

PENGARUH SUBSTITUSI KARET ALAM SIR 20 PADA CAMPURAN ASPAL BETON (AC-WC) TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL

Muhammad Fajri¹
Universitas Bung Hatta
fajri13239@gmail.com

Eva Rita²
Universitas Bung Hatta
evarita@bunghatta.ac.id

ABSTRAK

Jalan merupakan prasarana yang diperlukan untuk mempermudah mobilitas dan aksesibilitas kegiatan sosial ekonomi, sosial serta untuk kemajuan suatu daerah. Dan seiring meningkatnya volume kendaraan di Indonesia dari tahun ke tahun yang menyebabkan kerusakan pada jalan dan umumnya kerusakan jalan disebabkan oleh pembebanan yang terjadi berlebihan (*overload*), banyaknya arus kendaraan yang lewat sebagai akibat pertumbuhan jumlah kendaraan komersial. Terkhususnya untuk perkerasan lentur aspek yang biasa menjadi penyebab kerusakan jalan akibat dari cuaca dan air serta beban lalu lintas. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh substitusi karet alam SIR 20 terhadap karakteristik Marshall pada campuran aspal beton tipe AC-WC. Latar belakang penelitian ini didasari oleh kebutuhan untuk meningkatkan kualitas perkerasan jalan akibat tingginya beban lalu lintas dan faktor lingkungan. Karet alam SIR 20 dipilih karena memiliki sifat elastomerik yang mampu meningkatkan fleksibilitas dan ketahanan campuran aspal terhadap deformasi. Variasi kadar karet yang digunakan adalah 3%, 4%, 5%, 6%, dan 7% . Pengujian dilakukan dengan metode Marshall untuk menilai parameter seperti stabilitas, flow, density, VIM, VMA, VFA, dan Marshall Quotient. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Penambahan karet alam Sir 20 yang disubsitusikan sebagai campuran aspal berpengaruh terhadap nilai kepadatan aspal campuran modifikasi karet, pada campuran aspal subsitusi karet ini menunjukkan peningkatan terbesar pada kadar variasi 6% yaitu dengan nilai kepadatan 2,246 gr/cm³. Kadar aspal optimum (KAO) yang diperoleh adalah 6%, yang memberikan hasil terbaik sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Dengan demikian, penggunaan karet alam SIR 20 dapat dijadikan alternatif modifikasi campuran aspal untuk meningkatkan performa dan umur layan perkerasan jalan.

Kata kunci: Jalan, Karet Alam, Aspal Beton (AC-WC), Marshall

ABSTRACT

Roads are infrastructure needed to facilitate mobility and accessibility of socio- economic, social activities and for the progress of a region. And along with the increasing volume of vehicles in Indonesia from year to year which causes damage to roads and generally road damage is caused by excessive loading (overload), the large number of passing vehicles as a result of the growth in the number of commercial vehicles. Especially for flexible pavements, the usual aspect that causes road damage is due to weather and water and traffic loads. This study aims to evaluate the effect of SIR 20 natural rubber substitution on Marshall characteristics in AC-WC type asphalt concrete mixtures. The background of this study is based on the need to improve the quality of road pavements due to high traffic loads and environmental factors. SIR 20 natural rubber was chosen because it has elastomeric properties that can increase the flexibility and resistance of asphalt mixtures to deformation. The

variations in rubber content used are 3%, 4%, 5%, 6%, and 7%. Testing was carried out using the Marshall method to assess parameters such as stability, flow, density, VIM, VMA, VFA, and Marshall Quotient. The results of the study showed that the addition of natural rubber Sir 20 substituted as an asphalt mixture affected the density value of the rubber- modified asphalt mixture, in this rubber-substituted asphalt mixture showed the largest increase at a variation level of 6%, namely with a density value of 2.246 gr / cm³. The optimum asphalt content (KAO) obtained was 6%, which gave the best results according to the General Specifications of Bina Marga 2018 Revision 2. Thus, the use of natural rubber SIR 20 can be used as an alternative modification of asphalt mixtures to improve the performance and service life of road pavements.

Keywords: Road, Natural Rubber, Concrete Asphalt (AC-WC), Marshall

PENDAHULUAN

Jalan merupakan prasarana yang diperlukan untuk mempermudah mobilitas dan aksesibilitas kegiatan sosial ekonomi, sosial serta untuk kemajuan daerah tersebut. Dan seiring meningkatnya volume kendaraan di Indonesia dari tahun ke tahun yang menyebabkan kerusakan pada jalan dan umumnya kerusakan jalan disebabkan oleh pembebanan yang terjadi berlebihan (overload), banyaknya arus kendaraan yang lewat sebagai akibat pertumbuhan jumlah kendaraan komersial. Terkhususnya untuk perkeraan lentur aspek yang biasa menjadi penyebab kerusakan jalan akibat dari cuaca dan air serta beban lalu lintas. Beban lalu lintas yang berlebihan dari bobot kendaraan di jalan raya, berakibat aspal mengalami deformasi. Deformasi dapat dikurangi dengan penggunaan karet pada aspal. Penggunaan karet alam sebagai campuran aspal digunakan untuk menguji kestabilan Marshall dengan campuran karet alam sebagai bahan tambahan aspal yang mengalami keretakan atau kerusakan yang ditimbulkan oleh campuran aspal tersebut. (Lagaligo et al.,2022). Pada penelitian Bahrudin et al. (2019) tentang pembuatan aspal modifikasi polimer berbasis karet alam dengan mastikasi disimpulkan bahwa penambahan karet SIR 20 dapat mengubah reologi aspal konvensional serta meningkatkan sifat fisik aspal menjadi lebih baik dalam segi daya tahan terhadap beban.

Penelitian Ramdhani 2 et al.(2019) “Evaluasi Sifat Reologi Dasar Pada Campuran Aspal Modifikasi Karet Remah Sir 20” mengatakan penambahan kadar karet remah SIR 20 dan aspal pen 60/70 dapat meningkatkan nilai penetrasi sehingga dapat mengurangi kekerasan dari aspal, mengalami penurunan pada nilai titik lembek menandakan campuran aspal melunak pada suhu rendah, kenaikan nilai daktilitas sehingga meningkatkan ketahanan aspal terhadap retak dalam penggunaannya sebagai lapis perkerasan, terjadi kenaikan nilai elastic recovery yang menandakan menaikkan elastisitas aspal dan untuk nilai viskositas (Brookfield) dapat menurunkan suhu pencampuran dan suhu pemadatan. Rochaeti, Utami, and Febrianty (2018) menyatakan untuk mengurangi kerusakan tersebut, dapat dilakukan dengan penambahan material karet jenis SIR 20 pada AC-WC, tujuan dari modifikasi ini adalah untuk menambah nilai keawetan (durability) pada lapisan AC-WC dengan memanfaatkan bahan atau sumber daya alam yang tersedia. Penelitian ini berfokus untuk mengetahui pengaruh karakteristik dari nilai kadar aspal optimum (KAO) dengan substitusi karet alam SIR 20 pada lapis AC-WC menggunakan metode pengujian marshall test. Dalam upaya untuk meningkatkan kualitas campuran aspal dan elastisitas campuran beraspal.

Hasil penelitian ini memberikan informasi mengenai nilai marshall yang terdiri dari densinty, VIM, VMA, VFA, Stabilitas, Flow, dan MQ akibat pengaruh substitusi karet alam SIR 20, variasi persentase substitusi karet alam SIR 20 ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi dengan penggunaan karet alam (SIR 20) dapat bermanfaat untuk pihak industri konstruksi, khususnya konstruksi jalan, dengan menghasilkan konstruksi yang lebih dalam peningkatan kualitas

perkerasan jalan dan dapat memberikan ilmu pengetahuan tentang sifat karakteristik marshall pada campuran aspal beton dengan substitusi karet alam (SIR 20) khususnya pada lapisan AC-WC.

Dalam penelitian ini diharapkan dengan ditambahkan karet alam SIR 20 dengan persentase 3%, 4%, 5%, 6%, dan 7% sebagai substitusi campuran beraspal dapat menambah daya dukung aspal secara signifikan seiring dengan penambahan karet alam SIR 20. Dimana nilai parameter marshall dapat meningkat dan memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 dan meningkat ketahanan atau keawetan aspal.

METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu metode dengan melakukan percobaan untuk mendapatkan data. Pengujian material dilakukan dengan menggunakan metode uji Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 Divisi 6 dan untuk standar pelaksanaan pengujian menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berkaitan dengan pengujian. Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan selama waktu yang dibutuhkan, setelah semua kegiatan administrasi dari Universitas dan Instansi yang terkait.

Penelitian ini dilakukan dengan cara analitis untuk menentukan komposisi agregat untuk campuran. Penelitian ini juga menggunakan beberapa fraksi agregat diantaranya adalah fraksi agregat kasar yang telah di analisa saringan, agregat halus yang telah di analisa saringan dan *filler* yang sudah di analisa saringan. Untuk saringan yang digunakan adalah saringan 3/4-1/2, 1/2-3/8, 3/8-No.4, No.4-No.8, dan No.8-0. Kemudian fraksi tersebut digabungkan menjadi satu campuran dimana gradasi persentase lolos saringan yang diperoleh dengan cara mengambil nilai diantara batas dan batas bawah persentase lolos saringan.

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu bahan campuran aspal, seperti pengujian agregat yang meliputi pengujian abrasi dengan menggunakan mesin Los Angeles, pengujian berat jenis, penyerapan agregat dan analisa saringan. Langkah selanjutnya adalah pengujian aspal yang meliputi uji penetrasi, daktalitas, titik lembek aspal, titik nyala aspal, uji berat jenis aspal dan uji kehilangan berat aspal (TFOT).

Setelah pengujian agregat dan aspal memenuhi persyaratan kemudian dilanjutkan dengan pembuatan benda uji atau Design Mix Formula dimana campuran aspal telah dihitung perbandingan agregat dan kadar aspalnya dan untuk metode pencampurannya menggunakan metode Hot Mix. Kemudian setelah membuat benda uji dilakukan uji marshall untuk mengetahui karakteristik dari campuran aspal, kemudian menentukan kadar aspal optimum (KAO). Setelah mendapatkan nilai KAO dalam keadaan normal, langkah selanjutnya adalah membuat Design Mix Formula dimana campuran siap menggantikan persentase kandungan aspal dengan variasi karet alam SIR 20 yang sesuai dengan variasi kadar karet alam SIR 20. Kemudian membuat benda uji campuran karet alam SIR 20 dan pencampuran aspal dengan karet SIR 20 menggunakan metode basah. Setelah membuat benda uji dilakukan uji Marshall untuk mengetahui karakteristik dari campuran aspal karet alam SIR 20, kemudian menentukan kadar karet alam SIR 20 yang optimum. Setelah mendapatkan KAO dalam keadaan normal (terpilih) dan KAO substitusi karet alam SIR 20 (terpilih), Kemudian dilihat apakah ada peningkatan dan penurunan saat setelah campuran beraspal dimodifikasi dengan substitusi karet alam SIR 20.

Pengujian material merupakan tahap sebelum dilakukan pembuatan benda uji dimana pada penelitian ini pengujian material mencakup pengujian properties agregat kasar dan agregat halus serta pengujian aspal. Pengujian material ini mengacu pada persyaratan spesifikasi Bina

Marga 2018 Revisi 2.

Pembuatan benda uji dilakukan setelah agregat dan aspal telah memenuhi persyaratan umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Setelah pengujian material telah memenuhi standarisasi untuk campuran aspal panas, maka tahap selanjutnya pembuatan campuran aspal rencana sesuai dengan spesifikasi untuk campuran AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*). yang biasa disebut sebagai *Mix Formula*. Kemudian setelah itu, dilakukan pembuatan komposisi campuran atau *mix design* aspal dengan gradasi kasar, gradasi halus, aspal pen 60/70, dan *filler*. Berat total dan benda uji kisaran antara 1100-1200 gram, dengan diameter 10,2 cm dan tinggi 6, 4 ± 1 cm, sesuai dengan syarat tinggi lapisan AC-WC. Agregat dipanaskan sampai suhu 155°C , kemudian tambakan *filler* sesuai dengan persentase yang direncanakan dan dicampur dengan aspal panas yang sudah dipanaskan sampai 170°C . Setelah itu campuran benda uji tersebut diaduk sampai tercampur merata dan didiamkan sampai benda uji tersebut mencapai suhu pemadatan yaitu pada suhu 145°C . Selanjutnya campuran dimasukkan ke dalam cetakan (*mold*) yang berbentuk silinder dan tusuk-tusuk campuran dengan spatula yang telah dipanaskan sebanyak 15 kali di sekeliling pinggirannya dan 10 kali pada bagian tengahnya, lalu dilakukan pemadatan dengan alat compactor aspal otomatis sebanyak 75 kali pada masing-masing sisinya. Kemudian benda uji tersebut didinginkan pada suhu ruangan ± 5 jam, setelah itu benda uji dapat dikeluarkan dari cetakan (*mold*) dan diberi kode. Kemudian benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel lalu ditimbang beratnya. Dari *mix design* ini dibuat sampel sebanyak 15 dengan masing-masing kadar tiga (3) buah sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Untuk memastikan kualitas agregat yang digunakan dalam campuran aspal, dilakukan beberapa pengujian karakteristik agregat kasar dan halus. Pengujian ini mencakup analisis gradasi, kadar lumpur, berat jenis, dan daya serap air.

Tabel 1. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar

No	Pengujian	Standarisasi	Persyaratan		Hasil	Keterangan
			Min	Max		
1.	Penyerapan Air	SNI 1969-2016	-	3%	0,47%	Memenuhi
2.	Berat Jenis Semu	SNI 1969-2016	2,5	-	2,58	Memenuhi
3.	Berat Jenis Bulk	SNI 1969-2016	2,5	-	2,55	Memenuhi
4.	Berat Jenis SSD	SNI 1969-2016	2,5	-	2,56	Memenuhi
5.	Butir Pipih Lonjong	SNI 1969-2016	-	10%	1.03	Memenuhi
6.	Kelekatan Agregat	SNI 06-2439-2011	95%	-	98%	Memenuhi
7.	Keausan Agregat	SNI 2427-2008	-	30%	17,84	Memenuhi

(Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium)

Tabel 2. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus

No	Pengujian	Standarisasi	Persyaratan		Hasil	Keterangan
			Min	Max		
1.	Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	60%	-	92%	Memenuhi

2.	Agregat Lolos Saringan No.200	ASTM C117-2012	-	10%	9,3%	Memenuhi
3.	Penyerapan Air	SNI 1970-2016	-	3%	1,84%	Memenuhi
4.	Berat Jenis Bulk	SNI 1970-2016	2,5	-	2,55	Memenuhi
5.	Berat Jenis Semu	SNI 1970-2016	2,5	-	2,68	Memenuhi
6.	Berat Jenis SSD	SNI 1970-2016	2.5	-	2,60	Memenuhi

(Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium)

Dari hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa agregat yang digunakan memenuhi standar yang ditetapkan oleh SNI. Berat jenis dan daya serap agregat kasar serta agregat halus berada dalam rentang yang direkomendasikan, sehingga dapat dipastikan bahwa material ini layak digunakan untuk pembuatan benda uji.

Hasil Pengujian Marshall dengan Karet Alam SIR 20

Pengujian marshall bertujuan untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum (KAO) sebesar 6%, selanjutnya melakukan variasi karet alam SIR 20 pada campuran, variasi kadar karet alam yang digunakan adalah 3%, 4%, 5%, 6%, dan 7%, kemudian dilakukan pengujian *marshall*.

Berikut ini adalah hasil dari pengujian marshall dari variasi kadar karet alam SIR 20 dengan kadar aspal optimum (KAO) dengan nilai kadar 6 %.



Gambar 1. Pengujian Marshall

Tabel 3. Resume Hasil Pengujian Marshall dengan Karet Alam SIR 20

No	Karakteristik	Spesifikasi Bina Marga 2018	Hasil Pengujian Aspal				
			Variasi Kadar Karet Alam SIR20				
			3 %	4 %	5 %	6 %	7 %
1.	Density (kg/cm ³)	-	2.200	2.222	2.240	2.246	2.227
2.	VMA (%)	Min 15	17.7	16.8	16.1	15.9	16.6
3.	VIM (%)	3 – 5	5.4	4.5	3.7	3.4	4.2
4.	VFA (%)	Min 65	69.3	73.5	77.3	78.5	74.5
5.	Stability (kg)	Min 1000	1295	1438	1531	1619	1688
6.	Flow (mm)	2 – 4	3.59	3.64	3.73	3.82	4.06
7.	MQ (kg/mm)	Min 250	361	395	410	424	415

(Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium)

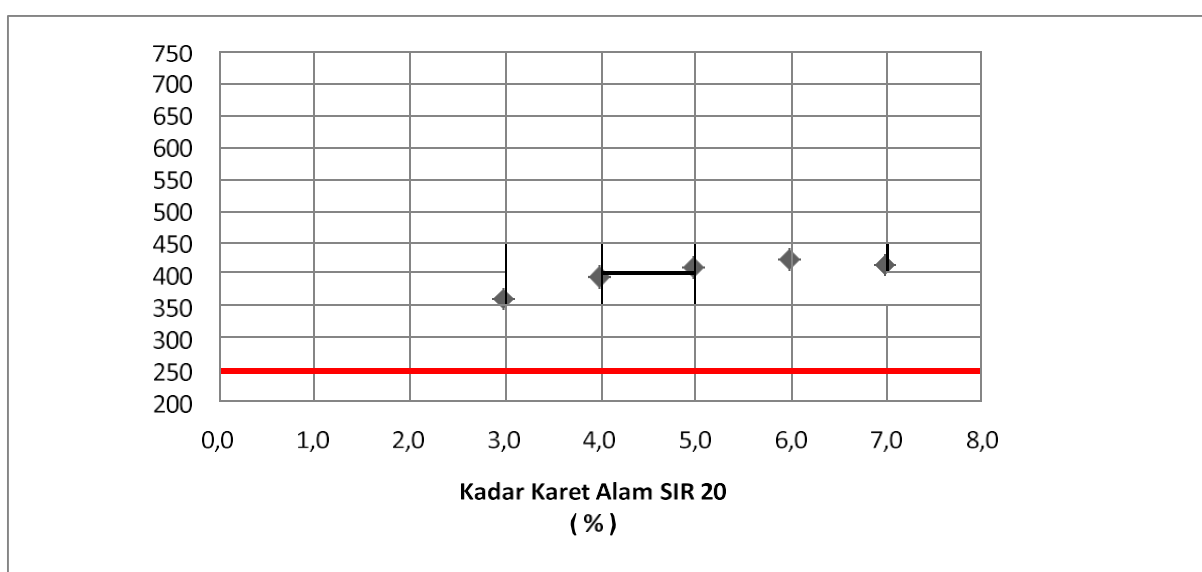
Dari hasil ini, dapat disimpulkan bahwa pengaruh penambahan variasi kadar karet alam SIR 20 terhadap *Marshall Quotient* (MQ) campuran AC-WC maka diperoleh hubungan antara penambahan variasi kadar karet alam SIR 20. penambahan variasi kadar karet alam SIR 20 mempengaruhi nilai *marshall quotient* (MQ). Dimana terjadi kenaikan pada nilai MQ setiap penambahan variasi kadar karet alam SIR 20. Menurut spesifikasi persyaratan nilai MQ minimum 250 kg/mm sehingga nilai MQ diatas sudah memenuhi spesifikasi dimana nilai terendah berada pada kadar 3% dengan nilai 361 kg/mm dan nilai tertinggi pada kadar 6% dengan nilai 424 kg/mm. untuk menentukan nilai optimum suatu campuran dapat dilihat dari nilai stabilitas yang tertinggi dan didukung dengan semua nilai parameter *marshall* terpenuhi. Pada grafik diatas kadar optimum terdapat pada kadar 6% dengan nilai stabilitas tertinggi yaitu 1619 kg.

Hasil Pengujian Kuat Tekan

Hasil pengujian *marshall quotient* (MQ) pada campuran aspal untuk lapiisan AC-WC dengan penambahan variasi kadar karet alam SIR 20.

Tabel 4. Hasil Pengujian Pengaruh Karet Alam SIR 20 Terhadap Marshall Quotient (MQ) campuran AC-WC

No	Variasi Kadar Karet Alam SIR 20	Satuan	<i>Marshall Quotient</i> (MQ)
1.	3%	kg/mm	361
2.	4%	kg/mm	395
3.	5%	kg/mm	410
4.	6%	kg/mm	424
5.	7%	kg/mm	415



Gambar 2. Grafik Hasil Pengujian Pengaruh Karet Alam SIR 20 Terhadap Marshall Quotient (MQ) campuran AC-WC

Dari data di atas, dapat disimpulkan bahwa pengaruh penambahan variasi kadar karet alam SIR 20 terhadap *Marshall Quotient* (MQ) campuran AC-WC maka diperoleh hubungan antara penambahan variasi kadar karet alam SIR 20. penambahan variasi kadar karet alam SIR 20 mempengaruhi nilai *marshall quotient* (MQ). Dimana terjadi kenaikan pada nilai MQ setiap penambahan variasi kadar karet alam SIR 20. Menurut spesifikasi persyaratan nilai MQ minimum 250 kg/mm sehingga nilai MQ diatas sudah memenuhi spesifikasi dimana nilai terendah berada pada kadar 3% dengan nilai 361 kg/mm dan nilai tertinggi pada kadar 6% dengan nilai 424 kg/mm. untuk menentukan nilai optimum suatu campuran dapat dilihat dari nilai stabilitas yang tertinggi dan didukung dengan semua nilai parameter *marshall* terpenuhi. Pada grafik diatas kadar optimum terdapat pada kadar 6% dengan nilai stabilitas tertinggi yaitu 1619 kg.

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa untuk menentukan nilai optimum suatu campuran dapat dilihat dari nilai stabilitas yang tertinggi dan didukung dengan semua nilai parameter *marshall* terpenuhi. Pada grafik diatas kadar optimum terdapat pada kadar 6% dengan nilai stabilitas tertinggi yaitu 1619 kg.

variasi kadar karet alam SIR 20 yang memenuhi nilai-nilai karakteristik marshall berdasarkan dari spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 adalah pada variasi kadar karet SIR 20 4%, 5%, dan 6%, secara keseluruhan karet alam SIR 20 layak digunakan dalam perkerasan lentur dan kadar karet alam SIR 20 yang paling optimal digunakan sebagai substitusi aspal pada campuran aspal AC – WC adalah pada kadar 6%. Pada kadar 3% dan 7% tidak layak digunakan karena pada kadar tersebut tidak semua parameter dari karakteristik marshall memenuhi yaitu di nilai VIM dan flow, sehingga untuk kadar 3% dan 7% ini tidak layak untuk digunakan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa : Kadar Aspal Optimum (KAO) yang didapatkan dari campuran aspal lapisan AC - WC yaitu 6%. Kadar Aspal Optimum (KAO) ini didapatkan dari hasil pengujian marshall berupa density, VMA, VIM, VFA, stabilitas, flow dan marshall quotient (MQ) yang telah memenuhi syarat untuk lapisan aspal jenis AC – WC.

Dari hasil uji pada penelitian ini kadar karet alam SIR 20 yang digunakan adalah variasi 3%, 4%, 5%, 6%, dan 7%, dimana variasi kadar ini memberi pengaruh terhadap karakteristik *marshall* sebagai berikut : Nilai *density* pada variasi kadar karet 3%, 4%, 5%, 6%, mengalami kenaikan setiap bertambahnya variasi kadar karet alam SIR 20 sehingga menunjukkan semakin tinggi nilai kepadatan campuran aspal, akan tetapi mengalami penurunan pada variasi kadar karet 7%.

Nilai VMA pada variasi kadar karet 3%, 4%, 5%, 6%, mengalami penurunan disebabkan bertambahnya total perekat dalam campuran AC-WC menyebabkan rongga antar agregat dalam campuran semakin mengecil sehingga campuran semakin rapat, penurunan pada kadar 3%, 4%, 5%, 6% dan 7% masih masuk karena syarat dari spesifikasi minimum 15%. Semakin kecil nilai VMA dapat mengakibatkan masalah terhadap durabilitas dan tidak ekonomis untuk produksi.

Nilai VIM pada variasi kadar karet 4%, 5%, 6%, dan 7% mengalami penurunan tetapi masih memenuhi syarat dari spesifikasi 3% - 5% sedangkan kadar 3% sudah melewati batas minimum dengan nilai 5,4. Peningkatan nilai VIM ini disebabkan berkurangnya total perekat ke dalam

campuran AC-WC menyebabkan rongga udara dalam campuran semakin besar.

Nilai VFA pada variasi kadar karet 3%, 4%, 5%, 6%, dan 7%, mengalami peningkatan dan sudah memenuhi syarat dari spesifikasi minimum 65%. Meningkatnya nilai VFA mengindikasikan semakin banyak rongga terisi perekat aspal dan karet.

Nilai Stabilitas (Stability) pada variasi kadar karet 3%, 4%, 5%, 6%, dan 7%, mengalami peningkatan dan nilai stabilitas nya sudah memenuhi syarat dari spesifikasi minimum 750 gr/cc. Peningkatan stabilitas ini dapat terjadi diakibatkan viskositas lebih tinggi karena karet mudah bercampur dengan aspal sehingga tidak hanya mengisi rongga pada agregat saja tetapi juga menambah ruang berisi ikatan aspal sehingga membuat aspal menjadi lebih keras.

Nilai *Flow* pada variasi kadar karet 3%, 4%, 5%, 6%, mengalami peningkatan dan nilai *flow* nya sudah memenuhi syarat dari spesifikasi 2 mm – 4 mm tetapi pada kadar 7% nilai *flow* melewati batas maximum dengan nilai 4.06 mm sehingga membuat campuran sangat *plastis* sehingga mudah terjadi *deformasi*.

Nilai MQ pada variasi kadar karet 3%, 4%, 5%, 6%, dan 7%, mengalami peningkatan tetapi masih berada pada batas minimum 250 kg/mm. Semakin tinggi nilai MQ maka kemungkinan akan semakin tinggi kekuatan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan.

Dari variasi kadar karet alam SIR 20 diatas dapat disimpulkan bahwa variasi kadar karet alam SIR 20 yang memenuhi nilai-nilai karakteristik marshall berdasarkan dari spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 adalah pada variasi kadar karet SIR 20 4%, 5%, dan 6%, secara keseluruhan karet alam SIR 20 layak digunakan dalam perkerasan lentur dan kadar karet alam SIR 20 yang paling optimal digunakan sebagai substitusi aspal pada campuran aspal AC – WC adalah pada kadar 6%. Pada kadar 3% dan 7% tidak layak digunakan karena pada kadar tersebut tidak semua parameter dari karakteristik marshall memenuhi yaitu di nilai VIM dan flow, sehingga untuk kadar 3% dan 7% ini tidak layak untuk digunakan.

Sebagai saran untuk penelitian lebih lanjut, disarankan untuk penelitian selanjutnya dapat menambahkan karet sebagai bahan aditiif aspal dengan tujuan untuk meningkatkan modifier alam lokal di indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO 245-97. 2001. “Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus - AASHTO T245.” 97: 9.
- Bahrudin, Arya Wiranata, Alfian Malik, Robby Kumar, and Dia Sari Permata. 2019. “Pembuatan Aspal Modifikasi Polimer Berbasis Karet Alam Tanpa Dan Dengan Mastikasi.” *Prosiding Seminar Nasional Hasil Litbangyasa Industri II* 2(2): 260–69.
- Gemo, A. S. (2019). Evaluasi Kerusakan Pada Ruas Jalan Ki Hajar Dewantara Kota Borong. *SONDIR*, 3(2), 1-8.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2011. “Perancangan Perkerasan Jalan Dan Penyelidikan Tanah.” : 1–326.
- Lagaligo, D., Said, L. B., & Alifuddin, A. (2022). Pengaruh Temperatur Pemadatan pada Campuran Beton Aspal (AC-WC) dengan Bahan Tambah Karet Alam terhadap Ketahanan Deformasi dan Kuat Tarik Tidak Langsung. *Jurnal Konstuksi*, 01(11), 23– 36.

- Nur, N. K., Mahyuddin, M., Bachtiar, E., Tumpu, M., Mukrim, M. I., Irianto, I., ... & Syukriah, S. (2021). Perancangan Perkerasan Jalan.
- Ramdhani, Fitra, Hendri Rahmat, Hendra Melayu Putra, and Rahmat Tisnawan. 2019. "Evaluasi Sifat Reologi Dasar Pada Campuran Aspal Modifikasi Karet Remah Sir 20." 4(1): 1–11.
- Rochaeti, Retno Utami, and Lentien Febrianty. 2018. "Karakteristik Marshall Campuran Asphalt Concrete Wearing Course Dengan Modifikasi Karet Alam Padat SIR 20." *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*: 615–23.
- Shaffie, E., J. Ahmad, A. K. Arshad, D. Kamarun, and F. Kamaruddin. 2015. "Stripping Performance and Volumetric Properties Evaluation of Hot Mix Asphalt (HMA) Mix Design Using Natural Rubber Latex Polymer Modified Binder (NRMB)." *InCIEC 2014*: 873–84.
- Sukirman, Silvia. 2016. Institut Teknologi Nasional *Beton Aspal Campuran Panas*.
- Iqbal,mumtazahardi and Eva, Rita. 2024. "Pengaruh Penambahan Serbuk Batu Bata Merah Sebagai *Filler* Pada Campuran Aspal Terhadap Daya Dukung dan Ketahanan Perkerasan (AC-WC)."
- M.Amin, Fahmi and Eva, Rita. 2024. "Analisi Subtitusi *Fly Ash* Batu Bara Sebagai Pengisi *Filler* Terhadap Karakteristik *Marshall* Campuran Aspal Beton AC-WC."
- Budi, Kurnia and Indra, Farni .2024. "PENGARUH SUBSTITUSI KARET ALAM SIR 20 PADA CAMPURAN ASPAL BETON (AC-BC) TERHADAP SIFAT *MARHSALL* DAN *DURABILITAS*."