

Pengaruh Campuran Aspal Penetrasi 60/70 dengan Kadar Aspal 5,5% dan Lateks Terhadap Karakteristik *Marshall* pada Perkerasan AC-WC

The Effect of Asphalt Penetration 60/70 with a Content of 5.5% and Latex Towards the Marshall Characteristic on AC-WC Pavement

Gilang Ramadhon, Anita Rahmawati

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Meningkatnya jumlah kendaraan sebagai pengguna jalan menuntut peningkatan kualitas jalan pada perkerasan lentur. Aspal sebagai bahan pengikat pada perkerasan lentur, saat ini mulai dikembangkan untuk dimodifikasi dengan bahan lain. Salah satu bahan yang digunakan adalah lateks, yang berasal dari sumber daya alam yang melimpah di Indonesia dan sekaligus negara penghasil karet terbesar di dunia, maka dapat memenuhi kualitas dan berapapun jumlah yang dibutuhkan. Lateks memiliki sifat elastis dan dapat menyatu dengan aspal sehingga dapat meningkatkan kualitas pada perkerasan jalan dari segi kekuatan, kenyamanan, dan keamanan. Pada penelitian ini menggunakan metode *Marshall* untuk mengetahui pengaruh lateks terhadap karakteristik pada campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC). Dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada kadar aspal 5,5% dengan variasi penambahan lateks sebesar 0%, 3%, 5%, dan 7% didapatkan hasil kadar lateks yang cukup baik dan memenuhi spesifikasi yaitu 5%, dengan nilai *Density* sebesar 2,26, nilai VMA sebesar 18,92%, nilai VIM sebesar 6,90%, nilai VFA sebesar 67,69%, nilai Stabilitas sebesar 1115,86 kg, nilai *Flow* sebesar 3,17 mm, dan nilai MQ sebesar 351,59 kg/mm.

Kata-kata kunci : Aspal Modifikasi, Pengujian *Marshall*, Lateks.

Abstract. The increasing number of transportation as the road user requires quality improvement in the road for flexible pavement. Asphalt as the binding material in the flexible pavement is currently developed to be modified with other materials. One of the materials used is latex. It is one of the abundant natural resources in Indonesia. Also, Indonesia becomes the largest producer of rubber in the world. Therefore, they can fulfill the required quality and quantity. Latex is elastic and it can be mixed well with asphalt so that it can improve the quality of road pavement in terms of durability, safety, and comfort. In this research, the Marshall method was used to know the influence of latex toward the characteristic of Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) mixture. Based on the result of the test done towards the asphalt content of 5.5% and the latex content in variation of 0%, 3%, 5%, and 7%, it was found that a good latex content that fulfilled the specification was 5% with Density 2.26, VMA 18.92%, VIM 6.90%, VFA 67.69%, Stability 1115.86 kg, Flow 3.17 mm, and MQ 351.59 kg/mm.

Keywords : Modified Asphalt, Marshall Test, Latex.

1. Pendahuluan

Peningkatan untuk kebutuhan akan fasilitas infrastruktur transportasi di Indonesia saat ini mengalami peningkatan khususnya untuk jenis transportasi darat. Salah satu penyebabnya ialah seiring dengan meningkatnya jumlah kendaraan sebagai pengguna jalan. Di mana jenis perkerasan jalan yang banyak digunakan adalah perkerasan lentur. Maka perlu adanya peningkatan kualitas jalan pada perkerasan lentur sebagai penerima beban dinamik dari kendaraan tersebut. Kondisi tersebut agar tercapainya

kualitas perkerasan jalan dari segi kekuatan, kenyamanan, dan keamanan.

Aspal sebagai bahan pengikat yang baik bersifat mengikat agregat dan melapisi agregat dari pelapukan, air, dan pengausan, maupun mengikat antara aspal itu sendiri. Aspal juga berfungsi sebagai bahan pengisi. Saat ini mulai banyak dikembangkan penelitian untuk meningkatkan mutu maupun stabilitas aspal itu sendiri. Cara yang dapat dilakukan dengan penambahan bahan-bahan yang memiliki sifat hampir sama dan bisa menyatu dengan aspal.

Lateks atau karet alam cair merupakan hasil sumber daya alam yang melimpah di

Indonesia, sekaligus penghasil karet alam terbesar di dunia, maka dapat memenuhi kualitas dan berapa pun jumlah yang dibutuhkan.

Dalam penelitian ini akan menggunakan lateks sebagai bahan tambah campuran aspal beton lapis (AC-WC), karena partikel karetnya memiliki daya lengket serta memiliki sifat hampir sama dan dapat menyatu dengan aspal. Dengan kata lain penambahan karet mentah atau lateks dapat meningkatkan nilai stabilitas dari campuran aspal (Pataras dkk., 2017). Dipakai aspal minyak penetrasi 60/70 dengan kadar aspal 5,5% serta variasi penambahan lateks sebesar 0%, 3%, 5%, dan 7%, dengan metode *Marshall* yang dilakukan di laboratorium, dan bagaimana karakteristik yang diperoleh dari campuran AC-WC dengan lateks sebagai bahan tambah.

Rumusan masalah penelitian ini adalah bagaimana pengaruh penambahan lateks pada aspal penetrasi 60/70?, bagaimana pengaruh penambahan lateks terhadap nilai *VIM*, *VMA*, *VFA*, Stabilitas, *Flow*, dan *MQ*?. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh nilai penetrasi, berat jenis, kehilangan berat minyak, dan titik lembek dengan penambahan lateks pada aspal penetrasi 60/70, menganalisis pengaruh penambahan lateks dalam campuran aspal dengan penetrasi 60/70 terhadap nilai *VIM*, *VMA*, *VFA*, Stabilitas, *Flow*, *MQ*. Lingkup penelitian hanya berskala laboratorium dan tidak meneliti adanya reaksi kumia. Manfaat penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi dalam bidang peneliti yang berkaitan dengan perkerasan AC-WC dengan penambahan lateks, dan sebagai pengetahuan tambah bagi mahasiswa.

2. Pemanfaatan Lateks Sebagai Bahan Tambah Campuran Aspal

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Thanaya dkk. (2016) menggunakan bahan lateks dengan kadar variasi penambahan sebesar 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% dari total berat bahan pengikat berupa aspal penetrasi 60/70 dengan pengujian karakteristik *Marshall*. Hasil dari pengujian aspal dengan variasi penambahan lateks sebesar 4% memenuhi semua spesifikasi.

Sambodo dan Rulhendri (2014) menyatakan bahwa penambahan lateks KKK-60 dengan campuran aspal konvensional dapat meningkatkan kualitas campuran beraspal. Metode pengujian pada penelitian ini adalah dengan karakteristi *Marshall*. Hasilnya dengan penambahan lateks KKK-60 sebesar 1% sampai 5% ke dalam aspal penetrasi 60, didapat variasi lateks 3% yang dapat memenuhi spesifikasi.

Prastanto dkk. (2018) menyatakan dalam penelitiannya dengan memodifikasi karet alam pada berbagai jenis dan dosis lateks karet alam. Dalam penelitian ini dilakukan di laboratorium dengan berbagai macam pengujian sifat fisik aspal. Hasil yang diperoleh lateks kationik (L2) pada dosis 5% terhadap bobot aspal penetrasi 60/70 adalah dosis yang digunakan karena meningkatkan titik lembek yang cukup baik.

Hermadi dan Ronny (2015) mengungkapkan bahwa penambahan lateks KKK-60 (Kadar Karet Kering 60) dengan variasi 0%, 1%, 3%, dan 5%. Aspal dan lateks dicampur pada suhu 110°C hingga tercampur rata atau homogen.

NorFazira dkk. (2016) menyatakan bahwa dalam penelitiannya aplikasi karet alam untuk memodifikasi aspal. Dari hasil yang diperoleh bahwa karet alam lateks menunjukkan tingkat campuran yang baik

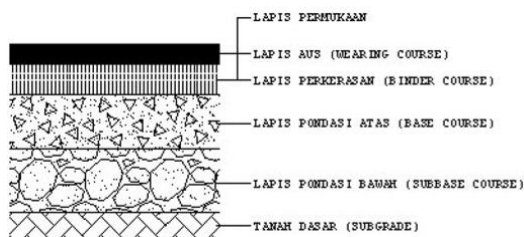
Rosyad dkk. (2018) menyatakan dalam penelitiannya tentang aspal beton (AC-WC) yang dicampur dengan limbah karet untuk mengetahui pengaruh terhadap durabilitas dan fleksibilitas. Hasilnya bahwa pengaruh persentase limbah karet sebagai fraksi halus terhadap durabilitas yang dipengaruhi stabilitas *Marshall* sisa dan fleksibilitas dipengaruhi hasil nilai *MQ*.

Ludfi dkk. (2016) menyatakan dalam penelitiannya tentang penambahan zat aditif terhadap kinerja campuran beraspal porus. Hasil dari penelitian yang dilakukan dengan menambahkan zat aditif gilsonite dan lateks dapat meningkatkan nilai stabilitas *Marshall*. Peningkatan paling besar saat ditambahkan gilsonite, tetapi tidak terlalu signifikan untuk mengurangi kemampuan permeabilitas campuran. Sehingga campuran aspal porus dengan gilsonite dapat digunakan pada perkerasan rendah sampai sedang.

3. Dasar Teori

Perkerasan jalan

Perkerasan jalan merupakan campuran antara agregat dengan bahan ikat untuk melayani beban lalu lintas, dengan agregat yang dipakai yaitu batu pecah, batu belah, batu kali, dan dengan bahan ikat aspal, semen, dan tanah liat (Tenriajeng, 2002). Menurut Sukirman (1992), konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang disusun pada tanah dasar yang sudah dipadatkan. Susunan lapis perkerasan lentur seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Lapis perkerasan lentur (Sukirman, 2003)

Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)

Laston-AC merupakan campuran aspal, agregat, dan bahan pengisi. Agregat yang bergradasi menerus dengan struktur saling kunci sehingga menghasilkan kekuatan dari bahan tersebut (Laitinen, 1998).

Lateks

Wijaya dkk. (2016) menyatakan bahwa lateks adalah cairan berwarna putih susu diperoleh dari getah pohon karet yang disadap, biasanya dapat digunakan untuk membuat ban, karet gelang, sarung tangan medis. Fungsi dari lateks dapat menjadi bahan dasar pembuatan barang yang membutuhkan durabilitas dan elastisitas tinggi. Lateks yang berkualitas baik biasanya tidak tercampur air, bersih dari kotoran kayu, debu, dan daun.

Karakteristik Marshall

Hal terpenting dalam pengujian ini adalah beban maksimum yang sanggup dipikul oleh benda uji sebelum hancur atau stabilitas benda uji. Kelelehan (*flow*) juga sebagai parameter penting sebagai jumlah akumulasi deformasi benda uji sebelum hancur. Turunan

dari stabilitas dan *flow* adalah *Marshall Quotient* (MQ) merupakan nilai kekakuan berkembang (*pseudo stiffness*), yang menunjukkan ketahanan campuran terhadap deformasi permanen (Whiteoak, 1990). Parameter lain di antaranya adalah VIM, VMA, VFA yang ditentukan dalam kondisi standar (BSN, 1991d).

1. Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban hingga terjadi kelelehan.

$$A = a \times b \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

a = Nilai pembacaan arloji stabilitas.

b = Kalibrasi *proving ring*.

$$\text{Stabilitas} = A \times \text{Koreksi tebal benda uji} \dots\dots\dots (2)$$

2. Flow

Flow merupakan keadaan perubahan bentuk suatu campuran aspal yang terjadi akibat beban. Penentuan nilai *flow* dengan membaca pada arloji (*dial*) kelelehan yang dinyatakan dalam mm.

3. Kadar rongga dalam agregat (VMA)

VMA merupakan volume rongga yang terdapat di antara butir-butir agregat dari suatu campuran aspal yang sudah dipadatkan

$$\text{Kadar Rongga Agregat} = (100 - \text{volume agregat}) \dots\dots\dots (3)$$

4. Rongga terhadap campuran (VIM)

VIM merupakan parameter yang menunjukkan volume rongga yang berisi udara di dalam campuran aspal.

$$\text{Rongga T. Campuran} = 100 - \frac{100 \times a}{b} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

a = Berat volume (gr/cc).

b = Berat Jenis maksimum teoritis (gr/cc).

5. Rongga yang terisi spal (VFA)

VFA merupakan rongga yang terdapat di antara partikel agregat yang terisi oleh aspal.

$$\text{Rongga Terisi Aspal} = 100 \times \frac{a}{b} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan :

a = Volume aspal.

b = Kadar rongga dalam agregat

(VMA) (%).

6. *Marshall Quotient* (MQ)

Marshall Quotient (MQ) merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*.

$$\text{Marshall Quotient} = \frac{a}{b} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :

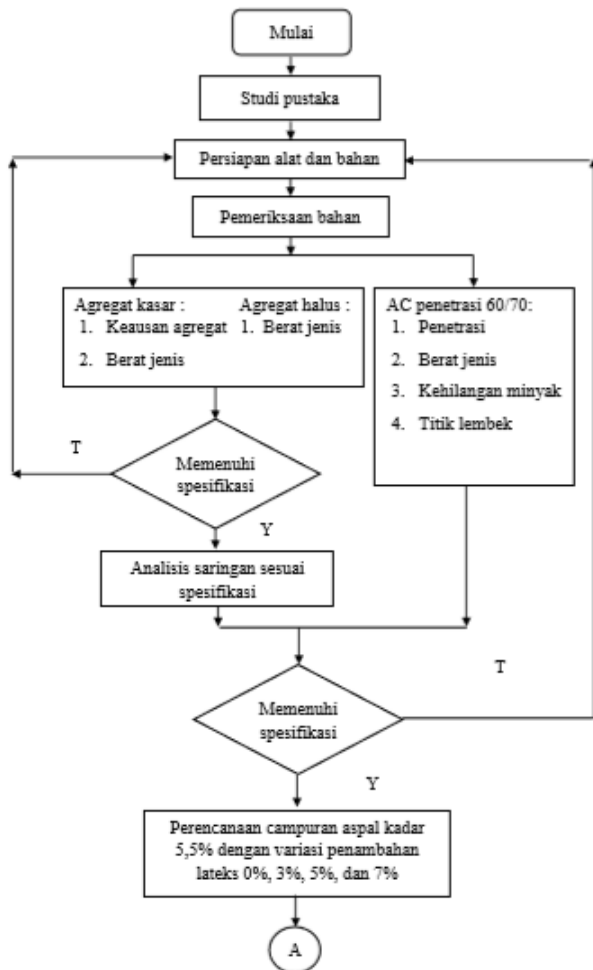
a = Stabilitas.

b = *Flow*.

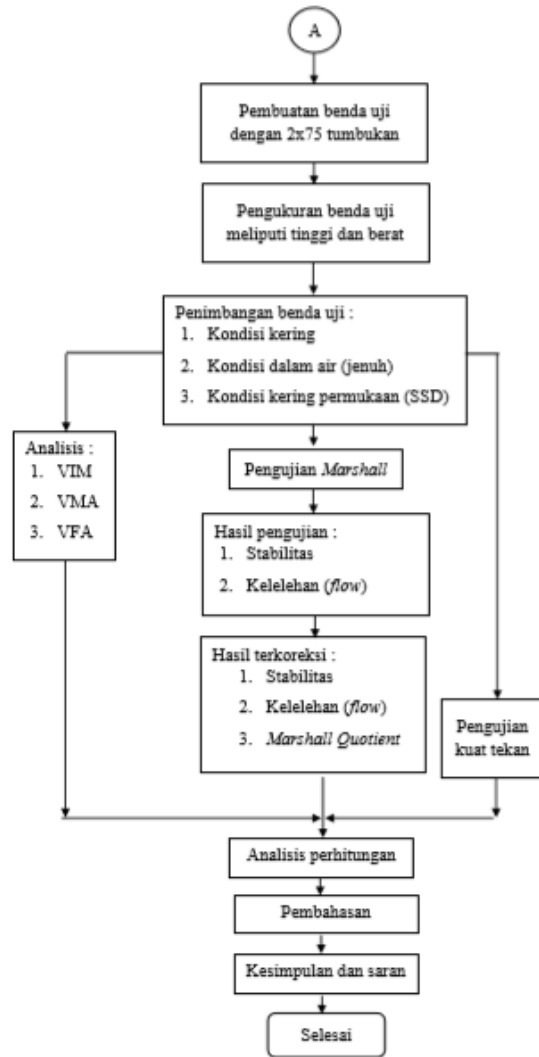
4. **Metode Penelitian**

Bagan alir penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (UMY). Data yang digunakan berupa data primer dan data sekunder. Tahapan penelitian secara rinci dijelaskan dibagan alir pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2 Bagan alir penelitian



Gambar 2 Bagan alir penelitian (lanjutan)

Tahapan pelaksanaan penelitian

1. Studi pustaka
Tahap studi pustaka merupakan kegiatan dalam menggali informasi mengenai referensi terkait penelitian yang terdahulu. Kegiatan tersebut juga sebagai pendalaman kajian teori serta penetapan spesifikasi yang akan dipakai dalam penelitian.
2. Persiapan
Persiapan meliputi pemenuhan alat dan bahan yang meliputi agregat, aspal, dan lateks.
3. Pemeriksaan material
Tahap pemeriksaan material merupakan kegiatan pengujian terhadap material yang digunakan seperti agregat, lateks, dan aspal. Pengujian ini untuk mengetahui sifat fisis dan bertujuan untuk mengetahui kualitas serta kesesuaian dari spesifikasi yang digunakan.

Menurut Rondonuwu F dkk. (2013) (Dalam Ritonga dan Ifandi, 2016), hasil dari penelitian sifat fisik pengujian berat jenis *bulk* dan berat jenis *apparent* agregat nilainya semakin besar menghasilkan nilai VIM semakin kecil. Pengujian yang dilakukan untuk memeriksa agregat sesuai spesifikasi yang digunakan, yaitu Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 revisi 3 yang meliputi beberapa pengujian di antaranya adalah :

- a. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat, untuk mengetahui berat jenis curah, berat jenis jenuh kering, berat jenis, dan nilai penyerapan air.
- b. Keausan agregat kasar dengan mesin abrasi *Los Angeles*, pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kekuatan dan ketahanan dari agregat kasar terhadap keausan. Cara pengujiannya dengan memasukkan agregat kasar ke dalam mesin bersamaan dengan 11 bola baja lalu diputar dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm sebanyak 500 putaran.

Pemeriksaan yang dilakukan untuk pengujian aspal dan aspal yang dimodifikasi dengan penambahan lateks adalah sebagai berikut :

- a. Penetrasi
Pengujian ini untuk mengetahui kekerasan aspal dengan alat penetrometer. Suhu 25°C beban penetrasi 100 gram dengan waktu 5 detik, pengujian ini berdasarkan SNI 2456-1991.
- b. Titik lembek
Pengujian ini menggunakan cincin dan bola yang dipanaskan pada air suling secara merata hingga bola baja yang terselimuti aspal jatuh ke dasar pelat, pengujian ini berdasarkan SNI 2434-1991.
- c. Berat jenis aspal
Pengujian ini bertujuan mengetahui perbandingan berat suatu bahan dengan air pada sisi dan temperatur yang sama, pengujian ini berdasarkan SNI 2441-2011.
- d. Kehilangan berat minyak
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui selisih berat sebelum dan

sesudah pemanasan pada suhu tertentu berdasarkan SNI 2440-1991.

4. Perencanaan campuran
Menurut Piotr (2013) (Dalam Krishnapriya M. G, 2015), ketahanan suatu campuran beraspal tergantung dari jenis campuran dan jenis bahan pengikat. Perencanaan campuran dengan gradasi agregat dengan berat 1200 gram sesuai kombinasi campuran AC-WC. Kadar asal yang digunakan adalah 5,5% dari total berat agregat. Bahan tambah lateks dengan variasi 0%, 3%, 5%, 7%.
5. Pembuatan benda uji
Membuat benda uji dengan mencampur dalam kondisi panas (*Hot Mix*) berdasarkan SNI 06-2484-1991. Gradasi agregat yang sesuai dengan spesifikasi dengan kombinasi campuran AC-WC yaitu CA, FA, dan MA yang dicampur dipengorengan lalu dipanaskan. Kemudian aspal dan lateks dicampurkan dengan suhu 160°C diaduk hingga tercampur rata. Selanjutnya aspal dan lateks yang sudah tercampur dimasukkan ke dalam agregat lalu dicampur hingga merata sesuai suhu yang telah ditentukan. Benda uji ditumbuk 2x75 kali tumbukan berdasarkan spesifikasi yang telah ditentukan. Masing-masing kadar aspal dan variasi penambahan lateks dibuat 3 benda uji, total keseluruhan adalah 12 benda uji.
6. Pengujian *Marshall*
Sebelum dilakukan pengujian *Marshall*, benda uji diukur tinggi serta beratnya lalu dilakukan perendaman di dalam air selama 10 menit, kemudian dilakukan penimbangan lagi untuk mengetahui berat kering permukaan, selanjutnya lakukan penimbangan di dalam air untuk. Data yang diperoleh dari hasil pengujian *Marshall* berupa *VIM*, *VMA*, *VFA*, stabilitas, *flow*, dan *MQ*. Dari data pengujian yang diperoleh dibuat analisis hubungan dengan grafik.

5. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian agregat

Agregat merupakan komponen utama dari suatu lapisan perkerasan yang terdiri dari agregat kasar dan agregat halus, dan agregat

juga sangat berpengaruh besar terhadap kualitas dari perkerasan. Perlu dilakukan pengujian sebelum digunakan agar dapat diketahui kelayakan serta kesesuaian terhadap spesifikasi. Untuk hasil pengujian agregat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1 Hasil Pengujian Agregat Kasar dan Halus

No.	Nama Pengujian	Hasil rata-rata	Spesifikasi		Satuan	Standar
			Min.	Maks.		
Agregat kasar						
1.	Berat jenis curah	2,64	-	-	-	
2.	Berat jenis SSD	2,70	-	-	-	SNI 1969-2008
3.	Berat jenis semu	2,79	2,5	-	-	
4.	Penyerapan air	2,06	-	3	%	
5.	Pengujian abrasi	30,96	-	40	%	SNI 2417-2008
Agregat halus						
1.	Berat jenis curah	2,44	-	-	-	
2.	Berat jenis SSD	2,56	-	-	-	SNI 1970-2008
3.	Berat jenis semu	2,78	2,5	-	-	
4.	Penyerapan air	5,04	-	5	%	

Berdasarkan Tabel 1 agregat kasar dan agregat halus sudah memenuhi spesifikasi berdasarkan SNI 1969-2008, SNI 2417-2008, dan SNI 1970-2008.

Hasil pengujian aspal

Aspal keras dengan penetrasi 60/70 merupakan aspal yang digunakan dalam penelitian ini. Perlu dilakukan pengujian agar diketahui kelayakan serta kualitasnya. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Hasil Pengujian Aspal Keras Penetrasi 60/70

No.	Nama Pengujian	Hasil rata-rata	Spesifikasi		Satuan	Standar
			Min.	Maks.		
1.	Penetrasi	66	60	70	0,1 mm	SNI 06-2456-1991
2.	Titik lembek	56	48	-	°C	SNI 06-2434-1991
3.	Berat jenis	1,01	1,0	-	gr/cm ³	SNI 06-2441-2011
4.	Kehilangan berat	0,016	-	0,4	% berat	SNI 06-2440-1991

Berdasarkan Tabel 2 hasil dari pengujian aspal keras penetrasi 60/70 telah memenuhi persyaratan.

Hasil pengujian campuran aspal dengan lateks

Pengujian campuran aspal dengan lateks ini dimaksudkan agar mengetahui pengaruh campuran dari lateks kadar 0%, 3%, 5% dan 7% terhadap aspal. Hasil dari pengujian campuran aspal dengan lateks pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3 Hasil Pengujian Campuran Aspal Keras Penetrasi 60/70 dengan Lateks

Pengujian	Hasil pengujian aspal yang ditambah dengan lateks				Spesifikasi Min.	Standar
	0%	3%	5%	7%		
1. Penetrasi (0,1 mm)	66	57,8	55,7	54,8	60	SNI 06-2456-1991
2. Titik lembek (°C)	56	51,5	51,5	51,5	48	SNI 06-2434-1991
3. Berat jenis	1,01	1	1	1	1,0	SNI 06-2441-2011
4. Kehilangan Minyak (°C)	0,016	0,199	0,239	0,332	-	SNI 06-2440-1991

Berdasarkan Tabel 3 hasil dari pengujian aspal keras penetrasi 60/70 dengan lateks telah memenuhi persyaratan.

Hasil pengujian campuran aspal dengan lateks menggunakan metode Marshall

Dari data hasil pengujian *Marshall*, maka dapat diperoleh beberapa parameter yang harus dipenuhi yaitu nilai kepadatan (*density*), VIM (*void in the mix*), VMA (*void in the mineral agregat*), VFA (*void filled with asphalt*), stabilitas, kelelahan (*flow*), dan *Marshall Qoutient* (MQ). Pada pengujian metode *Marshall* berdasarkan Bina Marga 2010 revisi 3.

Sebelum dilakukan uji *Marshall*, benda uji dilakukan perendaman untuk mengetahui stabilitas dan ketahanan campuran. Pengujian

rendaman ini dilakukan sebelum pengujian dengan alat *Marshall*, tujuannya untuk mengukur stabilitas dan ketahanan campuran dari kerusakan yang disebabkan oleh air. Pada pengujian *Marshall* dibuat 3 benda uji dengan kadar aspal 5,5% variasi penambahan lateks 0%, 3%, 5%, dan 7%, kemudian hasilnya akan dirata-rata. Hasil dan pembahasan sebagai berikut :

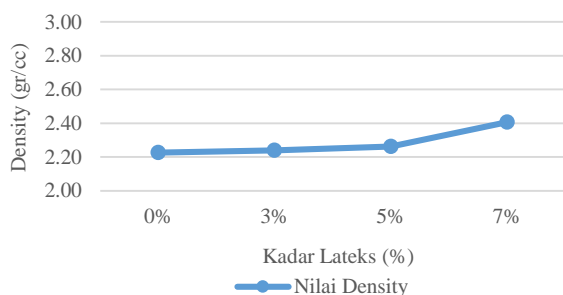
Pengaruh persentase kadar aspal dan lateks terhadap nilai kepadatan (*density*)

Density merupakan tingkat kepadatan dari suatu campuran perkerasan yang dipengaruhi oleh kualitas dan komposisi dari bahan yang disusun dan dipadatkan. Campuran dengan nilai *density* tinggi lebih kuat menahan beban lebih berat nilai *density* rendah. Hasil dari nilai *density* seperti Tabel 4 berikut.

Tabel 4 Nilai *Density* Terhadap Persentase Variasi Kadar Lateks

Karakteristik <i>Marshall</i>	Spesifikasi	Campuran aspal 5,5% dengan lateks			
		0%	3%	5%	7%
<i>Density</i>	-	2,23	2,24	2,26	2,41

Berdasarkan hasil yang diperoleh semakin besar kadar penambahan lateks, nilai *density* semakin mengalami peningkatan walaupun tidak terlalu besar. Hubungan antara *density* dengan persentase variasi kadar lateks ditunjukkan pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3 Hubungan antara *density* dengan persentase variasi kadar lateks

Berdasarkan dari grafik diatas nilai *density* mengalami kenaikan. Nilai *density* pada kadar lateks 0%, 3%, 5%, dan 7% masing-masing sebesar 2,23 gr/cc, 2,24 gr/cc, 2,26 gr/cc, dan 2,41 gr/cc. Dengan nilai *density* tertinggi yaitu pada aspal dengan kadar lateks 7% dengan nilai 2,41 gr/cc, sedangkan

nilai *density* terendah pada apal dengan kadar lateks 0% yaitu 2,23 gr/cc. Hal ini dikarenakan pada setiap penambahan kadar lateks akan berpengaruh terhadap kepadatan campuran. Nilai *density* dianggap memenuhi spesifikasi, karena tidak ada persyaratan nilai minimal dan maksimal yang mengatur.

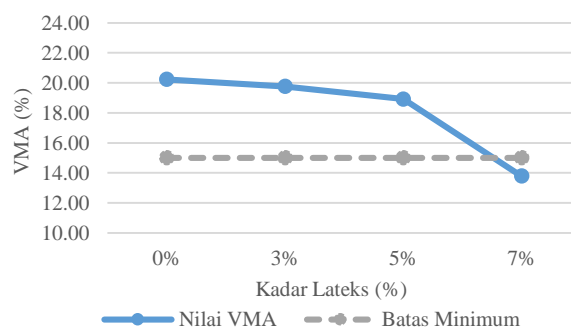
Pengaruh persentase kadar aspal dan lateks terhadap nilai VMA (Voids in the Mineral Aggregate)

VMA (*Voids in the Mineral Aggregate*) adalah rongga yang ada diantara agregat dalam campuran perkerasan yang telah dipadatkan, lalu dinyatakan sebagai presentase dari total volume. Besar nilai VMA juga dipengaruhi oleh kadar aspal, jika gradasi dan bentuk agregat mengalami pemadatan maka itu tergantung dari jumlah dan temperatur pemadatan. Hasil dari nilai VMA dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5 Nilai VMA Terhadap Persentase Variasi Kadar Lateks

Karakteristik <i>Marshall</i>	Spesifikasi	Campuran aspal 5,5% dengan lateks			
		0%	3%	5%	7%
VMA	$\geq 15\%$	20,24	19,76	18,92	13,79

Berdasarkan dari Tabel 5 bahwa nilai VMA yang didapat mengalami penurunan seiring bertambahnya variasi kadar lateks. Hubungan antara VMA dengan persentase variasi kadar lateks dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4 Hubungan antara VMA dengan persentase variasi kadar lateks

Berdasarkan dari grafik nilai VMA menurun, untuk nilai terendah dan tidak masuk pada spesifikasi Bina Marga revisi 3 tahun 2010 yaitu $\geq 15\%$, yang terjadi pada kadar lateks 7% yaitu 13,79%. Untuk nilai VMA

pada kadar lateks 0%, 3%, dan 5% dengan nilai masing-masing adalah 20,24%, 19,76%, dan 18,92%, bisa dikatakan masuk spesifikasi walaupun mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena adanya perubahan susunan rongga antara agregat dalam campuran. Faktor yang menyebabkan terjadinya perubahan campuran yaitu penggumpalan pada lateks dan pemadatan yang mengakibatkan agregat kasar pecah, sehingga jumlah rongga pada campuran perkerasan menjadi lebih besar.

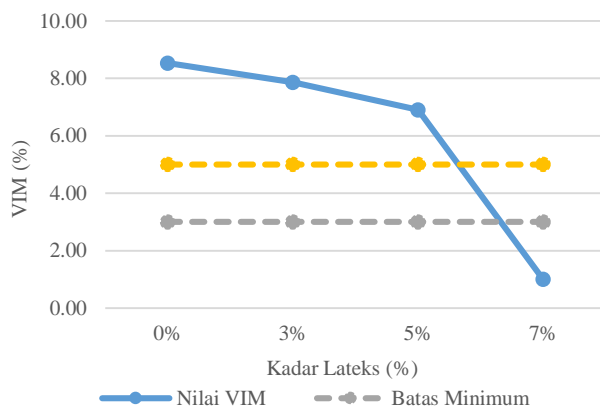
Pengaruh persentase kadar aspal dan lateks terhadap nilai VIM (Voids in the Mix)

VIM (*Voids in the Mix*) adalah persentase rongga dalam campuran aspal, yang berpengaruh terhadap kedekatan campuran terhadap air dan juga nilai durabilitasnya. Nilai VIM semakin besar maka campuran bersifat keropos (*porous*), akan lebih bersifat kedap air jika nilai VIM kecil, jika nilai VIM terlalu kecil juga bisa terjadi *bleeding*, yaitu terlalu besar persentase aspal pada campuran. Hasil nilai VIM seperti Tabel 6 berikut.

Tabel 6 Nilai VIM Terhadap Persentase Variasi Kadar Lateks

Karakteristik <i>Marshall</i>	Spesifikasi	Campuran aspal 5,5% dengan lateks			
		0%	3%	5%	7%
VIM	3%-5%	8,53	7,86	6,90	1,01

Berdasarkan dari Tabel 6 nilai VIM disetiap penambahan kadar lateks mengalami penurunan. Hubungan antara VIM dengan persentase variasi kadar lateks ditunjukkan pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5 Hubungan antara VIM dengan persentase variasi kadar lateks

Berdasarkan grafik nilai VIM seiring bertambahnya variasi kadar lateks semakin mengalami penurunan. Nilai VIM berada diluar spesifikasi berdasarkan Bina Marga revisi 3 tahun 2010 yaitu sebesar 3%-5%. Untuk campuran aspal dengan kadar lateks 0%, 3%, dan 5% dengan hasil masing-masing

sebesar 8,53%, 7,86%, dan 6,90%, yang berada di atas batas maksimal, sedangkan untuk campuran aspal dengan kadar lateks 7% dengan nilai VIM sebesar 1,01% berada dibawah spesifikasi.

Maka dapat disimpulkan nilai VIM semakin menurun karena rongga pada campuran terisi oleh lateks.

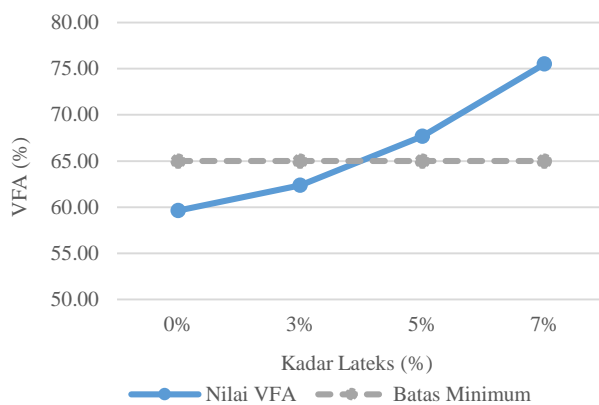
Pengaruh persentase kadar aspal dan lateks terhadap nilai VFA (Nilai Voids in Filled with Asphalt)

VFA (*Nilai Voids in Filled with Asphalt*) adalah rongga pada campuran yang terisi aspal, yang besarnya nilai VFA berpengaruh terhadap kedekatan, keawetan, dan elastisitas pada campuran. Hasil dari VFA seperti pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7 Nilai VFA Terhadap Persentase Variasi Kadar Lateks

Karakteristik <i>Marshall</i>	Spesifikasi	Campuran aspal 5,5% dengan lateks			
		0%	3%	5%	7%
VFA	65%	59,65	62,37	67,69	75,52

Berdasarkan dari Tabel 7 nilai VFA disetiap penambahan kadar lateks mengalami peningkatan. Hubungan antara VFA dengan persentase variasi kadar lateks dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6 Hubungan antara VFA dengan persentase variasi kadar lateks

Berdasarkan grafik nilai VFA dengan seiring penambahan lateks mengalami peningkatan. Untuk nilai VFA dengan kadar lateks 0% dan 3% masing-masing sebesar 59,65% dan 62,37%, nilai tersebut tidak masuk spesifikasi berdasarkan Bina Marga revisi 3 tahun 2010 yaitu sebesar 65%, untuk

nilai VFA dengan kadar lateks 5% dan 7% masing-masing sebesar 67,69% dan 75,52% masuk dalam spesifikasi. Semakin tinggi nilai VFA mengakibatkan *bleeding*, dan semakin kecil nilai VFA mengakibatkan campuran kurang kedap terhadap air dan udara, sehingga mudah teroksidasi dan perkerasan cepat rusak.

Dari hasil yang diperoleh nilai VFA meningkat dengan penambahan variasi kadar lateks, sehingga rongga dalam campuran dapat terisi aspal dengan baik.

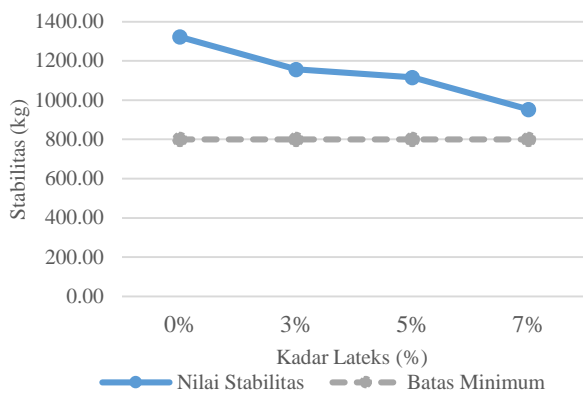
Pengaruh persentase kadar aspal dan lateks terhadap nilai stabilitas

Stabilitas adalah kesanggupan dari campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis dan kemampuan untuk menahan deformasi akibat dari beban yang diberikan. Nilai stabilitas yang tinggi dapat menahan beban lalu lintas yang besar, tetapi nilai stabilitas yang terlalu tinggi dapat terjadi kekakuan terhadap campuran, maka perkerasan mudah terjadi keretakan, jika nilai stabilitas yang terlalu kecil mengakibatkan terjadinya deformasi. Hasil dari nilai stabilitas dapat dilihat pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8 Nilai Stabilitas Terhadap Persentase Variasi Kadar Lateks

Karakteristik <i>Marshall</i>	Spesifikasi	Campuran aspal 5,5% dengan lateks			
		0%	3%	5%	7%
Stabilitas	≥ 800 kg	1322,15	1156,63	1115,86	952,66

Berdasarkan dari Tabel 8 nilai stabilitas disetiap penambahan kadar lateks mengalami penurunan. Hubungan antara stabilitas dengan persentase variasi kadar lateks dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7 Hubungan antara stabilitas dengan persentase variasi kadar lateks

Berdasarkan grafik tersebut nilai stabilitas dengan seiring penambahan lateks mengalami penurunan. Nilai stabilitas pada kadar lateks 0%, 3%, 5%, dan 7% masing-masing sebesar 1322,15 kg, 1156,63 kg, 1115,86 kg, dan 952,66 kg, dengan nilai stabilitas terendah pada kadar lateks 7% yaitu 952,66 kg dan nilai stabilitas tertinggi pada kadar lateks 0% yaitu 1322,15 kg. Dengan hasil yang didapat nilai stabilitas masih memenuhi spesifikasi berdasarkan Bina Marga revisi 3 tahun 2010 yaitu sebesar ≥ 800 kg.

Maka dari hasil tersebut didapat kesimpulan bahwa nilai stabilitas mengalami penurunan seiring dengan penambahan kadar lateks. Hal ini terjadi karena terlalu banyak kadar lateks yang ditambahkan mengakibatkan terjadinya *bleeding* sehingga agregat yang terselimuti oleh aspal dan lateks terlalu tebal, akibatnya nilai stabilitas menurun.

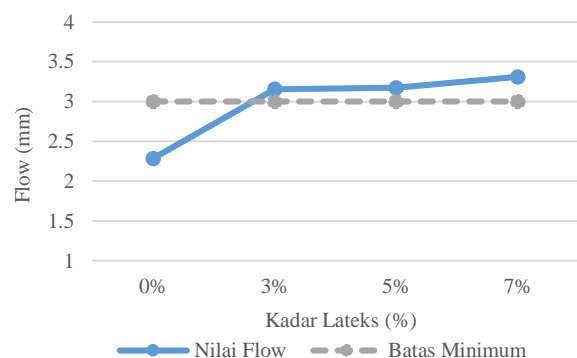
Pengaruh persentase kadar aspal dan lateks terhadap nilai kelelahan (flow)

Kelelahan merupakan deformasi atau penurunan akibat beban pada perkerasan. Nilai kelelahan dibaca langsung dari arloji saat pengujian *Marshall* dengan satuan inci yang dikonversi menjadi mm. Beberapa hal yang mempengaruhi nilai kelelahan adalah kadar aspal, gradasi, dan bentuk agregat. Semakin tinggi nilai kelelahan menunjukkan bahwa kurang baik atau tingginya tingkat keplastisan dari suatu campuran tersebut, jika nilai kelelahan semakin kecil menunjukkan campuran tersebut terlalu kaku sehingga mudah retak. Hasil dari nilai kelelahan (*flow*) pada Tabel 9 berikut.

Tabel 9 Nilai *Flow* Terhadap Persentase Variasi Kadar Lateks

Karakteristik <i>Marshall</i>	Spesifikasi	Campuran aspal 5,5% dengan lateks			
		0%	3%	5%	7%
<i>Flow</i>	≥ 3 mm	2,28	3,15	3,17	3,31

Berdasarkan dari Tabel 9 nilai kelelahan disetiap penambahan kadar lateks mengalami kenaikan. Hubungan antara kelelahan dengan persentase variasi kadar lateks dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8 Hubungan antara *flow* dengan persentase variasi kadar lateks

Berdasarkan dari grafik di atas dapat dilihat bahwa nilai kelelahan mengalami kenaikan seiring dengan penambahan kadar lateks. Nilai kelelahan pada kadar lateks 0%,

3%, 5%, dan 7% masing-masing sebesar 2,28 mm, 3,15 mm, 3,17 mm, dan 3,31 mm. Pada kadar lateks 0% yaitu 2.28 mm merupakan nilai kelelahan terendah dan tidak masuk spesifikasi, sedangkan nilai kelelahan tertinggi pada kadar lateks 7% yaitu 3,31 mm, yang berarti masuk spesifikasi. Untuk kadar lateks 0% dan 5% juga masuk spesifikasi berdasarkan Bina Marga revisi 3 tahun 2010 yaitu sebesar ≥ 3 mm.

Maka dapat disimpulkan bahwa dari hasil yang diperoleh nilai kelelahan mengalami kenaikan seiring bertambahnya variasi kadar lateks. Hal ini dikarenakan rongga pada

campuran mengecil, sehingga terjadi pengikatan serta kepadatan yang kuat, dan pada saat pengujian tidak mengalami keretakan.

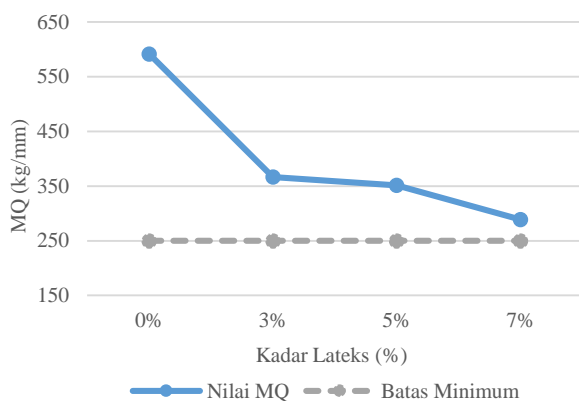
Pengaruh persentase kadar aspal dan lateks terhadap nilai MQ (Marshall Quotient)

MQ (*Marshall Quotient*) adalah hasil bagi atau perbandingan dari nilai *flow* dengan stabilitas, semakin tinggi nilai MQ maka akan semakin kaku suatu campuran dan rentan terhadap keretakan. Hasil dari nilai MQ pada Tabel 10 berikut.

Tabel 10 Nilai MQ Terhadap Persentase Variasi Kadar Lateks

Karakteristik <i>Marshall</i>	Spesifikasi	Campuran aspal 5,5% dengan lateks			
		0%	3%	5%	7%
MQ	≥ 250 kg/mm	591,66	366,763	351,59	288,84

Berdasarkan dari Tabel 10 nilai MQ disetiap penambahan kadar lateks mengalami penurunan. Hubungan antara MQ dengan persentase variasi kadar lateks dapat dilihat pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9 Hubungan antara MQ dengan persentase variasi kadar lateks

Berdasarkan dari grafik di atas nilai MQ menurun dengan penambahan kadar lateks. Nilai MQ untuk kadar lateks 0%, 3%, 5%, dan 7% masing-masing sebesar 591,66 kg/mm, 366,763 kg/mm, 351,59 kg/mm, dan 288,84

kg/mm. Nilai MQ terendah pada kadar lateks 7% yaitu 288,84 kg/mm, sedangkan nilai MQ tertinggi pada kadar lateks 0% yaitu 591,66 kg/mm. Dengan hasil yang didapat nilai MQ masih memenuhi spesifikasi berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2010 revisi 3 yaitu sebesar ≥ 250 kg/mm.

Maka dari hasil tersebut didapat kesimpulan nilai MQ mengalami penurunan seiring dengan penambahan kadar lateks, oleh karena itu campuran tersebut bersifat lentur. Hal ini karena pengaruh dari nilai stabilitas dan *flow*, dimana nilainya berbanding terbalik.

Hasil dari pengujian *Marshall* dengan masing-masing kadar lateks seperti pada Tabel 11 berikut ini.

Tabel 11 Hasil Pengujian *Marshall*

No.	Karakteristik <i>Marshall</i>	Spesifikasi	Campuran aspal 5,5% dengan lateks			
			0%	3%	5%	7%
1.	VMA	$\geq 15\%$	20,24	19,76	18,92	13,79
2.	VIM	3%-5%	8,53	7,86	6,90	1,01
3.	VFA	$\geq 65\%$	59,65	62,37	67,69	75,52
4.	<i>Density</i>	-	2,23	2,24	2,26	2,41
5.	Stabilitas	≥ 800 kg	1322,15	1156,63	1115,86	952,66
6.	<i>Flow</i>	≥ 3 mm	2,28	3,15	3,17	3,31
7.	MQ	≥ 250 kg/mm	591,66	366,763	351,59	288,84

Berdasarkan dari Tabel 12 di atas hasil dari campuran aspal kadar 5,5% dengan variasi penambahan lateks sebesar 0%, 3%, 5%, 7% diperoleh kadar lateks yang cukup baik yaitu 5%, karena hanya nilai VIM yang tidak masuk spesifikasi dan untuk nilai parameter *Marshall* yang lainnya masuk spesifikasi semua. Hal ini terjadi karena pada saat pencampuran aspal dengan lateks kurang baik atau kurang homogen sehingga masih ada beberapa gumpalan.

6. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang sudah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pengaruh penambahan lateks terhadap sifat fisik aspal penetrasi 60/70.
 - a. Dengan bertambahnya persentase kadar lateks nilai penetrasi semakin kecil, dengan demikian campuran aspal semakin keras.
 - b. Bertambahnya persentase kadar lateks nilai titik lembek dan berat jenis tidak ada perubahan.
 - c. Bertambahnya persentase kadar lateks nilai kehilangan berat minyak semakin besar, hal ini menunjukkan bahwa bahan-bahan dalam aspal mengalami penguapan yang semakin banyak.
- Pengaruh penambahan lateks terhadap karakteristik *Marshall*.
- a. Nilai *density* semakin naik seiring dengan ditambahkan kadar lateks.
 - b. Nilai VMA semakin menurun dengan bertambahnya variasi kadar lateks, tetapi untuk variasi kadar lateks 0%, 3%, dan 5% masuk spesifikasi dengan nilai tertinggi pada kadar lateks 0%

yaitu 20,24%, dan untuk kadar lateks 7% yaitu 13,79% tidak masuk spesifikasi.

- c. Nilai VIM cenderung menurun dengan ditambahkan variasi kadar lateks dan tidak ada yang masuk spesifikasi. Nilai tertinggi pada kadar lateks 0% yaitu 8,53%.
- d. Nilai kelelahan (*flow*) mengalami peningkatan setelah ditambahkan variasi kadar lateks. Untuk kadar lateks 0% yaitu 2,28% tidak masuk spesifikasi, sedangkan untuk kadar lateks 3%, 5%, dan 7% masuk spesifikasi dengan nilai tertinggi pada kadar 7% yaitu 3,31%.
- e. Nilai VFA semakin naik setelah ditambahkan variasi kadar lateks. Namun hanya kadar lateks 5% dan 7% yang masuk spesifikasi, sedangkan untuk kadar lateks 0% dan 3% tidak masuk spesifikasi, dengan nilai tertinggi pada kadar lateks 7% yaitu 75,52%.
- f. Nilai stabilitas semakin menurun setelah ditambahkan variasi kadar lateks. Tetapi untuk semua variasi kadar lateks masuk spesifikasi dengan nilai tertinggi pada kadar lateks 0% yaitu 1322,15 kg.
- g. Nilai MQ semakin menurun setelah ditambahkan variasi kadar lateks. Tetapi untuk semua variasi kadar lateks masuk spesifikasi dengan nilai tertinggi pada kadar lateks 0% yaitu 591,66 kg/mm.

Dari pengujian yang telah dilakukan maka diharapkan pengujian yang selanjutnya melakukan saran dari penulis diantaranya sebagai berikut :

1. Pada penelitian selanjutnya agar melakukan kajian yang dapat mengurangi kelemahan dari VMA dan VIM yang semakin menurun dengan ditambahkan *filler* ke dalam campuran aspal yang berfungsi sebagai pengisi rongga pada benda uji.
2. Agar dilakukan pengujian reaksi dari campuran aspal dengan lateks.
3. Alat *Marshall Electrical Machine* perlu dikalibrasi ulang dan ketelitian dalam pembacaan arloji agar tidak terjadi *error*.
4. Agar penelitian selanjutnya dalam mencampur aspal dengan lateks diperhatikan tingkat kehomogenannya.

7. Daftar Pustaka

- Bina Marga, 2010, Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Revisi 3, *Departemen Pekerjaan Umum*, Jakarta.
- Bina Marga, 2010, Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Revisi 2, *Departemen Pekerjaan Umum*, Jakarta.
- BSN, 1991d, SNI 06-2484-1991, Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall, *Badan Standardisasi Nasional*, Jakarta.
- Hermadi, Madi., dan Ronny, Yohanes. 2015. Pengaruh Penambahan Lateks Alam Terhadap Sifat Reologi Aspal. *Jurnal Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia*, 1(2), 105-114.
- Krishnapriya, M.G. 2015 Performance Evaluation of Natural Rubber Modified Bituminous Mixes. *Journal of Civil, Structural, Environmental, Water Resources and Infrastructure Engineering Research*, 5(1), 1-12.
- Laitinen, J.T., Asosiated Asphalt Ltd., 1998, *Asphalt Concrete (and Macadam) Surface Courses, Asphalt Surfacing*, Edited by J. C. Nicholls, E & FN SPON, London.
- Ludfi, D., Yulvi, Z., dan Hendi, B. 2016. Pengaruh Penambahan Aditif Terhadap Kinerja Campuran Beraspal Porus. *Jurnal Transportasi*, 16(1), 21-30.
- NorFazira., NorHidayah., Jaya, Ramdhansyah Putra., Aida, Mariyana., Zurairahetty, Nor., dan Mahmud, Mohd Zul Hanif. 2016. An Overview on Natural Rubber Application uor Asphalt Modification. *International Journal of Agriculture, Forestry, and Plantation*, 2(1), 212-218.
- Pataras, Mirka., Dewi, Ratna., Prastya, Ahmad Dicky., dan Bazidno, Friko Denu. 2017. Pemanfaatan Karet Mentah pada Flexible Pavement Laston AC-WC dan Laston HRS-WC. *Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 6(1), 35-42.
- Prastanto, Henry., Firdaus, Yusep., Puspitasari, Santi., Ramadhan, Arief., dan Falaah, Asron Ferdian. 2018. Sifat Fisika Aspal Modifikasi Karet Alam Pada Berbagai Jenis Dan Dosis Lateks Karet Alam. *Jurnal Penelitian Karet*, 36(1), 65-76.
- Ritonga, W., dan Irfandi. 2016. Pengaruh Karet Alam Siklik (Cyclic Natural Rubber) Terhadap Rongga Aspal Modifikasi. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 12(2), 169-176.
- Rosyad, Farlin., Prastyo, Niko., dan Kasmuri, Mudiono. 2018. Analisis Pengaruh Penambahan Limbah Karet Terhadap Durabilitas dan Flexibilitas Aspal Beton (AC-WC). *Jurnal Forum Mekanika*, 7(2), 1-6.
- Sambodo., dan Rulhendri. 2014. Kajian Tentang Penambahan Lateks KKK-60 dengan Campuran Aspal Konvensional. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 3(1), 1-8.
- Sukirman, S., 1992, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung.
- Sukirman, S., 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*, Granit, Jakarta.
- Tenriajeng, Andi Tenrisukki., 2002, *Rekayasa Jalan Raya 2*, Gunadarma, Jakarta.
- Thanaya, I Nyoman Arya., Puranto, I Gusti Raka., Nugraha, I Nyoman Sapta. 2016. Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Penetrasi 60/70 dengan Penambahan Lateks. *Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil*, 22(2), 77-86.
- Whiteoak, David., Brown, Stephen, F. dan Oil, Shell, UK., 1990, *The Shell Bitumen Handbook*, Chertsey (Surrey), United Kingdom.
- Wijaya, Evan., Darren, Jerry Jeremia., Antonius, David., dan Rachmansyah. 2016. Studi Eksperimental Pengaruh

Penambahan Zat Aditif Lateks Pada Beton Aspal Terhadap Stabilitas. *Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer*, 5(20), 375-383.