

PENGARUH KARET ALAM (LATEKS) SEBAGAI SUBSTITUSI ASPAL PADA CAMPURAN LASTON AC-WC TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL

Amelia Putri ¹⁾, Nasfryzal Carlo ²⁾, Mufti Warman Hasan ³⁾, Eva Rita⁴⁾

^{1,2,3,4)}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Bung Hatta, Padang.

Email: amelp0827@gmail.com¹⁾, carlo@bunghatta.ac.id²⁾, muftiwarman@bunghatta.ac.id³⁾, evarita@bunghatta.ac.id⁴⁾

ABSTRAK

Karet alam merupakan salah satu polimer yang ketersediaanya cukup melimpah di Indonesia dapat dimanfaatkan untuk campuran aspal sehingga tidak mudah retak dan lebih kedap air. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh karet alam sesuai substitusi aspal untuk campuran laston AC-WC terhadap karakteristik *Marshall*. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah pengujian *Marshall*, tahapan awal pengujian membuat benda uji dan didapat nilai KAO 6,25%. Tahapan selanjutnya membuat benda uji pemakaian karet alam dengan mensubstitusikan aspal pada variasi 0%, 7%, 7.5%, 8%, 8.5%, 9%. Nilai yang memenuhi karakteristik *Marshall* terdapat pada variasi 0%, 7%, 7.5% karet alam.

Kata Kunci : AC-WC, KAO, Karet Alam, Kerusakan Jalan, Pengujian Marshall

ABSTRACT

Natural rubber is a polymer which is widely available in Indonesia and can be used for asphalt mixtures so that it does not crack easily and is more water-resistant. That study aims to determine the effect of natural rubber as a substitute for asphalt for AC-WC mixture on Marshall characteristics. The method used in this research is the Marshall test, the initial stage of testing is to make test objects and the KAO value is 6.25%. The next step is to make test objects using natural rubber by substituting asphalt at variations of 0%, 7%, 7.5%, 8%, 8.5%, 9%. Values that meet Marshall requirements are found in variations of 0%, 7%, 7.5% natural rubber.

Keywords: AC-WC, KAO, Marshall Test, Natural Rubber, Road Damage

1. PENDAHULUAN

Bambang, dkk (2019) mengatakan bahwa jalan merupakan prasarana transportasi darat yang memegang peranan yang sangat penting dalam sektor perhubungan, terutama untuk kesinambungan distribusi barang dan jasa maupun perpindahan manusia yang dianggap paling efisien dan mudah. Menurut Wahab, (2009) jalan yang berkualitas mempengaruhi aksesibilitas, kerusakan jalan sering kali dikaitkan dengan faktor kualitas bahannya dan tidak disertai dengan pemeliharaan yang baik sehingga menimbulkan berbagai macam permasalahan. Air hujan yang turun mampu memecah molekul aspal dan mengubah bentuknya menjadi lebih kecil. Sehingga daya rekat aspal pun menjadi

berkurang yang membuat jalan rusak sebelum masa akhir perencanaan. Dengan semakin meningkatnya teknologi bahan dibidang perkerasan jalan beraspal, berbagai jenis aspal modifikasi banyak ditemui seperti banyaknya digunakan berbagai macam bahan tambah untuk meningkatkan suatu campuran aspal, antara lain dengan menambahkan polimer. Salah satu jenis polimer yang digunakan adalah karet. Aspal yang dicampur dengan karet alam (*lateks*) pada suhu tinggi dapat membuat partikel akan mengembang dan menyerap minyak ringan di aspal, membuat aspal menjadi lebih kental dan elastis. Seperti dikatakan oleh BBPJN Jawa Timur-Bali, (2019) salah satu upaya untuk menstabilkan harga karet adalah dengan meningkatkan konsumsi di dalam negeri. Untuk mendukung hal tersebut Kementrian PUPR berupaya untuk memanfaatkan karet alam sebagai perkembangan infrastruktur bagian jalan, salah satunya sebagai bahan tambah untuk campuran aspal. Hermadi, dkk (2015), pengaruh penambahan lateks alam terhadap sifat reologi aspal, menyatakan bahwa lateks alam dapat digunakan sebagai bahan yang lebih baik, yaitu lebih elastis. Penelitian ini diharapkan menjadikan karet alam (*lateks*) sebagai bahan tambah pada aspal untuk laston AC-WC. Seperti dikatakan oleh Kementrian PUPR, (2019) dengan menambahkan karet alam kedalam campuran aspal yang nantinya bisa meningkatkan perkerasan dalam hal umur pakainya dan ketahanan terhadap alur, gelombang pada jalan. Yang mana nantinya dapat meningkatkan konsumsi pemakaian karet alam dalam negeri dan pemanfaatan modifier alam lokal (Putri, 2023).

2. STUDI LITERATUR

Sukirman, 2007 mengatakan bahwa aspal merupakan material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis jadi, aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4 – 10 % berdasarkan berat campuran, atau 10 – 15 % berdasarkan volume campuran. Pada penelitian ini aspal dengan penetrasi 60/70 dan berasal dari PT. Rabana Aspalindo. Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 revisi 2 mengatakan bahwa fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No. 4 (4,75 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet dan bebas lempung atau bahan yang tidak dikehendaki, agregat halus berasal dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No. 4 (4,75 mm). Pada penelitian ini agregat kasar dan agregat halus yang digunakan berasal dari CV. Berkah dengan sumber material dari Kuranji, Kota Padang (Putri, 2023). Bahan pengisi untuk campuran aspal adalah bahan mineral non plastis, kering, dan bebas dari gumpalan-gumpalan serta bila diuji dengan pengayakan basah harus mengandung bahan yang lolos saringan No. 200 dan berfungsi untuk mengisi rongga-rongga antar butiran agregat. Pada penelitian ini bahan pengisi yang digunakan ialah abu batu yang berasal dari CV. Berkah dengan sumber material dari Kuranji, Kota Padang. Karet alam dapat diperoleh dengan menyadap tanaman *Hevea Brasiliensis*. Pada penelitian ini karet alam yang digunakan berasal dari daerah Anduring Kab. Padang Pariaman.

Afriaziz dkk. (2019) “Pengaruh Penambahan Karet Alam Pada Campuran Aspal Beton Lapis Aus Dengan Filler *Fly Ash*” metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen yang dilakukan di laboratorium. Pada penelitian ini menggunakan variasi kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7%. Sampel benda uji yang dibuat berjumlah 5 benda uji tiap kadar aspal sebesar 6%, 7%, 8%, 9% dan 10. Hasil pengujian mendapatkan Kadar Karet Alam Optimum (KKAO) sebesar 8%.

Rahmawan dkk. (2019) “Pengaruh Penambahan Karet Alam (*Lateks*) Pada Campuran Aspal HRS-WC Dengan Abu Terbang (*Fly Ash*) Sebagai *Filler*” pada penilitan ini menggunakan variasi kadar aspal 7%, 7,5%, 8%, variasi kadar *fly ash* 4%, 5%, 6%, dan variasi kadar lateks 7%, 8% dan

9% untuk mencari kadar campuran yang optimum, ditinjau dari nilai karakteristik Marshall. Yang mana didapatkan kadar optimum nilai kadar aspal 7,5%, kadar fly ash 4% dan kadar lateks 9%. Semua hasil pengujian pada campuran optimum memenuhi persyaratan spesifikasi HRS-WC yang telah ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga 2018.

Nursandah dan Zaenuri (2019) “Penelitian Penambahan Karet Alam (Lateks) Pada Campuran Laston AC-WC Terhadap Karakteristik Marshall” yang berisi disini dicoba dengan menambahkan karet alam (lateks) pada campuran aspal yang bertujuan untuk mencari nilai karakteristik pada laston ac-wc pada nilai KAO dengan penambahan variasi 3%, 5%, 7%, 9%, dan 11% dari total berat aspal pada benda uji. Pengujian menggunakan alat uji Marshall didapat nilai KAO sebesar 6,20% dari campuran laston AC-WC dengan variasi 7% terhadap total berat aspal pada benda uji dimana semua perhitungan menggunakan alat uji Marshall memenuhi.

Safitri dan Prastyanto (2022) “Analisis Campuran Lapis Tipis Beton Aspal (LTBA) Menggunakan Bahan Tambahan Karet Alam SIR 20 Terhadap Karakteristik Marshall” yang mana berisi bahwa dengan penambahan bahan karet alam dengan campuran aspal menggunakan metode kering dengan persentase penambahan karet sebanyak 0%, 6%, 8%, dan 10% terhadap berat aspal. Hasil optimum yang terbaik dari setiap kadar persentase penambahan karet ditunjukkan pada kadar karet 8%. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa variasi persentase penambahan karet SIR 20 dalam campuran LTBA meningkatkan nilai karakteristik Marshall pada campuran aspal.

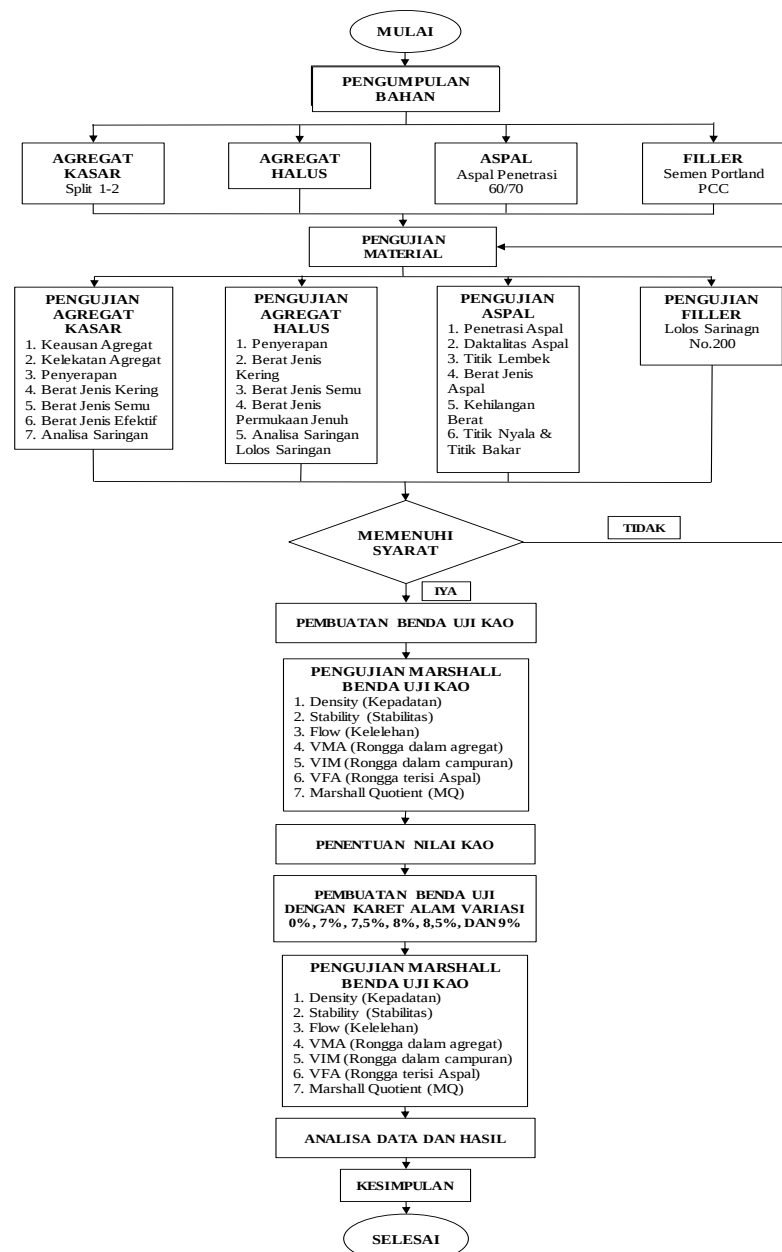
Sulaiman dkk. (2018) “Karakteristik Asphalt Concrete Wearing Course akibat penambahan Karet Alam Padat SIR20 dengan Metode Eksperimental” yang berisi penelitian yang dilakukan secara eksperimental ini bertujuan untuk mempelajari karakteristik AC-WC akibat penambahan karet alam padat SIR20. Dengan variasi karet alam sebesar 2%, 4%, 6% dan 8%. Kemudian dibuat desain campuran modifikasi AC-WC untuk dilakukan pengujian *Marshall* agar dapat mengetahui nilai stabilitas dan kelelahan antara kelima campuran modifikasi. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa campuran aspal modifikasi karet memiliki peningkatan pada karakteristik campuran, antara lain adalah peningkatan density, penurunan rongga dalam campuran dan peningkatan nilai stabilitas. Campuran aspal modifikasi karet mencapai kadar aspal optimum 6,25% dengan kadar karet optimum 8%.

Nursandah dan Zaenuri 2019 “Penelitian Penambahan Karet Alam (Lateks) Pada Campuran Laston AC-WC Terhadap Karakteristik Marshall” yang berisi disini dicoba dengan menambahkan karet alam (lateks) pada campuran aspal yang bertujuan untuk mencari nilai karakteristik pada laston ac-wc pada nilai KAO dengan penambahan variasi 3%, 5%, 7%, 9%, dan 11% dari total berat aspal pada benda uji. Pengujian menggunakan alat uji Marshall didapat nilai KAO sebesar 6,20% dari campuran laston AC-WC dengan variasi 7% terhadap total berat aspal pada benda uji dimana semua perhitungan menggunakan alat uji Marshall memenuhi.

Berdasarkan penelitian terdahulu diatas dapat dilihat bahwa hasil optimum yang terbaik dari setiap kadar persentase ditunjukkan pada penambahan karet alam (*lateks*) 8% untuk itu penulis ingin melakukan penambahan karet alam (*latek*) sebagai substitusi aspal untuk campuran aspal dan penulis melakukan penambahan campuran lateks dengan variasi 0%, 7%, 7,5, 8%, 8,5 dan 9%.

3. METODOLOGI

Penelitian ini akan dilaksanakan di UPTD Laboratorium Bahan Konstruksi Dinas Bina Marga, Cipta Karya dan Tata Ruang dengan metode eksperimen, yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan percobaan untuk mendapatkan data. Pengujian material dilakukan dengan menggunakan metode uji Spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2, dengan menggunakan metode eksperimen pada bagan alir penelitian (Gambar 1).



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Pengujian yang pertama pada penelitian ini yang dilakukan yaitu melakukan pemeriksaan bahan campuran aspal, seperti pemeriksaan agregat yang meliputi pengujian abrasi dengan mesin *Los Angeles*, pengujian berat jenis dan penyerapan agregat dan analisa saringan. Tahapan selanjutnya dilakukan pemeriksaan aspal yang meliputi pengujian penetrasi, daktalitas, titik lembek aspal, titik nyala aspal, pengujian berat jenis aspal dan pengujian kehilangan berat aspal.

Dari pengujian agregat, aspal dan memenuhi persyaratan maka dilanjutkan dengan pembuatan benda uji atau *Design Mix Formula* dimana campuran aspal telah dihitung proporsi agregat dan kadar aspalnya. Kemudian setelah benda uji dibuat lalu dilakukan tes *marshall* untuk mengetahui karakteristik dari campuran aspal tersebut, kemudian menentukan kadar aspal optimum (KAO). Setelah didapatkan nilai KAO dalam keadaan normal, maka selanjutnya pembuatan *Design Mix Formula* dimana campuran sudah melakukan penggantian persentase kadar aspal dengan karet alam (*lateks*) masing-masing variasi kadar kerat alam (*lateks*) nya. Dan dilanjutkan dengan menganalisa perubahan antara campuran dengan komposisi standar dengan campuran yang sudah dimodifikasi dengan penggantian persentase kadar aspal dengan karet alam (*lateks*). Lalu lihat apakah terjadi kenaikan atau penurunan saat setelah dimodifikasi tersebut.

Setelah pengujian material dilakukan dan mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Bahwa material yang diuji sesuai dengan persyaratan yang ada, maka langkah selanjutnya membuat campuran aspal rencana sesuai spesifikasi untuk campuran AC-WC yang disebut dengan *Design Mix Formula*, yang mana terdiri dari menentukan komposisi campuran AC-WC, menentukan kadar aspal rencana, menentukan nilai kadar aspal optimum, dan selanjutnya analisa data.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

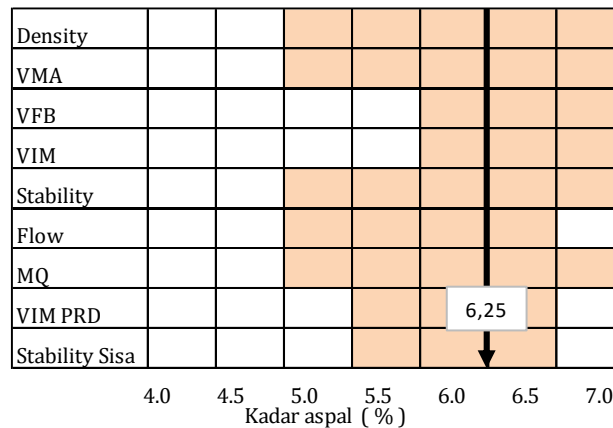
Uji Marshall bertujuan untuk menentukan kadar aspal optimum, kemudian menentukan stabilitas dan flow campuran aspal dari hasil bacaan (Efendy, 2019).

A. Hasil Pengujian Marshall Untuk Menentukan Nilai KAO

Tabel 1 Hasil Pengujian *Marshall*

No	Karakteristik	Spesifikasi	Hasil Pengujian <i>Marshall</i>				
			Variasi Kadar Aspal				
			5%	5,5%	6%	6,5%	7%
1	Density		2,227	2,245	2,256	2,253	2,246
2	VMA%	Min 15	15,3	15,1	15,1	15,7	16,4
3	VIM%	3-5	7,1	5,7	4,6	4,1	3,7
4	VFA%	Min 65	53,6	62,3	69,7	74,2	77,4
5	Stabilitas (kg)	Min 800	1222	1332	1375	1400	1314
6	Flow (mm)	2-4	2,87	3,03	3,47	3,79	4,24
7	MQ (kg/mm)	Min 250	426	440	396	369	310

Berdasarkan hasil penelitian di laboratorium yang dapat dilihat pada tabel 1 dapat disimpulkan bahwa kadar aspal yang memenuhi syarat karakteristik *Marshall* berupa *Density*, VMA, VIM, VFA, *Stability*, *Flow*, dan *Marshall Quotient* berada pada kadar aspal rentang 6% dan 6,5%. Maka untuk menentukan nilai KAO pada campuran AC-WC ini digunakan grafik pita sesuai dengan gambar 2 seperti dibawah ini :



Gambar 2. Grafik Pita Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan grafik pita maka diperoleh nilai kadar aspal optimum untuk campuran aspal sebesar 6,25 % didapat dari, $KA O = ((6,0\% + 6,50\%) : 2) = 6,25\%$.

B. Hasil Pengujian Kepadatan Mutlak

Tabel 2. Hasil Pengujian PRD

Ket.	75 x Tumbukan VIM Marshall (3-5%)			400 x Tumbukan VIM PRD (Min. 2 %)		
	Kadar Aspal (%)			Kadar Aspal (%)		
VIM	5,5	6	6,5	5,5	6	6,5
	5,7	4,6	4,1	2,7	2,3	2,1

Berdasarkan Tabel 2 hasil penelitian laboratorium hasil yang didapatkan pada hasil pengujian PRD nilai yang memenuhi terdapat pada variasi 6% dan 6,5%. Pemadatan dengan alat Marshall pada kondisi kepadatan standar menunjukkan bahwa campuran beraspal padat dengan cara ini memiliki sifat kurang kedap terhadap udara dan air, sehingga air dan udara dapat mengoksidasi aspal dalam campuran dan keawetan menjadi berkurang serta dapat mengakibatkan retakan. Pemadatan dengan alat *Marshall* pada kondisi kepadatan mutlak menunjukkan bahwa campuran beraspal padat dengan cara ini memiliki sifat lebih kedap terhadap udara dan air, sehingga air dan udara lebih sulit mengoksidasi aspal dalam campuran dan keawetan menjadi lebih baik sehingga keretakan dapat dikurangi. Hal ini diakibatkan oleh lebih sedikitnya jumlah kadar aspal yang terdapat dalam campuran walaupun memiliki nilai VIM yang rendah, tetapi masih berada dalam batas-batas yang memenuhi syarat.

C. Hasil Pengujian Stabilitas Sisa

Tabel 3 Hasil Pengujian Stabilitas Sisa

Ket.	Stabilitas (kg) 30 Menit Perendaman			Stabilitas (kg) 24 Jam Perendaman			Stabilitas Sisa (Min 90%) 24 Jam Perendaman (rendam 24 jam/rendam 30 menit x 100)		
	Kadar Aspal (%)			Kadar Aspal (%)			Kadar Aspal (%)		
	5,5	6	6,5	5,5	6	6,5	5,5	6	6,5
Stanilitas	1332	1375	1400	1257	1305	1353	94	95	97

Berdasarkan Tabel 3 hasil penelitian yang didapatkan semua variasi yang sudah diujikan bahwa nilai stabilitas *Marshall* ataupun stabilitas sisa, memenuhi syarat campuran aspal pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 dengan syarat penurunan stabilitas *Marshall* sisa minimal 90%. Dapat disimpulkan bahwa campuran aspal yang sudah diuji memiliki nilai kemampuan yang baik untuk menahan kerusakan yang diakibatkan oleh lama perendaman dalam air.

D. Hasil dan Analisa Benda Uji Substitusi Karet Alam Pada Campuran Aspal Beton (AC-WC)

Setelah mendapatkan nilai kadar aspal optimum (KAO) sebesar 6,25%, selanjutnya dibuat benda uji dengan substitusi karet alam 0%, 7%, 7,5%, 8%, 8,5%, 9% dari berat total aspal campuran, kemudian dilakukan pengujian *Marshall*. Berikut ini merupakan tabel 4.9 hasil pengujian *Marshall* dengan variasi karet alam menggunakan kadar aspal optimum (KAO) yaitu 6,25%.

Tabel 4 Hasil Pengujian *Marshall* Dengan Variasi Karet Alam

No	Karakteristik	Spesifikasi	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Variasi Karet Alam					
			0%	7%	7,5%	8%	8,5%	9%
1	Density		2,260	2,253	2,246	2,243	2,221	2,208
2	VMA%	Min 15	15,2	15,4	15,7	15,8	16,6	17,1
3	VIM%	3-5	4,2	4,5	4,7	4,9	5,8	6,4
4	VFB%	Min 65	72,5	71,1	69,9	69,2	65,2	62,8
5	Stabilitas (kg)	Min 1000	1417	1389	1306	1290	1155	1097
6	Flow (mm)	2-4	3,79	3,88	3,94	4,45	4,57	5,72
7	MQ (kg/mm)	Min 250	374	358	332	290	253	192

Berdasarkan hasil penelitian di laboratorium yang dapat dilihat pada tabel 4 dapat dilihat bahwa karet alam sebagai substitusi aspal yang memenuhi syarat karakteristik *Marshall* berupa *Density*, *VMA*, *VIM*, *VFA*, *Stability*, *Flow*, dan *Marshall Quotient* berada pada variasi karet alam 0%, 7%, dan 7,5%.

Hasil Pengujian PRD Campuran Karet Alam

Tabel 5 Hasil Pengujian PRD Campuran Karet Alam

Keterangan	75 x Tumbukan VIM Marshall (3-5%)			400 x Tumbukan VIM PRD (Min.2%)		
	Kadar Karet (%)			(Kadar Karet)		
	7,5	8	8,5	7,5	8	8,5
VIM	4,6	4,8	5,7	2	2,2	2,8

Berdasarkan Tabel 5 pemadatan dengan alat *Marshall* pada kondisi kepadatan standar menunjukkan bahwa campuran beraspal padat dengan karet alam sebagai substitusi aspal membuat meningkatnya rongga dalam campuran aspal akibatnya memiliki sifat kurang kedap terhadap udara dan air, sehingga air dan udara dapat mengoksidasi aspal dalam campuran dan keawetan menjadi berkurang serta dapat mengakibatkan retakan. Pemadatan dengan alat *Marshall* pada kondisi kepadatan mutlak menunjukkan bahwa campuran beraspal padat dengan cara ini memiliki sifat lebih kedap terhadap udara dan air, sehingga air dan udara lebih sulit mengoksidasi aspal dalam campuran dan keawetan menjadi lebih baik sehingga keretakan dapat dikurangi. Hal ini diakibatkan oleh lebih sedikitnya jumlah kadar aspal yang terdapat dalam campuran walaupun memiliki nilai VIM yang rendah, tetapi masih berada dalam batas-batas yang memenuhi syarat.

E. Hasil Pengujian Stabilitas Sisa Dengan Campuran Karet Alam

Tabel 6. Hasil Pengujian Stabilitas Sisa Dengan Campuran Karet Alam

Ket.	Stabilitas (kg) 30 Menit Perendaman			Stabilitas (kg) 24 Jam Perendaman			Stabilitas Sisa (Min 90%) 24 Jam Perendaman (rendam 24 jam/rendam 30 menit x 100)		
	Karet Alam (%)			Karet Alam (%)			Karet Alam (%)		
	7,5	8	8,5	7,5	8	8,5	7,5	8	8,5
Stabilitas	1293	1222	1114	1206	1160	1016	93	95	91

Berdasarkan Tabel 6 dapat dilihat bahwa nilai stabilitas *Marshall* ataupun stabilitas sisa, memenuhi syarat campuran aspal pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 dengan syarat penurunan stabilitas *Marshall* sisa minimal 90%. Dapat disimpulkan bahwa campuran aspal yang sudah diuji memiliki nilai kemampuan yang baik untuk menahan kerusakan yang diakibatkan oleh lama perendaman dalam air.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini mencoba menggunakan karet alam sebagai substitusi kadar aspal untuk campuran AC-WC dengan variasi 0%, 7%, 7,5%, 8%, 8,5%, 9% memberikan pengaruh pada campuran AC-WC terhadap berbagai karakteristik *marshall* yaitu untuk nilai dari *density*, stabilitas, dan *marshall quotient* mengalami penurunan hal ini disebabkan oleh sifat fisik dari karet alam yang lentur sehingga mengalami deformasi. Namun penurunan yang terjadi masih masuk syarat dari Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 revisi 2. Untuk nilai dari VMA, VIM, *Flow* mengalami kenaikan yang mana disebabkan oleh karet alam yang mengisi rongga pada campuran aspal. Dapat dilihat pada hasil

penelitian bahwa variasi karet alam yang memenuhi nilai-nilai dari karakteristik *Marshall* berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 revisi 2, yaitu pada variasi karet alam 0%, 7%, 7,5%.

REFERENSI

- Afriaziz, A., Sebayang, N., & Priskasari, E. (2019). Pengaruh Penambahan Karet Alam Pada Campuran Aspal Beton Lapis Aus Dengan Filler Fly Ash. *Student Journal Gelagar 1*, 1-6.
- Bambang, dkk .(2019). Transportasi Jalan di Indonesia Sejarah Dan Perkembangannya. Jawa Barat: Melvana
- Efendy, dkk (2019). Analisis Perbandingan Kadar Aspal Optimum (KAO) untuk Perbedaan Gradasi (BBA, FAA, dan BM). *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil Volume 17*, Nomor 1, Februari 2019
- Istiqlal, N. F. (2022). *Pengaruh Penggunaan Limbah Karet Pada Campuran Aspal Beton AC-WC Ditinjau Dari Parameter Marshall*. Padang: Universitas Bung Hatta.
- Nursandah, F., & Moch Zaenuri. (2019). Penelitian Penambahan Karet Alam (Lateks) Pada Campuan Laston AC-WC Terhadap Karakteristik Marshall. *Civilla : Jurnal Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan*, 262-267.
- Prastanto, H. (2015). Karakteristik Dan Hasil Uji Marshall Aspal Termodifikasi Dengan Karet Alam Terdepolimerisasi Sebagai Aditif. *Jurnal Penelitian Karet*, 75-82.
- Rahmawan. (2019). Pengaruh Penambahan Karet Alam (Lteks) Pada Campuran Aspal HRS-WC Dengan Abu Terbang (Fly As) Sebagai Filler.
- Safitri, I. (2022). Analisis Campuran Lapis Tipis Beton Aspal (LTBA) Menggunakan Bahan Tambahn Karet Alam SIR 20 Terhadap Karakteristik Marshall. *Aplikasi Teknik Sipil*, 139-148.
- SNI-06-2489-1990. (1990). *Langkah-langkah pembuatan benda uji marshall*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- SNI-06-2489-1990. (n.d.). *Langkah-langkah pembuatan benda uji marshall*.
- Sukirman, S. (2007). *Beton Panas Campuran Aspal*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Sulaiman, S., Utami, R., & Yulianti, N. P. (2018). Karakteristik Asphalt Concrete Wearing Course Akibat Penambahan Karet Alam Padat SIR 20 Dengan Metode Eksperimental. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar 9*, 203-207.
- Wahab, (2009). *Metode dan Model-Model Mengajar*. Bandung: Alfabeta