

Lateks KKK60 Pravulkanisasi sebagai *Modifier* Campuran Aspal (AC-WC)

Derry Wiliyanda Nasution^{1*}, Zulkarnain A.Muis¹, Adina Sari L.¹, Andy Putra R.¹, Rizki Aprilia S.¹

Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, Medan¹

Koresponden*, Email: derryns@usu.ac.id

	Info Artikel	Abstract
Diajukan	05 April 2022	<i>The government implemented a program to use rubber in pavement mixtures to increase domestic rubber consumption. Latex Dry Rubber Content 60% (KKK60) Prevulcanization is one of the natural rubbers used to modify asphalt. To determine the effect of adding prevulcanized KKK60 latex on the characteristics of AC-WC pavement mixture, Marshall and Wheel Tracking Machine (WTM) tests were carried out. Marshall testing to determine the value of stability and flow, while testing with the Wheel Tracking Machine (WTM) tool to determine dynamic stability and deformation rate. From the results of Marshall's testing, it is known that the addition of prevulcanized KKK60 latex can increase Marshall's stability value. The optimum level of latex addition is 5% with the Marshall stability value obtained is 1361. Meanwhile, from the WTM test results, a higher dynamic stability value was produced (2102 passes/mm). The addition of prevulcanized KKK60 latex improves Marshall stability and dynamic stability of AC-WC pavement mixtures.</i>
Diperbaiki	27 Februari 2023	
Disetujui	31 Januari 2024	

Keywords: latex KKK60, marshall stability, dynamic stability, asphalt concrete-wearing course.

Abstrak
Pemerintah mengalakkan program penggunaan karet pada campuran beraspal guna meningkatkan konsumsi karet domestik. Lateks Kadar Karet Kering minimum 60% (KKK60) Pravulkanisasi merupakan salah satu karet alam yang digunakan untuk memodifikasi aspal. Untuk mengetahui pengaruh penambahan lateks KKK60 pravulkanisasi terhadap karakteristik campuran beraspal AC-WC, dilakukan pengujian Marshall dan *Wheel Tracking Machine* (WTM). Pengujian Marshall untuk mengetahui nilai stabilitas dan flow, sedangkan pengujian dengan alat *Wheel Tracking Machine* (WTM) untuk mengetahui stabilitas dinamis dan laju deformasi. Dari hasil pengujian Marshall diketahui bahwa penambahan lateks KKK60 pravulkanisasi mampu meningkatkan nilai stabilitas Marshall. Kadar optimum penambahan lateks adalah sebesar 5% dengan nilai stabilitas Marshall yang didapat adalah 1361. Sedangkan dari hasil pengujian WTM dihasilkan nilai stabilitas dinamis yang lebih tinggi (2102 lintasan/mm). Penambahan lateks KKK60 pravulkanisasi meningkatkan stabilitas Marshall dan Stabilitas dinamis campuran beraspal AC-WC.

Kata kunci: lateks KKK60, stabilitas marshall, stabilitas dinamis, asphalt concrete-wearing course.

1. Pendahuluan

Pemerintah dalam hal ini Kementrian PUPR sedang menggalakkan penggunaan aspal karet sebagai upaya dalam mendongkrak harga karet alam. Penambahan karet dalam dalam campuran aspal dapat meningkatkan elastisitas aspal. Hal ini disebabkan karet alam merupakan polimer elastomer yang memiliki sifat elastis yang tinggi [1]. Penggunaan karet alam sebagai *modifier* campuran aspal dengan modifikasi dengan kadar 5-7% memiliki nilai stabilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran aspal konvensional. Selain itu meningkatkan stabilitas, penambahan karet alam dengan kadar 5-7% menurunkan nilai penetrasi yang lebih rendah dan meningkatkan nilai titik lembek[1]. Lateks Kadar Karet Kering minimum 60% (KKK60) Pravulkanisasi merupakan salah satu karet alam yang digunakan untuk memodifikasi aspal. Oleh sebab itu, untuk mengetahui pengaruh penambahan lateks KKK60 pravulkanisasi terhadap campuran beraspal khususnya campuran beraspal AC-WC dalam penelitian

akan diteliti bagaimana perubahan karakteristik campuran aspal yang telah dimodifikasi dengan KKK60 pravulkanisasi.

2. Metode

Penelitian pengaruh campuran beraspal AC-WC terhadap penambahan *modifier* Lateks KKK60 Pravulkanisasi merupakan penelitian eksperimen yang dilakukan di laboratorium. Dalam penelitian ini ditambahkan lateks KKK60 pravulkanisasi dengan kadar 0%, 3%, 5%, 6%, 7% dan 9% terhadap berat aspal.

Guna menentukan kadar aspal optimum pada campuran beraspal konvensional dilakukan uji Marshall dengan total tiga puluh sembilan benda uji. Tiga puluh sembilan benda uji yang digunakan merupakan campuran beraspal konvensional tanpa tambahan Lateks KKK60 Pravulkanisasi. Lima puluh empat buah benda uji Marshall dipersiapkan untuk menguji stabilitas Marshall dari campuran beraspal yang telah dimodifikasi Lateks KKK60 Pravulkanisasi, adapun variasi kadar

Lateks KKK60 Pravulkanisasi yang digunakan adalah 0%, 3%, 5%, 6%, 7% dan 9%. Untuk pengujian stabilitas dinamis campuran beraspal dilakukan uji *Wheel Tracking Machine (WTM)*. Uji WTM membutuhkan 2 buah benda uji dengan dan tanpa penambahan Lateks KKK60 Pravulkanisasi. Dari seluruh pengujian yang dilakukan total sembilan puluh lima benda uji campuran beraspal dipersiapkan.

Uraian pengujian yang dilaksanakan adalah sebagai berikut:

a. Pengujian untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO).

Pengujian dilakukan pada benda uji dengan lima variasi kadar aspal 5,0%; 5,5%; 6,0%; 6,5% dan 7%. Dengan pembagian benda uji bisa terlihat pada **Tabel 1**. Pengujian dilakukan KAO dilakukan dengan pengujian Marshall untuk mendapatkan nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*). Pada benda uji *Persentase Refusal Density (PRD)* hanya dilakukan pengujian *density* saja.

b. Pengujian Marshall aspal modifikasi Lateks KKK60 Pravulkanisasi

Pengujian aspal modifikasi Lateks KKK60 Pravulkanisasi dilakukan terhadap lima puluh empat benda uji pada KAO yang telah diperoleh sebelumnya. Aspal yang digunakan pada pengujian ini dimodifikasi dengan menambahkan Lateks KKK60 Pravulkanisasi pada variasi kadar 0%, 3%, 5%, 6%, 7% dan 9% terhadap berat aspal.

c. Pengujian *Wheel Tracking Machine (WTM)*

Pengujian WTM dilakukan untuk mendapatkan nilai stabilitas dinamis. Pengujian dilakukan pada benda uji dengan KAO dan modifikasi Lateks KKK60 Pravulkanisasi. Adapun kadar Lateks KKK60 Pravulkanisasi yang digunakan merupakan kadar optimum yang diperoleh dari pengujian Marshall aspal modifikasi lateks KKK60.

Analisis terhadap hasil pengujian meliputi: analisis mengenai penambahan Lateks KKK60 Pravulkanisasi. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui variasi modifikasi Lateks KKK60 Pravulkanisasi yang memenuhi persyaratan campuran aspal modifikasi. Analisis berikutnya dilakukana adalah analisis penambahan Lateks KKK60 Pravulkanisasi pada pengujian stabilitas dinamis.

3. Hasil dan Pembahasan

Secara garis besar hasil penelitian terbagi menjadi dua yaitu: Pemeriksaan Propertis Material dan Pengujian Campuran Beraspal. Pemeriksaan propertis aspal dilakukan pada aspal pen 60/70 tanpa dan dengan penambahan lateks KKK60 Pravulkanisasi.

Hasil pemeriksaan propertis aspal dapat dilihat pada **Tabel 2**. Pemeriksaan propertis agregat yang dilakukan

adalah pemeriksaan nilai berat jenis dan penyerapan pada agregat kasar dan agregat halus serta pemeriksaan nilai abrasi dengan mesin Los Angeles. Dari hasil pengujian agregat yang digunakan memenuhi persyaratan.

Tabel 1. Benda Uji Penelitian Sebelum KAO

Jenis Pengujian Marshall untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO)	
Pengujian Mashall 30 Menit	
5,0%	3
5,5%	3
6,0%	3
6,5%	3
7,0%	3
Pengujian Marshall 24 Jam	
5,0%	3
5,5%	3
6,0%	3
6,5%	3
7,0%	3
Pengujian PRD	
5,5%	3
6,0%	3
6,5%	3
Sub-Total Benda Uji	39

Jenis karet alam yang digunakan dalam penelitian ini adalah Lateks KKK60 Pravulkanisasi. Maka pemeriksaan yang dilakukan adalah pemeriksaan Lateks KKK60 Pravulkanisasi dengan hasil tertera pada **Tabel 3**.

Seperti penjelasan pada subab metode, pengujian material yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian Marshall untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) dan Stabilitas Marshall, serta pengujian *Wheel Tracking Machine* untuk mendapatkan Stabilitas Dinamis.

Nilai stabilitas untuk campuran beraspal AC-WC tanpa penambahan Lateks KKK60 Pravulkanisasi pada penelitian ini memenuhi Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018, sementara untuk campuran beraspal AC-WC dengan penambahan Lateks KKK60 Pravulkanisasi memenuhi Spesifikasi Khusus Interim (SKh-1.6.25). Berdasarkan **Gambar 1** dapat diketahui bahwa terjadinya peningkatan nilai stabilitas pada campuran beraspal modifikasi dengan penambahan Lateks KKK60 Pravulkanisasi. Pada penambahan 3%, 5%, stabilitas campuran meningkat dengan nilai masing-masing 1278 kg dan 1361 kg dibandingkan dengan campuran beraspal tanpa

penambahan yaitu dengan stabilitas 1084 kg. Hal tersebut menunjukkan bahwa dengan adanya karet dalam campuran aspal dapat meningkatkan daya ikat antara aspal dan agregat sehingga stabilitasnya meningkat. Namun pada penambahan

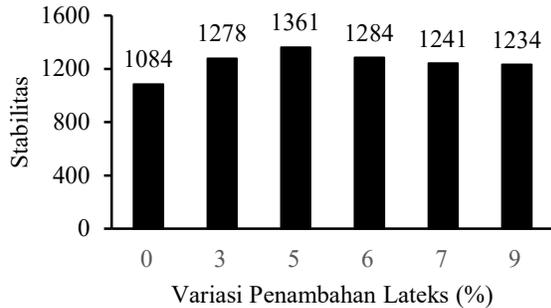
6%, 7% dan 9% nilai stabilitas menunjukkan penurunan. Hal mendukung penelitian sebelumnya [2]. Hal tersebut didukung oleh [3] bahwa penurunan stabilitas disebabkan karena campuran tersebut mulai getas.

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Aspal tanpa dan dengan Penambahan Lateks KKK60 Pravulkanisasi

No	Jenis Pemeriksaan Aspal	Spek.	Hasil Pemeriksaan Aspal					
			Variasi Lateks KKK60 Pravulkanisasi					
			0%	3%	5%	6%	7%	9%
1.	Penetrasi 25°C (0,1mm)	Min 50	66.6	57.8	56.5	56.1	55.7	55.5
2.	Titik Lembek (°C)	≥ 52	49	54.0	54.8	55.2	56.0	56.6
3.	Berat Jenis	≥ 1.0	1.011	1.019	1.017	1.013	1.011	1.017

Tabel 3. Nilai Hasil Pengujian Marshall dengan Penambahan Lateks KKK60 Pravulanisasi

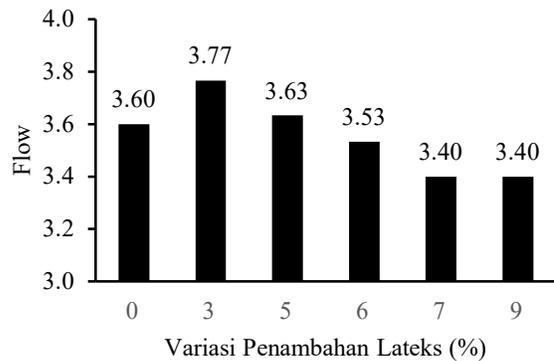
Parameter Marshall	Nilai Hasil Pengujian						Spesifikasi
	Kadar Lateks KKK60 Pravulkanisasi (%)						
	0	3	5	6	7	9	
Density, g/cc	2.370	2.383	2.384	2.385	2.388	2.393	-
Stabilitas, kg	1084	1278	1361	1284	1241	1234	Min 900
Flow, mm	3.60	3.77	3.63	3.53	3.4	3.4	2 – 5
VMA, %	16.56	16.13	16.06	16.03	15.95	15.77	Min 15
VFB, %	77.22	79.01	79.58	80.10	80.72	81.26	Min 65
VIM, %	3.77	3.39	3.28	3.19	3.08	2.96	3 – 5
VIM PRD, %	2.32	2.29	2.24	2.13	2.08	1.90	Min 2.0
MQ, kg/mm	301.2	339.2	374.6	363.3	365.0	362.9	Min 250
Marshall Retained, %	93.49	94.16	97.44	98.52	99.81	99.62	Min 90



Gambar 1. Nilai Stabilitas Aspal

Dari **Tabel 3** dapat dilihat bahwa nilai flow campuran beraspal AC-WC tanpa dan dengan penambahan Lateks KKK60 Pravulkanisasi seluruhnya memenuhi spesifikasi. Nilai flow yang tinggi berarti suatu campuran bersifat plastis dan berpotensi mengalami deformasi permanen ketika terjadinya pembebanan. Sebaliknya nilai flow yang rendah mengindikasikan bahwa campuran bersifat kaku dan rentan terhadap retak. Dari **Gambar 2** penambahan lateks diatas 3% menyebabkan nilai flow terus mengalami penurunan. Hal ini

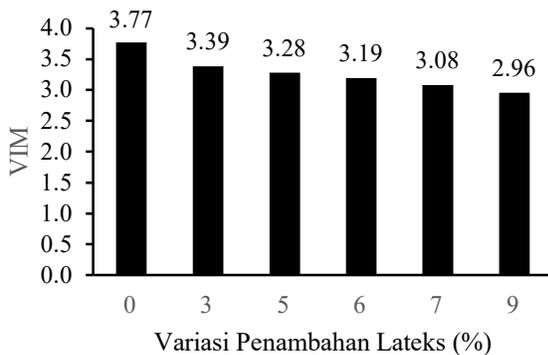
sesuai dengan penelitian sebelumnya [2]. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa semakin besar kadar penambahan lateks menyebabkan campuran beraspal bersifat lebih kaku dan rentan mengalami retak apabila terjadinya pembebanan berat.



Gambar 2. Nilai Flow Marshall

Berdasarkan **Tabel 3**, nilai VIM pada campuran dengan penambahan 0%, 3%, 5%, 6% dan 7% memenuhi spesifikasi, namun pada kadar penambahan 9%, nilai VIM tidak memenuhi spesifikasi minimum yang disyaratkan. Dari

Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin besar kadar penambahan Lateks KKK60 Pravulkanisasi pada campuran beraspal menyebabkan semakin rendahnya nilai VIM campuran. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang mengungkapkan bahwa campuran menjadi semakin rapat dan padat karena rongga udara dalam campuran semakin kecil disebabkan terisi oleh partikel-partikel karet [2]. Nilai VIM juga dipengaruhi oleh suhu pemadatan. Pada suhu pemadatan tinggi, aspal karet lebih mudah menutupi seluruh partikel agregat sehingga homogenitasnya meningkat. Apabila nilai VIM dibawah 3%, campuran cenderung rentan terhadap deformasi permanen sebaliknya jika nilai VIM diatas 5% campuran cenderung mengalami kerapuhan (*brittleness*), retak premature (*premature cracking*) dan pengelupasan (*stripping*)[4].

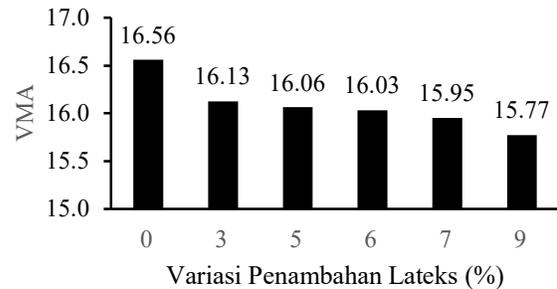


Gambar 3. Nilai Rongga dalam Campuran (VIM)

Nilai VMA untuk seluruh kadar penambahan Lateks KKK60 Pravulkanisasi pada penelitian ini memenuhi spesifikasi. **Gambar 4** menunjukkan nilai VMA yang menurun seiring dengan bertambahnya kadar Lateks KKK60 Pravulkanisasi dalam campuran beraspal. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya [2]. Nilai VMA yang kecil berarti campuran memiliki keawetan. Sedangkan jika nilai VMA terlalu besar, campuran beraspal cenderung mengalami deformasi permanen [5].

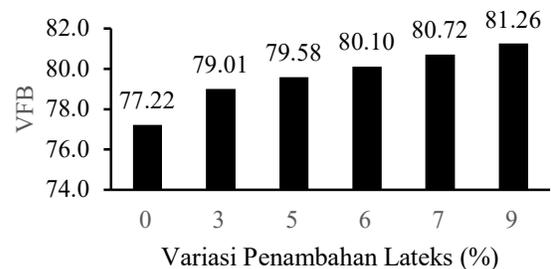
Nilai VMA menunjukkan kemampuan suatu campuran beraspal untuk menahan jumlah aspal yang cukup dan khususnya untuk menyediakan lapisan aspal yang relatif tebal untuk menyelimuti agregat[4]. Berdasarkan **Gambar 5** diketahui bahwa campuran beraspal dengan penambahan memiliki nilai VMA yang lebih rendah dibandingkan campuran beraspal tanpa penambahan. Ini berarti campuran beraspal dengan penambahan Lateks KKK60 Pravulkanisasi memiliki keawetan yang lebih baik dibandingkan campuran beraspal tanpa penambahan.

Nilai VFB kedua jenis campuran seperti yang terlihat pada **Tabel 3** seluruhnya memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan. **Gambar 6** menunjukkan bahwa terjadinya peningkatan nilai VFB seiring dengan semakin besarnya kadar Lateks KKK60 Pravulkanisasi dalam campuran beraspal.



Gambar 5. Nilai VMA Marshall

Adanya peningkatan nilai VFB berarti semakin meningkatnya rongga terisi aspal dan karet. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya [2]. Semakin tinggi nilai VFB menandakan kekedapan aspal meningkat sehingga memiliki ketahanan terhadap air semakin baik dan memiliki ketahanan terhadap rutting pada saat lalu lintas padat. Jika nilai VFB diatas 82% akan menyebabkan terjadinya bleeding dan apabila nilai VFB dibawah 75% dapat menyebabkan kerapuhan [4]. **Gambar 6** menunjukkan bahwa campuran beraspal dengan penambahan memiliki nilai VFB yang lebih besar dibandingkan campuran beraspal tanpa penambahan. Hal ini berarti campuran beraspal dengan penambahan memiliki kekedapan terhadap air yang lebih baik.

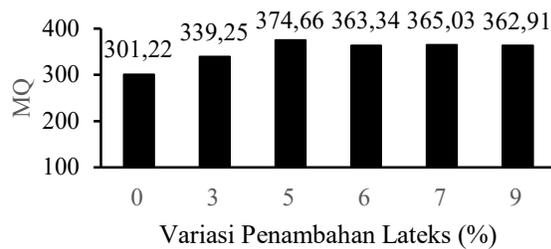


Gambar 6. Nilai VFB Marshall

Berdasarkan **Tabel 3**, seluruh nilai Marshall Quotient pada penelitian ini memenuhi spesifikasi yang ditentukan. Nilai Marshall Quotient didapat dengan membagikan nilai stabilitas dan flow. Nilai MQ yang semakin tinggi menandakan suatu campuran memiliki stabilitas yang tinggi dan flow yang rendah. Tingginya nilai Marshall Quotient menunjukkan sifat campuran beraspal yang semakin kaku. Dari **Gambar 6** diketahui bahwa campuran beraspal dengan penambahan Lateks KKK60 Pravulkanisasi memiliki nilai

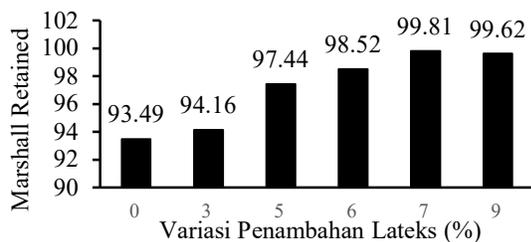
Marshall Quotient lebih besar dibandingkan campuran tanpa penambahan. Hal ini berarti campuran dengan penambahan Lateks KKK60 Pruvulkanisasi bersifat lebih kaku dibandingkan campuran beraspal tanpa penambahan. [6].

Berdasarkan **Tabel 3**, nilai Marshall Retained campuran tanpa dan dengan penambahan Lateks KKK60 Pruvulkanisasi memenuhi spesifikasi yang ditentukan. Diketahui dari **Gambar 7** bahwa dengan semakin besarnya kadar Lateks KKK60 Pruvulkanisasi dalam campuran beraspal mengakibatkan campuran memiliki nilai Indeks Kekuatan Sisa yang meningkat.



Gambar 6. Nilai Marshall Quotient

Diketahui dari **Gambar 7** bahwa dengan semakin besarnya kadar Lateks KKK60 Pruvulkanisasi dalam campuran beraspal mengakibatkan campuran memiliki nilai Indeks Kekuatan Sisa yang meningkat. Terdapat peningkatan nilai Marshall Retained pada penambahan 3%, 5%, 6% dan 7%. Namun pada kadar penambahan 9% nilai Marshall Retained mengalami penurunan. Dari data tersebut diketahui bahwa campuran beraspal dengan bahan tambah Lateks KKK60 Pruvulkanisasi memiliki ketahanan yang baik terhadap kerusakan yang diakibatkan oleh air [7]. Campuran beraspal dengan penambahan lateks memiliki keawetan yang lebih baik, hal ini sesuai dengan yang disampaikan [8] bahwa campuran dengan dengan penambahan lateks memiliki kohesi, adhesi, ketahanan terhadap air dan temperatur yang baik.

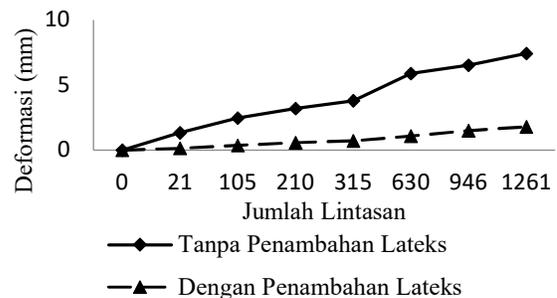


Gambar 7. Nilai Marshall Retained

Dari seluruh nilai parameter Marshall yang telah diuraikan di atas, penambahan Lateks KKK60 Pruvulkanisasi secara keseluruhan dapat meningkatkan kualitas campuran beraspal khususnya pada nilai stabilitasnya. Namun demikian,

perlu adanya pembatasan jumlah kadar yang digunakan dalam campuran beraspal karena jika kadarnya terlalu banyak maka akan menurunkan kualitas dari campuran beraspal. Dari parameter-parameter Marshall di atas kadar optimum campuran beraspal terpilih ialah pada kadar 5% dan sesuai dengan rentang kadar yang dianjurkan dalam Pd 08-2019-B tentang “Perancangan dan Pelaksanaan Campuran Beraspal Panas dengan Aspal yang Mengandung Karet Alam”.

Pengujian Wheel Tracking Machine dilakukan pada benda uji tanpa penambahan dan benda uji dengan penambahan Lateks KKK60 Pruvulkanisasi dengan kadar paling optimum berdasarkan analisis parameter pengujian Marshall, yaitu pada kadar 5%. **Tabel 3** menunjukkan nilai stabilitas dinamis pada campuran dengan penambahan Lateks KKK60 Pruvulkanisasi memenuhi standard minimum yang disebutkan pada Spesifikasi Khusus Interis Laston dengan Aspal yang mengandung Karet Alam (SKh-1.6.25) yaitu minimum 2000 lintasan. **Gambar 8** menunjukkan bahwa campuran beraspal dengan penambahan Lateks KKK60 Pruvulkanisasi memiliki nilai stabilitas dinamis yang lebih tinggi dibandingkan campuran beraspal tanpa penambahan. Berdasarkan fenomena tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan adanya penambahan Lateks KKK60 Pruvulkanisasi dalam campuran beraspal dapat meningkatkan nilai stabilitas dinamis campuran beraspal [9][10][11]. Hal ini didukung oleh [9] yang mengungkapkan bahwa campuran beraspal dengan penambahan karet alam memiliki ketahanan terhadap deformasi permanen lebih baik dibandingkan dengan campuran beraspal tanpa penambahan. Penambahan karet alam dalam aspal memberikan ketahanan yang baik terhadap alur (*rutting*) dan retak akibat kelelahan (*fatigue cracking*) selama masa pelayanannya [12].



Gambar 8. Hasil Pengujian WTM

4. Simpulan

Berdasarkan hasil dan analisis data terhadap pengaruh penambahan Lateks KKK60 Pruvulkanisasi terhadap karakteristik campuran beraspal AC-WC, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Aspal 60/70 dengan penambahan Lateks KKK60 Pravulkanisasi, menunjukkan peningkatan terhadap sifat-sifat fisis aspal berdasarkan pengujian penetrasi dan titik lembek yaitu mampu menurunkan nilai penetrasi dan meningkatkan nilai titik lembek aspal. Sehingga menambahkan lateks pada aspal menjadikan aspal memiliki ketahanan yang baik terhadap temperatur.
2. Adanya penambahan Lateks KKK60 Pravulkanisasi pada campuran beraspal memberikan nilai-nilai parameter Marshall sebagai berikut:
 - a. Nilai stabilitas Marshall meningkat dibandingkan dengan campuran tanpa penambahan. Hal ini menunjukkan adanya lateks dalam campuran aspal dapat meningkatkan daya ikat antara aspal dan agregat sehingga stabilitasnya meningkat. Nilai stabilitas tertinggi diperoleh pada saat penambahan lateks sebesar 5% terhadap berat aspal yaitu sebesar 1361 kg.
 - b. Nilai VIM dan VMA mengalami penurunan disebabkan karena campuran semakin padat karena rongga-rongga dalam campuran terisi oleh partikel lateks.
 - c. Nilai VFB mengalami peningkatan dikarenakan semakin banyaknya rongga yang terisi oleh aspal dan lateks menyebabkan campuran beraspal dengan penambahan lateks memiliki kekedapan yang baik.
 - d. Nilai Marshall Retained mengalami peningkatan, artinya campuran dengan penambahan Lateks KKK60 Pravulkanisasi memiliki ketahanan yang baik terhadap kerusakan yang diakibatkan oleh air.
 - e. Kadar optimum penambahan Lateks KKK60 Pravulkanisasi adalah sebesar 5% terhadap berat aspal.
3. Berdasarkan hasil pengujian stabilitas dinamis dengan alat Wheel Tracking Machine diketahui bahwa campuran dengan penambahan 5% Lateks KKK60 Pravulkanisasi memiliki nilai stabilitas dinamis yang lebih besar dibandingkan campuran beraspal tanpa penambahan, artinya campuran dengan penambahan lateks memiliki ketahanan yang baik terhadap rutting.

Daftar Pustaka

- [1] H. Prastanto, Y. Firdaus, S. Puspitasari, A. Ramadhan, and A. F. Falaah, "Sifat Fisika Aspal Modifikasi Karet Alam Pada Berbagai Jenis Dan Dosis Lateks Karet Alam," *J. Penelitian Karet*, vol. 36, no. 1, pp. 65–76, 2018, doi: 10.22302/ppk.jpk.v36i1.444.
- [2] H. Prastanto, Y. Firdaus, S. Puspitasari, A. Ramadhan, and A. F. Falaah, "Study of Physical Characteristic Of Rubberized Hot Mix Asphalt Based On Various Dosage Of Natural Rubber Latex And Solid Rubber," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 509, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/509/1/012049.
- [3] I. N. A. Thanaya, I. G. R. Puranto, and I. N. S. Nugraha, "Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Penetrasi 60/70 dengan Penambahan Lateks," *Media Komunitas Teknik Sipil*, vol. 22, no. 2, p. 77, 2016, doi: 10.14710/mkts.v22i2.12875.
- [4] H. Siswanto, "Improving the physical properties of asphalt concrete wearing course using latex DRC60," *AIP Conf. Proc.*, vol. 1778, no. October, 2016, doi: 10.1063/1.4965757.
- [5] F. Utami, "Evaluasi Kinerja Campuran Beraspal Panas Dengan Bahan Tambah Natural Rubber (Lateks) Untuk Lapis Antara (AC-BC)," Institut Teknologi Bandung, 2019.
- [6] M. A. Shafii, S. J. Chia, and N. M. Rais, "Hot mix asphalt (HMA) properties using natural rubber latex (NRL)-modified bitumen," *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 4, pp. 3241–3244, 2018, doi: 10.14419/ijet.v7i4.13735.
- [7] S. Henri, "Improving of Water Resistance of Asphalt Concrete Wearing Course Using Latex-Bitumen," vol. 01033, pp. 1–7, 2017.
- [8] S. Abdulrahman, M. R. Hainin, M. K. I. Mohd Satar, N. A. Hassan, and Z. H. Al Saffar, "Review on the potentials of natural rubber in bitumen modification," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 476, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/476/1/012067.
- [9] N. Suaryana and T. S. Sofyan, "Performance Evaluation of Hot Mixture Asphalt Using Concentrated Rubber Latex, Rubber Compound and Synthetic Polymer as Modifier," *Civ. Eng. Dimens.*, vol. 21, no. 1, pp. 36–42, 2019, doi: 10.9744/ced.21-1.36-42.
- [10] A. V. N. Putra, M. Agustien, and K. Edi, "Use of Latex as a Renewable and Sustainable Asphalt Mixture Material," vol. 5, no. 4, pp. 1022–1028, 2020.
- [11] V. M. Garcia, M. Valenzuela, A. Torres, I. Abdallah, and S. Nazarian, "Performance Characterization of Asphalt Concrete Mixtures Modified with a Latex Additive," vol. 3, no. Monteiro 2009, pp. 255–265, 2019.
- [12] K. A. Bakar et al., "Influence of Ageing Process on Rheological Characteristic of Waste Natural Rubber Latex Modified Bitumen," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1049, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1742-6596/1049/1/012100.