ini hasil pengujian *AFD* dengan penambahan serbuk ban karet menggunakan metode pencampuran konvensional dan metode pencampuran bertahap dapat dilihat pada Gambar 7.

Berdasarkan grafik perbandingan pada Gambar 7 dapat diketahui bahwa penambahan serbuk ban karet mampu menurunkan nilai *AFD* baik dengan penggunaan metode pencampuran bertahap maupun dengan metode pencampuran bertahap. Penurunan nilai *AFD* disebabkan oleh meningkatnya kohesi pada aspal sehingga menghasilkan campuran dengan ikatan aspal yang baik walaupun film aspal pada agregat cukup tebal. Dari gambar juga dapat dilihat bahwa penggunaan pencampuran bertahap menghasilkan nilai lebih rendah



Gambar 7. Grafik hubungan penambahan serbuk ban karet dan metode pencampuran terhadap nilai *AFD* pada campuran *HRS-WC*

dari pada penggunaan pencampuran konvensional. Efek dari penggunaan metode pencampuran bertahap dapat menghasilkan campuran yang homogen sehingga mengurangi terjadinya pemisahan aspal.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan metode pencampuran bertahap dapat meningkatkan mutu dan kinerja campuran *HRS-WC* dengan penambahan limbah ban karet. Pada parameter *Marshall* ditinjau dari sifat mekanisnya, penambahan serbuk ban karet sebanyak 2% menyebabkan peningkatan nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*). Nilai stabilitas tertinggi yaitu sebesar 1204,52 kg dan nilai kelelahan (*flow*) sebesar 3,95 mm. Sedangkan nilai *MQ* semakin meningkat seiring dengan penambahan serbuk ban karet. Kadar penambahan sebesar 6% menghasilkan nilai *MQ* tertinggi, yakni 382,87 kg/mm. Penggunaan metode pencampuran bertahap menghasilkan nilai stabilitas, *flow* dan *MQ* lebih baik daripada penggunaan metode konvensional. Pada parameter *Index of Retained Strength (IRS)* dengan penambahan serbuk ban karet mampu meningkatkan kinerja campuran. Nilai *IRS* semakin meningkat seiring dengan penambahan serbuk ban karet. Nilai *IRS* tertinggi yaitu pada kadar penambahan 6% sebesar 93,84% untuk metode pencampuran bertahap dan 91,22% untuk metode pencampuran konvensional. Pada parameter *Indirect Tensile Strength (ITS)*, pada kadar penambahan serbuk ban karet sebesar 2% menghasilkan nilai *ITS* tertinggi yaitu sebesar 100,33 KPa untuk kondisi *ITS uncondition*. Secara keseluruhan penggunaan metode bertahap menghasilkan nilai *ITS* lebih baik dibandingkan dengan metode pencampuran konvensional. Pada parameter *Tensile Strength Ratio (TSR)*, kadar penambahan serbuk ban karet optimum yaitu pada kadar 2% dengan nilai *TSR* sebesar 88,44%. Nilai *TSR* semakin menurun dengan seiring penambahan serbuk ban karet dengan kadar 4% sampai 6%. Penerapan metode pencampuran bertahap menghasilkan nilai *TSR* yang lebih tinggi daripada metode pencampuran konvensional. Penambahan serbuk ban karet mampu menurunkan nilai *Cantabro Loss*. Hal tersebut menunjukkan bahwa serbuk ban karet mampu meningkatkan kemampuan campuran dalam menahan kehilangan berat terhadap keausan. Penerapan metode pencampuran bertahap mengakibatkan nilai *CL* yang lebih rendah jika dibandingkan dengan metode pencampuran konvensional. Sama halnya dengan parameter *Asphalt Flow Down (AFD)*, nilai *AFD* cenderung menurun seiring dengan penambahan serbuk ban karet. Hal tersebut menandakan bahwa dengan adanya penambahan serbuk ban karet pada campuran *HRS-WC* menghasilkan campuran yang homogen sehingga dapat mengurangi terjadinya pemisahan aspal.

Daftar Pustaka

- AASHTO. (1982). *Standar Spesifikasi For Transportation Materials and Method of Sampling and testing*. Washington D. C
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). Campuran Beraspal Panas (Hotmix). In *Spesifikasi Umum 2018*. Departemen Pekerjaan Umum.
- Bahrudin, B., Wiranata, A., Malik, A., Yadi, R., & Permata, D. S. (2019, November). Pembuatan Aspal Modifikasi Polimer Berbasis Karet Alam Tanpa dan Dengan Mastikasi. In *Prosiding Seminar Nasional Peran Sektor Industri dalam Percepatan dan Pemulihan Ekonomi Nasional* (Vol. 2, No. 2, pp. 260-269).
- Hesami E, Birgisson B, & Kringos N. (2015). Effect of mixing sequence on the workability and performance of asphalt mixtures. *Asphalt Paving Technology: Association of Asphalt Paving Technologists-Proceedings of the Technical Sessions*, 84, 413-438. <https://doi.org/10.1080/14680629.2015.1077008>
- Hidayat M. I. (2021). *Pengaruh Metode Pencampuran Dua Tahap Terhadap Karakteristik Campuran Stone Matrix Asphalt Dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70 Dan Aspal Crumb Rubber* [Skripsi]. Universitas Islam Indonesia.
- Kok, B. V., & Kuloglu, N. (2011). Effects of Two-Phase Mixing Method on Mechanical Properties of Hot Mix Asphalt. *Road Materials and Pavement Design*, 12(4), 721-738. <https://doi.org/10.1080/14680629.2011.9713892>
- Maulana, R. G., Arroffif, Z., Warsiti, W., Kusdiyono, K., & Risman, R. (2018). Meningkatkan Karakteristik Marshall Dengan Menambah Serbuk Ban Bekas Ke Dalam Campuran Laston AC-WC. *Bangun Rekaprima: Majalah Ilmiah Pengembangan Rekayasa, Sosial dan Humaniora*, 4(2, Oktober), 11-24.
- Mulyono A.T. (2006). Kinerja Pemberlakuan Standar Mutu Perkerasan Pada Peningkatan Dan Pemeliharaan Jalan Nasional – Provinsi. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 14(3), 309-328.
- 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). <https://www.liputan6.com>,
- Prabudi D, & Kosim. (2015). Pengaruh Kinerja Penambahan Karet Ban Bekas Sebagai Substitusi Pengganti Campuran Beraspal Daur Ulang Pada Lapis Permukaan Atas. *PILAR Jurnal Teknik Sipil*, 12(2). www.pu.go.id
- Ramadhan, M. Z., & Iduwin T. (2022). Pengaruh PRD Dan Karakteristik Marshall Pada Serbuk Karet Ban

- Terhadap Campuran HRS-WC. *Akselerasi: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 4(1), 1–8
- Sugiyanto, G. (2009). Kajian Karakteristik Campuran Hot Rolled Asphalt Akibat Penambahan Limbah Serbuk Ban Bekas. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta*, 8(2).
- Wijanarko F.H., & Mulia M. B. (2013). Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Sebagai Pengganti Filler Untuk Campuran Aspal Beton Jenis “Hot Rolled Sheet-Wearing Course.” *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 2, 363–369.
- Yaro, N. S. A., Napiah, M. B., Sutanto, M. H., Usman, A., & Saeed, S. M. (2021). Performance evaluation of waste palm oil fiber reinforced stone matrix asphalt mixtures using traditional and sequential mixing processes. *Case Studies in Construction Materials*, 15. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00783>
- Yu, H., Zhu, Z., Leng, Z., Wu, C., Zhang, Z., Wang, D., & Oeser, M. (2020). Effect of mixing sequence on asphalt mixtures containing waste tire rubber and warm mix surfactants. *Journal of Cleaner Production*, 246. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119008>
- Yusuf, M., Setyawan, A., & Sarwono, D. (2014). Kekuatan dan Ketahanan Lapis Tipis Campuran Aspal Panas Dengan Penambahan Karet Remah. *Matriks Teknik Sipil*, 3(1).