BAB IV
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 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 dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 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	-	-	-	SNI 1969-2008
2.	Berat jenis SSD	2,70	-	-	-	SNI 1969-2008
3.	Berat jenis semu	2,79	2,5	-	-	SNI 1969-2008
4.	Penyerapan air	2,06	-	3	%	SNI 1969-2008
5.	Pengujian abrasi	30,96	-	40	%	SNI 2417-2008
		Agregat halus				
1.	Berat jenis curah	2,44	-	-	-	SNI 1970-2008
2.	Berat jenis SSD	2,56	-	-	-	SNI 1970-2008
3.	Berat jenis semu	2,78	2,5		-	SNI 1970-2008
4.	Penyerapan air	5,04	-	5	%	SNI 1970-2008

Berdasarkan Tabel 4.1 hasil pengujian yang telah dilakukan, agregat kasar dan agregat halus sudah memenuhi spesifikasi berdasarkan SNI 1969-2008, SNI 2417-2008, dan SNI 1970-2008. Sehingga agregat tersebut dapat digunakan sebagai bahan campuran untuk penelitian ini.

4.2 Hasil Pengujian Aspal

Aspal keras dengan penetrasi 60/70 merupakan aspal yang digunakan dalam penelitian ini. Perlu dilakukan pengujian agar diketahui kelayakan serta kualitas dari aspal yang digunakan. Hasil dari pengujian aspal dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 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 4.2 hasil dari pengujian aspal keras penetrasi 60/70 telah memenuhi persyaratan. Dengan demikian dapat digunakan sebagai bahan campuran pada penelitian ini.

4.3 Hasil Pengujian Campuran Aspal dengan Lateks

Pengujian campuran aspal dengan lateks ini dimaksudkan agar mengetahui pengaruh campuran dari lateks terhadap aspal. Kadar lateks yang digunakan pada pengujian ini yaitu dengan pembagian 0%, 3%, 5% dan 7%. Hasil pengujian campuran aspal dengan lateks dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Campuran Aspal Keras Penetrasi 60/70 dengan Lateks

No.	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

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Campuran Aspal Keras Penetrasi 60/70 dengan Lateks (lanjutan)

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 4.3 hasil dari pengujian aspal keras penetrasi 60/70 dengan lateks telah memenuhi persyaratan. Dengan demikian dapat digunakan sebagai bahan campuran pada penelitian ini.

4.4 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 aggregat*), VFA (*void filled with asphalt)*, stabilitas, kelelehan (*flow*), dan *Marshall Qoutient* (MQ). Pada pengujian metode *Marshall* berdasarkan Spesifikasi Umum 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*, tujuanya untuk mengukur kinerja stabilitas dan ketahanan campuran terhadap kerusakan yang disebabkan oleh air. Untuk hasil pengujian perendaman *Marshall* lama waktu saat perendaman benda uji yaitu 30 menit pada suhu 60˚C. 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 dari masing-masing karakteristik *Marshall* adalah sebagai berikut :

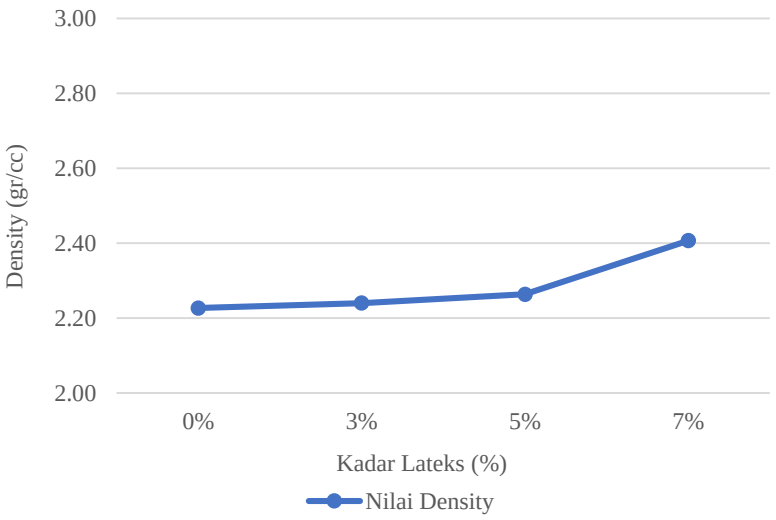
4.4.1 Pengaruh Persentase Kadar Aspal dan Lateks Terhadap Nilai Kepadatan (*Density*)

Density merupakan tingkat kepadatan dari suatu campuran perkerasan yang dipengaruhi oleh kualitas dan komposisi dari bahan yang disusun dan dipadatkan. Suatu campuran akan memiliki nilai *density* yang tinggi jika mempunyai butir yang tidak seragam, dan kadar aspal yang besar. Hal ini ditunjukkan dari besarnya pengaruh suatu campuran yang telah dipadatkan. *Density* yang memiliki nilai tinggi lebih kuat menahan beban yang lebih berat dibandingkan dengan campuran yang mempunyai nilai *density* rendah. Hasil dari nilai *density* dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Nilai *Density* Terhadap Persentase Variasi Kadar Lateks

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

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat dilihat bahwa semakin besar kadar penambahan lateks, nilai *density* semakin mengalami peningkatan walaupun tidak terlalu besar. Hubungan antara *density* dengan persentase variasi kadar lateks dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 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.

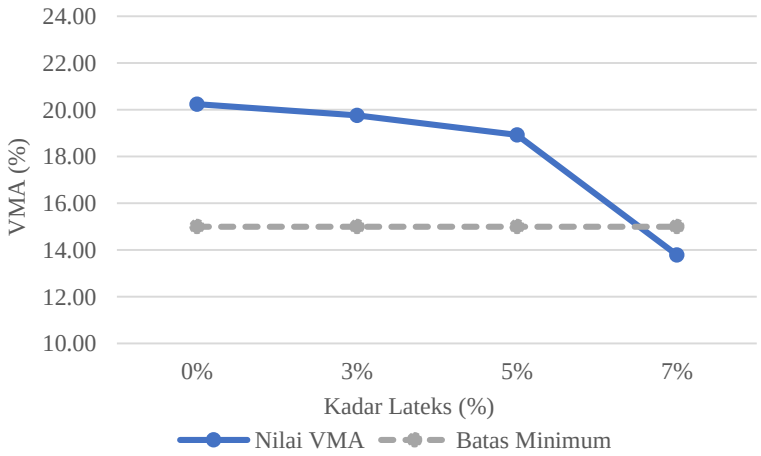
4.4.2 Pengaruh Persentase Kadar Aspal dan Lateks Terhadap Nilai *Voids in the Mineral Aggregate* (VMA)

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 dipengerahui 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 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Nilai VMA Terhadap Persentase Variasi Kadar Lateks

Karakteristik *Marshall*	Spesifikasi	Campuran aspal 5,5% dengan lateks			
		0%	3%	5%	7%
VMA	≥15%	20,24	19,76	18,92	13,79

Berdasarkan dari Tabel 4.5 bahwa nilai VMA yang didapat mengalami penurunan seiring bertambahnya variasi kadar lateks. Hubungan antara VMA dengan persentase variasi kadar lateks dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2 Hubungan antara VMA dengan persentase variasi kadar lateks

Berdasarkan dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa nilai VMA mengalami penurunan, dengan nilai terendah dan tidak masuk pada Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2010 revisi 3 yaitu ≥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 sehingga rongga akan semakin kecil dengan bertambahnya kadar lateks. Faktor lain yang menyebabkan terjadinya perubahan campuran yaitu penggumpalan pada lateks dan pemadatan yang mengkibatkan agregat kasar pecah, sehingga jumlah rongga pada campuran perkerasan menjadi lebih besar.

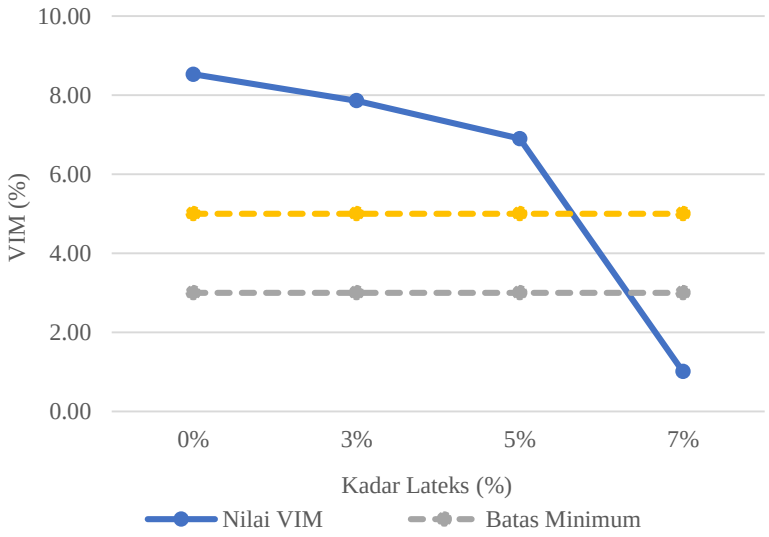
4.4.3 Pengaruh Persentase Kadar Aspal dan Lateks Terhadap Nilai *Voids in the Mix* (VIM)

VIM (*Voids in the Mix*) adalah persentase rongga dalam campuran aspal, yang berpengaruh terhadap kekedapan campuran terhadap air dan juga nilai durabilitasnya. Nilai VIM semakin besar maka campuran bersifat keropos (*porous*), semakin kecil nilai VIM maka campuran akan lebih bersifat kedap air, jika nilai VIM terlalu kecil juga bisa terjadi *bleeding*, yaitu terlalu besar persentase aspal pada campuran. Hasil nilai VIM dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Nilai VIM Terhadap Persentase Variasi Kadar Lateks

Karakteristik *Marshall*	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 4.6 nilai VIM disetiap penambahan kadar lateks mengalami penurunan. Hubungan antara VIM dengan persentase variasi kadar lateks dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3 Hubungan antara VIM dengan persentase variasi kadar lateks

Berdasarkan dari grafik di atas dapat dapat dilihat bahwa nilai VIM seiring bertambahnya kadar lateks semakin mengalami penurunan. Nilai VIM berada diluar spesifikasi berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2010 revisi 3 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 bahwa nilai VIM mengalami penurunan seiring penambahan kadar lateks, hal ini disebabkan karena lateks mengisi rongga di dalam campuran, sehingga rongga dalam campuran semakin kecil.

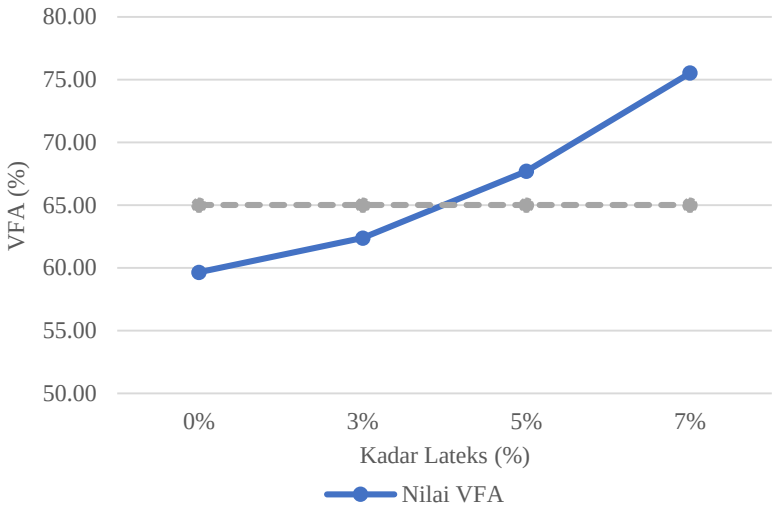
4.4.4 Pengaruh Persentase Kadar Aspal dan Lateks Terhadap Nilai *Voids in Filled with Asphalt* (VFA)

VFA (Nilai *Voids in Filled with Asphalt*) merupakan rongga yang terisi oleh aspal pada campuran, yang besarnya nilai VFA berpengaruh terhadap kekedapan, keawetan, dan elastisitas pada campuran. Hasil dari VFA dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Nilai VFA Terhadap Persentase Variasi Kadar Lateks

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

Berdasarkan dari Tabel 4.7 nilai VFA disetiap penambahan kadar lateks mengalami peningkatan. Hubungan antara VFA dengan persentase variasi kadar lateks dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4 Hubungan antara VFA dengan persentase variasi kadar lateks

Berdasarkan dari grafik di atas dapat dilihat bahwa 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 Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2010 revisi 3 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 dapat disimpulkan bahwa nilai VFA mengalami peningkatan seiring dengan penambahan kadar lateks, sehingga rongga dalam campuran dapat terisi aspal dengan baik.

4.6.1 Pengaruh Persentase Kadar Aspal dan Lateks Terhadap Nilai Stabilitas

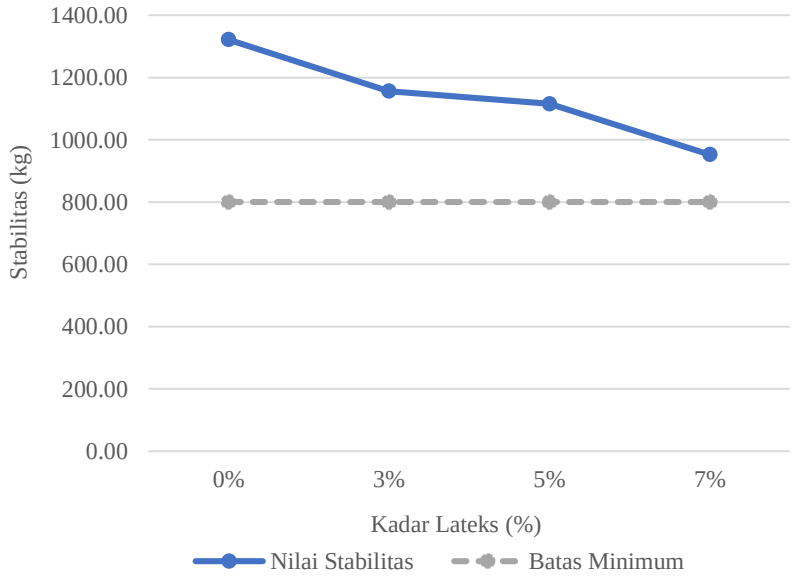
Stabilitas adalah kesanggupan dari campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi kelelehan plastis dan kemampuan untuk menahan deformasi akibat dari beban yang diberikan. Nilai stabilitas yang tinggi dapat menahan beban lalulintas yang besar, tetapi nilai stabilitas yang terlalu tinggi dapat terjadi

kekakuan terhadap campuran, maka perkerasan mudah terjadi keretakan, jika nilai stabilitas yang terlalu kecil mangakibatkan terjadinya deformasi. Hasil dari nilai stabilitas dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.8 Nilai Stabilitas Terhadap Persentase Variasi Kadar Lateks

Karakteristik *Marshall*	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 4.8 nilai stabilitas disetiap penambahan kadar lateks mengalami penurunan. Hubungan antara stabilitas dengan persentase variasi kadar lateks dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 Hubungan antara stabilitas dengan persentase variasi kadar lateks

Berdasarkan dari grafik di atas dapat dilihat bahwa 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 Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2010 revisi 3 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.

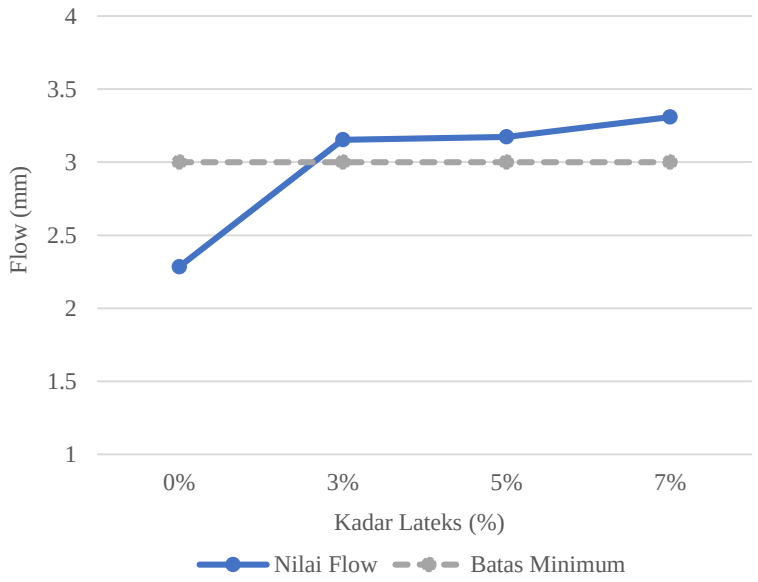
4.6.2 Pengaruh Persentase Kadar Aspal dan Lateks Terhadap Nilai Kelelehan (*Flow*)

Kelelehan merupakan deformasi atau penurunan yang terjadi akibat beban yang bekerja pada perkerasan. Nilai kelelehan dibaca langsung dari arloji saat pengujian *Marshall* dengan satuan inci yang dikonversi menjadi mm. Beberapa hal yang mempengaruhi nilai kelelehan adalah kadar aspal, gradasi, dan bentuk agregat. Semakin tinggi nilai kelelehan menunjukkan bahwa kurang baik atau tingginya tingkat keplastisan dari suatu campuran tersebut, jika nilai kelelehan semakin kecil menunjukkan campuran tersebut terlalu kaku sehingga mudah retak. Hasil dari nilai kelelehan (*flow*) dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.9 Nilai *Flow* Terhadap Persentase Variasi Kadar Lateks

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

Berdasarkan dari Tabel 4.9 nilai kelelehan disetiap penambahan kadar lateks mengalami kenaikan. Hubungan antara kelelehan dengan persentase variasi kadar lateks dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut.



Gambar 4.6 Hubungan antara *flow* dengan persentase variasi kadar lateks

Berdasarkan dari grafik di atas dapat dilihat bahwa nilai kelelehan mengalami kenaikan seiring dengan penambahan kadar lateks. Nilai kelelehan 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 kelelehan terendah dan tidak masuk spesifikasi, sedangkan nilai kelelehan tertinggi pada kadar lateks 7% yaitu 3,31 mm, yang berarti masuk spesifikasi. Untuk kadar lateks 0% dan 5% juga masuk spesifikasi berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2010 revisi 3 yaitu sebesar ≥3 mm.

Maka dapat disimpukan bahwa dari hasil yang diperoleh nilai kelelehan mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya kadar lateks. Hal ini dikarenakan kecilnya rongga pada campuran, sehingga terjadi pengikatan serta kepadatan yang kuat, dan pada saat pengujian tidak mengalami keretakan.

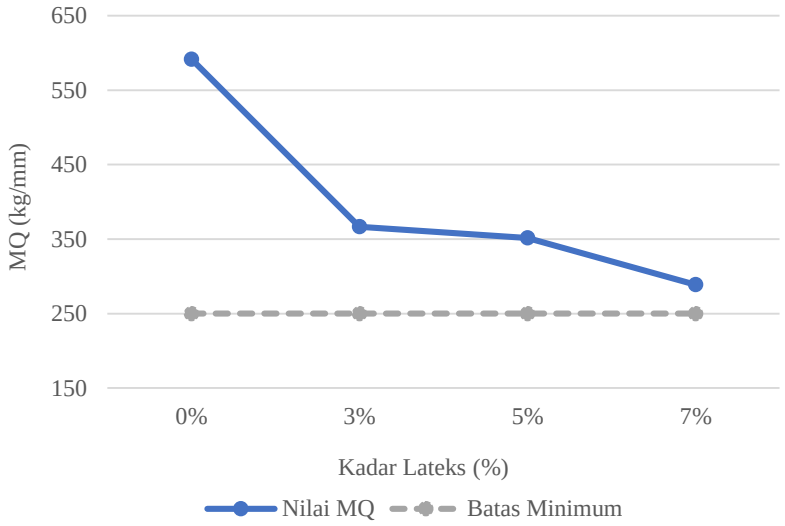
4.6.3 Pengaruh Persentase Kadar Aspal dan Lateks Terhadap Nilai *Marshall Quotient* (MQ)

MQ (*Marshall Quotient*) merupakan hasil bagi atau perbandingan antara nilai stabilitas dengan *flow*, semakin tinggi nilai MQ maka kemungkinan akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan mengalami keretakan. Hasil dari nilai MQ dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut.

Tabel 4.10 Nilai MQ Terhadap Persentase Variasi Kadar Lateks

Karakteristik *Marshall*	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 4.10 nilai MQ disetiap penambahan kadar lateks mengalami penurunan. Hubungan antara MQ dengan persentase variasi kadar lateks dapat dilihat pada Gambar 4.7 berikut.



Gambar 4.7 Hubungan antara MQ dengan persentase variasi kadar lateks

Berdasarkan dari grafik di atas dapat dilihat bahwa nilai MQ mengalami penurunan seiring dengan penambahan kadar lateks. Nilai MQ pada 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 bahwa 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 ditunjukkan pada Tabel 4.11 berikut ini.

Tabel 4.11 Hasil Pengujian *Marshall*

No.	Karakteristik *Marshall*	Spesifikasi	Campuran aspal 5,5% dengan lateks			
			0%	3%	5%	7%
1.	VMA	≥15%	20,24	19,76	18,92	13,79
2.	VIM	3%-5%	8,53	7,86	6,90	1,01
3.	VFA	≥65%	59,65	62,37	67,69	75,52
4.	*Density*	-	2,23	2,24	2,26	2,41
5.	Stabilitas	≥800 kg	1322,15	1156,63	1115,86	952,66
6.	*Flow*	≥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 4.11 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.